



**«Методика разработки реестра наилучших доступных технологий  
(НДТ) систем водоснабжения и водоотведения»**

**Раздел 1  
Водоснабжение**

**Договор №34/08/13 от 18.12.2013 г.**

**Том 1**

**2014**



**«Методика разработки реестра наилучших доступных технологий  
(НДТ) систем водоснабжения и водоотведения»**

**Раздел 1  
Водоснабжение**

**Договор №34/08/13 от 18.12.2013 г.**

**Том 1**

Име. № подл.	
Подпись и дата	
Взам. инв. №	

Генеральный директор

Е.И. Пупырев

Начальник отдела

Б.А. Вайсфельд

Главный специалист

А.С. Шеломков

## Оглавление

### Том 1

Введение. ....	4
1. Системы водоснабжения. ....	9
1.2. Выбор источника водоснабжения. ....	11
1.3. Критерии применимости НДТ при выборе источника водоснабжения. ....	12
2. Водозаборные сооружения. ....	14
2.1. Водозаборные сооружения из поверхностных источников воды берегового и руслового типа. ....	15
2.2. Водоприемные ковши. ....	28
2.4. Защитные устройства на водозаборах. ....	43
2.5. Критерии использования НДТ при выборе типа и места размещения поверхностного водозабора. ....	53
2.6. Водозаборы из подземных источников воды. ....	56
2.7. Устройства для забора воды из подземных источников. ....	62
2.8. Обеспечение эксплуатационной надежности объектов водоснабжения из подземных источников. ....	77
2.9. Критерии выбора типа водозаборного узла из подземных водоисточников, как элемента НДТ. ....	82
3. Методика оценки качества природной воды для выбора НДТ по основным видам ее обработки. ....	84
3.1. Классификация источников водоснабжения природных вод и их качественный состав. ....	85
3.2. Требования к качеству очищенных вод. ....	90
4. Выбор технологической схемы очистки воды на основе НДТ. ....	91
4.1. Анализ эффективности работы традиционных сооружений водоподготовки. ....	92
4.2. Системный подход к выбору НДТ водопроводных очистных сооружений. ....	97
5. Методика выбора НДТ очистки воды из поверхностных водоисточников. ....	100
6. Методика выбора НДТ очистки воды из подземных источников воды. ....	106
7. Классификация НДТ для очистки природных вод. ....	112
8. Общая методика по разработке и комплексной оценке эффективности работы систем водоснабжения, очистки и кондиционирования природных вод. ....	133
9. Методика технико-экономической оценки НДТ. ....	135
10. Методика выбора технологических схем, сооружений и оборудования в качестве НДТ для очистки и кондиционирования воды. ....	137
10.1. НДТ применяемые при безреагентной очистке воды. ....	138

10.1.1. Сетчатые фильтры. ....	139
10.1.2. Гидроциклонные установки. ....	157
10.1.2. Сооружения для безреагентного отстаивания воды.....	161
10.1.3. Водозаборно-очистные сооружения. ....	164
10.1.4. Медленные фильтры.....	166
10.1.5. Критерии применимости НДТ при безреагентной очистке воды.....	168
10.2. Виды реагентов применяемых при очистке воды.....	169
10.3. Основное оборудование для хранения, приготовления и дозирования реагентов. ...	175
10.4. Основные типы сооружений и методы реагентной очистки воды на основе НДТ. ....	178
10.4.1. Электрохимическое коагулирование примесей.....	179
10.4.2. Смесители, камеры хлопьеобразования.....	183
10.4.3. Отстойники.....	191
10.4.4. Осветлители со взвешенным слоем осадка.....	193
10.4.5. Флотаторы. ....	195
10.4.6. Фильтровальные сооружения с тяжелой зернистой загрузкой. ....	200
10.4.7. Фильтры с плавающим фильтрующим слоем.....	211
10.5. Виды антропогенных примесей и методы их извлечения. ....	214
10.6. Методика выбора технологических схем очистки природных вод, содержащих антропогенные примеси, с использованием НДТ.....	218
10.7. НДТ при комплексной обработке воды физико-химическими методами.....	226
10.8. Адсорбционная глубокая доочистка питьевой воды. ....	229
10.9. НДТ при дегазации воды. ....	231
10.10. НДТ для стабилизационной обработки воды. ....	233
10.11. НДТ при обезжелезивании и деманганации воды.....	236
10.12. НДТ для умягчения воды. ....	260
10.13. НДТ для обессоливания и опреснения воды. ....	275
10.14. НДТ используемые при фторировании и обесфторивании воды. ....	286
10.15. НДТ для удаления из воды бора и брома. ....	289
10.16. НДТ удаления из воды кремниевой кислоты. ....	292
10.17. Критерий выбора НДТ при методах реагентной обработки воды.....	297
11. НДТ обеззараживания поверхностных и подземных вод.....	298
11.1. НДТ в системах обеззараживания воды хлорреагентами. ....	300
11.2. Ультрафиолетовое облучение воды. ....	307
11.3. Обеззараживание воды озоном. ....	310
12. НДТ повторного использования промывных вод, обработки и утилизации осадков водопроводных станций.....	313
12.1. Методика выбора НДТ повторного использования промывных вод. ....	316

12.2. Методика выбора НДТ обработки и утилизации осадков водопроводных станций. .	320
13. Схемы питания и трассировки водопроводной сети. ....	338
14. Безнапорные и напорные регулирующие и запасные резервуары.....	345
15. Насосные станции.....	348
16. Автоматизация и диспетчеризация систем водоснабжения.....	350
17. Основные методические положения для разработки реестра НДТ систем водоснабжения.....	354
Список литературы .....	358

## **Введение.**

Наилучшая доступная (существующая) технология (НДТ) — технология, основанная на последних достижениях науки и техники, направленная на снижение негативного воздействия на окружающую среду и имеющая установленный срок практического применения с учетом экономических и социальных факторов.

Данное положение закреплено в законе № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» ст. 23 (1), где предусмотрено, что «нормирование сбросов должно осуществляться на основе наилучших существующих технологий с учетом экономических и социальных факторов» и в ст. 35 «Водного кодекса РФ» (2), в котором указано, что «количество сбрасываемых в сточных водах технических веществ и микроорганизмов должно соответствовать установленным нормативам допустимого воздействия на водные объекты (НДВ)».

Основой нормативной базы Евросоюза в области экологического регулирования является Директива Совета Европейского Союза 96/61/ЕС от 24 сентября 1996 г. о комплексном предотвращении и контроле загрязнений.

Директива требует обеспечение комплексного подхода к контролю над загрязнениями. Это означает, что выбросы в атмосферу, сбросы в водную среду и на рельеф (в почву) должны оцениваться одновременно и суммарно, во избежание возможных ситуаций, когда, сокращение, например, выбросов в атмосферу, приводит к увеличению сбросов в водную среду.

Второе принципиальное положение Директивы – требование постоянного снижения степени воздействия на окружающую среду. Несмотря на то, что подразумеваемый идеал – полное отсутствие какого бы то ни было воздействия – выглядит утопическим и технически недостижимым, такой принцип позволил европейским странам существенно сократить загрязнение окружающей среды, сохранив при этом конкурентоспособность своей промышленности.

Однако, для создания равновесия между требованием минимизировать загрязнение и реальными техническими возможностями, Директивой предусмотрено применение механизма расчёта показателей воздействия на основе "наилучших доступных технологий".

В условиях, когда на предприятия оказывается постоянное административное и общественное давление с требованием снижения уровня загрязнений, данный механизм позволяет выявить и отобрать реально существующие экономически эффективные технологии для каждой из отраслей, оказывающей специфическое вредное воздействие на окружающую среду, и на основании собранных данных определять достижимые требования.

Для выполнения этой цели в составе комиссии создано Европейское бюро по интегрированному контролю и предотвращению загрязнений (European IPPC Bureau), которое непосредственно организует данный обмен информацией и выпускает перечни наилучших доступных технологий (BAT reference documents - BREFs), которые государства-члены должны принимать во внимание, при определении наилучших доступных технологий в целом, либо в отдельных случаях.

Результатом работы рабочих групп бюро является набор отраслевых справочников, в которых весьма детально изложены все аспекты, касающиеся воздействия отдельных отраслей на окружающую среду.

Справочники наилучших доступных технологий - НДТ (BREFs) являются основой:

- для субъектов хозяйственной деятельности, при выборе технологий;
- для уполномоченных природоохозяйственных органов, при выдаче комплексных разрешений допустимого воздействия на окружающую среду.

Предприниматель вправе выбрать любую наилучшую доступную технологию по своему усмотрению, даже ту, которой нет в справочнике наилучших доступных технологий, однако, в любом случае, он обязан соблюдать установленные комплексным разрешением требования.

Важно подчеркнуть именно тот факт, что документ не является догмой и не устанавливает прямых норм. Он является авторитетной основой для согласования позиций промышленных предприятий и установления фиксируемого в комплексных разрешениях баланса между интересами предприятий, государства, граждан.

Одним из наиболее важных следствий применения этого механизма в странах Евросоюза, помимо общего снижения объёма выбросов, является ускоренное технологическое развитие. Предприятия, вынужденные принимать дополнительные меры по снижению выбросов при условии сохранения себестоимости на конкурентоспособном уровне, вынуждены уделять особое внимание развитию технологий, повышению их эффективности, снижению всех возможных затрат.

Принципиально необходимо отметить следующее:

- закон устанавливает все принципиальные требования, которые могут существенным образом сказаться на интересах физических и юридических лиц;
- важнейшим достоинством закона является предельная информационная открытость и прозрачность; любое заинтересованное лицо имеет необходимый набор правовых инструментов для выражения и защиты своей позиции;
- промышленные предприятия, с одной стороны, поставлены в предельно жёсткие рамки регулирования на основе наилучших доступных

технологий и на основе широкого учёта общественного мнения и организаций по защите природы, с другой стороны, они также наделены широкими правами по защите своих интересов и имеют возможность работать в предсказуемой правовой среде.

Введение в хозяйственную деятельность механизма наилучших доступных технологий дает следующие преимущества:

- механизм наилучших доступных технологий позволяет уйти от установления единых для всех жёстких норм (что невозможно, с учётом разнообразия среды, предприятий, применяемого сырья, процессов производства и т.п.);

- при этом конкретные нормы существуют, чётко устанавливаются в индивидуальном разрешении, системно контролируются и ужесточаются;

- создаётся механизм общественных консультаций, позволяющий учесть интересы всех заинтересованных сторон, находить компромиссные решения при общей прозрачности и открытости всей процедуры.

- уровень загрязнения на предприятиях постоянно снижается при условии сохранения их экономической эффективности и стимулирования ускоренного технологического развития.

Переход к нормированию воздействий на окружающую среду в России на основе принципа наилучших доступных технологий предполагает переход от ныне действующей системы индивидуального нормирования (ПДВ, НДС, размещение отходов и др.) к комплексному определению воздействия субъекта хозяйственной деятельности на окружающую среду, с выдачей единого комплексного разрешения на определенный срок.

Принципиально для применения наилучших доступных технологий в России требуется наличие следующих элементов:

- закон о наилучших доступных технологиях, вводящий данное понятие в правовую сферу, а также устанавливающий механизм его реализации, в том числе орган по подготовке и ведению справочников наилучших доступных технологий;

- документ BREF (Справочники наилучших доступных технологий - НДТ);

- создание специальных федеральных и региональных органов для выдачи комплексных разрешений и контроля за соблюдением их требований.

- закон, вводящий механизмы общественного обсуждения принимаемых административных решений, гарантирующий учёт и судебную защиту прав заинтересованных сторон;

- высококвалифицированные сотрудники государственных органов и предприятий, активно вовлечённые в международное сотрудничество по данному вопросу.

Необходимо отметить, что документ BREF для использования на российской территории должен быть создан именно в России и с максимальным использованием передовых российских технологий и оборудования, а не имплементированный в готовом виде из Евросоюза.

Это не означает отказ от использования в российских условиях отдельных положений программного документа разработанного в Евросоюзе - Директивы 96/61/ЕС от 24 сентября 1996 г. о комплексном предотвращении и контроле загрязнений, целью которой является обеспечение комплексного предотвращения и контроля загрязнений, вызываемых видами производственной деятельности. Она определяет меры, направленные на предотвращение или, где это не представляется возможным, сокращение выбросов в атмосферу, в водную среду и на земную поверхность, возникающих в результате вышеупомянутых видов деятельности, включая меры, касающиеся отходов, для обеспечения высокого уровня охраны окружающей среды в целом (ст.1).

Под 'загрязнением' понимается прямое или опосредованное внесение, в результате человеческой деятельности, веществ, вибраций, тепла или шума в атмосферу, водную среду или землю, которое может быть вредным для человеческого здоровья или окружающей среды, приводить к ущербу материальным благам или ухудшать или мешать использованию благоприятных свойств окружающей среды и иному законному ее использованию (п.2 ст.2).

Основная социально-техническая идея Директивы – обязательность применения наилучших доступных технологий, как индикатора реально достижимого уровня эффективности производства.

Под 'наилучшими доступными технологиями' понимается наиболее эффективная и передовая стадия в развитии производственной деятельности и методах эксплуатации объектов, которые указывают на практическую пригодность определенных технологий для создания основы для определения предельных величин выбросов, предназначенных для предотвращения или, если оно практически невозможно, сокращения выбросов и воздействия на окружающую среду в целом; 'технологии' включают в себя как используемые технологии, так и способ которым объект спроектирован, построен, обслуживается, эксплуатируется и выводится из эксплуатации (п.11 ст.2).

Создание отечественного реестра наилучших доступных технологий в области водоснабжения, водоотведения и очистки сточной воды позволит провести сравнительный анализ применимости различных технологий и оценить их возможности максимального снижения негативного техногенного воздействия объекта на окружающую среду, предусмотреть меры, направленные на сведение к минимуму распространения загрязнений на

большие расстояния и на обеспечение высокого уровня охраны окружающей среды в целом.

В связи с тем, что в настоящее время водные объекты России имеют существенные различия – по степени загрязненности (от слабозагрязненных до очень грязных) и мощности водных ресурсов, переход на новое технологическое нормирование должно осуществляться на принципах экологической эффективности и экономической целесообразности (доступности) технологий водоочистки.

НДТ должны использоваться при проектировании вновь строящихся и реконструируемых объектов водоснабжения и водоотведения, а также при модернизации действующих объектов.

Оценка возможности использования НДТ должна осуществляться на основе комплексного рассмотрения всех факторов применимости технологии: экономичности реализации технических решений, надежности эксплуатации узлов и оборудования, стабильности, ранее заявленных технологических параметров, максимально возможной степени автоматизации и управления технологическим процессом и работой узлов и агрегатов, а также снижения факторов техногенного воздействия объекта на окружающую среду, при размещении его в данном регионе или отдельном участке местности.

Следует отметить, что классификация НДТ, детали распространения НДТ на выбор технологий водоподготовки при проектировании систем водоснабжения и водоотведения никак не прописаны. Не разработаны критерии по отнесению сбросов коммунальных сточных вод по критериям экологической опасности, методические основы разработки реестра НДТ.

Таким образом, цель настоящей работы – создание «Методики разработки реестра наилучших доступных технологий (НДТ) систем водоснабжения и водоотведения», далее – Методика.

Методика должна содержать обоснование степени распространения концепции НДТ на отрасль водопроводно-канализационного хозяйства городов и поселений России, обеспечить соответствие технологических решений и технических средств достигнутому современному уровню; определить возможность практического применения технологических нормативов качества окружающей среды, определить порядок распространения концепции НДТ на абонентов централизованных систем водоснабжения и водоотведения.

## 1. Системы водоснабжения.

Системой водоснабжения называются инженерные сооружения, предназначенные для решения задач водоснабжения - подачи поверхностных или подземных вод водопотребителям в требуемом количестве и в соответствии с целевыми показателями качества воды в водных объектах (3).

Цель системы водоснабжения - обеспечение различных потребителей водой на самые разнообразные нужды. Расходы воды используемые различными потребителями можно свести к трем основным категориям:

- расход на хозяйственно-питьевые нужды (питье, приготовление пищи, умывание, стирка, поддержание чистоты жилищ и т. д.),
- расход на производственные нужды (расход предприятиями промышленности, транспорта, энергетики, сельского хозяйства и т. д.),
- расход для пожаротушения.

Система водоснабжения (населенного места или промышленного предприятия) должна обеспечивать получение воды из природных источников, ее очистку, если это вызывается требованиями потребителей, и подачу к местам потребления. Для выполнения этих задач служат следующие сооружения, входящие обычно в состав системы водоснабжения (3)

- водоприемные сооружения, при помощи которых осуществляется прием воды из природных источников,
- водоподъемные сооружения, т.е. насосные станции, подающие воду к местам ее очистки, хранения или потребления,
- сооружения для очистки воды,
- водоводы и водопроводные сети, служащие для транспортирования и подачи воды к местам ее потребления,
- башни и резервуары, играющие роль регулирующих и запасных емкостей в системе водоснабжения

При подаче воды учитывают её качество, например, к питьевой воде предъявляются требования СанПиН 2.1.4.1074-01 (4). Для доведения качества воды до требуемых норм используют водоподготовку. При водоподготовке питьевой воды могут быть использованы только НДТ, которые обеспечивают качество очистки природной воды до требований СанПиН 2.1.4.1074-01 (4).

Необходимо учитывать, что такие элементы системы водоснабжения, как источник водоснабжения (из поверхностных водоемов или подземных горизонтов) и водозаборные сооружения, определяют основной уровень техногенного воздействия на природную среду при реализации системы водоснабжения в регионе. Выбор их типа и технологических решений должен осуществляться, не только на основе технико-экономических

показателей, но и на основе долгосрочного экологического прогнозирования воздействия на природную среду.

Система водоснабжения является одним из элементов жизнеобеспечения населения и должна отвечать требованиям надежности, которое можно сформулировать, как свойство системы сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования.

В теории надежности используются следующие основные понятия (5).

*Работоспособное состояние* - состояние объекта, при котором значения всех параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствуют требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской документации.

*Неработоспособное состояние* - состояние объекта, при котором значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской документации.

*Предельное состояние* - состояние объекта, при котором его дальнейшее применение по назначению недопустимо или нецелесообразно, либо восстановление его исправного или работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.

*Повреждение* - событие, заключающееся в нарушении исправного состояния объекта при сохранении работоспособного состояния.

*Отказ* - событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния объекта.

В теории надежности все объекты принято делить на два больших класса (5): восстанавливаемые и не восстанавливаемые. К восстанавливаемым относятся такие, которые в случае возникновения отказа могут быть восстановлены.

Невосстанавливаемыми считаются те объекты и изделия, которые в случае возникновения отказа не могут быть восстановлены или не подлежат восстановлению.

*Наработка до отказа* - продолжительность нормальной работы объекта от начала его эксплуатации до возникновения первого отказа.

*Наработка между отказами* - продолжительность нормальной работы объекта от окончания восстановления его работоспособного состояния после отказа до возникновения следующего отказа.

*Время восстановления работоспособного состояния* - продолжительность восстановления работоспособного состояния объекта.

Надежность в зависимости от характера использования объекта состоит из более простых свойств (5):

- безотказность - свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или некоторой наработки;

- ремонтпригодность - свойство объекта, заключающееся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, повреждений и восстановлению работоспособного состояния путем проведения технического обслуживания и ремонтов;

- долговечность - свойство объекта сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонтов;

- сохраняемость - свойство объекта сохранять значения показателей безотказности, долговечности и ремонтпригодности в течение и после хранения и (или) транспортирования.

Применительно к системам водоснабжения НДТ должны объединять передовые технологии, которые базируются на современном надежном оборудовании и современных системах автоматического управления технологическими процессами и работой аппаратов.

## **1.2. Выбор источника водоснабжения.**

Выбор источника является одной из наиболее ответственных задач при устройстве системы водоснабжения, так как он определяет в значительной степени характер самой системы, наличие в ее составе тех или иных сооружений, а следовательно стоимость строительства и эксплуатации. Источник водоснабжения должен удовлетворять следующим основным требованиям:

- обеспечивать получение из него необходимых количеств воды с учетом роста водопотребления на перспективу развития объекта;
- обеспечивать бесперебойность снабжения водой потребителей;
- давать воду такого качества, которое в наибольшей степени отвечает нуждам потребителей или позволяет достичь требуемого качества путем простой, надежной и дешевой ее очистки;
- обеспечивать возможность подачи воды объекту с наименьшей затратой средств;
- обладать такой мощностью, чтобы отбор воды из него не нарушал сложившуюся экологическую систему, как самого источника водоснабжения, так окружающей природной среды.

Правильное решение вопроса о выборе источника водоснабжения для каждого данного объекта требует тщательного изучения и анализа водных

ресурсов района, в котором расположен объект. Выбор источника водоснабжения должен быть обоснован результатами топографических, гидрологических, гидрогеологических, ихтиологических, гидрохимических, гидробиологических, гидротермических и других изысканий и санитарных обследований, как самого источника водоснабжения, так и территории водосборного бассейна.

Для крупных объектов водопотребления могут использоваться комбинированные схемы: с использованием поверхностных и подземных источников водоснабжения.

Практически все используемые для целей водоснабжения природные источники воды могут быть отнесены к двум основным группам:

- поверхностные источники — моря или их отдельные части (заливы, проливы), водотоки (реки, ручьи, каналы), водоемы (озера, пруды, водохранилища, обводненные карьеры), болота, природные выходы подземных вод (гейзеры, родники), ледники, снежники;
- подземные источники — бассейны подземных вод, водоносные горизонты.

Для выбора типа источника водоснабжения для небольших населенных пунктов на основе НДТ должно быть проведено сравнение капитальных затрат, которые необходимы при реализации различных вариантов водоснабжения. Капитальные затраты при выборе типа источника водоснабжения определяются по укрупненным показателям объектов аналогов.

Для крупных населенных пунктов с большим объемом водопотребления необходимо провести предпроектные проработки на основе инженерных изысканий, с рассмотрением различных вариантов, и с разработкой раздела ОВОС. Необходимо провести анализ возможности использования комбинированных схем водоснабжения с подачей воды потребителю не только из разных источников водоснабжения, но различного качества водоподготовки в зависимости от целей водопотребления.

### **1.3. Критерии применимости НДТ при выборе источника водоснабжения.**

Источник водоснабжения является элементом окружающей среды и использование его в качестве объекта хозяйственной деятельности должно рассматриваться с позиций минимизации возможного экологического ущерба природной среде. Выбор типа источника водоснабжения необходимо

осуществляться на основе долгосрочного гидрологического прогноза используя методы моделирования процессов, которые могут происходить в окружающей среде региона при отъеме определенного объема воды из источника. При определении возможного изменения водного баланса в водоисточнике должны быть намечены к реализации мероприятия направленные к восполнению водных ресурсов.

При рассмотрении различных вариантов источник водоснабжения должен удовлетворять следующим основным требованиям:

- а) обеспечивать получение из него необходимых количеств воды с учетом роста водопотребления на перспективу развития объекта;
- б) обеспечивать бесперебойность снабжения водой потребителей;
- в) давать воду такого качества, которое в наибольшей степени отвечает нуждам потребителей или позволяет достичь требуемого качества путем простой и дешевой ее очистки;
- г) обеспечивать возможность подачи воды объекту с наименьшей затратой средств;
- д) обладать такой мощностью, чтобы отбор воды из него не нарушал сложившуюся экологическую систему.

Источник водоснабжения является основополагающим элементом в организации системы водоснабжения

При выборе источника водоснабжения, как объекта реализации НДТ необходимо:

- определить объем водопотребления объекта и требования потребителей к подаваемой воде;
- оценить мощность поверхностных и подземных водоисточников в регионе;
- оценить качественный состав воды в водоисточниках;
- определить местоположение водоисточника относительно объекта водопотребления исходя из наибольшего приближения водозабора к потребителю;
- осуществить архивный подбор материалов инженерных изысканий проведенных в данной местности;
- провести оценку достаточности архивных материалов инженерных изысканий для выбора источника водоснабжения или определить объем проведения дополнительных инженерных изысканий;
- провести предпроектную проработку на основе укрупненных показателей капитальных затрат объектов аналогов для сравнения вариантов: по типу водоисточника, места размещения водозабора, возможного типа водозабора, возможных методов водоподготовки и методов утилизации осадков (рассолов), образующихся при водоподготовке;

- для крупных объектов водопотребления на стадии предпроектной проработки разработать раздел ОВОС, в котором отдельно рассмотреть вопрос о влиянии отъема воды из водоисточника на его баланс и окружающую природную среду водосборного бассейна;

- для крупных объектов водопотребления выбор источника водоснабжения должен осуществляться на основе технико-экономической оценки рассматриваемых вариантов по капитальным и приведенным затратам;

Источник водоснабжения являясь первым объектом в системе водоснабжения определяет не только дальнейший характер и технологические решения системы водоснабжения, но и является основным фактором формирования экологической обстановки в регионе.

## **2. Водозаборные сооружения.**

Как и для выбора источника водоснабжения, для правильного решения задачи проектирования и строительства водоприемных сооружений, необходимо проведение обширных и детальных изысканий: гидрологических, геологических, гидрогеологических и т. д. Эти изыскания должны дать не только уверенность в возможности бесперебойного получения из выбранного источника требуемых количеств воды, но и все необходимые сведения для проектирования водоприемных сооружений и возможности их размещения в данной местности.

Выбор типа и конструкции водоприемных (водозаборных) сооружений зависит от местных природных условий в значительно большей степени, чем у всех остальных сооружений системы водоснабжения. Основное влияние на устройство водоприемников оказывает характер используемых природных источников воды: гидрологические характеристики открытых водоемов, условия залегания подземных вод (глубина, характер водоносных пластов и т. п.).

Водозаборные сооружения из поверхностных источников представляют собой достаточно сложные гидротехнические сооружения, при выборе которых наряду с технико-экономическими показателями необходимо рассматривать экологическое воздействие данных объектов на окружающую среду и в первую очередь воздействия на гидрологический режим водоисточника. Для подземных водозаборов следует учитывать прогнозные характеристики длительного отъема подземных запасов воды и условия их восполнения.

Реализация НДТ технологий при проектировании и строительстве водозаборов должна осуществляться на основе анализа конструктивных особенностей сооружений, правильного выбора места их расположения, создания условий надежной и удобной эксплуатации.

## **2.1. Водозаборные сооружения из поверхностных источников воды берегового и руслового типа.**

Водозаборные сооружения из поверхностных источников – это сложный гидротехнический комплекс, предназначенный:

- обеспечить с необходимой надёжностью забор расчётного расхода воды и подачу его потребителю;
- защитить систему водоснабжения от попадания в неё сора, планктона, наносов, льда и т. п.;
- защитить молодь рыбы от попадания в водоприёмник.

Водозабор - комплекс сооружений, включающий: водоприемник, который является частью водозаборного сооружения и служит для непосредственного приема (забора) воды из источника; колодец; насосную станцию первого подъема. При определенной компоновке водоприемного узла понятия водоприемника и водозабора могут совмещаться.

Водоприемные сооружения входят в число головных сооружений водопроводов и определяют надежность работы всей системы. Водоприемники вторгаются в природную водную среду и их работа не должна наносить ощутимый вред окружающей природной среде, не нарушать гидрологический режим водоисточника и территории в пределах водораздела.

Водозаборные сооружения (водозаборы) предназначенные для забора расчетного расхода воды из открытых водоисточников должны быть оборудованы защитными устройствами от попадания в них с водой сора, наносов, льда, водорослей, рыб. Водозаборы рассчитывают на эксплуатацию в обычных и редко повторяющихся чрезвычайных условиях. По производительности забираемой воды из водоисточника водозаборы можно подразделить на малые – до 1 м<sup>3</sup>/с, средние – 1-6 м<sup>3</sup>/с и большие – более 6 м<sup>3</sup>/с.

По степени обеспеченности подачи воды они подразделяются на три категории в зависимости от требований к обеспечению подачи воды потребителям (табл. 2.1.1) (6).

Категории надежности подачи воды потребителям

Табл.2.1.1

Характеристика необходимого режима подачи воды	Категория водозабора	Обеспеченность, %		
		минималь- ных расхо- дов воды	расчетных уровней воды в источниках	
			максималь- ного	мини- мального
Допускается снижение подачи воды на 30% расчетного расхода в течение 3 суток. Перерыв в подаче воды допускается не более чем на 10 мин.	I	95	1	97
Допускается снижение подачи воды на 30% в течение 10 суток. Перерыв в подаче воды допускается не более чем на 6 час.	II	90	3	95
Длительность снижения подачи не должна превышать 15 суток. Перерыв в подаче воды допускается не более чем на 24 часа	III	85	5	90

Выбор схемы и места расположения водозабора должен быть обоснован прогнозами: качества воды в источнике; переформирования русла или побережья; изменения границы вечномерзлых грунтов; гидротермического и гидравлического режима водоисточника, условиями организации санитарно-защитной зоны водозабора.

Не допускается размещать водоприемники в пределах зон движения судов, плотов, в зоне отложения и жильного движения донных наносов, в местах зимовья и нереста рыб, на участке возможного разрушения берега, скопления плавника и водорослей, а также возникновения шугозаторов и заторов. Не рекомендуется размещать водоприемники на участках нижнего бьефа ГЭС, прилегающих к гидроузлу, в верховьях водохранилищ, а также на участках, расположенных ниже устьев притоков водотоков и в устьях подпертых водотоков. Место расположения водоприемников для водозаборов хозяйственно-питьевого водоснабжения должно приниматься выше по течению водотока выпусков сточных вод, населенных пунктов, а

также стоянок судов, лесных бирж, товарно-транспортных баз и складов в районе, обеспечивающем организацию зон санитарной охраны (б).

Условия забора воды из поверхностных источников должны разделяться в зависимости от устойчивости берегов и ложа источника, русловых и шуголедовых режимов, засоренности по показателям, приведенным в таблице 2.1.2 (б).

Условия забора воды из поверхностных источников.

Табл. 2.1.2.

Характеристика условий забора воды	Условия забора воды из поверхностных источников		
	Мутность, устойчивость берегов и дна	Шуга и лед	Другие факторы
Легкие	Мутность $\leq 500$ мг/л, устойчивое ложе водоема и водотока	Отсутствие внутриводного ледообразования. Ледостав умеренной ( $\leq 0,8$ м) мощности, устойчивый	Отсутствие в водоисточнике дрейсены, баянуса, мидий и т.п., водорослей, малое количество загрязнений и сора
Средние	Мутность $\leq 1500$ мг/л (средняя за паводок). Русло (побережье) и берега устойчивые с сезонными деформациями $\pm 0,3$ м. Вдольбереговое перемещение наносов не влияет на устойчивость подводного склона постоянной крутизны	Наличие внутриводного ледообразования, прекращающегося с установлением ледостава обычно без шугозаполнения русла и образованием шугозажоров. Ледостав устойчивый мощностью $< 1,2$ м, формирующийся с полыньями	Наличие сора, водорослей, дрейсены, баянуса, мидий и загрязнений в количествах, вызывающих помехи в работе водозабора. Лесосплав молевой и плотами. Судходство
Тяжелые	Мутность $\leq 5000$ мг/л. Русло подвижное с переформированием берегов и дна, вызывающим изменение отметок дна до 1 - 2 м. Наличие переработки берега с вдольбереговым перемещением наносов	Неоднократно формирующийся ледяной покров с шугоходами и шугозаполнением русла при ледоставе до 60 - 70 % сечения водостока. В отдельные годы с образованием шугозажоров в	То же, но в количествах, затрудняющих работу водозабора и сооружений водопровода

Характеристика условий забора воды	Условия забора воды из поверхностных источников		
	Мутность, устойчивость берегов и дна	Шуга и лед	Другие факторы
	по склону переменной крутизны	предледоставный период и ледяных заторов весной. Участки нижнего бьефа ГЭС в зоне неустойчивого ледового покрова. Нагон шугольда на берега, торосов и шугозаполнением прибрежной зоны	
Очень тяжелые	Мутность > 5000 мг/л, русло неустойчивое, систематически и случайно изменяющее свою форму. Интенсивная и значительная переработка берега. Наличие или вероятность оползневых явлений	Формирование ледяного покрова только при шугозажорах, вызывающих подпор; транзит шуги под ледяным покровом в течение большей части зимы. Возможность наледей и перемерзания русла. Ледоход с заторами и с большими навалами льда на берега. Тяжелые шуголедовые условия при наличии приливов	
Примечание - Общая характеристика условий забора воды определяется по наиболее тяжелому виду затруднений.			

Для правильного выбора типа водозабора, используя исходные данные, строят продольный профиль дна и берега реки в створе водозабора, наносят на него все расчетные уровни воды, ледостава и ледохода, указывают толщину ледяного покрова и отметку площадки для строительства. Подобные профили для нескольких створов водозаборов должны содержаться в материалах предварительных изысканий, предшествующих проектированию.

По технологии забора воды из водотоков и водоемов различают береговую и русловую водозаборы. Они отличаются между собой расположением места забора воды относительно берега. Водозаборы могут

быть совмещенными с насосными станциями первого подъема или отдельными.

Береговые водозаборные сооружения проектируются при высоком крутом берегу реки, наличии больших глубин у берега, высоких требованиях к надежности забора и подачи воды и при значительных колебаниях уровней воды.

Водозабор может быть расположен непосредственно у берега (при колебании уровней до 10 м), выдвинут в русло и соединён с берегом дамбой (при колебании уровней более 10 м) или вдвинут в берег и соединён с рекой каналом или ковшом (при незначительных глубинах реки и тяжёлых шуголедовых условиях).

Береговые водозаборы представляют собой массивные, как правило железобетонные колодцы, которые располагаются на берегу и принимают воду непосредственно из источника через водоприемные окна.

Колодец водозабора из монолитного железобетона может выполняться следующими способами:

- в осушенном котловане, огражденном перемычками от реки и шпунтами от берега;
- при скальных породах, плотных глинах, сланцах – в котловане, но без шпунтов;
- опускным способом (в песках, супесях) с предварительной насыпью, защищенной от размыва;
- методом "стена в грунте";
- кессонными подводными работами (для очень крупных водозаборов).

При опускном способе строительства колодец водозабора выполняется круглой формы, при других способах строительства колодцы устраиваются квадратными, прямоугольными или сложной формы в плане и скругленной внешней стороной колодца (от водоисточника) для плавного обтекания ее водой или льдинами. Для надежности колодец разделяется глухой перегородкой не менее чем на две секции. При выходе из строя одной из них вторая должна обеспечить прием не менее 70% полной производительности водозабора.

Каждая секция водоприемного колодца разделена перегородкой на две камеры: приемную и всасывающую 2, куда опускаются всасывающие трубы 3 насосов 4 (рис. 2.1.1). Вода из реки поступает в приемную камеру через отверстия, оборудованные с наружной стороны съемными решетками, а с внутренней стороны - затворами дроссельного или шиберного типа.

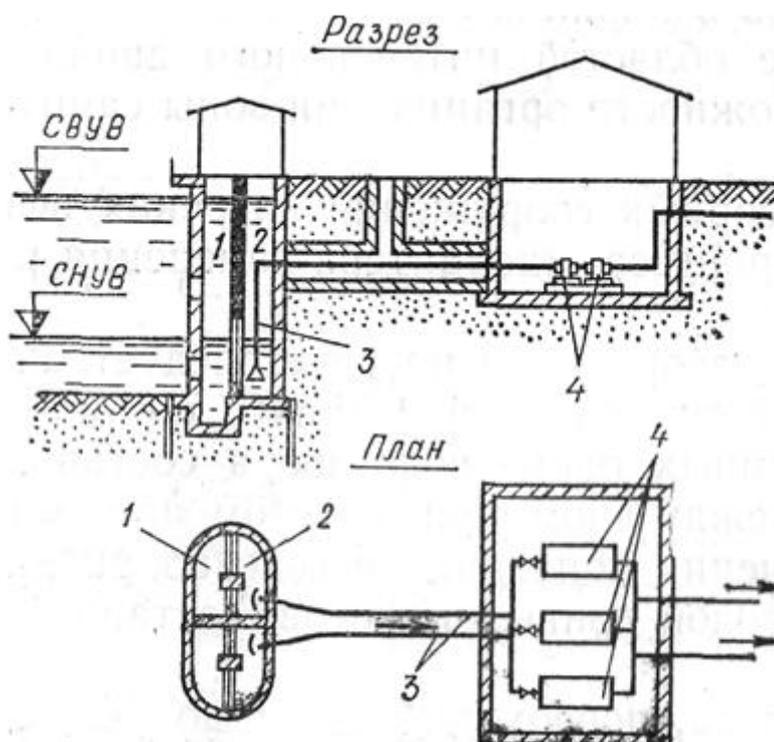


Рис. 2.1.1. Схема водозабора раздельного типа.

Решетки выполняют из вертикальных стальных стержней с поперечным сечением прямоугольной или круглой формы. Зазор между стержнями решетки принимают равным 40-50 мм. Размеры решеток определяют из условия пропуска воды в прозорах между стержнями при наибольшем расходе со скоростью 0,2-0,6 м/с. При сильном загрязнении воды и наличии шуги принимают меньшие скорости. При большом колебании уровней воды в реке приемные отверстия выполняют в два или три яруса. Верхние отверстия служат для забора верхних сравнительно чистых слоев воды во время паводка. В проеме перегородки между приемной и всасывающей камерами устанавливают сетку из проволоки толщиной 1-1,5 мм с ячейками размером от 2 до 5 мм. Крупные водозаборные сооружения оборудуют вращающимися сетками с непрерывной промывкой. Процеживание воды через решетки и сетки обеспечивает ее предварительную очистку и предотвращает повреждение оборудования.

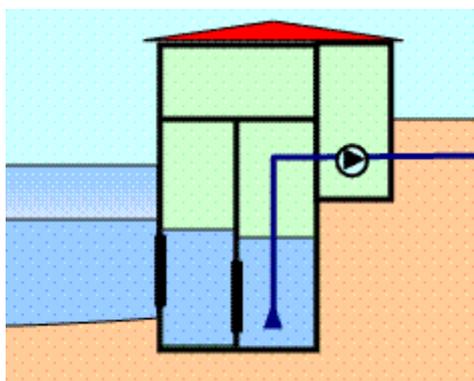
По компоновочным решениям береговые водозаборы могут быть подразделены:

- береговой колодец совмещен с насосной станцией;
- насосная станция примыкает к береговому колодцу;
- береговой колодец отделен от насосной станции.

Выбор НДТ конструктивных решений водозабора берегового типа должен осуществляться с учетом:

- особенностей рельефа местности и береговой линии;
- геологических особенностей возможного местоположения водозабора;
- гидрологического режима водоисточника и территории в пределах водораздела;
- условий организации подъездных путей к водозабору;
- условий проведения строительных работ.

Каждое конструктивное решение решает комплекс вопросов связанных с условиями подачи воды потребителю, строительства и эксплуатации водозабора. На пример, при совмещении берегового колодца и насосной станции в одно сооружение существенно упрощается обслуживание водозабора, повышает надёжность его работы, и является практически необходимым в случае применения насосов с малой высотой всасывания и при значительной амплитуде колебаний уровней воды в реке.

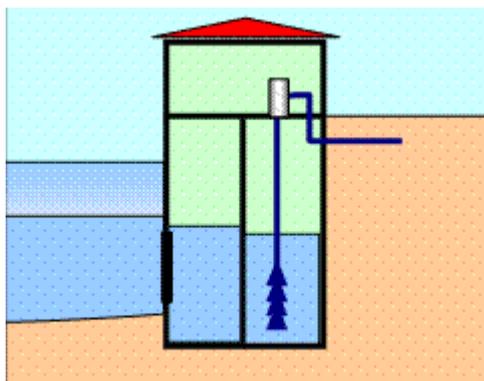


4exam.info

Рис. 2.1.2. Схема насосной станции совмещенной с береговым колодцем

Совмещение насосной станции с береговым колодцем применяют (рис.2.1.2) (7):

- при прочных грунтах дна, при сложении берега из скальных пород (скала, известняк и т.п.).
- при большой амплитуде колебания уровней воды в реке (разности минимальной и максимальной отметок воды) - более 6 м;
- при большой производительности водоприемника;
- при большой глубине берегового колодца насосная станция оборудуется вертикальными насосами или насосами для забора воды из скважин (рис.2.1.3).

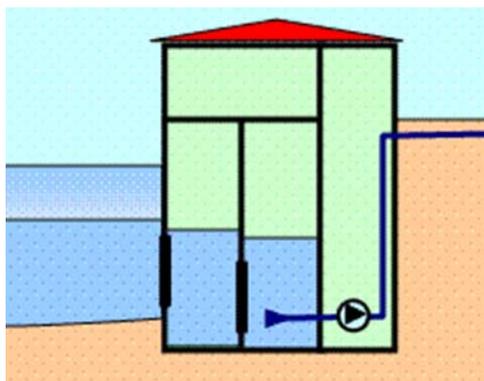


4exam.info

Рис. 2.1.3. Схема берегового колодца совмещенного с насосной станцией оборудованной вертикальными насосами.

Примыкание насосной станции к береговому водозабору (рис.2.1.4) применяется при условиях:

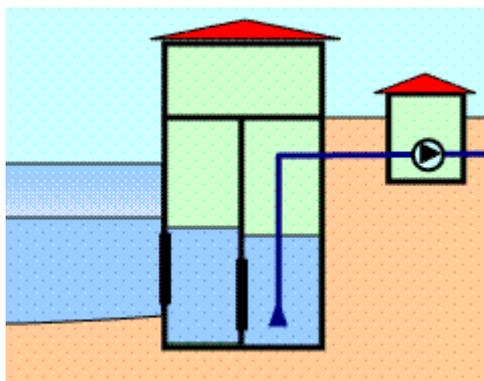
- незначительные колебания уровней воды в реке;
- использование насосов с допустимой высотой всасывания не более 3-4 м или при необходимости установки насосов под залив;
- небольшой глубине берегового колодца.



4exam.info

Рис. 2.1.4. Схема примыкания насосной станции к береговому колодцу.

Раздельные схемы насосной станции и берегового колодца применяют, как правило, при слабой несущей способности береговых грунтов (пески, супеси, суглинки) (рис.2.1.5).



4exam.info

Рис. 2.1.5. Схема берегового колодца разделенного с насосной станцией.

Раздельная схема берегового колодца и насосной станции применяется при условиях:

- сложение берега из рыхлых или неоднородных грунтов;
- использование насосов с допустимой высотой всасывания более 3-4 м;
- производительности до 1 м<sup>3</sup>/с.

Для удешевления строительства водозабора берегового типа можно:

- применить вертикальные насосы (или даже артезианские), что позволяет сократить размеры водозабора в плане;
- уменьшить заглубление насосной станции, что возможно только на скальных основаниях.

Раздельная компоновка берегового водозабора позволяет защитить насосную станцию от затопления, уменьшает габариты берегового колодца, но при этом насосы оказываются не под заливом и происходит разобщение по обслуживанию эксплуатирующим персоналом водозабора и насосной станции. Одновременно удлиняются всасывающие линии и растут потери напора в них.

При раздельной компоновке водозаборов насосная станция должна располагаться по возможности ближе к береговому колодцу, но за пределами призмы обрушения береговой зоны грунта. Всасывающие линии, которые могут прокладываться в зоне возможных деформаций грунтов, для облегчения ремонтных работ рекомендуется располагать в галереях.

При пологих берегах, небольшой амплитуде колебаний уровней воды в источнике (до 6 м), незначительных глубинах вблизи берега, малой производительности (до 2 м<sup>3</sup>/с), широкой затапливаемой пойме, применяют русловые водозаборы. Для данного типа сооружения, дополнительно к перечню основных конструктивных решений на основе НДТ, которые обозначены для водозаборов берегового типа, следует добавить комплекс

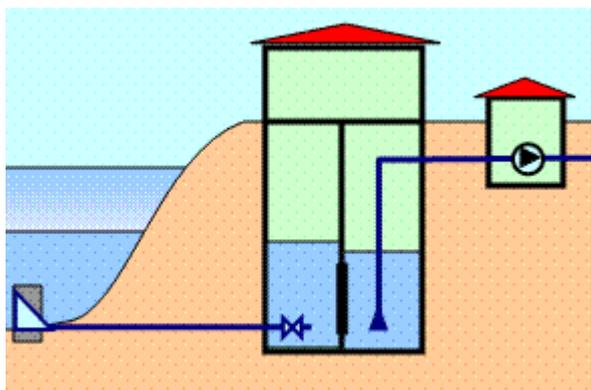
гидротехнических решений связанных со строительством водоприемного оголовка.

В зависимости от взаимного расположения берегового колодца и насосной станции русловые водозаборы бывают совмещённого и отдельного типа. Принципиально водозаборы руслового типа могут быть выполнены по следующим схемам (7):

- насосная станция разделена с береговым колодцем; водоводы самотечные;
- насосная станция разделена с береговым колодцем; водоводы сифонные;
- насосная станция примыкает к береговому колодцу; водоводы самотечные или сифонные;
- с незатопляемым водоприёмником и с самотечными линиями;
- насосная станция совмещена с береговым колодцем; насосы вертикальные или артезианские;
- насосная станция совмещена с береговым колодцем; насосы вертикальные марки ЭЦВ.

Схема, когда насосная станция разделена с береговым колодцем и водоводы самотечные применяется при условиях (рис.2.1.6):

- слабой несущей способности береговых грунтов (супесь, суглинок, песок);
- незначительной амплитуде колебаний уровней воды в реке (до 6-8 м);
- использование насосов с допустимой высотой всасывания более 3-4 м;
- производительности до 1 м<sup>3</sup>/с.

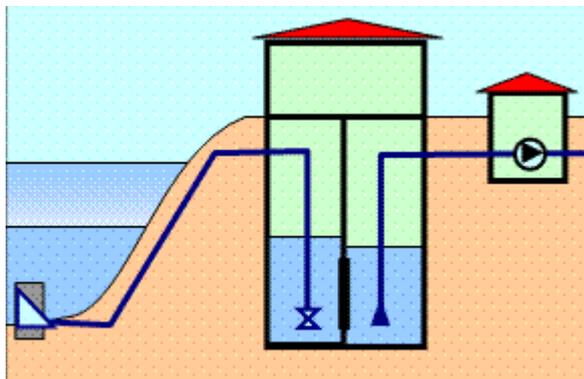


4exam.info

Рис. 2.1.6. Насосная станция разделена с береговым колодцем. Водоводы самотечные.

Схема насосной станции разделенной с береговым колодцем и с использованием сифонных водоводов для забора воды из водосточника (рис.2.1.7) применяется при условиях:

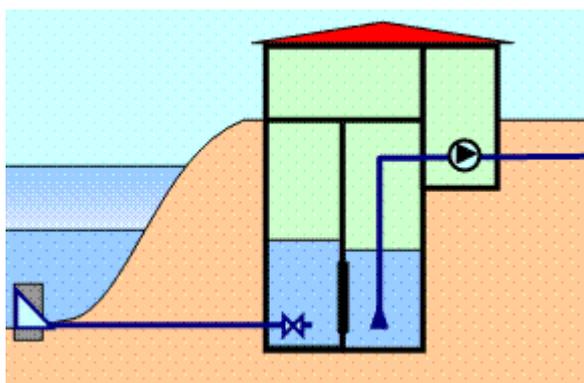
- скальных и полускальных грунтах берега (скала, известняк и т. п.);
- незначительной амплитуде колебаний уровней воды в реке (до 6-8 м);
- использование насосов с допустимой высотой всасывания более 3-4 м;
- производительности до 1 м<sup>3</sup>/с.



4exam.info

Рис.2.1.7. Насосная станция разделена с береговым колодцем. Водоводы сифонные.

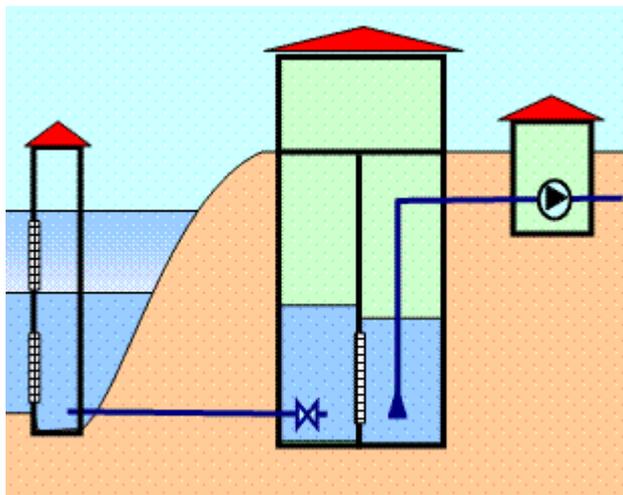
Схема с насосной станцией, которая примыкает к береговому колодцу с самотечными или сифонными водоводами (рис. 2.1.8), применяется при сложении берега из скальных и полускальных пород (скала, известняк и т. п.).



4exam.info

Рис.2.1.8. Насосная станция примыкает к береговому колодцу. Водоводы самотечные или сифонными.

Для водоснабжения крупных и ответственных потребителей применяется схема с незатопляемым водоприёмником и с самотечными линиями (рис.2.1.9). В данной схеме забор воды осуществляется с нескольких горизонтов (7).



4exam.info

Рис. 2.1.9. Схема с незатопляемым водоприёмником и с самотечными водоводами.

При большой амплитуде колебания уровня воды в водоисточнике применяется схема, когда насосная станция совмещена с береговым колодезём (рис.2.1.10). В насосной станции используется вертикальный тип насосных агрегатов. Данная схема применяется при условиях:

- большой глубине берегового колодезя;
- значительной амплитуде колебаний уровней воды в реке (6-14м).
- берег и дно реки сложено нескальными породами;
- производительность до 1 м<sup>3</sup>/с.

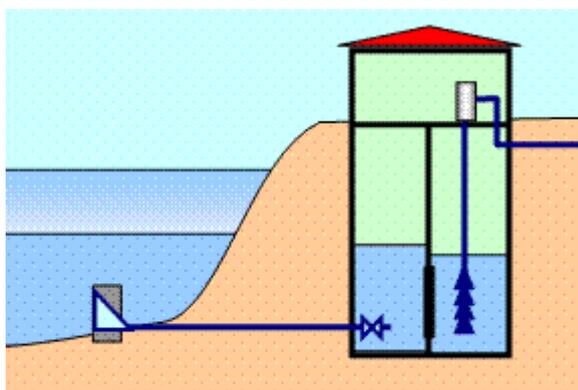


Рис. 2.1.10. Схема насосной станции совмещенной с береговым колодцем.

При большой глубине берегового колодца и значительной амплитудой колебания уровня в реке насосная станция, с насосами вертикального типа, совмещается с береговым колодцем при условиях:

- большой глубины берегового колодца;
- значительной амплитуде колебаний уровней воды в реке (6-14м).
- берег и дно реки сложено нескальными породами;
- производительность водозабора до 1 м<sup>3</sup>/с.
- насосная станция оборудуется вертикальными насосами.

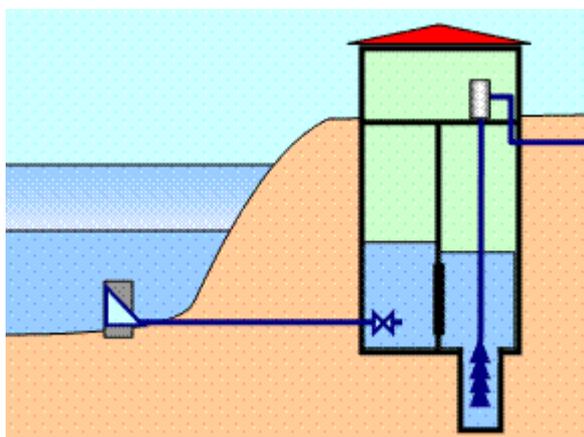
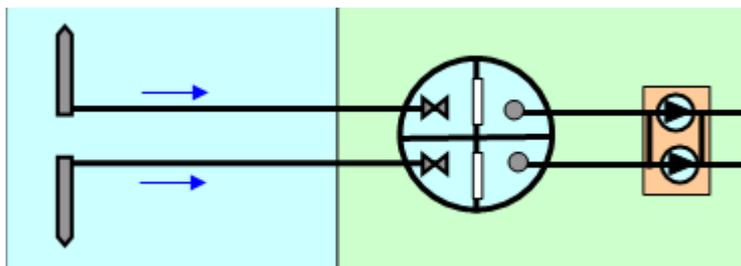


Рис. 2.1.11. Схема насосной станции совмещенной с глубоким береговым колодцем.

Для обеспечения необходимой степени подачи воды в систему водоснабжения береговой колодец руслового водозабора делится на две секции (рис. 2.1.12), которые могут работать вместе либо раздельно. При этом появляется возможность вывести из работы одну из секций при аварии или для ремонта. Кроме того, дублируются оголовки с решётками, самотечные линии, сетки, всасывающие трубопроводы и насосы.



4exam.info

Рис. 2.1.12. Схема руслового водозабора с двумя оголовками.

Для надежности забора воды русловыми водоприемниками рекомендуется:

- размещении оголовков в самопромывающемся затопляемом ковше - для крупных и ответственных водозаборов;
- подвод к водоприемным отверстиям теплой воды в количестве не менее 20 % от производительности (экономически оправдано только для водозаборов ГРЭС, ТЭЦ, АЭС, металлургических заводов);
- организация автоматической обратной промывки самотечных линий (наиболее реальное мероприятие для рядовых водозаборов).

## 2.2. Водоприемные ковши.

При необходимости отбора из рек больших количеств воды в определенных условиях может оказаться экономически целесообразным и эффективным устройство водоприемных ковшей.

Водоприемный ковш представляет собой своеобразный искусственно сделанный залив, который образуется дамбой, вынесенной в русло реки, или специально отрытой выемкой.

Вода забирается из ковшей водоприемными сооружениями (преимущественно берегового типа), располагаемыми в конце ковшей.

При выборе данного типа водоотборного устройства, как элемента НДТ, необходимо учитывать следующие факторы:

- влияние на водный объект, как экологическую систему, отбора больших объемов воды;
- оценка гидрологических режимов водного объекта и в зоне водораздела;
- влияние конструктивных особенностей ковшового водоприемника на гидрологический режим водного объекта;

- экологическое воздействие на водный объект проведение работ по устройству ковшового водоприемника;
- воздействие на водный объект мероприятий связанных с эксплуатационными работами проводимых на ковшовом водоприемнике.

Использование ковшей особенно эффективно на шугоносных реках. В ряде случаев ковш позволяет успешно бороться с затруднениями, которые возникают при заборе воды в условиях образования внутриводного льда. Малые скорости движения воды в ковше (порядка 5—15 см/с в среднем по сечению ковша) обуславливают более раннее образование ледяного покрова, что исключает возможность переохлаждения воды в ковше и появления глубинного льда. Благодаря малым скоростям шуга, занесенная в ковш из реки, всплывает и смерзается с поверхностным льдом. Таким образом, условия работы водоприемника при заборе воды из ковша, а не непосредственно из шугоносной реки значительно улучшаются (3).

Следует отметить, что в районах с особенно тяжелыми ледовыми условиями ковши не всегда могут обеспечить надежную защиту водоприемника; в этих случаях требуется применение дополнительных мер по борьбе с обмерзанием водоприемных устройств: обогрев решеток, сброс перед водоприемником теплой отработанной воды (в производственных водопроводах).

Водоприемные ковши используют не только для борьбы с шугой, но иногда и для частичного, предварительного осветления воды, которая забирается из рек с высоким содержанием взвешенных веществ. На реках с недостаточными глубинами ковши могут устраиваться для увеличения глубины у места забора воды и для улучшения условий подвода воды из русла реки к водоприемнику. В этих случаях дно ковша располагают на 1-1,5 м ниже дна реки, благодаря чему отпадает необходимость в возведении водоподъемной плотины на реке.

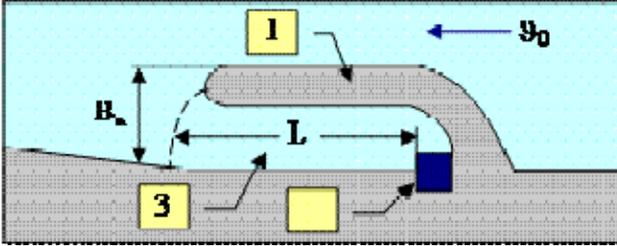
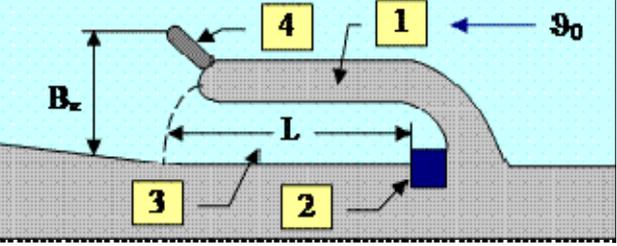
Одним из методов устройства ковша в русле реки является сооружение дамбы. Если ковш предназначен для борьбы с шугой, то отметка гребня дамбы должна быть выше отметки уровня воды в период шугохода, но в другие периоды дамба может заливаться высокими водами. В ковшах, используемых для осветления забираемой воды, дамба устраивается незаливаемой.

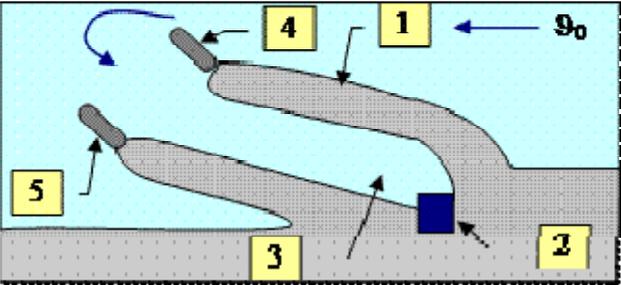
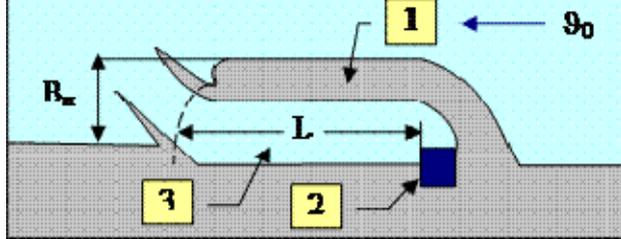
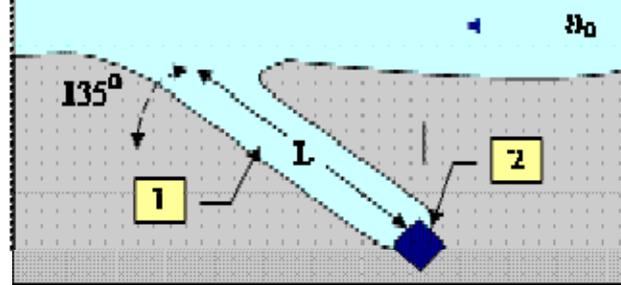
Ковш не должен значительно изменять режим речного потока. Стеснение потока не должно вызывать затор льда и ухудшать существующий водный режим в реке.

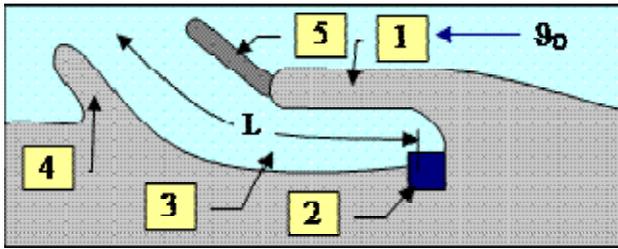
Использование того или иного типа ковша должно быть обосновано путём анализа гидрологических и других характеристик реки. Обычно проектированию ковша предшествует гидрологическое моделирование. Типы ковшей и область их применения приведены в таблице 2.2.1 (7).

Тип водоприемного ковша и область его применения.

Табл.2.2.1.

Тип и схема устройства ковша	Область применения
<p style="text-align: center;">1</p>  <p>Не затопляемый с низовым входом, частично или полностью выдвинутый в реку:</p> <p>1 – дамба; 2 – водоприёмное сооружение; 3 – ковш.</p>	<p style="text-align: center;">2</p> <p>На шугозажорных реках с постепенно нарастающими значительными подъёмами уровней перед или в период ледостава;</p> <p>На реках с тяжёлым весенним ледоходом при относительно небольших подъёмах уровней воды в русле;</p> <p>При отсутствии сбросов промышленных стоков ниже места водозабора на участке берега не менее 10-кратной величины выноса внешней грани ковша в русло.</p>
 <p>Не затопляемый с низовым входом, частично или полностью выдвинутый в реку, с затопляемой в половодье верховой шпорой:</p> <p>1 – дамба; 2 – водоприёмное сооружение; 3 – ковш, 4 – верховая шпора.</p>	<p>На реках без шугозажорных режимов или особо тяжёлых условий весеннего ледохода, если количество наносов, транспортируемых рекой в половодье, не превышает 0,75 кг/м<sup>3</sup>.</p>

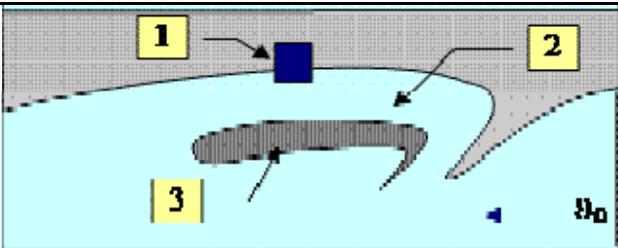
1	2
 <p>Не затопляемый с низовым входом, частично или полностью выдвинутый в реку, с затопляемой в половодье верховой и низовой шпорами:</p> <p>1 – дамба; 2 – водоприёмное сооружение; 3 – ковш, 4 – наносозащитная верховая шпора, 5 – наносозащитная низовая шпора.</p>	<p>На реках без шугозажорных режимов или особо тяжёлых условий весеннего ледохода, если количество наносов, транспортируемых рекой в половодье, не превышает 0,75 кг/м<sup>3</sup>.</p> <p>При необходимости сбросов промышленных стоков ниже места водозабора на участке берега не менее 10-кратной величины выноса внешней грани ковша в русло.</p>
 <p>Затопляемый с низовым входом, частично или полностью выдвинутым в русло реки:</p> <p>1 – дамба; 2 – водоприёмное сооружение; 3 – ковш</p>	<p>На реках не допускающих стеснение русла реки в период паводков и половодий, при недостаточных глубинах у берега и возможности формирования береговых шугозажоров, а также при отсутствии специальных требований к предварительному осветлению воды.</p>
 <p>Заглубленный в берег с углом отвода 135°:</p> <p>1 – ковш; 2 – водоприёмник.</p>	<p>На реках с ограниченной интенсивностью шуголедовых явлений, русла которых изогнуты или сложены слабыми мелкозернистыми грунтами.</p>
1	2



При необходимости поддержания у входа в ковш или подходе к нему глубин, превышающих бытовые, особенно в случаях неглубокого залегания кровли коренных пород.

Частично выдвинутый в русло, частично заглубленный в берег с самопромывающимся входом:

1- дамба; 2 – водоприёмник; 3 – ковш; 4 - низовая не затапливаемая дамба; 5 - верховая затапливаемая в половодье дамба.



На сильно шугоносных реках, транспортирующих в паводки большое количество взвешенных наносов.

С низовым входом и регуляторами:

1 – водоприёмник; 2 – ковш; 3 – речная не затапливаемая дамба.

Как видно из схем, ковши могут быть построены двумя способами: или выемкой грунта на берегу, или намывом (отсыпкой) дамбы, отделяющей акваторию ковша от реки.

Достоинство врезанных в берег ковшей состоит в том, что они не стесняют речной поток, но они дорогие и трудоемкие. Такие типы нежелательны при скальных и прочных грунтах берега. Их строительство удешевляется, если использовать такие явления рельефа, как овраги, балки, тальвеги.

Ковши, вынесенные в русло, дешевле и проще в строительстве (дамбы обычно намываются земснарядами), но стесняют поток и требуют крепления внешней стороны дамбы от размыва. Их целесообразно применять при русле из легких пород. Если ковш служит для борьбы с шугой или отбора больших количеств воды из реки, дамба может в паводок затапливаться. При защите

водозабора от взвешенных веществ дамба не должна затапливаться высокими водами.

Ковши с верховым входом не рекомендуются для защиты от шуги и взвешенных наносов,

На схемах в таблице 2.2.1 показаны ковши, где видно, что форма акватории ковша может быть изогнутой, ломаной, овальной или круглой. Ковши могут быть частично врезанными в берег, частично вынесенными в русло. Наконец, могут быть самопромывающиеся ковши, если у основания дамбы устроить перемышку с затвором, открывающимся во время паводка. Паводковые воды движутся с большой скоростью и, двигаясь транзитом через ковш будут вымывать с его дна отложения, вынося их в реку.

Чистка остальных видов ковшей должна производиться не реже одного раза в 2-3 года следующими способами:

- земснарядами или универсальными плавучими машинами, состоящими из понтона и землесоса (при отсутствии лесосплава и топляков);
- кранами-грейферами на баржах (при наличии на дне топляков);
- экскаваторами-драглайнами при небольших размерах ковшей.

### **2.3. Водоприемные оголовки водозаборных узлов.**

Для забора воды из водного объекта используются различные типы приемных оголовков, которые можно разделить на три группы: постоянно затопленные, затопляемые высокими водами и незатопляемые.

Поскольку водоприемные оголовки размещаются в водном объекте, то выбор конструктивных решений, с позиций НДТ, должен осуществляться с учетом следующих факторов:

- оценки воздействия конструкции оголовка и режимов его работы на гидрологический режим водного объекта;
- экологической оценки воздействия условий работ по устройству и эксплуатации оголовка на режим водного объекта;
- конструктивное решение оголовка должно приниматься с учетом минимизации капитальных затрат.

Несмотря на то, что обслуживание затопленных оголовков связано с определенными трудностями и неудобствами (их недоступность в паводки), они имеют в практике наиболее широкое распространение, так как значительно дешевле незатопляемых оголовков. Постоянно затопленные оголовки имеют то преимущество, что не подвергаются воздействию ледовых нагрузок.

Затопленные оголовки можно разделить на два типа. Оголовки первого типа служат лишь для укрепления и защиты от повреждения приемных

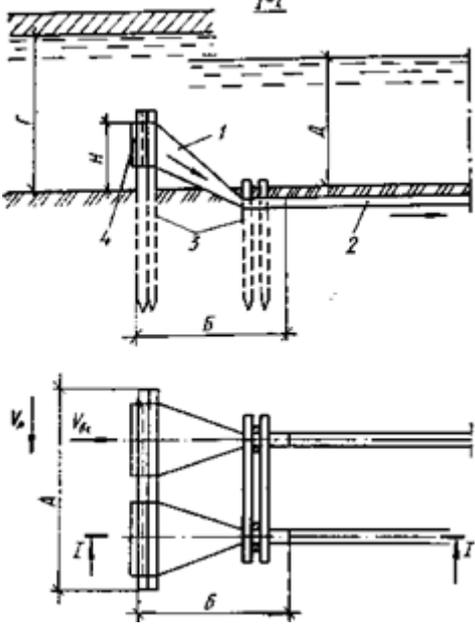
концов самотечных линий, забирающих воду непосредственно из реки; оголовки второго типа образуют приемную камеру, куда поступает речная вода и к которой присоединяются приемные концы самотечных линий.

На судоходных и лесосплавных реках над оголовком должен быть установлен освещаемый ночью сигнальный знак по типу бакенов, применяемых для управления речного транспорта.

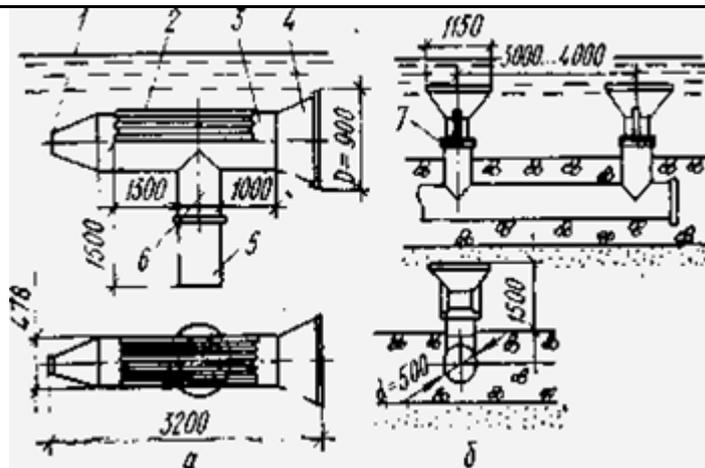
В таблице 2.3.1 даны схемы и конструкции различных оголовков, их характеристики, область применения и сравнительный анализ.

Табл. 2.3.1

Характеристика затопленных оголовков речных водозаборов

Тип и конструкция оголовка.	Область применения.
Основные элементы	Характеристика
1	2
 <p>Раструбный свайный незащищенный оголовок: 1 - раструб; 2 - самотечный или сифонный водовод; 3 - сваи; 4 - сороудерживающая решетка          Рекомендуемые размеры, м: А=3,5...5 м; Б=3,6...4,1 м; Г=2,5...2,7 м; Д=1,6...1 м; Н=1,3...1,5 м</p>	<p>На небольших реках, не используемых для лесосплава и судоходства с относительно легкими природными условиями при малой (от 0,02 до 0,2 м<sup>3</sup>/с) производительности водозабора.</p> <p>Достоинства: простой, компактный, экономичный.          Недостатки: вносит возмущения в поток, труднодоступный, боится ударов, требует установки рыбозаградителей.</p>

Простейшими и самыми дешевыми являются раструбные свайные незащищенные оголовки. Их раструб может располагаться не только вертикально, как показано на схеме, но и наклонно или горизонтально. Иногда для их защиты от плавущих предметов выше по течению забивают защитные сваи.



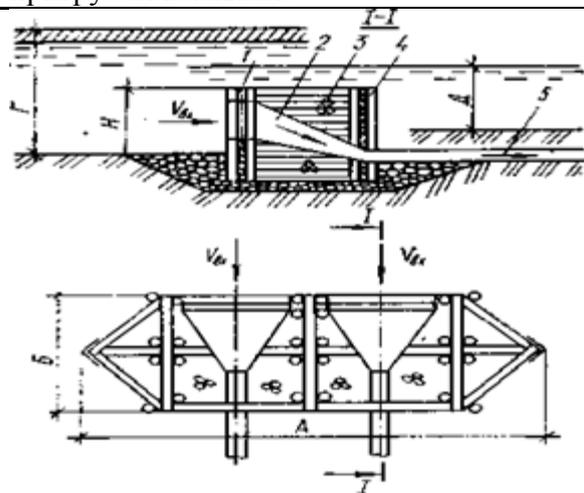
Стальные незащищенные оголовки:

а - трубчатый; б - тарельчатый; 1 - заглушка, 2 - сороудерживающая решетка; 3 - водоприемная труба; 4 - приемный раструб; 5 - вертикальный патрубок; 6 - врезной соединительный патрубок; 7 - фланец

На реках, не используемых для лесосплава и судоходства с относительно легкими природными условиями, при небольшой (до 0,4 м<sup>3</sup>/с) производительности водозабора.

Достоинства: сборные, простые, недорогие, быстросменяемые.  
Недостатки: вносят значительные возмущения в поток, труднодоступные, требуют устройства рыбозаградителей.

Ряжевые оголовки изготавливаются в виде сруба из бревен на берегу со смонтированными раструбами и концами самотечных линий. Такая плавучая конструкция буксиром транспортируется к месту установки и затопливается с пригрузом камнями.



Деревянный ряжевый оголовок с боковым приемом воды:

1 - сороудерживающие решетки; 2 - водоприемный раструб; 3 - каменная наброска; 4

На реках с небольшими глубинами, средними природными условиями при небольшой (до 1 м<sup>3</sup>/с) производительности водозабора.

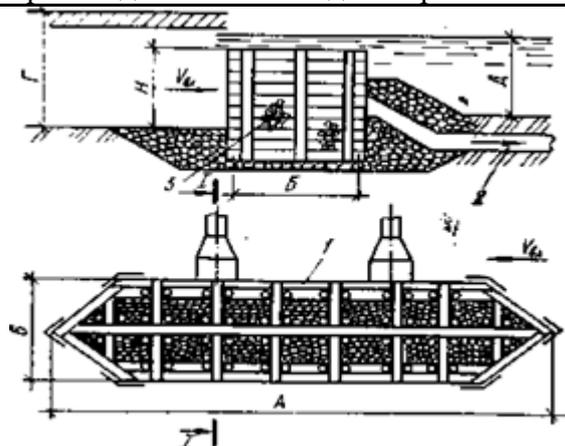
Достоинства: простой, недорогой.

Недостатки: трудоемкий в изготовлении, неиндустриальный, труднодоступный для осмотра и замены сороудерживающих решеток, требуют устройства рыбозаградителей.

- ряж; 5 - самотечные или сифонные водоводы.  
Рекомендуемые размеры, м:

A=6,5...17,4 м; B=2,5...3,5 м; Г=2,7...3,1 м;  
Д=1,8...2,2 м; Н=1,5...1,9 м

Ряжевый оголовок может быть устроен без раструбов, а с фильтрующей засыпкой из гравия или щебня в полости сруба. Такой оголовок частично осветляет воду и обеспечивает рыбозащиту. Прием воды осуществляется передним фронтом сооружения, который может иметь большую площадь и обеспечивать среднюю производительность водозабора.

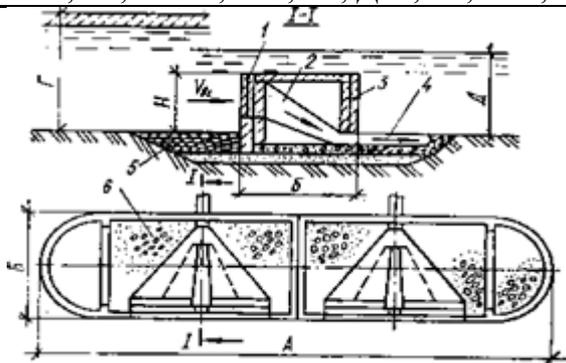


Деревянный ряжевый фильтрующий оголовок: 1 - ряж; 2 - самотечные или сифонные водоводы; 3 - каменная наброска. Рекомендуемые размеры, м: A=10,2...17,2 м; B=3 м; Г=3,3 м; Д=2,4 м; Н=2,1 м.

На небольших реках с тяжелыми шуго-ледовыми условиями при небольшой (до 1 м<sup>3</sup>/с) производительности водозабора.

Достоинства: простой, недорогой, не требует устройств рыбозаградителей.

Недостатки: трудоемкий в изготовлении, неиндустриальный, труднодоступный, подвержен засорению и заилению.



Железобетонный раструбный защищенный оголовок с боковым приемом воды:

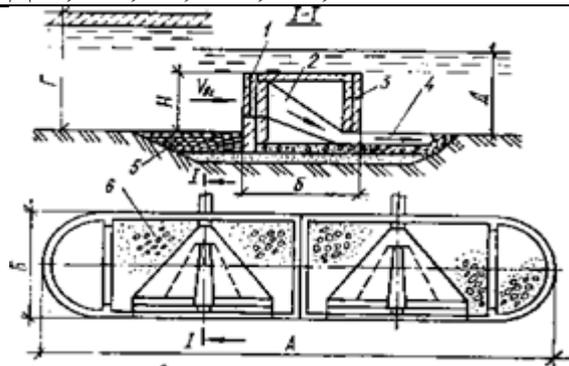
1 - сороудерживающая решетка; 2 - раструб; 3 - железобетонный корпус оголовка; 4 - самотечный или сифонный водовод; 5 - крепление русла камнем; 6 - загрузка галечником, щебнем или тощим бетоном. Рекомендуемые размеры, м:

На небольших лесосплавных реках с легкими и средними природными условиями при небольшой (до 1 м<sup>3</sup>/с) производительности водозаборов.

Достоинства: надежно защищает концы самотечных или сифонных водоводов, позволяет забирать воду с небольшими входными скоростями, может выполняться индустриальным способом.

Недостатки: громоздкий и тяжелый в монтаже, требует установки рыбозаградителей,

$A=5,5...15,8$  м;  $B=2,5..4$  м;  $B=2,6...3$  м,  
 $D=1,7...2,1$  м;  $H=1,4...1,8$  м.



Железобетонный раструбный защищенный оголовок с боковым приемом воды:

1 - сороудерживающая решетка; 2 - раструб; 3 - железобетонный корпус оголовка; 4 - самотечный или сифонный водовод; 5 - крепление русла камнем; 6 - загрузка галечником, щебнем или тощим бетоном. Рекомендуемые размеры, м:

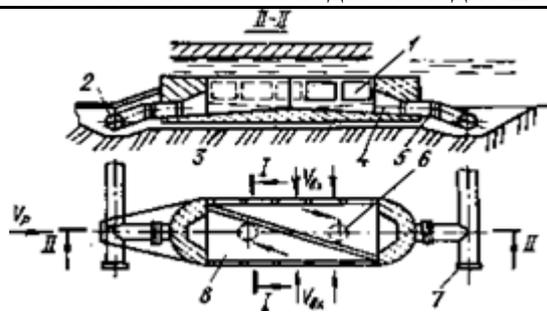
$A=5,5...15,8$  м;  $B=2,5..4$  м;  $B=2,6...3$  м,  $D=1,7...2,1$  м;  $H=1,4...1,8$  м.

На небольших лесосплавных реках с легкими и средними природными условиями при небольшой (до 1 м<sup>3</sup>/с) производительности водозаборов.

Достоинства: надежно защищает концы самотечных или сифонных водоводов, позволяет забирать воду с небольшими входными скоростями, может выполняться индустриальным способом.

Недостатки: громоздкий и тяжелый в монтаже, требует установки рыбозаградителей, труднодоступен.

Железобетонный оголовок устраивается в виде железобетонной скорлупы на берегу, оснащается раструбами, транспортируется в русло, затопливается в проектное место и утяжеляется каменной наброской. Получившаяся конструкция стойка к ударам, обтекаема потоками воды. Находит широкое применение на практике.



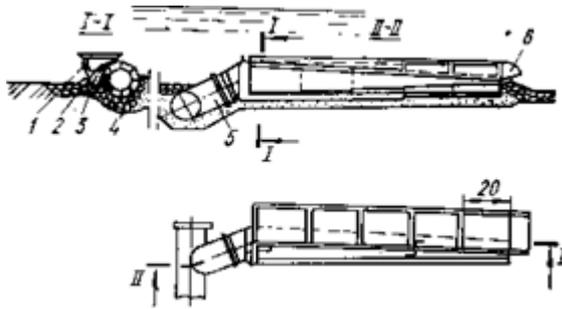
Железобетонный двухсекционный защищенный оголовок конструкции ВНИИВодгео:

1 - водоприемные отверстия; 2 - самотечные или сифонные водоводы; 3 - железобетонное днище и стенки оголовка; 4 - водоприемные раструбы; 5 - соединительные фланцы; 6 - смотровые люки; 7 - заглушки; водоприемная камера

На лесосплавных реках с тяжелыми шуго-ледовыми условиями или средней производительности (от 1 до 3 м<sup>3</sup>/с) водозабора.

Достоинства: хорошо обтекаемая форма, малые входные скорости, что дает возможность забирать воду из сильно шугоносных рек, хорошо промывается.

Недостатки: сложный в монтаже, дорогостоящий, труднодоступный, требует установки рыбозаградителей.



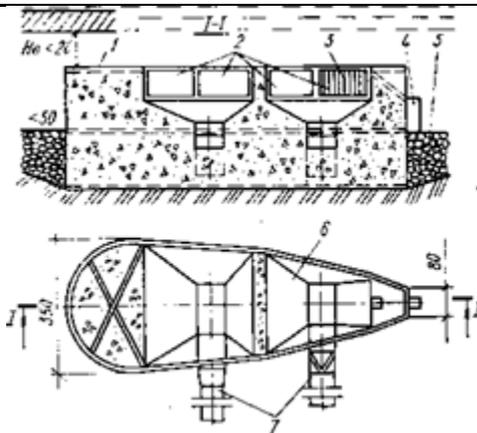
Водоприемник с вихревой камерой конструкции ВНИИВодгео:

1 - сороудерживающая решетка на водоприемном отверстии; 2 - подрешетчатая камера; 3 - вихревая камера; 4 - входная щель; 5 - струенаправляющий патрубков; 6 - струенаправляющий козырек.

На реках со средними и тяжелыми природными условиями при малой и средней производительности водозабора.

Достоинства: обеспечивает небольшие одинаковые по всей длине входного отверстия скорости входа воды в оголовок, может работать при шуге, хорошо промывается.

Недостатки: сложный в исполнении, недоступный для осмотра, требует устройства рыбозаградителей.



Бетонный оголовок в металлическом кожухе конструкции Гипрокоммунводканала:

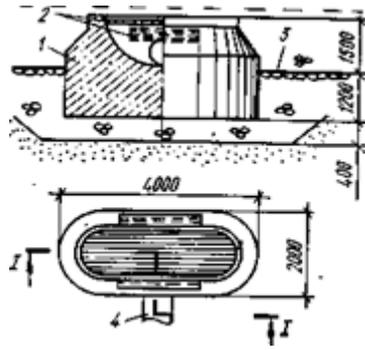
1 - металлический кожух; 2 - водоприемные отверстия; 3 - сороудерживающие решетки с электрообогревом; 4 - коробка электрокабеля; 5 - крепление дна реки вокруг оголовка; 6 - водоприемные воронки; 7 - самотечные или сифонные водоводы.

На реках со средними и тяжелыми природными условиями, с топляком в потоке при производительности водозабора 1,5 м<sup>3</sup>/с.

Достоинства: устойчивый против ударов, хорошо обтекаемый потоком; не подвержен обледенению, сороудерживающие решетки с электрообогревом.

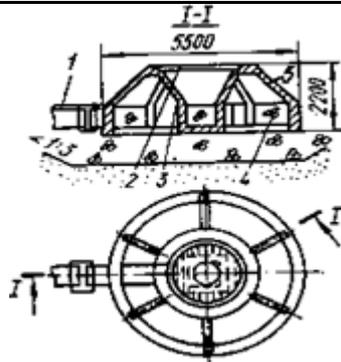
Недостатки: сложный в изготовлении (бетонирование под водой), труднодоступный для осмотра и замены решеток, требует установки рыбозаградителей

Бетонный оголовок выполняется на берегу в виде корыта из листовой стали с распорками и раструбами. В таком виде он транспортируется к месту установки, затапливается и под водой заполняется бетоном. Его особенностью является двухстороннее расположение входных окон (2...4 окна в одной секции), что позволяет принимать большие расходы воды.



Эллиптический монолитный железобетонный оголовок:

1 - тело оголовка; 2 - сороудерживающие решетки на водоприемных отверстиях; 3 - крепление дна вокруг оголовка; 4 - самотечные или сифонные водоводы.



Круглый монолитный железобетонный оголовок:

1 - самотечный или сифонный водовод; 2 - сороудерживающие решетки; 3 - наклонная стойка; 4 - загрузка щебня, галечника или камня; 5 е- в рхнее кольцо оголовка.

На реках с легкими и средними природными условиями с большими скоростями течения воды при малой производительности водозабора.

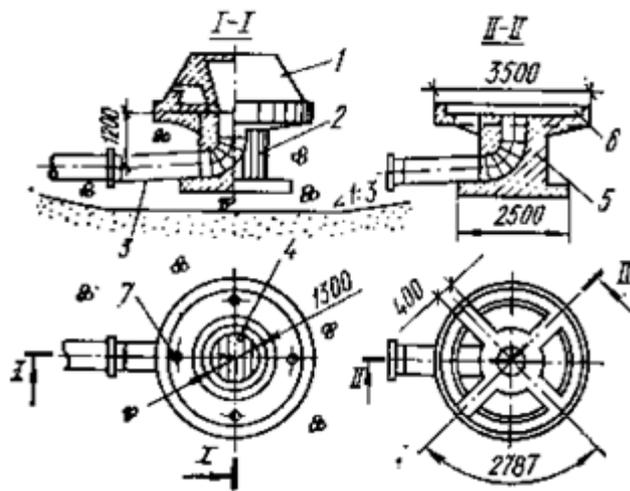
Достоинства: хорошо обтекаемый, устойчивый, индустриальный

Недостатки: сложный в изготовлении, недоступный для осмотра; требует установки рыбозаградителей.

На реках с легкими и средними природными условиями при неустойчивом направлении течения воды с малой и средней производительностью водозаборов.

Достоинства: хорошо обтекаемый, устойчивый.

Недостатки: сложный в изготовлении, недоступный для осмотра, требует устройства рыбозаградителей.



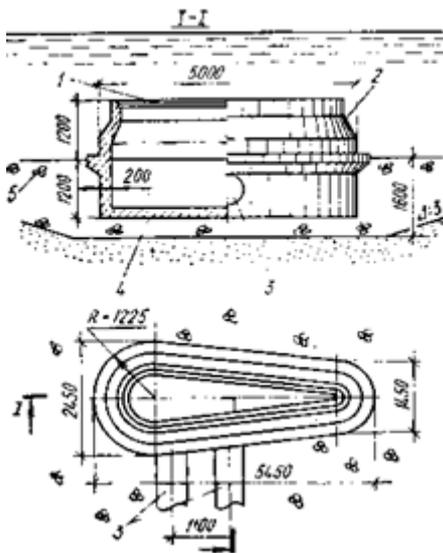
Сборный железобетонный оголовок конструкции Гипрокоммунводканала:

1 - верхний блок; 2 - нижний блок; 3 - самотечные или сифонные водоводы; 4 - сороудерживающие решетки; 5 - консоли нижнего блока; 6 - опорный бортик; 7 - отверстия для выпуска воздуха

На реках судоходных и лесосплавных с легкими и средними природными условиями при средней производительности водозаборов.

Достоинства: хорошо обтекаемый, устойчивый, индустриальный.

Недостатки: сложный в изготовлении и монтаже, недоступный для осмотра, требует устройства рыбозаградителей.



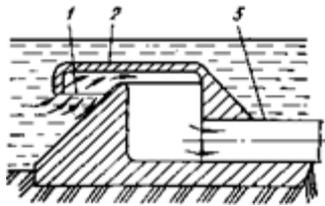
Сборный железобетонный оголовок каплевидный

1 - сороудерживающая решетка на водоприемных отверстиях; 2 - верхний блок; 3 - самотечный или сифонный водовод; 4 - нижний блок; 5 - каменная наброска крепления дна русла в месте установки оголовка

На реках судоходных и лесосплавных с легкими и средними природными условиями и большими скоростями течения при средней и большой производительности водозабора.

Достоинства: хорошо обтекаемый, устойчивый, изготавливается в заводских условиях.

Недостатки: чрезвычайно сложный в изготовлении и монтаже, недоступный для осмотра, требует устройства рыбозаградителей.



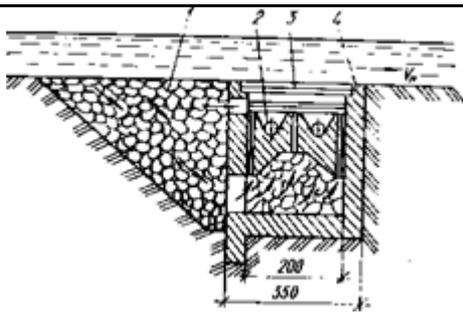
Сифонный железобетонный оголовок:

1 - сороудерживающая решетка на водоприемном отверстии; 2 - козырек; 3 - самотечные или сифонные водоводы.

На реках с легкими или средними природными условиями при большой производительности водозабора.

Достоинства: обеспечивает очень малые входные скорости, хорошо промывается, устойчивый.

Недостатки: сложный в монтаже, недоступный для осмотра и контроля за работой.



Донный комбинированный водоприемник:

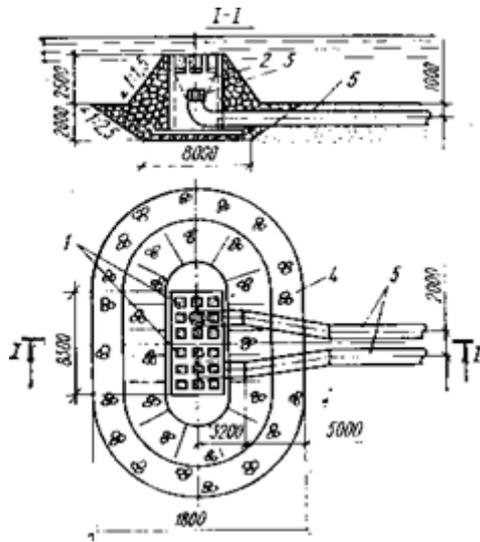
1 - обратный фильтр из каменной наброски; 2 - самотечные или сифонные водоводы; 3 - двойная сороудерживающая решетка; 4 - водоприемная галерея

На реках с небольшой глубиной и большим количеством донных и взвешенных наносов.

Достоинства: надежный в работе в сложных условиях

Недостатки: сложный в монтаже и эксплуатации

В определенных условиях (при заборе воды из рек с малой глубиной) наиболее подходящими являются донные оголовки с расположением входных окон в горизонтальной плоскости. Оголовки могут представлять собой дырчатые трубы в щебеночной обсыпке. Разработано множество конструкций различных оголовков.

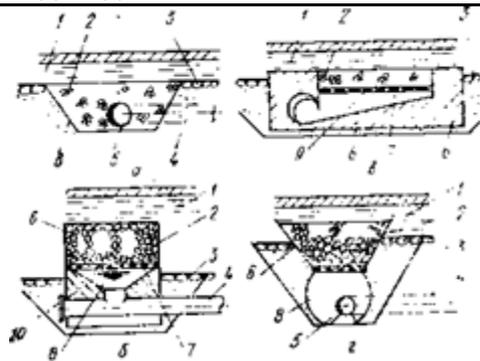


Сборный фильтрующий водоприемник: 1 - фильтрующие пластины на водоприемном отверстии; 2 - водоприемный раструб; 3 - направляющие на входе в самотечный или сифонный водовод; 4 - обсыпка оголовка щебнем или камнем; 5 - самотечные или сифонные водоводы

На реках со средними и тяжелыми природными условиями с большим количеством донных наносов и средней и большой производительностью водозаборов.

Достоинства: надежный в работе при тяжелых шуголедовых условиях, не требует устройства рыбозащиты, может изготавливаться в заводских условиях.

Недостатки: сложный в монтаже, требует достаточно больших напоров для промывки.



Фильтрующие оголовки конструкции ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева: а - в аллювиальном русле; б - бункерный; в - с вихревой камерой; г - упрощенный трубчатый; 1 - слой воды над оголовком; 2 - фильтр (гравий, щебень); 3 - отмостка; 4 - самотечный водовод; 6 - сборный трубопровод; 6 - корпус оголовка; 7 - решетка; 8 - подфильтровая камера; 9 - вихревая камера; 10 - струераспределительный щит

На реках с чрезвычайно тяжелыми шуго-ледовыми условиями при малой и средней производительности водозабора и любой глубине потока.

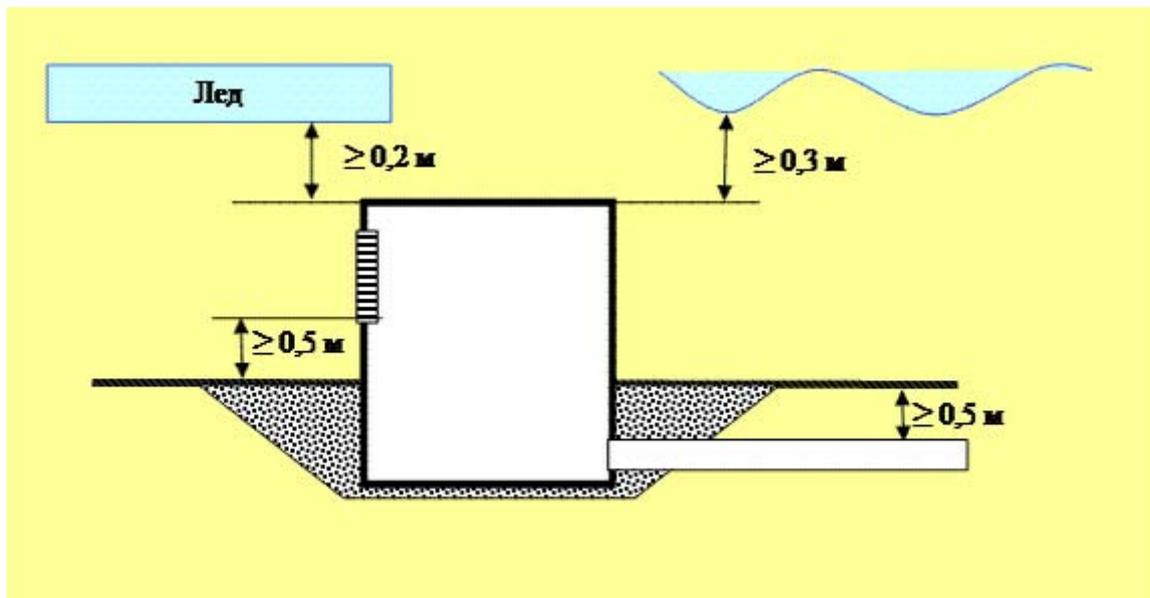
Достоинства: просты, надежно защищают водозабор от шуги, не стесняют русло, не требуют устройства рыбозаградителей.

Недостатки: требуют периодической промывки и замены фильтрующего материала, что выполнять весьма сложно. Плохо работают при больших количествах в реке донных наносов

При выборе места размещения оголовка руководствуются следующими требованиями:

1. Водоприемник должен быть защищен от повреждения льдом, плотами, якорями. Место установки ограждается бакенами.

2. Низ оголовка должен возвышаться над дном реки не менее, чем на 0,5 м, верх - на расстоянии не менее, чем на 0,2 м от нижней кромки льда и не менее 0,3 м ниже ложбины волны (рис. 2.3.1).



4exam.info

Рис. 2.3.1. Схема определения глубины размещения оголовка.

Оголовок выносят в русло реки на расстояние, при котором выполняются все эти требования. Заглубление оголовка в дно должно быть не меньше глубины возможного размыва дна. При этом учитывают, что верх самотечного трубопровода должен заглубляться под дно не менее чем на 0,5 м. Обычно заглубление оголовка в дно - 1,0,1,5 м. При выборе места для оголовков учитывают геологические условия.

## 2.4. Защитные устройства на водозаборах.

Поверхностные источники водоснабжения особенно в период паводков содержат большое количество загрязнений. Крупные загрязнения представляют собой стволы и ветки деревьев и кустарников, щепки, пластиковые бутылки и т.п. Мелкие загрязнения – мелкий мусор, остатки растений, водоросли и т.п. Как крупные, так и мелкие загрязнения могут вызвать нарушение работы насосных станций, очистных сооружений и

водоводов. Поэтому система водоснабжения должна быть защищена от попадания в неё различных загрязнений из источника.

Для грубой предварительной механической очистки воды от крупного мусора водоприёмные отверстия оборудуют решётками. Для удаления из воды мелкого мусора на водозаборных сооружениях устанавливают сетки. На водозаборах небольшой производительности можно устанавливать сетки с ручной уборкой задержанных загрязнений. На крупных водозаборах, большой производительности необходимо применять вращающиеся сетки.

При проектировании сороудерживающих устройств учитывают следующее: расположение решеток и сеток относительно уровня воды в водоисточнике; местоположение их в составе водозаборных сооружений; положение относительно направления движения потока при входе в водоприемные отверстия; скорость потока в створе решетки или сетки; ожидаемую степень засорения и возможность обмерзания, применение тех или иных эффективных средств очистки. Сороудерживающие устройства должны быть запроектированы таким образом, чтобы при целесообразных затратах на их изготовление они обеспечивали в процессе эксплуатации наряду с надежной защитой насосов и технологического оборудования от сора и плавающих тел, наименьшие потери энергии потока забираемой из источника воды.

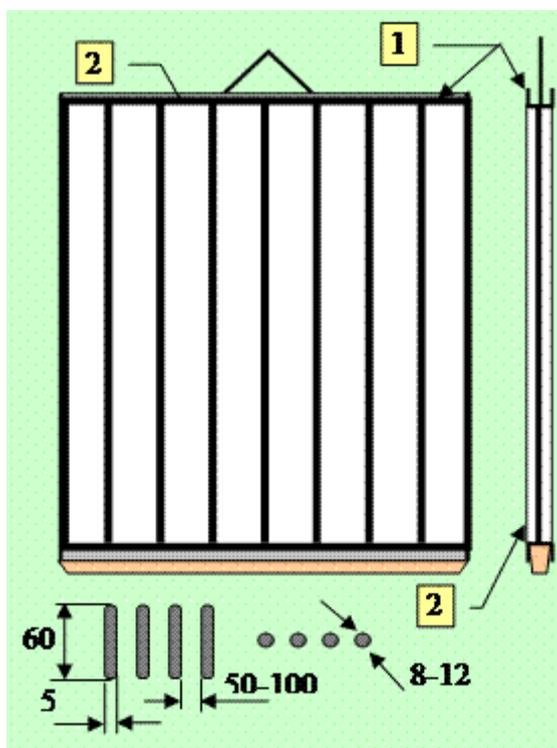
Эффективная очистка решеток от сора имеет большое значение для безаварийной эксплуатации водозабора и для обеспечения минимально возможных потерь напора. В зависимости от характера засорения решетки (попадания на нее бревен и топляков или же торфа, сучьев, водорослей и т. д.) применяют различные очистные механизмы и устройства: грейферы; ковши; механические, свободные и направляемые грабли; тралы, которыми можно перемещать сор вдоль забральной стенки водоприемника насосной станции и т. д.

Оборудование для очистных решеток обычно прикрепляется к тросам кранов, обслуживающих водоприемник станции, или устанавливается на решеткоочистительных машинах, передвигающихся вдоль фронта решеток.

При выборе защитных устройств на водозаборах следует руководствоваться следующими положениями:

- защитное устройство должно быть удобным в обслуживании;
- при выборе конструктивных решений водозабора должны быть учтены условия для работы технических средств по обслуживанию решеток грубой очистки воды и уборки донных отложений перед водозабором;
- в конструкции водозабора должны быть предусмотрены шугозащитные мероприятия;
- в конструкции водозаборов должны быть предусмотрены площадки для временного складирования мусора снимаемых с решеток.

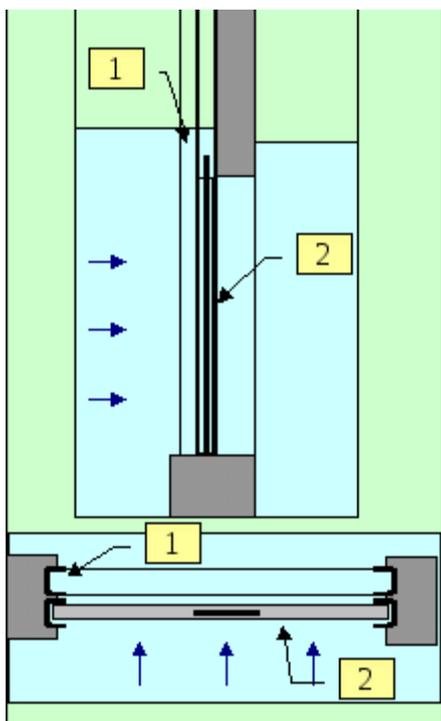
Решётки грубой очистки представляют собой простую по исполнению конструкцию в виде сварной рамы 1 из уголковой стали или швеллера с стержнями из полосовой (5 на 60 мм) или круглой (6–12 мм) стали (рис. 2.4.1). Расстояние между стержнями решётки обычно принимается 50–100 мм. Размеры решёток колеблются в пределах от 400 на 600 мм до 1250 на 2500 мм. Прутья могут представлять собой арматурную сталь диаметром 6...20 мм (при небольшом размере решеток) или прямоугольные прокатные профили 6...10x40...60 мм (большие решетки). Оптимальным является сечение прутьев с округлениями со стороны движения потока, при этом будет минимальным гидравлическое сопротивление. Сверху к каркасу приваривается петля для их подъема, снизу крепится деревянный брус-амортизатор для мягкого опускания решетки на порог окна.



4exam.info

Рис. 2.4.1. Решетка грубой очистки.

В передней стенке колодца предусматриваются направляющие (рис. 2.4.2) из швеллера 1, в которые устанавливается решётка 2. Решётка опускается в район водоприёмного окна специальным подъёмным механизмом, крюк которого цепляется за скобу в верхней части решётки. Для того чтобы в водоприёмные отверстия всегда были перекрыты решёткой, направляющие дублируются.



4exam.info

Рис.2.4.2. Схема установки решетки на водозаборе.

Для чистки решеток от загрязнений они поднимаются по пазам в павильон берегового колодца и очищаются граблями вручную. На время чистки проемы перекрываются щитовыми затворами. Решетки оголовков очищаются граблями с лодок (при малой глубине, слабом течении и небольшом количестве загрязнений) или водолазами (при других условиях).

Расположение сороудерживающих решеток на большой глубине затрудняет их осмотр, очистку и ремонт. В связи с этим в глубинных водозаборах насосных станций применяют несъемные плоские и полигональные сороудерживающие решетки, которые опираются на стационарные подрешеточные конструкции. Эти конструкции обычно представляют собой систему соединенных друг с другом железобетонных или металлических стоек и ригелей обтекаемой формы, устанавливаемых по направлению движения потока.

В зависимости от схемы водоприемника насосной станции и условий эксплуатации сороудерживающие решетки можно устанавливать вертикально или наклонно.

Согласно указаниям СНиП (8), допустимые значения скорости втекания в водоприемную часть водозабора без учета требований рыбозащиты следует принимать для средних и тяжелых условий забора воды соответственно: при береговых незатопленных водозаборах 0,6—0,2 м/с; при затопленных водозаборах 0,3—0,1 м/с. С учетом требований рыбозащиты в

реках со скоростями течения не менее 0,4 м/с допустимая скорость втекания - 0,25 м/с и в водоемах—0,1 м/с Для очень тяжелых шуголедовых условий скорость втекания следует снижать до 0,06 м/с. Для водозаборов глубинного типа с послойным отбором воды допустимые скорости втекания необходимо обосновывать расчетами.

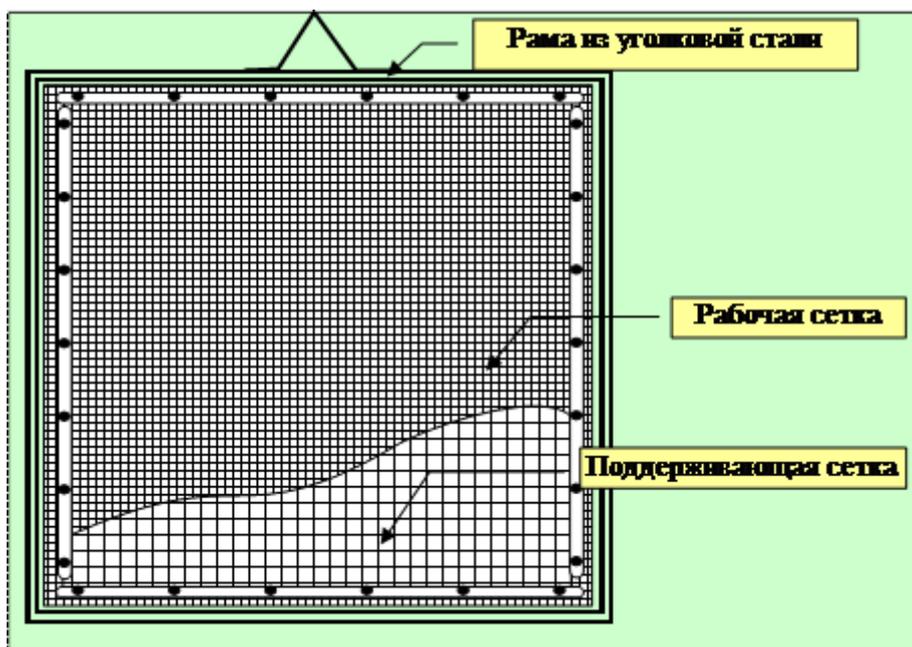
Методики гидравлического расчета решеток со стержнями различной формы приводятся в специальной литературе.

Эффективная очистка решеток от сора имеет большое значение для безаварийной их эксплуатации и для обеспечения минимально возможных потерь напора в водозаборном сооружении.

Сороудерживающие сетки облегчают работу очистных сооружений, защищают трубы и насосы от засорения. При использовании технической воды, для обратной промывки сеток, можно отказаться от их механической очистки. Сетки предназначены для задержания мелких примесей типа листьев, травы, щепок. При фильтрующих оголовках сетки могут не устраиваться.

Сетки устанавливаются в окна перегородки между водоприёмным и водозаборным отделениями берегового колодца. Они могут быть двух типов плоские (съёмные) и вращающиеся.

Плоская (съёмная) сетка применяется при малой производительности (до 1 м<sup>3</sup>/с) и малой мутности воды. По конструкции они подобны решеткам грубой очистки. Размеры каркаса (размеры перекрываемого окна) от 800х1000 мм до 2000х3000 мм. Конструкция показана на рис. 2.4.3 - к каркасу крепятся два полотна: рабочее со стороны набегания потока воды и поддерживающее - под рабочим. Плоская (съёмная) сетка (рис. 2.4.3) имеет раму 1 из уголковой стали с натянутой на него рабочей сеткой 2. Рабочая сетка изготавливается из коррозионно-стойкого материала (нержавеющая сталь, бронза, латунь или капрона и т. п.) с размером ячеек от 2х2 до 5х5 мм из проволоки толщиной 1 – 2 мм.



4exam.info

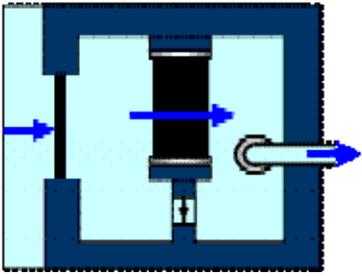
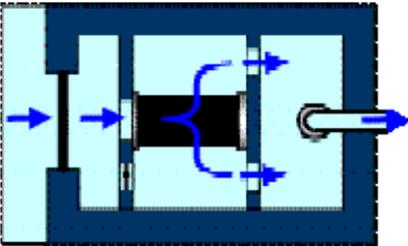
Рис. 2.4.3. Сороудерживающая плоская сетка водозабора.

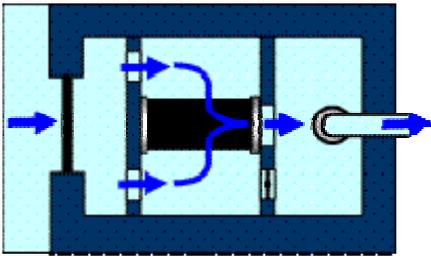
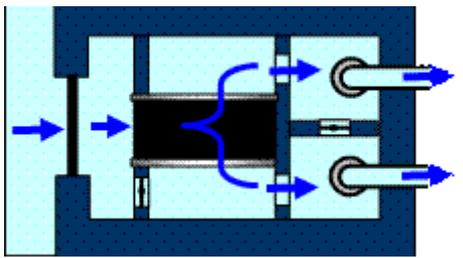
Рабочая сетка опирается на поддерживающую сетку 3 (из стальной оцинкованной проволоки 2 – 3 мм с ячейками 20 x 20 или 25 x 25 мм), которая предотвращает её разрыв под действием давления воды или загрязнений. Сетки крепятся к раме металлическими полосами 4 и зажимаются болтами. Сетки также как и решётки устанавливаются в специальные направляющие из швеллера. Очистка плоских сеток производится вручную. Для этого сетку поднимают по пазам в верхнюю часть водозаборного сооружения подъёмным механизмом, устанавливают в специальный поддон и промывают струями воды из брандспойта от напорного технического водопровода. Для перехвата струй с загрязнениями устанавливаются ванны-экраны, от которых грязная вода отводится по лоткам или трубам. Эта операция довольно трудоемкая, поэтому и применяется при малой производительности водозаборных сооружений.

Для водозаборов большой производительности и при заборе воды из сильно загрязнённых рек применяют ленточные вращающиеся сетки, промывка которых полностью механизирована.

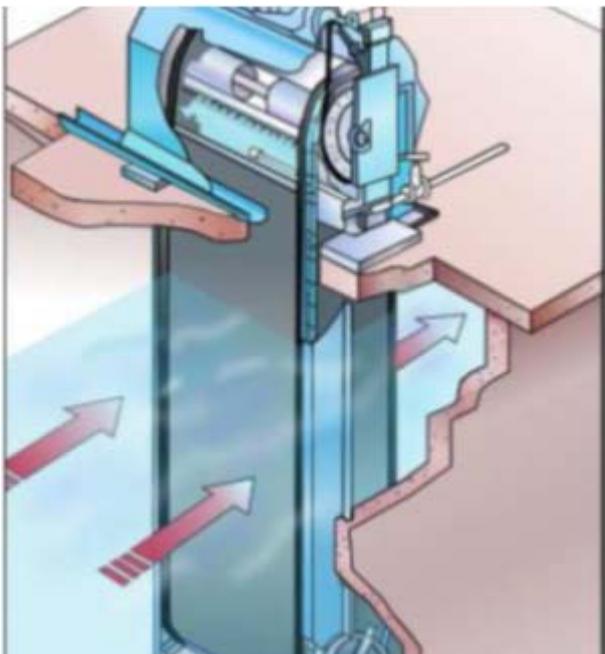
Подвод воды на вращающиеся сетки и отвод воды из них производится различными способами. Характеристика вращающихся сеток приведена в таблице 2.4.1 (7).

## Характеристика вращающихся сеток.

Схема подвода воды к сетке	Характеристика работы сетки
 <p data-bbox="225 790 539 824">Лобовой подвод воды</p>	<p data-bbox="751 376 1501 483">Обеспечивают спокойный режим движения воды в водозаборе. Простое устройство колодца. Несложный монтаж и удобный осмотр сетки.</p> <p data-bbox="751 524 1501 631">Работает только одно полотно сетки. Используются для забора воды из шугоносных рек и относительно чистых водоёмов.</p>
 <p data-bbox="225 1447 595 1480">Внутренний подвод воды.</p>	<p data-bbox="751 833 1501 940">Используются оба полотна сетки, что позволяет улучшить качество процеженной воды и сделать более компактным водозаборное сооружение.</p> <p data-bbox="751 981 1501 1196">Режим движения воды перед сеткой и после неё неудовлетворительный. Внутри сетки скапливается мусор, удаление которого затруднено, отсутствует доступ к загрязнённым поверхностям сетки. Шуга, которая скапливается внутри сетки, не извлекается на поверхность.</p>

 <p>Внешний подвод воды</p>	<p>Используются оба полотна сетки. Качественно процеживают воду. Имеется удобный доступ к загрязнённым поверхностям.</p> <p>Малоэффективны для удаления шуги. Удаляют шугу только с той стороны, где полотно поднимается кверху.</p> <p>Применяются для водозаборов большой производительности при незначительном или среднем количестве шуги.</p>
 <p>Лобово-внешний подвод воды</p>	<p>Имеют достоинства сеток с лобовым, внутренним подводом воды и в существенной степени лишены их недостатков. В достаточной мере удаляют загрязнения и шугу.</p> <p>Требуется сложная конструкция берегового колодца.</p>

Вращающиеся сетки по конструкции бывают каркасными и бескаркасными. Вторые проще, легче, дешевле, но ненадежны и поэтому чаще применяют каркасные сетки (рис.2.4.4).



#### Рис.2.4.4. Вращающиеся сетки для поверхностного водозабора.

Очень важным элементом надежной работы водозабора являются шугозащитные мероприятия: подача пара и нагретой воды к водоприемным окнам, обратная их промывка, электрообогрев сороудерживающих решеток, обколка льда с устройством майны над оголовками и удаление шуголедовой массы с плавсредств. Во избежание обмерзания внутриводным льдом стержни решеток выполняют из гидрофобных материалов (каучук, эбонит, дерево) или покрывают ими металлические стержни решеток. Устройство специальных мостков и трапов на водозаборах направлены на устранение шуголедовых помех непосредственно у водоприемных окон и составляют первую группу способов. Ко второй группе защитных мероприятий относятся методы и средства, направленные на обеспечение раннего (с момента устойчивого похолодания) ледостава и предотвращения за счет этого проникания шуги в акваторию водоприемных устройств.

Наиболее распространенным способом защиты от шуги является обратная промывка сороудерживающих решеток. Однако, при интенсивном шугоходе периодичность обратной промывки достигает иногда 2-3 ч, в результате чего возрастает расход воды на собственные нужды водопроводов, что сопровождается значительным снижением подачи ее потребителям. С целью интенсификации метода обратной промывки применяют создание импульсных токов воды в самотечных линиях. Для импульсной промывки достаточно установить в береговом колодце, на концах самотечных линий, стояков того же диаметра, что и самотечные линии, и присоединить их к вакуум-насосу.

Нашедшие немалое распространение способы: электрообогрев, гуммирование стержней решеток, установка деревянных решеток на период шугохода, предотвращая решетки от обмерзания, не защищают все же водоприемные отверстия от закупорки, шугой. К тому же электрообогрев не может остановить уже начавшийся процесс обмерзания, в связи с чем система обогрева должна включаться заблаговременно, до ожидаемого переохлаждения воды. При исправной работе системы электрообогрева решеток на водозаборах нередко создаются критические ситуации: уровень воды в водоприемных камерах береговых колодцев снижается настолько, что происходят срыв вакуума насосов и остановка насосных станций. Единственной мерой борьбы с шугой в таких ситуациях остается механическая очистка решеток баграми. Насколько это трудоемко (и не безопасно), подтверждает опыт эксплуатации водозабора ТЭЦ Горьковского автозавода. В периоды шугохода на оголовке здесь круглосуточно работала бригада из 20-25 чел. В критических ситуациях нередко использовали, кроме того, водолазов (5).

В литературе можно встретить рекомендации по прочистке сороудерживающих решеток на оголовках механическими граблями с гидродомкратом, устанавливаемым внутри оголовка, а на береговых водоприемниках- граблями с электроприводом. Эти устройства сложны и не получили распространения в коммунальном водоснабжении. Они могут применяться для очистки решеток от мусора, но не от шуголедовых отложений, с которыми чаще приходится иметь дело.

Для повышения надежности указанные способы целесообразно применять в сочетании с другими, проверенными на практике, предотвращающими проникание шуги к водоприемным окнам. Это в основном следующие: снижение скорости входа воды в водоприемные окна; сброс нагретой воды вблизи водоприемных окон; создание водовоздушных завес (5).

Метод снижения скорости входа воды в водоприемные окна, при образовании шугового припая, реализуется путем выключения из работы одного из насосных агрегатов, что приводит к снижению производительности водозабора и, следовательно, уменьшается скорость входа воды в водоприемные отверстия. Затем под воздействием руслового потока шуговой припай отрывается от оголовка, улучшая доступ воды в водоприемник. В связи с этим уровень воды в береговом колодце повышается, а насос снова включается в работу. При последующих снижениях уровня воды в водозаборе за счет шугового припая процесс повторяется. Опыт использования данного метода показывает, что снижение производительности водозабора в отдельные сутки может достигать 50 % расчетной. Безусловно, данный способ не отвечает требованиям бесперебойности водоснабжения и применим лишь как крайняя мера предотвращения полной остановки водозабора. Среди эффективных методов борьбы с шугой является применение фильтрующих оголовков.

Сброс нагретой воды у водоприемных окон практикуется на одном из водозаборов Норильска (Норилка) и Рубцовска (Алей). В особо суровых климатических условиях Норильска (среднегодовая температура воздуха 8,4 °С, а средняя продолжительность периода отрицательных температур 252 дня в году) подогрев воды оказался единственно надежным способом защиты водозабора. Нагретая вода к водозабору подается от ТЭЦ по трубопроводу диаметром 500 мм и сбрасывается в подводящий канал в непосредственной близости от водоприемных окон. При этом одновременно решаются две задачи: защита решеток от шугольда и предотвращение перемерзания наружных трубопроводов, выполненных поверхностной прокладкой. Подача тепла к водозабору регулируется исходя из того, что температура воды в контрольной точке на сети не должна быть ниже 0,007-0,01 °С. В аварийных случаях, когда тепла от ТЭЦ недостаточно, осуществляют дополнительный

подогрев подаваемой в сеть воды установленными на водозаборе электроподогревателями (5).

В водозаборах ковшового типа теплую воду рекомендуется сбрасывать во входную часть ковша таким образом, чтобы поперечные циркуляционные потоки в ковше не отдавали тепло речному потоку не входящему в ковш, или непосредственно у водоприемных окон. Но, поскольку данное средство, предотвращая образование внутриводного льда, не исключает все же забивания ковша шугой (например, при шугозажорах), более целесообразным средством шугозащиты считают ускорение ледостава в ковшах.

Для борьбы с шугой применяют водовоздушные завесы, которые ограждают акваторию водоприемника. С этой целью по дну реки, на некотором удалении от водоприемных сооружений, укладывают перфорированные воздухопроводы диаметром 50-100 мм с отверстиями 2-4 мм и с шагом примерно 25 см. Конструктивные и технологические параметры системы пневмозащиты принимаются на основе соответствующих расчетов. Сжатый воздух, выходя из перфорированных труб, создает зону восходящих потоков, которые выносят шуголедовые массы на поверхность воды, предотвращая их вовлечение в водоприемные окна. При этом вертикальная составляющая скорости потока в реке ( $U_v$ ) должна быть больше ее горизонтальной составляющей ( $V_r$ ) и должно выполняться соотношение  $U_v > K \cdot V_r$  (где  $K$  — опытный коэффициент, зависящий от скорости и ледонасыщенности потока).

## **2.5. Критерии использования НДТ при выбора типа и места размещения поверхностного водозабора.**

При выборе типа водозабора на основе НДТ следует руководствоваться следующими принципами:

- конструкция водозабора должна быть достаточно простой и надежной при эксплуатации;
- эксплуатация водозабора не должна вызывать затруднений;
- выбор типа водозабора проводится путем сравнительного анализа различных типов на основе капитальных и эксплуатационных затрат;
- конструкция водозабора должна учитывать гидрологический режим водотока и оказывать минимальное воздействие на экологическую систему водного источника и окружающую природную среду.

На выбор типа водозабора влияют следующие факторы:

- категория надежности подачи воды;
- забираемые расходы воды,

- показатели качества;
- гидрологические характеристики (глубины воды, уровни и их колебания, ледовые условия, скорости воды, рельеф);
- геологические характеристики;
- назначение водотока или водоема (лесосплав, рыборазведение, водный транспорт, ГЭС);

- тип насосов, которые будут использоваться на водозаборе.

При выборе места расположения, типа и конструктивной схемы водозаборных сооружений необходимо учитывать:

- назначение водозабора и предъявляемые к нему требования;
- влияние водозабора на гидрологический режим водного объекта;
- наличие в источнике необходимых глубин для размещения водозабора;
- качество воды в источнике должно соответствовать санитарным требованиям;
- возможность организации зон санитарной охраны водозабора;
- требования надёжности и бесперебойности подачи воды потребителю;
- возможность наиболее простого и экономичного способа забора воды;
- требования судоходства и органов рыбоохраны;
- гидрологические, топографические, геологические, гидрогеологические условия водного объекта;
- условия строительства сооружений и их последующей эксплуатации;
- перспективы осуществления водохозяйственных мероприятий на данном водоисточнике;
- возможностью экономичной организации подъездных дорог

При выборе места расположения водозабора должен составляться и учитываться прогноз:

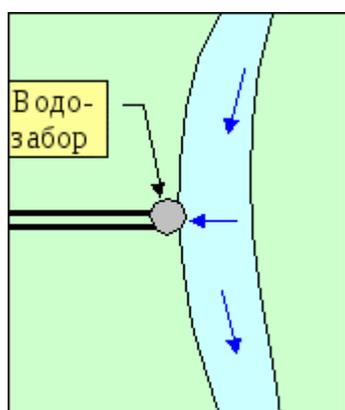
- качества воды в источнике;
  - руслового процесса;
  - ихтиологической обстановки;
  - гидрологического и гидротермического режима.
- Не допускается расположение водоприёмника водозабора:
- в пределах зон движения судов;
  - в зоне отложения донных наносов;
  - в местах зимовья и нереста рыб;
  - на участках возможного разрушения берега;
  - в местах скопления водорослей;
  - на участках возникновения шугозажоров, заторов и перемерзания водотока;

- на участках нижнего бьефа ГЭС, непосредственно прилегающих к гидроузлу;
- в зоне оползней;
- в верховьях водохранилищ;
- на участках, расположенных ниже устьев притоков рек и в устьях подпёртых рек (б).

Место забора воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения должно приниматься выше по течению водотока:

- выпусков сточных вод (с учетом возможного подпора и нагона воды против течения);
- населённых пунктов (с учетом перспективы развития);
- расположенных на берегу кладбищ и скотомогильников;
- стоянок судов;
- оврагов, ручьев, островов, балок;
- товарно-транспортных баз и складов, лесных бирж и т.п.
- ниже притоков с большим количеством наносов;

На реках с лёгкими шуголедовыми условиями наиболее благоприятными для размещения водозабора являются участки вогнутого берега реки в зоне наибольших глубин русла (рис.2.5.1). При этом предусматриваются мероприятия по сохранению и укреплению берегового откоса.



uchebilka.ru

Рис.2.5.1 Схема наиболее благоприятного места размещения водозабора.

На реках с тяжёлыми шуголедовыми условиями наиболее благоприятными для размещения водозабора являются сравнительно прямолинейные участки, суженные участки реки с наибольшими глубинами либо участки сразу за излучинами.

Во всех случаях большие глубины являются благоприятным фактором для устройства водозабора, так как в этом случае повышается эффективность методов борьбы со льдом, наносами и тому подобное.

Основным направлением внедрения НДТ на водозаборных сооружениях в плане технологических решений является использование современного насосного оборудования с системами автоматического управления, механизированных решеток тонкой очистки. Водозаборные сооружения являются гидротехническими сооружениями, при строительстве и эксплуатации которых должны максимально соблюдаться природоохранные мероприятия.

## **2.6. Водозаборы из подземных источников воды.**

Использование подземных вод для целей водоснабжения определяется законодательными, нормативными актами государства и условиями формирования и залегания различных категорий подземных вод: характеристикой водоупоров и кровли водоносных пластов, мощностью последних, составом и свойствами водовмещающих пород, спецификой формирования водоносных горизонтов, особенностями источников их питания и др. По условиям залегания и формирования подземных вод различают обычно артезианские, хорошо прикрытые мощными водонепроницаемыми кровлями и залегающими на значительных глубинах, и грунтовые воды, залегающие обычно на небольших глубинах (до 30 м) в аллювиальных отложениях. По гидравлическим характеристикам подземные воды различают как напорные, при которых статический уровень воды в пробуренной скважине устанавливается выше кровли водоносного пласта, и безнапорные, при которых статический уровень воды устанавливается ниже границы кровли водоносного пласта, прикрывающей водовмещающую породу (5).

Подземные воды на территории России находятся в собственности государства и использование их в народном хозяйстве регламентируется Водным Кодексом РФ.

В зависимости от конкретных условий для добывания подземных вод могут применяться: водозаборные скважины, шахтные колодцы, горизонтальные или лучевые водозаборы, каптажи родниковых вод. Состав сооружений водозаборов из подземных источников определяется глубиной залегания, мощностью, водообильностью и геологическим строением водоносных горизонтов, а также гидравлическими и санитарными

характеристиками подземных потоков, требуемой производительностью водозабора и технико-экономическими показателями.

Основой для выбора типа водозаборного сооружения из подземных источников являются гидрологическое заключение, проектный геологический разрез и санитарные условия района размещения водозабора.

При выборе типа водозабора и его параметров должны соблюдаться следующие требования: качество и режим потребляемой воды из водозабора; в каком месте следует размещать скважины или колодцы и в каком количестве; как обеспечить зоны санитарной охраны; какой водоносный горизонт следует использовать; каков удельный дебит скважины (колодца) при допустимом понижении статического уровня воды; обоснованность принятого способа бурения, конструкций фильтров, типов водоподъемников, конструкций скважин, способов тампонажа затрубного пространства, конструкций оголовков и способы их сооружений и др. Для бесперебойной подачи воды из водозабора потребителю должны быть учтены условия работы всей системы водоснабжения: включая местоположение одного или нескольких сборных резервуаров, очистных сооружений водоподготовки (если требуется), резервуаров и насосных станций второго подъема.

При проектировании новых и расширении существующих водозаборов должны учитываться условия взаимодействия их с существующими водозаборами на соседних участках, а также их влияние на окружающую природную среду (поверхностный сток, растительность и др.).

Перечень основных задач и методология выбора оптимального варианта скважинного водозабора отражены в блок схеме рис. 2.6.1 (5).



Рис.2.6.1. Блок-схема методики выбора рациональной схемы скважинного водозабора.

Типы водозаборных сооружений подземных вод, применяемые в практике водоснабжения, приведены в табл.2.6.1 (5)

Табл.2.6.1

Краткая характеристика и примерная область применения водозаборных сооружений

№ п/п	Виды сооружений	Область применения	Краткая характеристика
1.	Водозаборные скважины	Для забора воды из напорных и безнапорных водоносных пластов, залегающих на глубине более 15-50 м от	Вертикальная выработка диаметром от 50 до 600 мм и более, глубиной до 500 м и более

		поверхности земли	
2.	Шахтные колодцы	Для забора воды из маломощных пластов, залегающих на глубинах до 40 м от поверхности земли	Вертикальная выработка диаметром до 1-2 м и глубиной до 30-40 м
3.	Горизонтальные водосборы	Для забора воды из маломощных пластов, залегающих на глубине 6-8 м от поверхности земли, вблизи водотоков и водоемов	Горизонтальные дырчатые водосборные трубы или галереи, оборудованные гравийным фильтром; через 30-50 м на них установлены смотровые колодцы
4.	Лучевые водозаборы	Для забора воды из маломощных (до 10 м) водоносных пластов, залегающих на глубинах до 15-20 м от поверхности земли в песчано-галечниковых отложениях с содержанием валунов менее 10%, а 60% фракций в грунте должно быть менее 70 мм	Шахта, в нижней части которой в водоносные пласты вдавлены горизонтальные скважины, оборудованные фильтрующей поверхностью из сеток или зернистых обсыпок

5.	Каптажи родниковых вод	Применяются при наличии концентрированного выхода подземных вод на поверхность земли	Каменные или бетонные камеры с водоприемными отверстиями с гравийным фильтром, оборудованные водоотводными трубами
----	------------------------	--	--

В зависимости от требуемой надежности, глубины залегания и мощности водоносных пластов типы подземных водозаборов рекомендуется принимать согласно данным, приведенным в таблице 2.6.2. (5).

Табл.2.6.2

Категории надежности подачи воды водозаборами из подземных водоисточников

Типы подземных водозаборов	Глубина залегания водоносного пласта от поверхности земли, м				
	<5	5-10	10-30	>30	
	мощность водоносного пласта или глубина подземного потока, м				
	<4	4-8	< 10	10-20	>20
Водозаборные скважины	-	-	2	2	1
Шахтные колодцы	3	2	2	-	-
Горизонтальные водозаборы:					
- трубчатые	3	2	-	-	-
- галерейные	2	1	-	-	-
-каменно-щебеночные	3	-	-	-	-

Примечание. Каптажи соответствуют 3-й категории надежности/

Для обеспечения требуемой категории надежности подачи воды потребителям требуются резервные водозаборные сооружения и насосы, количество которых в соответствии с требованиями определяется по табл. 2.6.3 (5).

Резерв на горизонтальных водозаборах должен составлять 25% от их производительности. На лучевых водозаборах следует предусматривать один

резервный водозабор или 1 резервный луч при 3-4 рабочих лучах и 2 резервных луча при 5-7 рабочих лучах.

Табл.2.6.3.

Количество резервных водозаборных сооружений и насосов.

Количество рабочих сооружений	Категории надежности					
	1	2	3	1	2	3
	Количество резервных сооружений			Количество резервных насосов на складе		
1 -4	1	1	-	1	1	1
5-12	2	1	-	1	1	1
13 и более	20%	10%	-	10%	10%	10%

Необходимое число резервных шахтных колодцев назначается так же, как и для скважин. Резерв на горизонтальных водозаборах должен составлять 25 % от их производительности. На лучевых водозаборах следует предусматривать или один резервный водозабор, или один резервный луч при 3-4 рабочих лучах и два - при 5-7 рабочих лучах.

Надежность работы систем водозаборов зависит от достоверности предварительно проведенной оценки эксплуатации запасов подземных вод, качества выполненного проекта и надежности оборудования водозаборов. Последнее должно подбираться с учетом возможного изменения производительности водозаборных сооружений из-за изменения режимов подпитки водоносного горизонта, заиливания прифильтровой зоны и самих фильтров, износа насосов (особенно в бесфильтровых скважинах) и пр. (5).

№ п/п	Характеристика водопотребителя	Категория водозаборов	Процент обеспеченности, %	Допустимое снижение подачи в % от среднемесячного расхода и перерыв в подаче
1.	Население более 50 тыс. человек	I	97	< 30%
2.	Население от 500 до 50 тыс. человек	II	95	< 30% Т <6 час
3.	Население до 500 человек, местные предприятия сельхозводоснабжения	III	90	< 30% Г <24 час

Для водозаборов, питаемых подрусловыми водами, требуемая надежность зависит от характеристики потребителя (табл. 2.6.4).

## **2.7. Устройства для забора воды из подземных источников.**

Водозаборы подземных вод в зависимости от глубины залегания и мощности водоносных горизонтов должны проектироваться и строиться при соответствующем обосновании на базе водозаборных скважин или горизонтальных трубчатых водозаборов, исключающих загрязнение воды.

Наиболее распространенным типом водозаборных устройств являются скважины. Их применяют в самых разнообразных гидрогеологических условиях для добычи подземных вод из водоносных пластов мощностью больше 5-6 м, залегающих на глубинах от 10 до 1000 м и более.

Скважины устраивают путем бурения в земле вертикальных цилиндрических каналов. В большинстве горных пород стенки скважин приходится укреплять обсадными трубами, образующими трубчатый колодец. В пределах водоносного пласта для возможности приема воды из грунта трубчатый колодец оборудуют специальными фильтрами (кроме колодцев в трещиноватых скальных породах) (рис.2.7.1).

При проектировании скважин для размещения бурового агрегата необходимо предусмотреть отвод земельных участков от 0,04 до 0,12 га. Размеры участков зависят от типа бурового агрегата.

Конструкции водозаборных скважин зависят от глубины залегания подземных вод, характера проходимых горных пород и способа бурения.

Бурение скважин в зависимости от глубины и характера грунтов может осуществляться ударноканатным или роторным (с прямой или обратной промывкой) способами.

Водозаборная скважина должна отвечать двум основным требованиям: обеспечивать заданное количество воды с качеством, соответствующим составу воды выбранного водоносного горизонта, и быть надежной в эксплуатации.

Технология работ и конструкция водозаборной скважины определяются гидрогеологическими и инженерно-геологическими условиями, среди которых можно выделить три основные типа (рис.2.7.2).



sibmegapolis.ru

Рис.2.7.1. Конструкция артезианской скважины.

1-кондуктор (обсадная труба); 2-статический уровень; 3- промежуточная колонна; 4- эксплуатационная колонна (перфорированная).

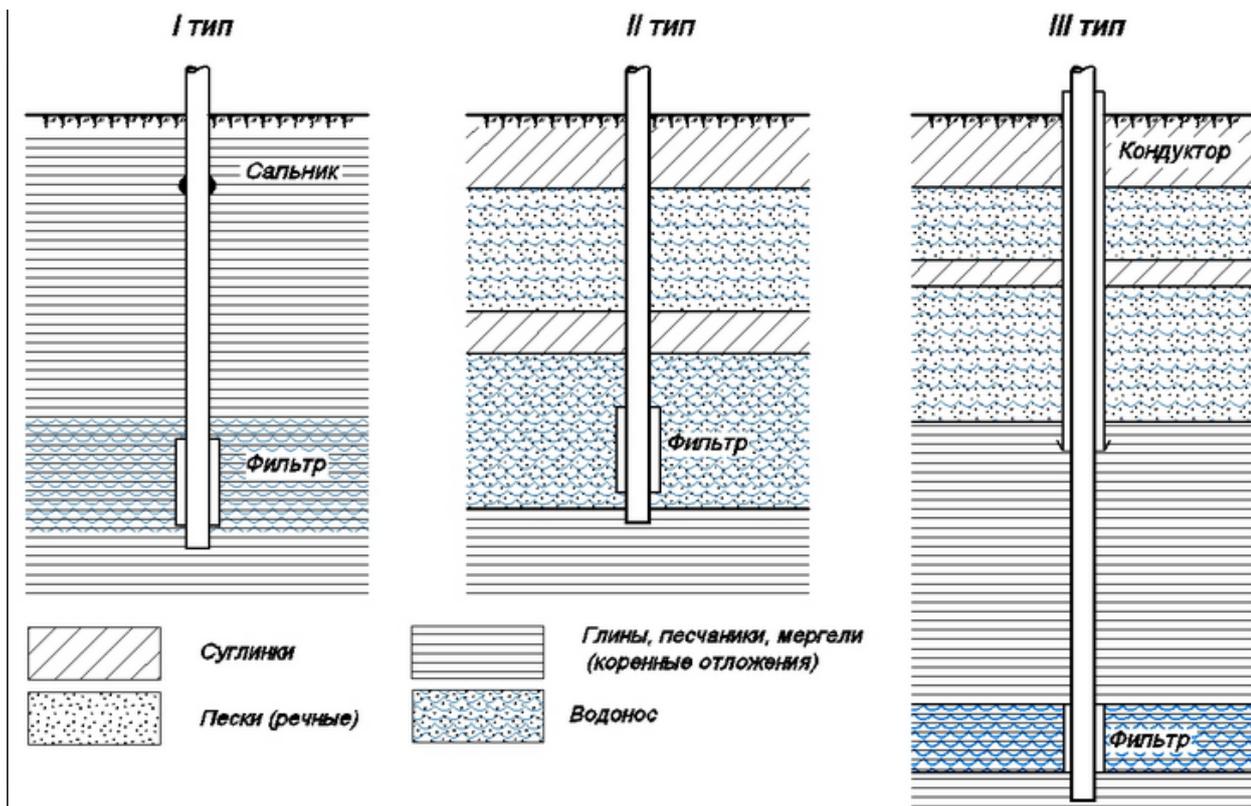


Рис. 2.7.2. Основные типы гидрологических и инженерно-геологических условий.

I тип. Самый простой. Скважины в горных породах с устойчивыми стенками скважин (выражение-«в глинистых грунтах»). Возможно применение как полиэтиленовых, так и стальных труб в зависимости от глубины скважины, пожеланий и финансовых возможностей заказчика. Фильтры дырчатые, щелевые. Сеткой фильтры не оборудуются, поскольку со временем она забивается глинистыми частицами, в ней нет необходимости.

II тип. Скважины в песчаных грунтах (в «песках-плывунах»). Обводнённые пески залегают в поймах рек. Мощность аллювиальных отложений может составлять десятки метров. В верхней части разреза встречаются суглинки, супеси, иногда торф. Ниже залегают пески, причём крупность их увеличивается с глубиной: пески средней крупности, крупные, гравелистые. Соответственно водоотдача песков с глубиной увеличивается (коэффициенты фильтрации песков могут достигать 10 м/сут.).

Водозаборные скважины в песках обязательно должны быть оборудованы сетчатыми фильтрами.

В последнее время для бурения скважин в песках стали успешно применяться малогабаритные разборные буровые станки.

III тип. Наиболее сложный. Бурение осуществляется с двойной обсадкой скважины трубами. Первый от поверхности водоносный горизонт перекрывается трубами большого диаметра (так называемым «кондуктором»), далее производится бурение меньшим диаметром с обсадкой трубами до нужного водоносного горизонта в коренных отложениях. Глубина таких скважин обычно составляет от 30 до 50 метров.

Бурение и оборудование водозаборных скважин в условиях «III типа» невозможно без кондуктора, который препятствует «заплыванию» скважин неустойчивыми грунтами, но он также и перекрывает верхние грунтовые воды, часто сильно загрязненные по химическим и биологическим компонентам.

Бурение с оборудованием скважины «кондуктором» производится нередко и в грунтовых условиях «I типа» с целью более надёжной защиты эксплуатируемого водоносного горизонта от верховодки.

Основные параметры фильтра - диаметр, длина, размер проходных отверстий, должны определяться с некоторым запасом. Это необходимо для возможности внесения изменений в процессе сооружения скважины в соответствии с фактическими условиями.

Шахтные колодцы являются одним из наиболее простых и распространенных водозаборных сооружений в сельскохозяйственном водоснабжении, небольших населенных пунктов и отдельно расположенных объектов. Конструктивно они представляют собой вертикальную шахтную выработку прямоугольного или круглого сечения с диаметром до 1,5 м и глубиной до 30-50 м (рис. 2.7.3).



kolcaperm.ru

Рис.2.7.3. Сборный железобетонный колодец.

Нижняя часть колодца, расположенная в зоне водоносного пласта, оборудуется фильтром. На рис.2.7.3 представлена конструкция обратного фильтра, который выполнен из крупнозернистого песка с присыпкой средним и крупным гравием. Прием воды из водоносного пласта может осуществляться через днище и боковые стенки. Под и над уровнем воды располагаются водоподъемные устройства (ленточные водоподъемники, погружные и вертикальные насосы) и другое необходимое для эксплуатации и осмотра оборудование. Шахтные колодцы располагают поближе к водопотребителям, на незатапливаемых участках, не ближе чем в 30 м от возможных источников загрязнения. Для предотвращения обвалов и загрязнений колодца его боковые стенки укрепляют бетонными или сборными железобетонными элементами, реже бутом, кирпичом и деревом. Надземная часть колодца - оголовок, по санитарным условиям расположенная на высоте не менее 0,8 м над поверхностью земли, должна перекрываться крышкой или иметь навес. Вокруг оголовка устраивают глинистый замок из уплотненной глины, который предотвращает попадание в колодец поверхностного стока. Поверхность земли вокруг оголовка цементируется или асфальтируется с уклоном до 0,025 от колодца (5).

Расчет шахтных колодцев заключается в определении:

- возможного притока воды к колодцу при заданных (принятых) его параметрах и гидрогеологических данных о водоносных горизонтах;
- диаметра колодцев и их количества по заданному расходу потребляемой воды.

Горизонтальные водозаборные сооружения (рис.2.7.4) рационально устраивать в тех случаях, когда необходимо забирать воду из маломощных по высоте, но широких подземных водоносных горизонтов, залегающих на глубинах 5-7 м от поверхности земли. По конструкции они делятся на траншейные, трубчатые и галерейные.

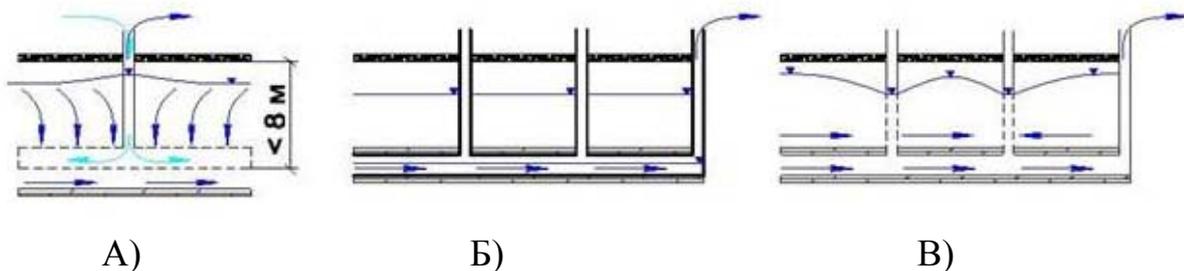
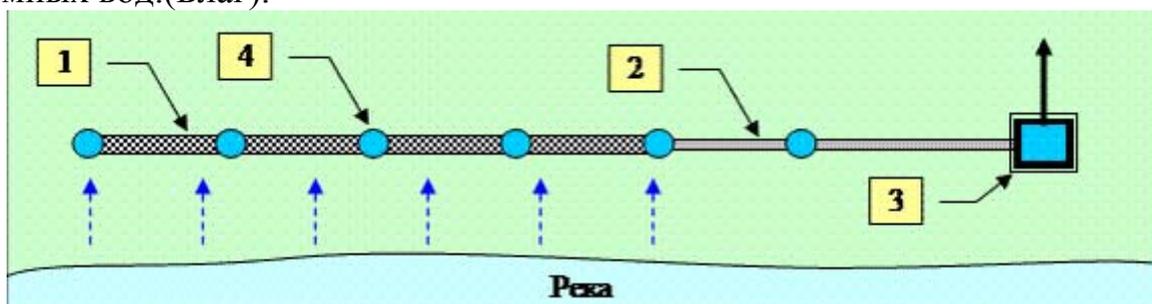


Рис.2.7.4. Назначение горизонтальных водозаборов.

- А) используемые для пополнения запаса подземных вод и их добычи;  
 Б) водоприемные галереи;  
 В) водоприемные галереи инфильтрационных водозаборов (дренажных систем).

Горизонтальные водозаборы представляют собой дренажи или водосборные галереи, проложенные горизонтально в пределах водоносного пласта, как правило, перпендикулярно направлению потока подземных вод (рис.2.7.4). Они устраиваются в безнапорных водоносных пластах при мощности до восьми метров, преимущественно вблизи рек, озёр и водохранилищ. При необходимости использования водоносных горизонтов, залегающих на большой глубине, с соответствующим обоснованием возможно применение горизонтальных водозаборов бестраншейного типа и, в частности, водосборных штолен. В скальных породах горизонтальные водосборы в виде штолен могут применяться при любой глубине залегания подземных вод.(Благ).



4exam.info

Рис.2.7.4. Схема горизонтального водозабора.

1 - водозахватное устройство; 2 – водоотводящую (коллекторную часть); 3 – водосборный колодец (камера); 4 - смотровые и вентиляционные колодцы.

Принцип работы горизонтального водозабора основан на отборе воды из водоносного пласта с помощью водозахватных (фильтрующих элементов) и транспортированию ее по водоотводящему коллектору (водонепроницаемому) в водосборный колодец, откуда вода откачивается на очистные сооружения.

Горизонтальные водозаборы отличаются от вертикальных (скважин и шахтных колодцев) не только характером размещения в водоносном пласте и конструкцией, но и тем, что отбор воды из пласта осуществляется ими без водоподъемных устройств путём отвода воды в водосборную камеру самотёком. Это является их существенным преимуществом, благодаря которому эксплуатационные расходы существенно уменьшаются (7).

В зависимости от гидрологических и инженерных условий могут применяться следующие виды водозахватных устройств:

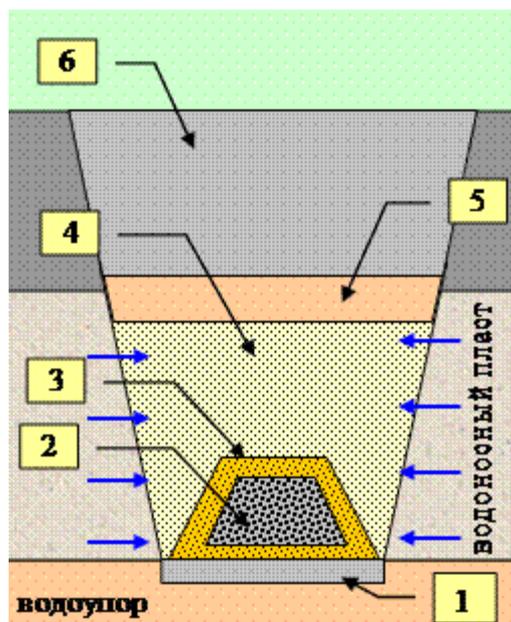
- каменно-щебёночный водозабор;
- трубчатый водозабор;
- водосборная галерея;

водосборная штольня;

комбинированный горизонтальный водозабор со скважинами.

Каменно-щебёночный водозабор используется для захвата подземных вод, залегающих на глубине 3-4 м. Его применяют для водоснабжения мелких, в основном сельскохозяйственных, потребителей, а так же для временного водоснабжения строящихся объектов.

Водозабор строится в виде открытой траншейной выработки (рис.2.7.5) с экскавацией и удалением грунта. По дну траншеи укладывается бетонная подготовка 1, которая имеет уклон 0,01-0,05 к водоприёмной камере. Вдоль траншеи на бетонной подготовке устраивается каменно-щебёночная призма 2 из крупного гравия или щебня. Высота призмы 0.3-0.4 мощности вскрытого водоносного пласта. Вокруг призмы устраивается обратный фильтр из двух слоёв. Первый слой 3 - гравий средней крупности; второй слой 4 - обсыпка из крупного песка. Сверху фильтр закрывается водонепроницаемым экраном 5 из уплотнённой глины. После этого траншея засыпается ранее вынутым грунтом 6 (7).



4exam.info

Рис.2.7.5. Схема каменно-щебёночного водозахватного устройства.

Трубчатый горизонтальный водозабор используется для захвата подземных вод, залегающих на глубине 5-8 м. Его применяют для водоснабжения мелких и средних коммунальных и сельскохозяйственных потребителей второй и третьей категории надёжности.

Трубчатый горизонтальный водозабор используется для захвата подземных вод, залегающих на глубине 5-8 м. Его применяют для



устанавливают в траншеи. При большей глубине применяется тоннельный способ проходки

Галерея (рис.2.7.7) выполняется из сборных железобетонных элементов овальной либо прямоугольной формы. Они могут быть полупроходными высотой 1,2-1,7 м и проходными - высотой 1,8-2,2 м. Ширина галереи 0,8-1 м (7).

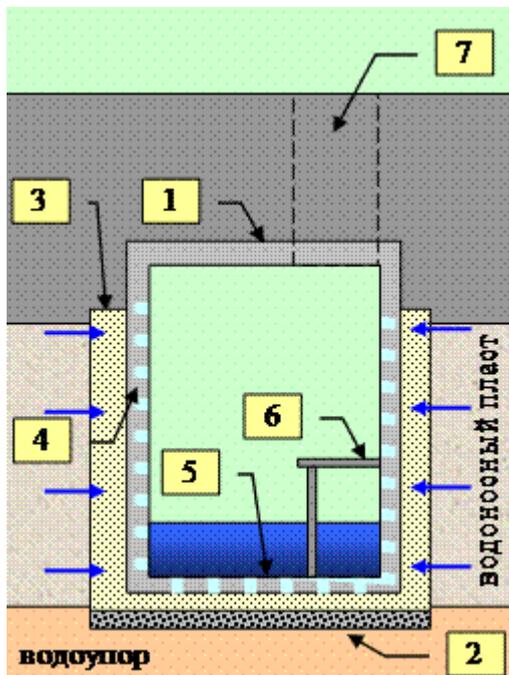


Рис.2.7.7. Схема водосборной галереи.

Звенья галереи устанавливаются на песчано-гравийную подготовку 2, а вокруг них в пределах водоносного горизонта устраивается обратный песчано-гравийный фильтр 3. Приём воды осуществляется через отверстия 4 в стенках и дне галереи, которые заделываются пористым бетоном.

В нижней части галереи устраивается лотковая часть 5 глубиной до 0,5 м, обеспечивающая отвод воды к сборной камере. Для прохода персонала предусматривается мостик или полка 6. Доступ в галерею и вентиляция производится через смотровые колодцы 7.

Водосборные штольни используются для захвата подземных вод с глубины более 8 метров в благоприятных гидрологических условиях. Обычно водоносные горизонты, в которых устраиваются штольни, располагаются в крутых склонах речных долин или складываются из трещиноватых скальных пород. Их применяют для водоснабжения крупных потребителей первой и второй категории надёжности (7).

Конструкция штольни 1 (рис.2.7.8) аналогична конструкции водосборной галереи. Приём воды производится через отверстия 2 в стенках.

Отверстия заделываются пористым бетоном. В устойчивых скальных трещиноватых породах устройство штольни может осуществляться без отделки стенок. Для увеличения притока воды в штольню бурятся шурфы или скважины с фильтрами 3.

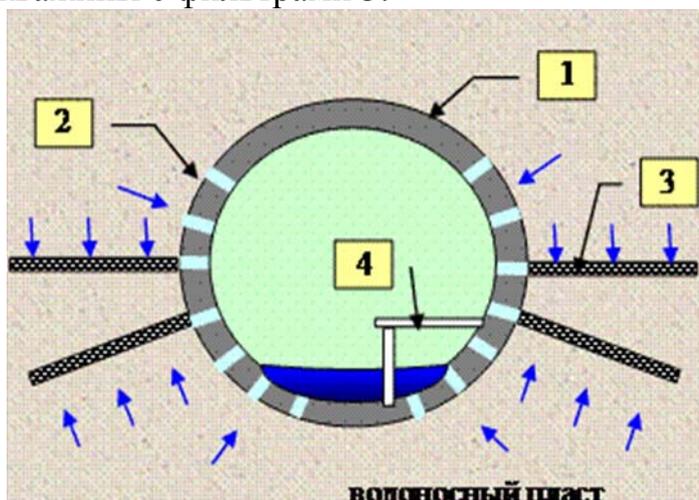


Рис.2.7.8. Схема водосборной штольни.

Комбинированный горизонтальный водозабор со скважинами используются для захвата подземных вод из двух пластовых гидрологических систем. Горизонтальные водосборные трубы 1 (рис.2.7.9) располагают в верхнем безнапорном водоносном пласте, а для забора воды из нижнего напорного пласта используют скважины 2. При этом горизонтальная дрена по отношению к скважинам является сборным и водоотводным коллектором. Устья скважин целесообразно совмещать со смотровыми колодцами 3 и оборудовать задвижками 4 (7).

Смотровые колодцы устраиваются для наблюдения за работой горизонтальных водозаборов их вентиляции и ремонта. Колодцы устанавливаются на прямых участках, в местах поворота и в местах изменения уклона водозабора. Расстояние между смотровыми колодцами на прямых участках принимается:

- 50 м для трубчатых водозаборов диаметром от 150 до 500 мм;
- 75 м для трубчатых водозаборов диаметром более 500 мм;
- 100 - 150 м для галерейных водозаборов.

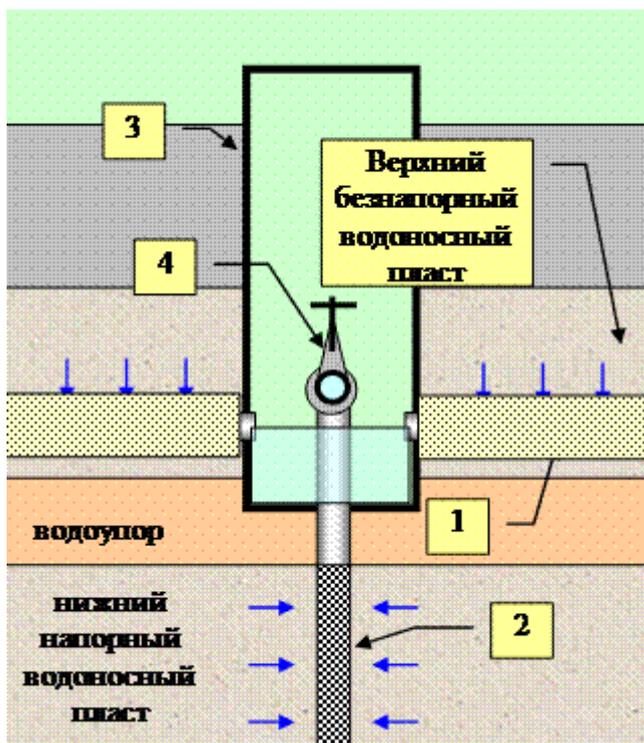


Рис.2.7.9. Схема комбинированного горизонтального водозабора со скважинами.

Водосборные колодцы в зависимости от условий залегания водоносного пласта могут располагаться в конце горизонтального водозабора или в его срединной части. В отдельных случаях в нём может собираться вода из двух и более ветвей горизонтального водозабора.

Размеры водосборного колодца определяются из условий обеспечения нормального режима работы насосной установки, требующей определённой ёмкости колодца, а так же размещения в нём оборудования и устройств для наблюдения за количеством и качеством воды. Водосборные колодцы крупных водозаборов секционируют по числу ветвей водозабора. Насосные станции горизонтальных водозаборов в зависимости от их производительности и типа насосного оборудования могут совмещаться с водосборным колодцем или сооружаться отдельно (7).

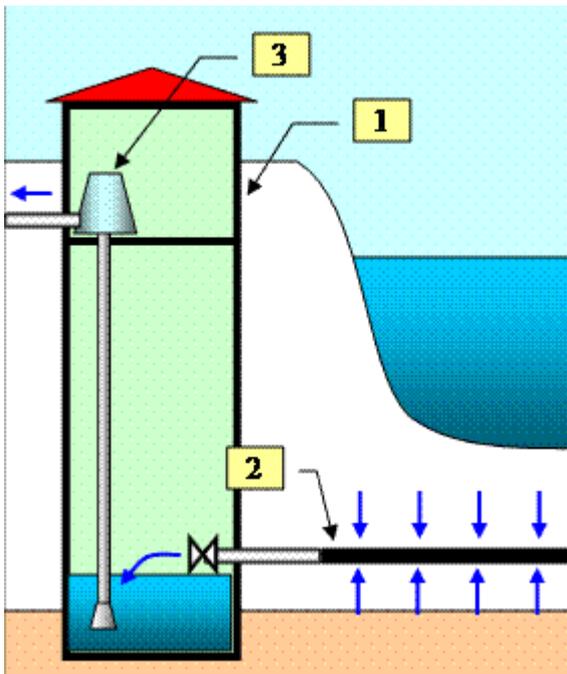
Лучевые водозаборы представляют собой сооружения, состоящие из шахтного колодца, из которого выходят радиально в виде лучей горизонтальные скважины, и наземного павильона (рис.2.7.10).



rosmaket.ru

Рис.2.7.10. Схема лучевого водозабора с наземным павильоном.

Лучевые водозаборы предназначены для отбора вода из маломощных водоносных пластов с высотой до 10 м, залегающих на глубинах 15-20 м от поверхности земли (рис.2.7.11). В зависимости от условий питания и размещения на местности различают подрусловые, береговые и водораздельные лучевые водозаборы.

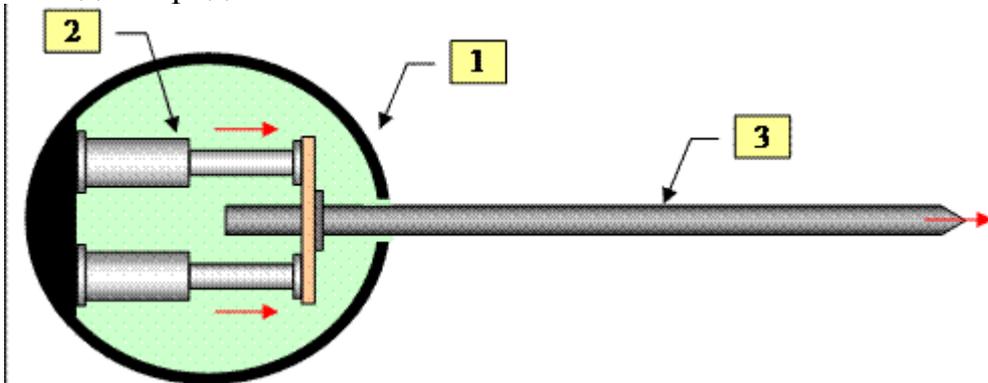


4exam.info

Рис.2.7.11. Схема лучевого (подруслового) водозабора.

1-водоприемный (шахтный) колодец; 2-горизонтальный (лучевой) водозаборный фильтр; 3-вертикальный насос.

При сооружении лучевых водозаборов (рис.2.7.12) строят вертикальную шахту диаметром до 6-10 м (1) и с помощью мощных, специальных домкратов (2) производят внутри нее проходку горизонтальных скважин (3) методом продавливания.



4exam.info

Рис.2.7.12. Схема производства работ при прокладке лучевого водозабора.

1-шахтный колодец; 2-специальные домкраты; 3-трубопровод лучевого водозабора.

По сравнению со скважинами и шахтными колодцами лучевые водозаборы имеют следующие преимущества:

- захват и подъем воды осуществляется в одном месте;
- все оборудование, контрольно-измерительная арматура и электрические щиты управления насосами располагаются в одном сооружении;
- возможность получения существенных дебитов достигается за счет большого числа горизонтальных скважин, длина которых зависит от мощности водоносного пласта;
- увеличение поверхности фильтрации приводит к снижению скорости поступления воды в горизонтальные скважины, а это, в свою очередь, снижает потери напора и исключает возможность заливания шахты колодца мелкозернистым песком;
- с помощью лучевых водозаборов можно получить очищенную грунтом воду, профильтровавшуюся через дно и берега поверхностных водоемов (рек, озер, искусственных водоемов).

Основными недостатками лучевых водозаборов являются:

- значительная трудоемкость сооружения шахт и горизонтальных скважин;
- в случае аварии на водозаборе возможны временные перерывы в подаче воды, так как одно сооружение выполняет функции водозабора, резервуара чистой воды и насосной станции.

Снижения стоимости строительства лучевых водозаборов можно достичь путем уменьшения диаметра шахт до 1,5-2,0 м. За рубежом они получили название малых лучевых водозаборов системы Г. Фалли (Австрия) и Г. Фельмана (Швейцария) (табл. 8.22).

Табл.2.7.1.

Основные характеристики малых лучевых водозаборов

Тип лучевых водозаборов	Диаметр шахты, м		Диаметр фильтровой трубы, мм		Скважность фильтровой трубы, %	Тип перфорации
	Внутренний	Внешний	внутренний	Внешний		
Системы Г. Фалли	2.0	2,4	120	130	15-20	Щелевая насечно-вытяжная
Системы Г. Фельмана	1,5-1,6	2,0-2,1	142	148	25-32	

Шахты таких водозаборов представляют собой железобетонные колодцы, в нижней части которых закреплены стальные ножи. Вынимают грунт из шахты грейдером или экскаватором. При глубинах более 10-20 м

применяют телескопическую конструкцию шахты. Когда есть возможность одновременно забирать воду из нижерасположенного водоносного горизонта, дополнительно из дна колодца пробуривают вертикальную скважину. Участок шахты, по периметру которого располагают патрубки для вдавливания горизонтальных скважин, укрепляют на высоте 2-3 м дополнительной арматурой. Сооружение горизонтальных лучей осуществляется путем вдавливания, специальными домкратами значительной мощности, толстостенной фильтровой трубы, которая заканчивается башмаком и стальным ножом. С фильтровой трубой, с помощью специальных манжетов, соединена шламовая труба, через которую в шахту в процессе бурения поступает смесь воды, песка и гравия. Из шахты эта смесь откачивается на поверхность земли грязевым насосом. Длина лучей обычно достигает 8-25 м. В режиме эксплуатации – шахта, после пробно-эксплуатационных откачек и дезинфекции, служит резервуаром чистой воды. В шахте располагают центробежные горизонтальные или вертикальные насосы. Водоподъем осуществляется по таким же схемам, как при заборе воды насосами из шахтных колодцев и скважин. В условиях безнапорных водоносных пластов, при отдельных контурах питания, целесообразно применять шахтные колодцы, оснащенные короткими лучами, оборудованными сетчатыми или керамическими фильтрами. Длина таких лучей не превышает 2 м. Сооружают их из тонкостенных стальных труб с помощью рычажных приспособлений. Число таких фильтрующих лучей в шахте достигает 12-14 лучей.

Применение водозаборов с короткими лучами позволяет использовать не только гравийные, но и средне- и мелкозернистые водоносные горизонты. В зарубежной практике находят применение комбинированные скважино-лучевые водозаборы. Суть таких сооружений состоит в том, что рядом с глубокой скважиной сооружают шахту меньшей глубины. При достижении динамического уровня воды в вышележащем горизонте (в шахте) сооружают горизонтальную фильтрующую галерею между шахтой и скважиной. Соединяют галерею со скважиной таким образом, чтобы обеспечить по возможности большее поступление воды в скважину. При наличии стойких пород оборудование галереи фильтрующими элементами необязательно. Сооружение галереи позволяет увеличить дебит скважины почти вдвое.

Необходимо учитывать, что технология «лучевой дренаж» является многофункциональной технологией, которая применяется для решения следующих задач:

- водоснабжение из подземных источников;
- перехват утечек загрязнений из накопителей, отстойников, в т.ч. перехват вод загрязненных нефтепродуктами;

•защита территорий и отдельных объектов от подтопления грунтовыми водами (рис.2.7.13).

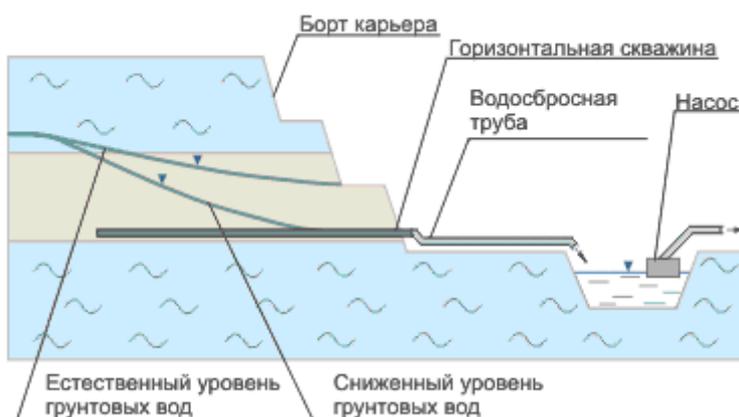


Рис.2.7.13. Схема лучевого дренажа.

## 2.8. Обеспечение эксплуатационной надежности объектов водоснабжения из подземных источников.

Основной спецификой водоснабжения из подземных водоисточников является ограниченный эксплуатационный срок скважинных водозаборов. В процессе эксплуатации водозаборных скважин, как правило, происходит снижение их производительности. Одной из основных причин снижения дебита скважин является кольятация фильтров и прифильтровых зон водоносного пласта, которая вызывает увеличение гидравлических сопротивлений и снижение притока воды в скважины.

Поэтому любая НДТ используемая при проектировании и строительстве водозаборов из подземных водоисточников должна быть подкреплена соблюдением условий эксплуатации и технического обслуживания водозаборных узлов.

Все водопользователи, эксплуатирующие подземные водозаборы, должны руководствоваться правилами, устанавливаемыми местными органами исполнительной власти, обязаны экономно расходовать воду, рационально регулировать режим работы водозабора, своевременно проводить плановые, профилактические и капитальные ремонты, устранять аварии, принимать меры по предотвращению возможных загрязнений водоисточников, не допускать нанесения ущерба природоохозяйственным объектам, вести строгий учет расхода воды и электроэнергии. Подземные воды питьевого качества используются только для нужд питьевого коммунального водоснабжения.

В состав технического обслуживания подземных водозаборов включают:

- работы по контролю за дебитом, статическими и динамическими уровнями воды в скважинах и водозаборных колодцах;
- контроль по исправности и герметичности оголовков;
- определение энергетических параметров водоподъемников (сопротивление электрообмоток и нагрузок электродвигателя, напоры насоса и др.).

Контроль за эксплуатацией станций управления насосами производят в соответствии с технологическими картами и инструкциями по их эксплуатации.

В течение расчетного срока эксплуатации водозаборов производят текущие (плановые, направленные на предохранение элементов сооружений и оборудования от преждевременного повреждения и износа) и капитальные ремонты.

Определение межремонтного периода скважин в системах питьевого водоснабжения основано на наблюдении за изменением удельного дебита скважины и показателя общего сопротивления фильтра и прифильтровой зоны.

Продолжительность такого периода зависит от конструкции фильтров, способа водоотбора и гидрогеологических характеристик водоносных горизонтов и составляет обычно по данным эксплуатации от 3-4 лет для скважин, оборудованных пористо-керамическими фильтрами, до 7-12 лет - для скважин, оборудованных фильтрами с гравийной обсыпкой вокруг каркасов с большой скважностью.

Основными видами работ по восстановлению дебита скважин по объемам отбираемой воды, оборудованных фильтрами, является удаление кольматирующих отложений с поверхности фильтра (рис.2.8.1) и прифильтровой зоны.



lib.convdocs.org

a)



lib.convdocs.org

б)

Рис. 2.8.1. Виды закольматированных фильтров извлеченных из водозаборных скважин водозабора «Неманица» г. Борисова.

а) провольчный фильтр; б) щелевой фильтры

В состав текущего ремонта подземных водозаборных сооружений входят:

- реагентная или гидроимпульсная обработка прифилтровых зон и фильтров;
- ликвидация песчаных пробок;
- устранение герметичности стыков в водоподъемных трубах, напорных водоводах, монтажных вставках;
- замена пришедших в негодность участков труб;
- устранение повреждений сальников, изоляций обмоток электродвигателя насосов;
- ремонт и замена вышедших из строя элементов станций управления насосами.

Реагентные методы восстановления скважин обеспечивают растворение кольматанта растворами-нейтрализаторами, представленными неорганическими кислотами и их солями с высокой степенью диссоциации в

водном растворе, или растворами-восстановителями. В качестве первых наиболее доступными реагентами являются соляная кислота с концентрацией от 8-10 до 25-30%. Перед закачкой кислоты в пласт в нее иногда доставляют реагенты с положительной теплотой растворения:

$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ;  $\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{KNO}_3$ ;  $\text{NH}_4\text{Cl}$  и другие, способствующие снижению скорости реакции между карбонатными породами и кислотой и тем самым увеличивающие дальность проникновения кислоты в зону кольматации водоносного пласта (5).

Для растворения соединений железа в прифильровой зоне рекомендуют использовать сильный восстановительный реагент - порошкообразный дитионит натрия –  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ .

В случаях, когда конструктивные элементы скважин неустойчивы в кислотах, ВНИИ ВОДГЕО рекомендует применять комплексообразующие порошкообразные реагенты - триполифосфат натрия  $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$  и гексаметафосфат натрия  $\text{Na}_2[\text{Na}_4(\text{PO}_3)_6]$  с оптимальной концентрацией растворов в пределах 5-8%. Отличительной особенностью полифосфатов является стабилизирующее воздействие водных растворов солей и предотвращение вторичного осаждения последних (5).

Капитальный ремонт предусматривает проходку скважины с целью ее углубления и перехода на эксплуатацию нижележащего водоносного горизонта, восстановление дебита скважины путем кислотной или физической обработки, замену фильтров, замену насосов или капитальный ремонт, разработку, чистку и частичную замену узлов и блоков станций управления (5).

Следует особо подчеркнуть, что эксплуатация водоносных горизонтов насосами, не соответствующими, особенно превышающими по своим гидравлическим характеристикам гидрогеологические параметры водоносного пласта, приводит, с одной стороны, к нарушению гидравлических режимов притока воды в прифильровую зону и может вызвать либо ее разрушение, либо ускоренную кольматацию, а с другой - к быстрому износу фильтров и электродвигателей и перерасходу электроэнергии.

Вторым важным моментом при эксплуатации действующих подземных водозаборов в сельской местности является обязательное тщательное взвешенное выполнение правил использования территории в первом, втором и третьем поясах зоны санитарной охраны. Имеется в виду предупреждение на этой территории проведения сельхозработ и мелиоративных мероприятий, размещения складов химудобрений, орошения сточными водами, строительства водоемов, возведения животноводческих построек (ферм, выгульных площадок) и других работ, которые могут привести к нарушению

гидрологических структур водоносных эксплуатируемых пластов и загрязнению подземных вод с поверхности (5).

И третьим условием качественной и экономичной эксплуатации скважин является постоянное повышение технической грамотности эксплуатационного персонала (электриков, дежурных машинистов насосных станций, механиков), постоянный контроль (сдача техминимумов, переаттестации рабочих мест) за его профессиональной и правовой подготовкой, включая правила техники безопасности и регламент работ в аварийных ситуациях (5).

Вопрос о необходимости ремонта или ликвидации подземных водозаборов решается водопользователем с представителями геологического контроля и местной санитар-но-эпидемиологической службы.

К основным причинам нарушения нормальной эксплуатации подземного водозабора относятся:

- повреждение или зарастание (забивка) фильтрующей водоприемной поверхности;
- несоблюдение правил крепления скважин обсадными трубами, а шахтных колодцев - железобетонными кольцами, недоведение обсадных конструкций до водоупора;
- отсутствие должной затрубной или межтрубной цементации;
- неправильный монтаж оголовка скважины, частые остановки водоподъемников, несоответствие производительности насоса и мощности его электродвигателя, с одной стороны, и естественной водоотдачи водоносного горизонта - с другой;
- коррозия фильтров и труб под воздействием агрессивных вод и блуждающих электротоков (5).

Неисправные скважины, шахтные колодцы, лучевые и горизонтальные водозаборы ремонтируют специальные бригады по обслуживанию и эксплуатации водопроводов питьевого назначения.

Качественное и своевременное выполнение работ по обслуживанию и плано-предупредительным работам на водозаборах из подземных источников обеспечивает проектный эксплуатационный период работы водозабора с заявленными качественными показателями питьевой воды.

## **2.9. Критерии выбора типа водозаборного узла из подземных водоисточников, как элемента НДТ.**

При выборе типа водозаборного узла необходимо учитывать природные факторы формирования водоносных горизонтов в данной местности или

регионе, которые влияют на возможности применимости НДТ для данных сооружений.

Устройство водозаборных узлов, их отдельных элементов и состав сооружений для приема подземных вод зависят от:

- условий залегания водоносного пласта;
- мощности водоносного горизонта;
- водообильности;
- глубины залегания;
- геологического строения водоносных горизонтов;
- гидравлических характеристик потока (его напора, скорости, направления движения, связи с другими водоносными пластами, массивами и поверхностными водами);
- санитарного состояния территории, которая предполагается для выделения под СЗЗ водозаборного узла;
- в организации, при необходимости, искусственного восполнении запасов подземных вод и определения конструктивных решений по их реализации;
- наличия водоносных пластов, содержащих воду неудовлетворительного качества и их возможное воздействие на эксплуатируемый водоносный горизонт питьевого водоснабжения;
- сравнительной технико-экономической оценки, по укрупненным показателям на стадии предпроектных проработок, различных решений с использованием НДТ.

Для водозаборных узлов из подземных горизонтов характерно, что в ходе эксплуатации скважин в большинстве случаев наблюдается снижение их производительности вследствие механического, химического и биологического кольматажа. Поэтому для поддержания производительности водозаборных скважин необходимо проведение профилактических и ремонтно-восстановительных мероприятий с периодичностью не превышающей рационального межремонтного периода, который в зависимости от геологических и гидрологических условий местности может изменяться в пределах от 1,5 до 7 лет. В среднем межремонтный период составляет около 3-х лет.

Методы ремонтно-восстановительных работ на водозаборах должны подбираться с учетом геолого-гидрологических условий водоносных горизонтов, литологического состава водоносных пород, химического состава кольматанта, интенсивности кольматажа.

Для увеличения ресурса водозаборных скважин и повышения их коррозионной стойкости, необходимо применение НДТ на основе использования более прогрессивных пластиковых фильтров и обсадных

колонн, а также фильтров, изготовленных полностью из нержавеющей стали и устанавливаемых впотай.

### **3. Методика оценки качества природной воды для выбора НДТ по основным видам ее обработки.**

Качество воды природных источников, так же как и требования, которые предъявляются к качеству воды, используемой различными потребителями, весьма разнообразны. Оценка качества воды природного источника с точки зрения требований потребителей позволяет решить вопрос о возможности его использования для данного объекта, а также установить необходимость и характер обработки воды на водопроводных очистных сооружениях.

Путем анализа воды природных источников выясняется наличие в ней различных веществ и микроорганизмов. Для получения правильной характеристики воды данного источника отбор проб и анализы должны производиться в течение достаточно длительного периода времени, чтобы можно было учесть сезонные изменения качества воды (3).

Природная вода представляет собой многокомпонентную динамичную систему, в состав которой входят газы, минеральные и органические вещества, находящиеся в истинно растворенном, коллоидном и взвешенном состояниях, а также микроорганизмы.

Из растворенных газов в природных водоисточниках чаще всего присутствуют кислород, азот, углекислый газ, реже - сероводород, метан и другие. Количественное содержание газов в воде во многом зависит от их природы, парциального давления, температуры, состава водной среды и других факторов. В составе природной воды присутствуют взвешенные вещества, органические соединения, поставщиками которых является почвенный и торфяной гумус, продукты жизнедеятельности и разложения растительных и животных организмов, сточные воды бытовых и промышленных предприятий. Наличие в воде органических веществ резко ухудшает органолептические показатели воды, повышает цветность, вспениваемость, отрицательно действует на организм человека и животных.

Состав природных вод определяется присутствием катионов  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  и анионами  $HCO_3^-$ ,  $SO_4^-$ ,  $Cl^-$ . По содержанию ионов в воде определяют степень ее минерализации (содержание солей).

Степень минерализации подземных вод, разнообразных по химическому составу, зависит от условий залегания водоносного горизонта и колеблется от 100-200 мг/л до нескольких граммов на литр. В пресных артезианских

водах преобладают катионы и анионы  $HCO_3^-$ . По мере повышения степени минерализации подземных вод возрастает относительное содержание ионов  $Na^+$ ,  $SO_4^-$ ,  $Cl^-$  (5). В природных водах также присутствуют соединения азота, фосфора, кремния, железа, незначительные концентрации солей тяжелых металлов, сульфатов и хлоридов.

Природные воды населяет огромное количество микро- и макроорганизмов животного и растительного происхождения: вирусы, бактерии, простейшие, водоросли, высшие растения и животные, которые также существенно влияют на физико-химический состав воды.

### **3.1. Классификация источников водоснабжения природных вод и их качественный состав.**

Состав природных вод, концентрации и агрегативно-кинетическая устойчивость содержащихся в них примесей, являются основополагающими при оценке пригодности воды для использования ее различными категориями потребителей. По целевому назначению воду классифицируют как используемую для: хозяйственно-питьевых целей; пищевой промышленности; орошения полей и сельскохозяйственных нужд; паросилового хозяйства; охлаждения производственного оборудования; технологических целей предприятий; заводнения нефтяных пластов и др. (5).

Традиционно природные источники, используемые для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения подразделяются на две основные группы:

- поверхностные источники: реки, озера, водохранилища, каналы, моря, ледники;
- подземные источники: различные типы подземных вод (артезианские, грунтовые, верховодка, подрусловые и т.д.), родники.

Распространенными источниками промышленного водоснабжения чаще всего являются поверхностные и частично минеральные воды.

На сегодняшний день существует несколько вариантов классификации водных объектов в качестве источников хозяйственно-питьевого водоснабжения по ряду показателей качественного состава воды водоисточника с целью определения необходимой технологии водоподготовки. Рядом авторов - Щукаревым С.А, Алексиним О.А, Толстихиным Н.И. и Дуровым С.А., Кульским Л.А. дана классификация природных вод по физико-химическим показателям качества, химическому составу растворенных примесей, на основе фазового состояния вещества в

водной среде, определяемом в основном дисперсностью, агрегативной и кинетической устойчивостью частиц вод. Данные классификации представляют собой интерес для общей оценки качества вод природных водоисточников и, в отдельных случаях, могут быть применимы для обоснования того или иного технологического процесса и метода очистки. Однако, они не дают возможности в должной мере решать задачу по выбору комплексной технологии водоподготовки (5).

Последняя базируется на анализе данных по качеству очищаемой воды, оцениваемого по ряду определяющих ингредиентов, фазово-дисперсному состоянию примесей, временному фактору присутствия основных ингредиентов в заданном интервале концентраций и известных, апробированных в практике водоподготовки, методов очистки.

Примером, иллюстрирующим попытку дифференцировать водные объекты, пригодные в качестве источников хозяйственно-питьевого водоснабжения по ряду показателей с целью определения необходимой технологии водоподготовки, может служить санитарная классификация поверхностных и подземных источников, принятая в СаПиН (проект), рассматриваемом взамен ГОСТ 2761-84. Согласно ей (табл.3.1.1), выделяются три класса подземных и поверхностных источников в зависимости от качества исходной воды по совокупности показателей, определяющей степень ее подготовки. На стадии проектирования водоочистной станции класс источника определяется проектной организацией на основании ежемесячных данных анализов качества воды в месте предполагаемого водозабора, полученных не менее чем за последние три года - для поверхностных, и год - для подземных источников.

№ п/п	Показатели	Классы		
		1	2	3
Подземные воды				
1	Мутность, мг/л (не более)	1,5	1,5	10
2	Цветность, градусы (не более)	20	20	50
3	рН, ед. рН	6,0–9,0	6,0–9,0	6,0–9,0
4	Fe <sub>общ.</sub> , мг/л	0,3	10	20
5	Mn <sup>2+</sup> , мг/л	0,1	1	2
6	H <sub>2</sub> S, мг/л	Отсутстви е	3	10
7	F <sup>-</sup> , мг/л	1,5–0,7	1,5–0,7	5
8	Перманганатная окисляемость, мгО <sub>2</sub> /л	2	5	15

9	Число бактерий группы кишечных палочек в литре (БГКП)	3	100	1000
Поверхностные воды				
1	Мутность, мг/л (не более)	20	1 500	10 000
2	Цветность, градусы (не более)	35	120	200
3	Запах, (балл)	2	3	4
4	pH, ед. pH	6,5–8,5	6,5–8,5	6,5–8,5
5	Fe <sub>общ</sub> , мг/л	1	3	5
6	Mn <sup>2+</sup> , мг/л	0,1	1	2
7	Фитопланктон, мг/л	1	5	50
8	Фитопланктон, кл/см <sup>3</sup>	1 000	10 000	50 000
9	Перманганатная окисляемость, мг O <sub>2</sub> /л	7	15	20
10	БПК, мг O <sub>2</sub> /л	3	5	7
11	Число лактоположительных кишечных палочек в литре (ЛПКП)	1 000	10 000	50 000

Рекомендуемые НДТ подготовки воды питьевого качества из источников водоснабжения можно разделить на 3 класса:

1 класс - фильтрация с реагентной обработкой или без нее, обеззараживание;

2 класс - коагулирование, отстаивание, фильтрация, обеззараживание; при наличии фитопланктона - микрофильтрация;

3 класс - основные методы - то же что и для 2-го класса, а также дополнительно: вторая ступень осветления, окислительные и сорбционные методы и более эффективные методы обеззараживания.

Основным источником централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения в большинстве регионов являются поверхностные воды рек (водохранилищ) и озер, на долю которых приходится 65-68% от общего объема забора воды.

При выборе технологий водоподготовки первостепенную роль играет объективная оценка источника хозяйственно-питьевого или технического водоснабжения. Гидрохимический режим поверхностных водоисточников формируется в условиях интенсивной хозяйственной деятельности на водосборах. К природным и техногенным факторам, влияющим на качество природных вод, относятся: геоморфологическое строение водоисточника, климатические условия, поверхностный и почвенный покров, источники

образования поверхностных и подземных вод, техногенные нагрузки (рис.3.1.1) (5).

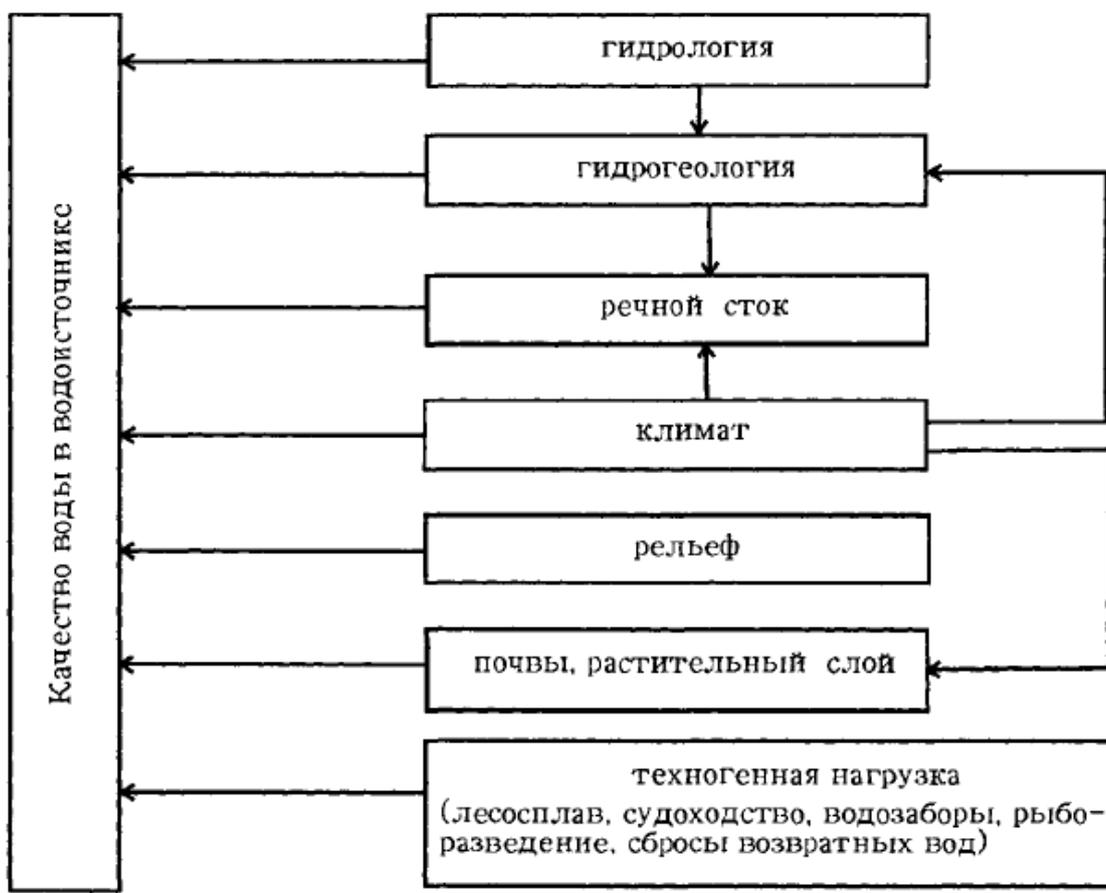


Рис.3.1.1. Зависимость качества воды от природных и техногенных факторов.

Анализ гидрохимической и санитарно-гигиенической информации по динамике изменения качества воды, в сопоставлении с данными многолетних наблюдений в водоисточнике позволяет в первом приближении выявить для конкретного водоисточника доминирование тех или иных природных факторов при формировании качества природных вод, установить корреляционные связи между характером изменения концентраций ингредиентов природного происхождения (мутности, цветности, перманганатной окисляемости, содержания хлоридов, сульфатов, солей кальция, магния и др.) и фазами водного режима источника: зимней и летней меженью, весенним и осенним паводком и т.д.

Повсеместное загрязнение природных вод источников хозяйственно-питьевого водоснабжения России примесями антропогенного и техногенного происхождения, наблюдаемое в последние десятилетия, обуславливается в

большей степени поступлением в них более 55 км<sup>3</sup>/год неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод: хозяйственно-бытовых и промышленных, талых и ливневых вод с селитебных территорий, животноводческих комплексов, мелиорованных сельхозугодий и т.д (5).

Номенклатура и количество загрязняющих веществ, попадающих в поверхностные воды, весьма разнообразны и зависят от профиля и объема промышленных и сельскохозяйственных предприятий, расположенных в районе водосбора; эффективности и надежности технологий очистки бытовых и промышленных сточных вод, сбрасываемых в водоисточник, и других факторов (рис.3.1.2).

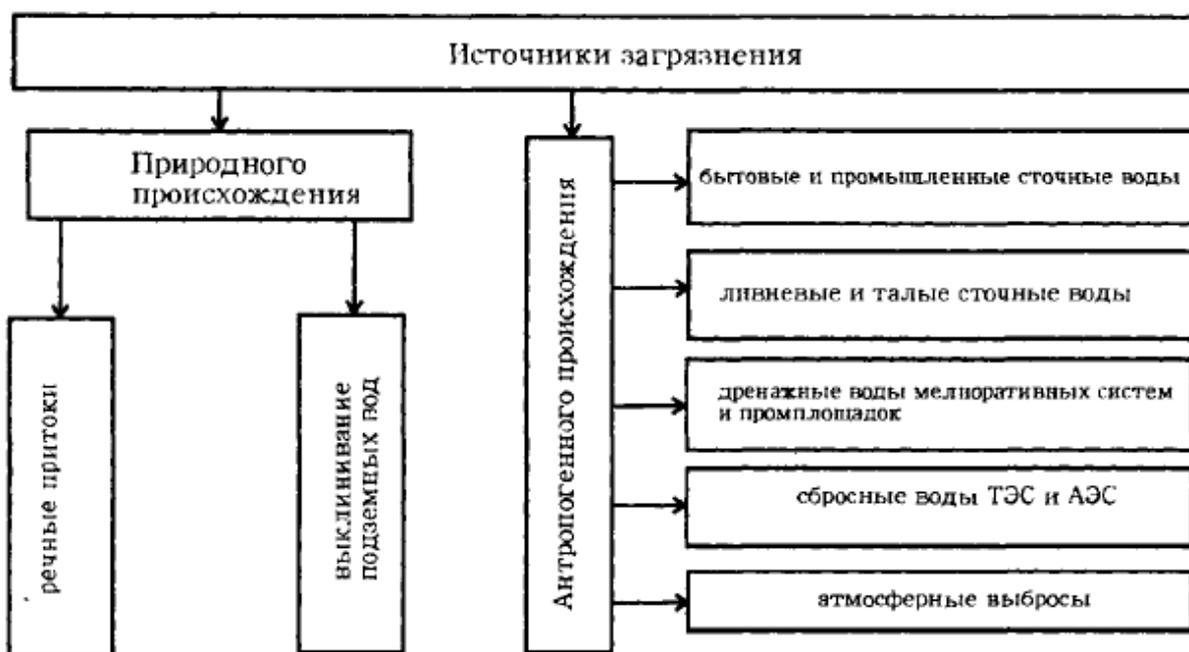


Рис.3.1.2. Источники загрязнения поверхностных вод в районе водозабора.

Основными антропогенными загрязнениями являются нефтепродукты, пестициды, соли тяжелых металлов, поверхностно-активные вещества, азотные соединения (азот аммонийный, нитриты и нитраты) и фенолы. Многие из них обладают куммулятивными свойствами и могут в значительной степени изменять гидрохимический режим водоисточника. Кроме того, при воздействии антропогенных факторов происходит ухудшение качества воды по содержанию бактериопланктона, гетеротрофных бактерий и бактерий группы кишечной палочки.

Распространение химических загрязнений техногенного происхождения и их специфика в источниках питьевого водоснабжения обычно коррелируют с расположенными в данных районах объектами различных отраслей промышленности (5).

Качество подземных вод, используемых в хозяйственно-питьевом водоснабжении на территории Российской Федерации, отличается достаточным разнообразием и зависит от условий питания подземных вод, глубины залегания водоносных горизонтов, состава водовмещающих пород и т. д. Как правило, для питьевого водоснабжения применяют подземные воды неглубоких горизонтов (до 100-250 м).

Одной из причин загрязнения подземных водоисточников является несоблюдение режима хозяйственной деятельности в зонах санитарной охраны. Загрязнение подземных вод происходит в результате техногенного воздействия промышленных и коммунальных объектов. При загрязнении подземных вод некондиционными поверхностными водами характерны повышенные концентрации в подземных водах хлоридов, сульфатов, марганца, железа, фтора, стронция стабильного, общей минерализации, жесткости и щелочности. В некоторых подземных водах наблюдается повышенное содержание нефтепродуктов, фенолов, марганца, сульфатов, тяжелых металлов, общих и специфических органических соединений (5).

В санитарно-эпидемиологическом отношении подземные воды более глубоких водоносных горизонтов, особенно артезианские воды, являются наиболее безопасными. Их бактериальные показатели, как правило, не превышают допустимых норм для питьевой воды. Однако воды верхних горизонтов, в частности, грунтовые подземные воды, подвержены загрязнениям патогенными бактериями и вирусами из-за недостаточной защищенности водозаборов с поверхности, что требует особого внимания для обеспечения их обеззараживания (5).

### **3.2. Требования к качеству очищенных вод.**

Основными показателями, определяющими пригодность воды для разных категорий водопотребителей, является состав и концентрация содержащихся в ней примесей. По специфике требований к качеству очищенной воды различают воду, используемую для хозяйственно-питьевых целей, нужд пищевой и бродильной промышленности, для поения домашних животных и птиц, орошения, для охлаждения элементов технологических агрегатов в теплоэнергетике и других отраслях народного хозяйства, питания паровых котлов, технологических целей промышленности, заводнения нефтяных пластов и др.

Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения и правила контроля качества воды, подаваемой системами питьевого водоснабжения населенных мест в России,

устанавливаются по СанПиН 2.1.4.1074-01 (4), а локальных систем - по СанПиН 2.1.4.544-96 (9). В мировой практике используются нормативы Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ - World Health Organization).

Питьевая вода должна быть безопасна в эпидемическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь удовлетворительные органолептические свойства. Ее безопасность в эпидемическом отношении определяется ее соответствием нормативам по показателям, представленным в СанПиН 2.1.4.1074-01 (4).

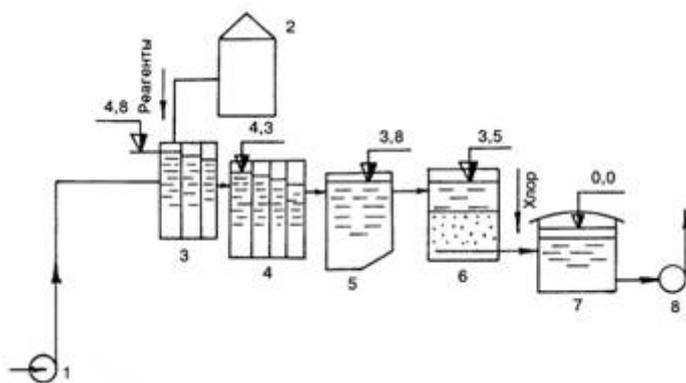
Контроль качества воды на уровне государства, ведомства и производства осуществляется в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51232-98 (10)

Для проведения лабораторных исследований (измерений) качества питьевой воды используются методики, аттестованные Госстандартом или Госсанэпиднадзором РФ.

#### **4. Выбор технологической схемы очистки воды на основе НДТ.**

Очистные сооружения являются одним из составных элементов системы водоснабжения и тесно связаны с ее остальными элементами. Вопрос о месте расположения очистной станции решается при выборе схемы водоснабжения объекта. Часто очистные сооружения располагают вблизи источника водоснабжения и, следовательно, в незначительном удалении от насосной станции первого подъема.

Наибольшее распространение в практике водоочистки (особенно в городских водопроводах) имеют схемы очистных сооружений с самотечным движением воды (рис.4.1). Вода, поданная насосами станции первого подъема, самотеком проходит последовательно все очистные сооружения и поступает в сборный резервуар (резервуар чистой воды), из которого забирается насосами станции второго подъема. Таким образом, резервуар чистой воды непосредственно связан с комплексом очистных сооружений и должен быть расположен вблизи от них, так же как и насосная станция второго подъема.



baurum.ru

Рис.4.1. Схема осветления, обесцвечивания и обеззараживания воды с применением отстойников и фильтров.

1 - насосы I подъема; 2 - реагентный цех; 3 - смеситель; 4 - камера хлопьеобразования; 5 - отстойники; 6 - фильтры; 7 - резервуары чистой воды; 8 - насосы II подъема

Решению вопроса о компоновке очистных сооружений должны предшествовать выбор схемы технологического процесса очистки воды с использованием НДТ, а также установление типа, числа и размеров отдельных сооружений (отстойников, фильтров и др.). Этот выбор производится на основе результатов технологических анализов воды источника и в зависимости от требований потребителей к качеству воды. Выбор схемы очистки воды, типа сооружений и их компоновки должен быть сделан на основании технико-экономических сравнений возможных вариантов.

#### **4.1. Анализ эффективности работы традиционных сооружений водоподготовки.**

Традиционные технологии водоподготовки предусматривают обработку воды по классическим двухступенчатой или одноступенчатой схемам, основанным на применении микрофильтрации (в случаях наличия в воде водорослей в количествах более 1000 кл/мл), коагулирования воды сернокислым алюминием с последующим ее отстаиванием или осветлением в слое взвешенного осадка, скорого фильтрования или контактного осветления и обеззараживания воды хлором. В целях поддержания водопроводных сооружений в необходимом санитарном состоянии и для частичного обесцвечивания вод, содержащих гумусовые соединения,

осуществляется первичное хлорирование воды, поступающей на очистную станцию.

В условиях постоянно изменяющегося качества воды и отсутствия его прогноза, повышенной загрязненности водоисточников промышленными и бытовыми сточными водами и наличия в них широкого спектра загрязняющих веществ, в том числе и техногенного происхождения (нефтепродукты, фенолы, пестициды, соли тяжелых металлов, ПАВ и др.), с одной стороны, и ужесточения требований к качеству питьевой воды, подаваемой потребителям, с другой, такие технологии не всегда способны обеспечить нормативную степень очистки по отдельным показателям. Кроме того, нерациональное использование потенциала сооружений предочистки (водозаборов-ковшей, фильтрующих каналов, больших искусственных наливных водоемов и «биолато») приводит к увеличению в целом грязевой нагрузки на водоочистные сооружения (5).

Наиболее сложная ситуация в процессе эксплуатации водопроводных станций складывается в периоды паводков и залповых аварийных выбросов сточных вод, когда при относительно стабильных уровнях примесей естественного характера, прогнозируемых по многолетним наблюдениям, зачастую фиксируются достаточно высокие (пиковые) концентрации токсичных примесей антропогенного происхождения. При этом, в результате очистки воды традиционными методами могут быть выделены из нее в основном примеси антропогенного происхождения, способные переходить в нерастворимую форму при введении реагентов или сорбироваться на хлопьевидном осадке, образуемом в процессе коагуляции (5).

Вместе с тем, практически не удаляются из воды химические загрязнения находящиеся в растворенном виде, такие как фенолы, СПАВ, растворенные фракции нефти, ионы тяжелых металлов (например,  $Cr^{3+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $V^{3+}$ ,  $As^{3+}$ ) и др. В таблице 4.1 приведены литературные данные, свидетельствующие о недостаточной эффективности традиционных технологий очистки воды по отношению к отдельным ингредиентам (5).

Табл.4.1

Эффективность очистки вод, содержащих антропогенные примеси, на традиционных сооружениях водопровода

Наименование показателя	Концентрация в исходной воде	Эффект очистки, %	ПДК по СанПиН
Нефтепродукты, мг/л:	1-5	20-40	0,1
Фенолы, мг/л	0,05-0,2	Не удал. 5	0,001
ПАВ анионоактивные, мг/л	1,5-2,5	25-50	0,5
Пестициды, мг/л:			
Хлорорганические			

соединения			
ДДТ	0,02-0,1	80-95	0,002
ГХЦГ	0,2-0,3	14-30	0,002
Фосфорорганические			
Тиофос		Не удаляется	0,003
Карбофос	1-5	50	0,05
Фосфамид		65	0,03
Метафос		10	0,02

По данным д.т.н. Васильева Л.А. и др. наличие гумусовых веществ, нефти и нефтепродуктов, синтетических поверхностно-активных веществ, пестицидов приводит в процессе хлорирования, речной воды к появлению в ней предельных и ароматических углеводородов (гексан, бензол и др.), альдегидов и летучих хлорорганических соединений (тетрахлорэтилен, гексахлорэтан, хлорпикрин и др.). Последующее обеззараживание очищенной воды хлором способствует дальнейшей трансформации этих соединений и увеличению общего количества примесей примерно в 2,5 раза по сравнению с начальным.

Во многих случаях на традиционных очистных сооружениях не задерживаются хлорорганические соединения, которые образуются в процессе первичного хлорирования воды, содержащей органические загрязнения. Наиболее часто отмечается образование тригалогенметанов, оказывающих общетоксическое действие на живой организм. Тенденция к увеличению количества образующихся хлорорганических соединений обусловлена возрастанием антропогенных нагрузок на источники водоснабжения, а также изменением технологических режимов водоочистки, в частности, применением повышенных доз хлора и коагулянта и увеличением времени контакта хлора с водой (5).

Исследования динамики изменения некоторых соединений, относящихся к группе тригалогенметанов (хлороформа, четыреххлористого углерода, дихлорэтана и др.) по ступеням очистки на действующих водопроводных станциях проводились сотрудниками НИИ ВОДГЕО. Как показали результаты исследований, наиболее часто в хлорированной воде обнаруживаются в концентрациях превышающих ПДК четыреххлористый углерод и хлороформ, обладающие канцерогенностью и мутагенностью. По мере извлечения из воды органических загрязнений снижается и содержание этих хлорорганических соединений. Однако обеспечить их нормативные концентрации после всего цикла водообработки на традиционных сооружениях не всегда удается.

Сотрудниками НИИ ВОДГЕО экспериментально установлено (д.т.н. Егоров А.И. и др.), что для предотвращения повышения токсичности воды

из-за образования тригалогенометанов при ее хлорировании необходимо осуществлять преамонизацию с дозой аммония 20-30% по весу от весового расхода активного хлора. Так, при наличии в исходной воде дихлорбромметана ( $\text{CHCl}_2\text{Br}$ ) - до 1,6 мкг/л и дибромхлорметана ( $\text{CHClBr}_2$ ) - 0,5 мкг/л после хлорирования их количество в воде возросло соответственно до 26,7 мкг/л и 20 мкг/л, а хлороформа ( $\text{CHCl}_3$ ) - от 0 до 23 мкг/л. При хлорировании с преамонизацией речной воды этот процесс практически исключается или сводится к минимуму. Доочистка фильтрата после традиционной реагентной обработки воды в отстойниках и скорых фильтрах с последующей сорбцией на активных углях БАУ или АГ-3 позволяет снизить содержание тригалогенометанов в воде в ~ 12-15 раз.

Реагентная обработка поверхностных вод с целью их осветления и обесцвечивания, основанная на введении растворов коагулянтов, является неотъемлемой частью технологического процесса очистки воды на существующих сооружениях. При водоподготовке в качестве коагулянта наиболее часто используется очищенный сернокислый глинозем, обладающий повышенной чувствительностью к температуре и рН очищаемой воды и образующий в результате реакции гидролиза рыхлые частицы гидрооксида алюминия. В последние годы все большее применение находит оксихлорид алюминия (5).

В зимнее время при низких температурах воды (менее 4°C), вследствие снижения вязкости воды и повышения гидратации частиц гидрооксида алюминия, наблюдается замедление процессов хлопьеобразования и осаждения скоагулированной взвеси. Особо остро проблема «вялого» протекания процесса коагуляции возникает при обработке цветных и высокоцветных вод рек и водоемов, характеризующихся наличием устойчивых органических комплексов, незначительным содержанием взвешенных веществ, недостаточным щелочным резервом и длительными периодами низких температур (до 6- 7 месяцев в году (5)).

Коагуляционная обработка таких вод и вод, содержащих электрокинетически устойчивые коллоидные примеси, приводит к перерасходу реагента, увеличению гидравлической нагрузки на очистные сооружения и, зачастую, к увеличению концентрации остаточного алюминия в питьевой воде, нормируемого по санитарнотоксикологическому показателю вредности до 0,5 мг/л (табл. 4.2) (5).

Табл. 4.2.

Содержание остаточного алюминия в очищенной воде

Водоисточник	Состав очистных сооружений	Качество речной воды		Концентрация остаточного алюминия, мг/л
		мутность, мг/л	цветность, град	
р. Прут (г. Кагул)	См-КХ-ГО-СФ	30-50(1000)	30-35	1,1

р. Прут (г. Унгены)	См-ОВО-СФ	30-50(1000)	20-40	1,2
р.Днестр (г.Кишинев)	См-КХ-ГО-СФ	60-600(1200)	10-30(50)	0,6
р.Вологда (г.Вологда)	См-КХ-ГО-СФ	1,13-2,83	22-123	0,5-0,9
р. Лежа (г. Грязовец)	См-ОВО-СФ	1,9-20	25-200	0,5-1,5
р.Лоста (пос.Надеево)	См-КО	0,5-38	40-210	0,2-0,3

Примечание: Условные обозначения: См - смеситель; КХ - камера хлопьеобразования; ГО - горизонтальный отстойник; ОВО - осветлитель со взвешенным осадком; СФ - скорый фильтр. В скобках указаны максимальные зафиксированные концентрации за период наблюдений.

Совместная реагентная обработка воды растворами извести, флокулянта и коагулянта позволяет при  $pH > 7,5$  снизить после отстаивания мутность речной воды с 100- 300 мг/л до 50-100 мг/л при одновременном снижении дозы  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  в ~ 1,5 раза. Такой технологический прием исключает в фильтрате превышения допустимых концентраций остаточного алюминия.

При наличии в поверхностных водах клостридий, цист патогенных кишечных простейших или колифагов, свидетельствующих о вирусном загрязнении, традиционное обеззараживание воды хлором оказывается недостаточным, а перехлорирование воды требует его последующего дехлорирования.

Конструктивные и технологические особенности морально устаревших элементов и сооружений очистных станций оказывают негативное действие на работу и эффективность водоочистного комплекса в целом.

Применение в технологических схемах скорых фильтров с тяжелой загрузкой связано с необходимостью изменения дренажных систем большого сопротивления, большими энергозатратами на промывку фильтров и необходимостью наличия емкостей для хранения запаса промывной воды и специальных насосов для ее подачи.

Реализация на существующих сооружениях водоподготовки НДТ должно быть направлено на повышение качества очищенной воды до требований СанПиН и проведению, на первом этапе, модернизации очистных сооружений на основе современных технологий при минимальных капитальных затратах и, на втором этапе, осуществление комплексной реконструкции сооружений водоподготовки для обеспечения высокой надежности их работы.

## 4.2. Системный подход к выбору НДТ водопроводных очистных сооружений.

Повышение санитарной надежности водопроводных очистных сооружений в зарубежной и отечественной практике осуществляется в современных условиях путем применения дополнительных методов доочистки воды, таких как озонирование, сорбция, ионный обмен, обратный осмос и др. Оно, как правило, связано со значительными затратами на оборудование, электроэнергию, транспортные перевозки и реагенты.

При аварийных сбросах и эпизодическом появлении в водоисточниках техногенных загрязнений в концентрациях значительно превышающих предельно допустимые применяется дозирование порошковых угольных сорбентов в аванкамеры насосных станций первого подъема, либо в трубопровод непосредственно перед фильтрами с зернистой загрузкой. Для водоисточников, характеризующихся постоянной антропогенной и техногенной нагрузкой, рекомендуется дополнение очистных сооружений несколькими ступенями озонирования в сочетании с сорбционным методом, что не всегда оправдано с технико-экономической точки зрения. Использование таких приемов хотя и позволят обеспечить получение качественной безвредной питьевой воды, однако, связано с серьезными техническими проблемами (5):

- нерациональное использование порошковых угольных сорбентов (снижение их КПД, большие безвозвратные потери и «экранирование» угля);
- применение дорогостоящего оборудования и сорбентов (так, например, стоимость получения и использования 1 кгОз/ч колеблется в пределах от 100,0 до 150,0 тыс.\$, а стоимость одного м<sup>3</sup> гранулированного угля достигает ~ 1,5-2,5 тыс.\$);
- серьезные трудности, связанные с регенерацией отработанных гранулированных углей в стационарных адсорберах;

Учитывая повышение требований к санитарной надежности сооружений водоподготовки модернизация действующих и вновь строящихся сооружений должна осуществляться на основе реализации НДТ. При этом необходимо выполнять следующие требования предъявляемые к внедряемым технологиям (5):

- обеспечение повышенной барьерной функции сооружений от попадания в питьевую воду не только природных, но и примесей антропогенного характера, предусмотренных СанПиН;
- предотвращение в процессе водообработки образование токсичных хлорорганических соединений при первичном хлорировании воды, содержащей в большом количестве растворенные органические вещества;

- обеспечение гибкости в управлении процессами водоочистки в различные периоды изменения качества воды на разных по назначению и принципу работы сооружениях, входящих в единую технологическую схему станций;

- способствовать экономному расходованию электроэнергии, сорбентов, химических реагентов и эффективным режимам работы энергоемкого оборудования (озонаторов, флотаторов, установок ионного обмена и др.) при изменяющейся степени загрязненности исходной воды в разные периоды года;

- максимальное использование методов предварительной очистки воды от грубодисперсных примесей и органически растворенных веществ непосредственно в водозаборном узле, сокращая тем самым количество осадков, образующихся на водопроводных станциях, и эксплуатационные затраты на реагентную обработку.

Внедрение НДТ на сооружениях водоподготовки, в условиях повышения антропогенной нагрузки на водоисточники, должно осуществляться на основе системного подхода выбора водоочистных технологий не только на стадии очистки воды, но и на водозаборных сооружениях. Учитывая сложность в выборе и принятии к реализации технических решений, которые во многом определяются факторами техногенного воздействия на водоисточники и соответственного изменения качества воды в нем, так и многообразие существующих технологий, необходимо широкое внедрение в практику эксплуатации и проектирования сооружений очистки воды системы автоматизированного управления технологическими процессами и методы их математического моделирования на основе компьютерных программ.

В данном направлении д.т.н. Журба М.Г. предложил системный подход к выбору водоочистных НДТ. Такой подход состоит в комплексном анализе и использовании (5):

- гидрохимической и санитарно-гигиенической информации о динамике многолетнего изменения качества природных вод в конкретном створе водотока и результатов ее статистической обработки с целью определения перечня основных загрязняющих ингредиентов, их максимально-расчетных концентраций, фазово-дисперсного состояния примесей и продолжительности их присутствия в контрольном створе водозабора за анализируемый период;

- новых классов и подклассов природных вод по качественному составу, предложенных для выбора НДТ водоподготовки с учетом антропогенной нагрузки на них, фазово-дисперсного состояния примесей и временного фактора присутствия в заданном интервале концентраций;

- впервые разработанных классификаторов НДТ очистки природных вод, позволяющих для заданного качества очищаемой воды получить набор

нескольких альтернативных технологических схем водоочистки, реализующих как традиционные, так и усовершенствованные процессы и сооружения;

- современных методов технико-экономического сравнения и оценки экологической эффективности НДТ для определения наиболее выгодной из них, в том числе в условиях рыночной экономики;

- широкого внедрения разработанных и апробированных структурных и математических моделей оптимизации выбранной НДТ водоочистного комплекса в целом с последующим решением задач, связанных с автоматизированным управлением его работой;

- разработанных систем автоматического управления оптимальными режимами эксплуатации водоочистных комплексов.

Практическое решение поставленной комплексной научно-технической задачи базируется на методологии обоснования надежной и экономичной НДТ используемой в системе водоподготовки.

Интенсификация отдельных процессов и технологической схемы очистки воды в современных условиях должна осуществляться на основе НДТ в следующих направлениях (5):

- более широким применением методов биологической и механической предочистки воды (в том числе в руслах водотоков), позволяющих снизить начальные концентрации загрязнений и гидравлическую нагрузку на основные очистные сооружения;

- изменением режима хлорирования, позволяющим сократить дозы и время контакта хлора с неочищенной водой, заменой хлорирования воды на первичное озонирование или УФ-облучение;

- применением комплексной обработки воды различными окислителями (озон, перманганат калия, пероксид водорода) при наличии в воде особо токсичных веществ;

- применением более эффективных коагулянтов и флокулянтов для конкретного состава исходной воды;

- применением смесителей мгновенного действия, лопастных и контактных камер хлопьеобразования, и камер с псевдооживленным мелкозернистым слоем;

- повышением эффективности процессов отстаивания и осветления воды путем использования тонкослойных модулей, различных схем по организации рециркуляционных потоков по организации слоя взвешенного осадка;

- использованием инертных фильтрующих загрузок с плотностью больше и меньше плотности воды, с более развитой поверхностью зерен; применением двух- и трех-слойных загрузок большой грязеемкости, двухпоточного фильтрования;

- усовершенствованием режимов промывки загрузок и конструкций сборно-распределительных систем фильтровальных сооружений;
- дополнением реагентной технологии очистки озонированием, осуществляемым в одну или две ступени и сорбционной доочисткой воды с использованием гранулированных (ГАУ) или порошковых (ПАУ) активированных углей, вводимых в зону глубокого осветления воды;
- внедрением фильтровальных сооружений комбинированного типа с зернистыми и гранулированными загрузками с плотностью больше и меньше плотности воды, волокнисто-гранулированными и осветлительно-сорбционными загрузками. Такие сооружения позволяют добиться эффективной очистки воды за счет регулирования межпорового пространства, увеличения продолжительности фильтроцикла, уменьшения темпов роста потерь напора при одновременном снижении эксплуатационных затрат на промывку фильтрующих загрузок, их доставку к станциям назначения и планово-профилактические работы.

Задачей системного подхода к сооружениям забора воды из водоисточника и очистки на сооружениях водоподготовки является обеспечение достаточной санитарной и экологической надежности работы станций водоподготовки и экономное использование дорогостоящих материалов и оборудования в условиях повышенных антропогенных нагрузок на водоисточники.

## **5. Методика выбора НДТ очистки воды из поверхностных водоисточников.**

Выбор водоочистных НДТ производится на основе сопоставления качества исходной воды, требований к степени ее очистки и потенциальных возможностей включаемых в технологическую схему очистки сооружений и устройств, реагентов и материалов. При этом должны соблюдаться требования к технологиям и сооружениям, изложенные в предыдущей главе, а окончательное решение производится на основании технико-экономических показателей и определенных оптимальных режимов работы сооружений при изменяющихся показателях качества исходной воды.

При решении технологических задач по водоочистке и кондиционированию природных вод для нужд различных потребителей классифицировать существующее многообразие методов водоочистки можно как по достигаемой цели очистки, связанной с нормами качества на очищенную воду, так и по характеристике фазово-дисперсного состава,

извлекаемых из воды примесей при ее обработке на водоочистных водопроводных станциях.

Известны следующие группы методов водоочистки по целевому назначению (5):

- улучшения органолептических свойств воды (осветление, обесцвечивание, дезодорация);
- обеспечения эпидемиологической безопасности (хлорирование, озонирование, электроимпульсная обработка, ультрафиолетовое облучение);
- кондиционирования подземных вод (умягчение, обессоливание и опреснение, дегазация, обезжелезивание и деманганация, фторирование и обесфторивание, стабилизационная обработка, обескремнивание и т.д.);
- извлечения и улучшения газового состава (удаление сероводорода, кислорода, метана, свободной углекислоты и др.);
- извлечение трудноокисляемой органики, вредных продуктов, образующихся попутно при обработке воды (обратный осмос, биосорбция, нанофильтрация и др.

Различают методы очистки и по сути процессов и природе удаляемых веществ (5):

- при физико-химических процессах удаляются взвешенные и коллоидные вещества (коагуляция и флокуляция, осаждение и осветление, флотация, фильтрование), растворенные вещества (мембранная сепарация, адсорбция, ионный обмен);
- при химических процессах осуществляется введение химического реагента в обрабатываемую воду и осаждение примесей, протекают реакции нейтрализации окисления и восстановления;
- биологические процессы протекают при аэробной и анаэробной обработке воды, характеризуются бактериальным окислением-восстановлением.

Различают также методы очистки воды по отдельным процессам извлечения или снижения концентрации примесей. Например, методы умягчения воды подразделяют на термический, реагентный, ионообменный, диализ и комбинированный; методы обессоливания воды - на ионообменный, мембранный (обратный осмос и электродиализ) и дистилляцию. В основу методов дегазации положен принцип воздействия на обрабатываемую воду (физический, химический, биохимический и сорбционно-обменный). Стабилизационная обработка воды зависит от знака и значения индекса стабильности и может осуществляться реагентным, фильтрационным методами и аэрацией.

В таблице 5.1 приведены рекомендуемые процессы для извлечения из очищаемой воды различных групп примесей, предложенных Кульским Л.А. (5).

Перечень водоочистных процессов для извлечения различных групп примесей

Гетерогенные системы		Гомогенные системы	
Группа I ( $10^{-2} - 10^{-5}$ см)	Группа II ( $10^{-5} - 10^{-6}$ см)	Группа III ( $10^{-6} - 10^{-7}$ см)	Группа IV ( $10^{-7} - 10^{-8}$ см)
Механическое безреагентное разделение	Мембранное разделение	Адсорбция газов и летучих органических соединений	Разделение воды и ионов мембранными методами
Окисление хлором, озоном и др.	Окисление хлором, озоном и др.	Окисление хлором, двуокисью хлора, озоном, перманганатом калия	Перевод ионов в малорастворимые соединения, в том числе и окислением
Флотация суспензий и эмульсий	Коагуляция коллоидных примесей	Экстракция органическими растворителями	Сепарация ионов при различном фазовом состоянии воды
Адгезия на гидроокисях алюминия и железа и высокодисперсных материалах	Адсорбция на гидроокисях алюминия, железа и на глинистых минералах	Адсорбция на активированных углях и других материалах	Фиксация ионов на твердой фазе ионитов
Агрегация с помощью флокулянтов	Агрегация с помощью флокулянтов катионного типа	Ассоциация молекул	Перевод ионов в малодиссоциированные соединения
Электрофильтрация суспензий и электродерживание микроорганизмов	Электрофорез и электродиализ	Поляризация молекул в электрическом поле	Использование подвижности ионов в электрическом поле
Бактерицидное воздействие на патогенные микроорганизмы и споры	Вирулицидное воздействие	Биохимический распад	Микробное выделение ионов металлов

Способность множества примесей изменять свое фазово-дисперсное состояние под влиянием физических и химических факторов, в первую очередь, таких как солевой состав, температура, рН среды и другие, позволяет широко варьировать приемы и методы регулирования процессов обработки.

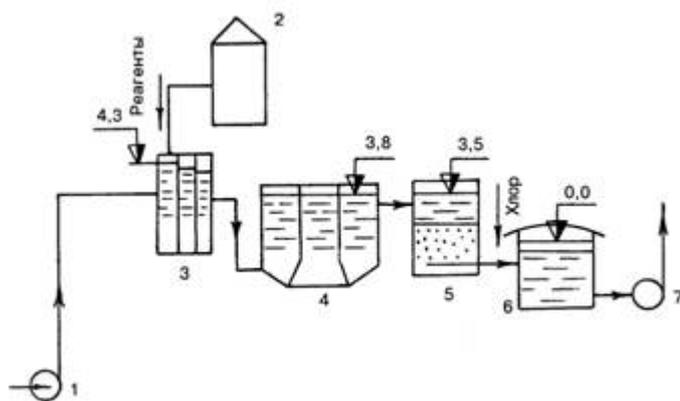
Использование этой методологии при проектировании водоочистных станций позволяет в первом приближении обосновывать применяемые НДТ водоподготовки. Что касается обоснования в каждом конкретном случае технологического комплекса последовательно работающих очистных сооружений и их экономического обоснования, то помимо фазово-дисперсного состояния примесей проектировщику необходимо обосновать учитываемый диапазон концентраций извлекаемых этими сооружениями из исходной воды различных ингредиентов природного и антропогенного происхождения и определяющие наилучшие доступные технологические характеристики конкретных водоочистных сооружений.

На практике принято различать технологические схемы очистки по:

- применению реагентов - безреагентные и реагентные;
- эффекту осветления - для глубокого и неглубокого осветления воды;
- числу технологических процессов - одно-, двух- и многопроцессные;
- числу ступеней технологического процесса - одно-, двух- и многоступенчатые;
- характеру движения обрабатываемой воды - самотечные (безнапорные) и напорные.

Классические технологии осветления, обесцвечивания и обеззараживания поверхностных вод, реализуемые в мировой практике до 70-80-х годов, основаны на применении методов осаждения, осветления в слое взвешенного осадка и реагентного скорого фильтрования. Разработанные еще в 30-40-х гг. прошлого столетия, они обычно различаются по методам обработки воды, числу технологических процессов и ступеней каждого процесса, характеру движения воды (напорный и безнапорный), реагентному и безреагентному режимам обработки воды, строительству сооружений в закрытых помещениях и на открытом воздухе.

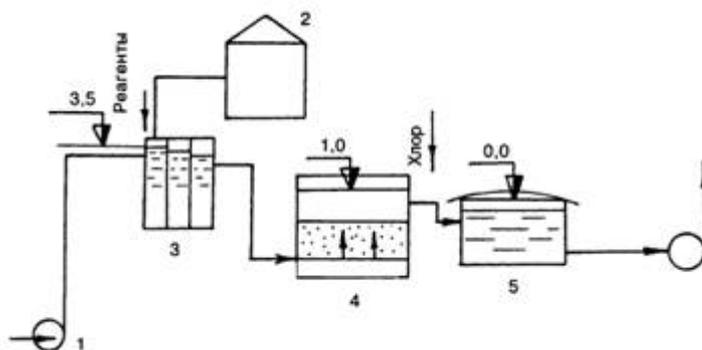
Примеры таких технологических схем реагентной очистки воды при ее самотечном движении приведены на рис.4.1 и 5.1,5.2., а область их применения в первом приближении - в таблице 5.2 (5).



baurum.ru

Рис.5.1. Схема осветления, обесцвечивания и обеззараживания воды с применением осветлителей и фильтров.

1 - насосы I подъема; 2 - реагентный цех; 3 - смеситель; 4 - осветлитель со взвешенным осадком; 5 - резервуары чистой воды; 7 - насосы II подъема



baurum.ru

Рис.5.2. Схема осветления, обесцвечивания и обеззараживания воды с применением контактных осветлителей.

1 - насосы I подъема; 2 - реагентный цех; 3 - смеситель; 4 - контактный осветлитель; 5 - резервуар чистой воды; 6 - насосы II подъема

Табл.5.2.

Область применения технологических схем осветления и обесцвечивания поверхностных вод для хозпитьевых целей

Качество исходной воды			Производительность станций (уточняется ТЭО), м <sup>3</sup> /сут	Технологическая схема и состав сооружений
Взвешенные вещества, мг/л	Цветность, град.	Общее микробное число		
<i>Безреагентные технологии</i>				
<50	<50	>50	1 000	медленные фильтры-обеззараживание
50...700	<50	>50	30 000	гидроциклоны-медленные фильтры с рыхлением загрузки и гидросмывом-обеззараживание
>700	<50	>100	любая	гидроциклоны (сетки)-префильтры (отстойники-ковши)- медленные фильтры с гидросмывом и рыхлением загрузки -обеззараживание и е
Качество исходной воды			Производительность станций (уточняется ТЭО), м <sup>3</sup> /сут	Технологическая схема и состав сооружений
Взвешенные вещества, мг/л	Цветность, град.	Общее микробное число		

<i>Реагентные технологии</i>				
<30...50	<150	>50	5000-10000	реагентное хозяйство-скорые напорные фильтры-обеззараживание
<120	<150	>50	любая	реагентное хозяйство-контактные осветлители-обеззараживание
<250	<250	>50	любая	реагентное хозяйство-флотаторы-скорые открытые фильтры-обеззараживание
<2500	<500	>50	любая	реагентное хозяйство-горизонтальные отстойники (осветлители со взвешенным осадком)-скорые открытые фильтры-обеззараживание
>2500	<500	>50	любая	первичные отстойники-реагентное хозяйство-вторичные отстойники- двух-ступенные фильтры-обеззараживание

Для небольших населенных пунктов, питающихся водой цветность которой в течении года не превышает  $< 50$  град., а взвешенные вещества в ней не обладают высокой кинетической и агрегативной устойчивостью в качестве НДТ является безреагентный метод водоподготовки. Такие технологии базируются на использовании сооружений предварительного осветления воды на гидроциклонах (при наличии в воде крупных наносов с частицами имеющими плотность больше плотности воды), сетчатых фильтрах различных конструкций (при «цветении» воды, содержащей водоросли), в ковшах-отстойниках (при высоких концентрациях взвеси в воде источника), на предварительных фильтрах с зернистой загрузкой. Глубокая доочистка воды в таких схемах осуществляется на медленных фильтрах с размером зерен или гранул равным  $0,15 - 0,5$  мм при скоростях фильтрования в пределах от  $0,3$  до  $0,6$  м/ч.

Для очистки высокомутных вод с полидисперсной взвесью ( $C < 5-10$  г/л,  $\Pi < 250- 300$  град.) могут быть рекомендованы НДТ, которые предусматривают предварительное отстаивание в ковше, первичное хлорирование, обработку коагулянтами и флокулянтами, отстаивание в радиальных отстойниках, смешение с растворами коагулянта и флокулянта, контактное хлопьеобразование, отстаивание в тонком слое, скорое фильтрование и обеззараживание. При такой сверхвысокой грязевой нагрузке на сооружения особо тщательно нужно подходить к подбору конструкций отстойников, режимов их эксплуатации по удалению из них осадка и его последующего обезвоживания.

Для холодных вод, содержащих в значительном количестве органические гуминовые вещества, обуславливающие цветность и характеризующиеся высокой защитной функцией коллоидов, целесообразно применение реагентных флотационных процессов на первой ступени очистки воды.

## **6. Методика выбора НДТ очистки воды из подземных источников воды.**

Подземные воды, используемые в качестве источников водоснабжения, отличаются от поверхностных значительно большим разнообразием по их качественному составу. Они менее подвержены сезонным колебаниям, связанным с изменением климата и воздействием загрязненности селитебных прилегающих территорий. Глубокие водоносные горизонты более защищены от внешних источников загрязнений. Исключением являются неглубоко залегающие грунтовые воды и верховодки, имеющие слабозащищенную кровлю и нередко питаемые поверхностным стоком.

Сложный физико-химический состав подземных вод, используемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения, обуславливает необходимость их классификации с целью определения НДТ для обработки воды. Николадзе Г.И. была предложена классификация технологий, которая может быть принята в качестве НДТ обезжелезивания, деманганации и дефторирования подземных вод. В общем виде рассматриваемые в ней технологии были подразделены на безреагентные и реагентные с учетом значений окислительно-восстановительного потенциала, щелочности, температуры очищаемой воды и формы присутствия в ней соединений железа, марганца и фтора. Область применения той или иной технологии диктовалась заданным интервалом концентраций основных показателей качества подземной воды, выражаемых в мг/л: Fe, Mn, H<sub>2</sub>S, CO<sub>2cb</sub>, F, SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, pH, Жк (мг-экв/л) и перманганатная окисляемость (мгО<sub>2</sub>/л).

Наблюдаемое в практике кондиционирования подземных вод большое сочетание различных методов извлечения из них газов, истинно растворенных веществ, солей жесткости, специфических биогенных элементов, требует тщательного начального анализа взаимодействия этих методов при различных химических свойствах и отзывчивости различных ингредиентов на физико-химическое и биологическое воздействие на них. Как правило, экономически выгодную, надежную НДТ по подготовке подземных вод можно выбрать лишь на основании проведения технологического моделирования процессов водоочистки проведенного непосредственно у водоисточника. В таблице 6.1 (5) и на рис.6.1-6.3 (5)

приведены области применения и конструктивные особенности НДТ очистки и кондиционирования подземных вод, разработанные в НИИ ВОДГЕО, фирмой «Дегремон» и другими организациями.

Табл.6.1.

НДТ очистки и кондиционирования подземных вод, содержащих комплексные антропогенные и природные загрязнения

Технологическая схема обработки воды	Условия применения по качественным показателям	
Озонирование-фильтрование через кварцевую загрузку-адсорбция на ГАУ-NaClO	мутность цветность перманганатная окисляемость фенолы нефтепродукты железо марганец РН жесткость щелочность	1,7-5 (0,2-0,6) мг/л 10-30 (< 5) град.  1,4- 14(0,6-1,8) мгO <sub>2</sub> /л 1-8 (<1)мкг/л до 4,9 (<0,1) мг/л, 0,2-12(0,1-0,2) мг/л, до 1,4 (0,05-0,1) мг/л 6,3-7,8, 2,8 ммоль/л 2-2,8 ммоль/л
Аэрация - дегазация - коагулирование - фильтрование озонирование - адсорбция на ГАУ (NaClO).	- мутность - цветность - перманганатная окисляемость - фенолы - нефтепродукты - железо - марганец - рН - жесткость - щелочность	0,4-1,5 (0,2) мг/л 3-20 (< 5) град.  2,5 (1,8) мгO <sub>2</sub> /л 1-3 (<1) мкг/л до 4,9 (< 0,1) мг/л, до 21 (0,05 мг/л, до 4 (0,05) мг/л 6-8 4-8 ммоль/л 1,5-2,5 ммоль/л
Аэрация - дегазация - обезжелезивание-адсорбция на ГАУ - ионный обмен на клиноптилолите в Na-форме - обеззараживание (NaClO).	температура запах (сероводородный) перманганатная окисляемость фенолы цветность азот аммонийный метан углекислота нефтепродукты железо общее	1-5°C 3-5 (отс.) балл  до 8 (5) мгO <sub>2</sub> /л 15 (<1) мкг/л 50-100 (8) град. 15 (отс.) мг/л до 40 (0,4) мг/л до 160 мг/л до 1 (< 0,1) мг/л, до 12 (0,3) мг/л,

	марганец рН ПАВ щелочность	до 0,5 (0,1) мг/л 6-8 0,5 (0,3) мг/л 6,5 ммоль/л
Аэрация - дегазация - озонирование - фильтрование (осветление, обезжелезивание, деманганизация) - адсорбция на ГАУ - УФ- обеззараживание. Варианты: 1. Аэрация - первичное озонирование - обезжелезивание -вторичное озонирование - адсорбция на ГАУ - УФ- обеззараживание. 2. Аэрация - первичное озонирование - обезжелезивание - вторичное озонирование с УФ воздействием - введением H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> - адсорбция на ГАУ - УФ- обеззараживание	температура запах (сероводородный) перманганатная окисляемость фенолы цветность азот аммонийный метан углекислота нефтепродукты железо общее  марганец рН ПАВ	3-5 °С 3-5 (отс.) балл  до 25 (5) мгO <sub>2</sub> /л 25 (<1) мкг/л 70 (5-10) град. 6,6 (до 0,3) мг/л до 50 (0,5) мг/л до 200 мг/л до 2 (< 0,05) мг/л, до 20 (0,05) мг/л,  до 4 (0,05) мг/л 6 2 (0,3) мг/л
Аэрация - дегазация - первичное реагентное фильтрование через загрузку из цеолита, обработанного KMnO <sub>4</sub> (обезжелезивание) -озонирование -отстаивание -адсорбция на цеолите -вторичное реагентное фильтрование через загрузку из цеолита,	температура бактериальное загрязнение перманганатная окисляемость цветность марганец метан нефтепродукты	1-3 °С  до 10 ПДК (отс.)  до 25 (5) мгO <sub>2</sub> /л 50-110(10) град. до 2,5 (0,05) мг/л до 50 (0,5) мг/л до 4,9 (< 0,05) мг/л,

обработанного $\text{KMnO}_4$ (деманганация) - адсорбция на цеолите - обеззараживание хлором.		
---	--	--

Примечание: в скобках указаны значения показателей очищенной воды.

В отдельных регионах страны приходится использовать подземные воды, содержащие такие специфичные загрязнения, как бор, бром, мышьяк, нитраты, тяжелые металлы и др.

Мышьяк в подземных грунтовых водах может появляться в результате фильтрации поверхностного стока в грунт с территорий, где в сельском хозяйстве, для борьбы с вредителями растений, применялись ядохимикаты с содержанием мышьяка. Основными НДТ удаления небольших количеств мышьяка из воды является коагулирование солями алюминия и железа с введением в смеситель воздуха, отстаивания и фильтрования через загрузку кварцевых, а затем угольных фильтров. Установлено, что эффективность очистки солями железа выше, чем солями алюминия и составляет соответственно 99 и 90%. Возможно также использование извести в сочетании с порошкообразным активированным углем. Основную роль удаления мышьяка в этом случае отводят сорбции его гидроксидом магния при  $\text{pH} = 11,5$ . Далее следуют процессы отстаивания, фильтрования и рекарбонизации.

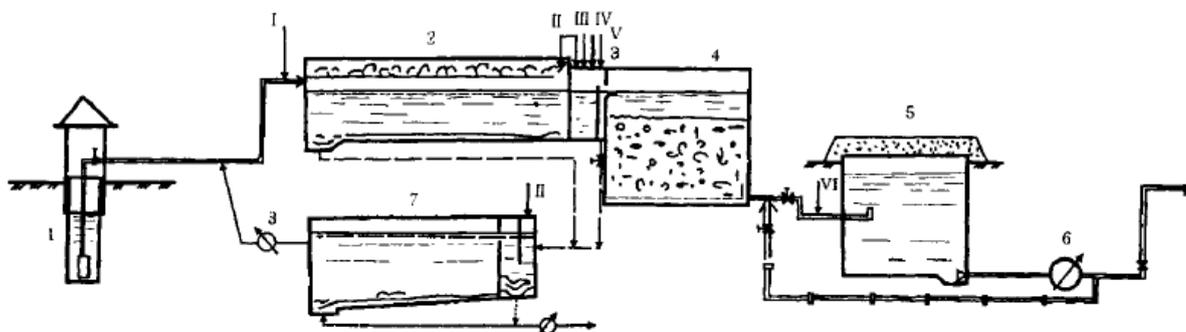


Рис. 10.6. Технологическая схема очистки подземных вод аэрацией и реагентным фильтрованием:

1 - подземный водозабор; 2 - аэрационное сооружение; 3 - камера для ввода реагентов; 4 - скорый фильтр; 5 - резервуар чистой воды; 6 - НС второго подъема; 7 - усреднитель-отстойник; 8 - насос перекачки очищенной промывной воды.

I - первичный хлор; II - корректор pH; III - коагулянт; IV - флокулянты; V - перманганат калия ( $\text{KMnO}_4$ ); VI - вторичный хлор

Вариантом существующей технологии удаления мышьяка является метод фильтрования через загрузку из оксида алюминия с высотой рабочего слоя 1,2 м, временем контакта воды с загрузкой - 18 мин, и длительностью фильтроцикла - 33 сут. Эффект очистки при таких параметрах работы достигает 90%.

Разработана также технология удаления мышьяка основанная на селективном связывании его с полимерным реагентом и последующим отделением реагента мембранным фильтрованием.

Для удаления тяжелых металлов из подземной воды применяют реагентную обработку щелочью или сульфатом железа с последующим отстаиванием и фильтрованием. Эффект удаления в %: цинка -71; хрома ( $6^+$ ) - 97,1; кадмия - 99,5; свинца, меди и железа – 100 (5).

Очистка подземных вод от железа и марганца в ряде случаев может обеспечить и одновременное удаление из воды ионов тяжелых металлов. Осадок гидроксида железа сорбирует кремний и катионы кальция, магния, марганца, цинка. Тяжелые металлы - кобальт, никель, медь, цинк, молибден и олово эффективно удаляются осадком гидроксида марганца.

Для извлечения тяжелых металлов используют алюмосиликат с нанесенным гидроксидом алюминия. Степень извлечения им кадмия и никеля достигает соответственно 95 и 96% (5).

Сопоставление эффективности различных НДТ для удаления кадмия, свинца, серебра таких, как умягчение известью, коагуляция, ионного обмена, сорбции на активном угле, обратного осмоса и электродиализа, показало, что кадмий эффективно удалялся коагуляцией (как солями алюминия, так и железа и лучше при более высоких рН), и известью - примерно на 100% в диапазоне рН 8,7-11,3. Свинец эффективно удаляется коагуляцией и известью, причем более высокие концентрации свинца - известью. Серебро при коагуляции солями железа и алюминия и обработке известью удаляется на 60-80% (5).

Анализ имеющихся литературных данных по очистке подземных вод от нитратов с исходной концентрацией от 50 до 200 мг/л позволяет рекомендовать следующие методы

- ионного обмена;
- биологической денитрификации;
- мембранную технологию (обратный осмос, электродиализ).

Задачу удаления нитрат-ионов методом ионного обмена решают как в классической форме - хлорионированием, так и получившим широкое развитие способом бикарбонат- ионирования, либо путем использования ионообменника в сульфат - или бисульфат - форме.

При хлорионировании снижается концентрация нитрат- и сульфат-ионов в обрабатываемой воде, увеличивается количество хлорид-ионов, а при сульфат-ионировании - сульфат-ионов, что может быть нежелательным, поскольку содержание хлорид- и сульфат-ионов в воде питьевого качества ограничено.

Метод бикарбонат-ионирования лишен этого недостатка. Преимущество его заключается не только в уменьшении концентраций анионов сильных кислот в питьевой воде, но и в уменьшении ее коррозионной активности. В случае, когда необходимо получить свободную от нитратов воду с заданным содержанием хлорид-, сульфат- и бикарбонат- ионов, рекомендуют обрабатывать исходную воду параллельно на анионитах, содержащих указанные анионы, и смешивать фильтраты ионообменных фильтров в требуемых соотношениях.

Применение ионообменной технологии для удаления нитрат-ионов позволяет смешивать фильтрат с малым остаточным содержанием нитратов (до 5 мг/л) с основным потоком исходной воды в определенном соотношении, что значительно снижает затраты на очистку воды.

Эффективность извлечения нитратов и экономичность технологий хлор- и бикарбонат- ионирования возрастают при применении нитрат-селективных ионитов.

Для регенерации ионитов при хлорионировании воды применяют растворы хлорида натрия, или кальция, или аммония; при бикарбонат-ионировании - бикарбонат натрия или калия, при сульфат-ионировании - раствор серной кислоты.

Метод биологической денитрификации подземной воды возможен на основе биоценоза микроорганизмов. В производственных условиях (Франция, Германия) данный метод проверен на установках производительностью от 50 до 400 м<sup>3</sup>/ч с исходной концентрацией нитратов от 40-60 до 140 мг/л и более. В качестве источника углеродного питания биологической денитрификации рекомендуется использовать уксусную кислоту или этиловый спирт с биогенной добавкой фосфатов или фосфорной кислоты. Важным моментом реализации данного метода является температурный режим, при котором осуществляется процесс денитрификации. При снижении температуры исходной воды ниже 8-12 °С скорости процесса восстановления азота нитратов замедляются и требуется организация специальных режимов работы сооружений денитрификации по адаптации биоценоза активного ила. В НИИ ВОДГЕО были проведены исследования очистки шахтных вод от соединений азота нитратов при температуре воды +2 - +5 °С до показателей  $N - NO_3^-$  меньше 9,1 мг/л.. Очистка воды от нитратов биологическим методом осуществляется биоценозом активного ила (сообществом микроорганизмов), что требует

организации дополнительных ступеней очистки на специальных сооружениях денитрификации и отстаивания, с доочисткой методом фильтрации через кварцевый песок или активированный уголь с последующим обеззараживанием. Второй путь решения проблемы - использование в схеме доочистки воды подземной инфильтрации.

Литературные данные по удалению нитрат-ионов из подземных вод с помощью мембранных методов - электродиализа и обратного осмоса ограничены и относятся к полупроизводственным установкам производительностью от 2 до 7 м<sup>3</sup>/ч. Для них необходима тщательная предварительная подготовка воды (5).

Электродиализаторы с селективными ионообменными мембранами снижают концентрацию нитратов со 100 до менее 25 мг/л при полезном выходе денитрифицированной воды до 90-95% по расходу и общим обессоливанием воды на 15-20%. Образующееся количество концентрата нитратов в объеме 5-10% рекомендуют подвергать биологической денитрификации (5).

Исследуемые установки обратного осмоса с композитными мембранами обеспечивают при исходной концентрации нитратов 100 мг/л эффект удаления 93-95% с полезным выходом воды на 75-80% и соответственно образованием рассола в количестве 20-25% и затратах электроэнергии 0,95-1,8 кВтч/м<sup>3</sup>. При невозможности сброса рассола в открытые водоисточники (моря) рекомендовано концентрировать его реверсивным электродиализом или выпаркой. Такой вариант обеспечивает повышение общего коэффициента использования воды до 98%.

Для удаления из воды соединений бора, брома, кремнекислоты основными НДТ, кроме ионообменного умягчения и обезжелезивания, являются мембранные установки с нанофильтрационными элементами широкого диапазона селективности или с высокопроизводительными, ресурсосберегающими обратноосмотическими элементами, которые обеспечивают удаление до 95% всех вредных загрязнений.

## **7. Классификация НДТ для очистки природных вод.**

Основной задачей при проектировании вновь строящихся станций водоочистки, а также реконструкции и модернизации существующих сооружений является составление всей цепочки технологических процессов поэтапной очистки и кондиционирования природных вод. Для этого требуется методология выбора НДТ водоподготовки, в которой необходимо учитывать не только качество воды в водоисточнике и требования к степени

ее очистки, но и потенциальную возможность совокупности методов и сооружений с учетом их технико-экономических характеристик и возможности реализации наиболее оптимального режима управления технологическими процессами и работой сооружений в конкретных условиях.

Классификаторы технологий очистки природных вод, разработанные проф., д.т.н. Журбой М.Г. наиболее полно отвечают требованиям по выбору основных НДТ.

Следует отметить, что данные классификаторы не исключают необходимость в ряде случаев проведения технологических изысканий непосредственно на месте предполагаемого водозабора и сооружений очистки и кондиционирования воды с целью уточнения основных технологических параметров работы отдельных блоков водоочистой станции. Однако, на основе предлагаемых классификаторов, можно достаточно объективно анализировать возможные технологические схемы и избегать серьезных ошибок при выборе состава сооружений и методов обработки воды, особенно в условиях повышенной антропогенной нагрузки на водоисточники.

Классификаторы технологий очистки поверхностных вод представляют собой систематический перечень, позволяющий находить каждой из технологий определенное местоположение и соответствующее этому числовое значение ряда показателей качества воды, имеющих естественную и антропогенную природу, с учетом временного фактора присутствия того или иного ингредиента в заданном интервале концентраций.

Технологии очистки природных вод, как традиционные, так и усовершенствованные, вошедшие в классификатор предусматривают обеспечение требований СанПиН 2.01.04-1074-01 (4) к очищенной воде, используемой для нужд хозяйственно-питьевого водоснабжения.

В основе классификаторов использованы классы и подклассы природных поверхностных вод по ингредиентам природного и антропогенного происхождения применительно к выбору НДТ. В качестве определяющих природных (фоновых) ингредиентов были приняты помимо цветности и мутности, температура воды, водородный показатель рН, перманганатная окисляемость, в отдельных случаях - количество клеток фитопланктона и общая минерализация. В основу классификации вод по типам был положен принцип по которому поверхностные воды по физико-химическому составу рассматривались в направлении с севера на юг и с запада на восток. Каждому из тринадцати классов было присвоено буквенное обозначение с числовым индексом, указан интервал концентраций по определяющим ингредиентам и временной фактор, учитывающий продолжительность присутствия в воде в заданном интервале концентраций указанных ингредиентов (см. табл.7.1) (5).

Табл.7.1.

## Классы поверхностных вод по определяющим природным ингредиентам

Класс вод	Наименование классов вод	Ориентировочные концентрации определяющих ингредиентов	Временной фактор присутствия ингредиентов в воде <sup>1</sup>
1	2	3	4
A <sub>1</sub>	Цветные маломутные воды	Ц=20-200 град.ПКШ, М < 20 мг/л Т = 0-25 °С, рН = 6,8-9,0 ПО ≈ 6-10 мгО <sub>2</sub> /л	t <sub>2</sub>
A <sub>2</sub>	Высокоцветные маломутные воды	Ц > 200-650 град.ПКШ, М = 5-50 мг/л, Т = 0-30 °С, рН = 6-8 ПО ≈ 8-25 мгО <sub>2</sub> /л	t <sub>1</sub>
A <sub>3</sub>	Цветные маломутные воды с повышенной окисляемостью	Ц > 200-650 град.ПКШ, М = 5-50 мг/л, Т = 0-30 °С, рН = 6-8 ПО ≈ 8-25 мгО <sub>2</sub> /л	t <sub>2</sub>
B <sub>1</sub>	Воды со средними значениями цветности и мутности	Ц = 25-150 град.ПКШ, М = 20-150 мг/л, Т = 0-30 °С, рН = 6-9 ПО ≈ 6-10 мгО <sub>2</sub> /л	t <sub>2</sub>
B <sub>2</sub>	Маломутные воды со средними значениями цветности	B <sub>1</sub> , кроме М М = 5-50 мг/л	t <sub>2</sub>
B <sub>3</sub>	Воды со средними значениями цветности и мутности, содержащие в большом количестве фитопланктон и зоопланктон	B <sub>1</sub> , дополнительно Φ = 10 <sup>3</sup> -10 <sup>6</sup> кл/мл	t <sub>2</sub>
B <sub>4</sub>	Воды со средними значениями цветности и мутности и повышенной окисляемости	B <sub>1</sub> , кроме ПО ПО = 10-25 мгО <sub>2</sub> /л	t <sub>2</sub>
C <sub>1</sub>	Мутные, малоцветные воды	Ц < 20 град.ПКШ, М = 250-1000 мг/л,	t <sub>2</sub>

		Т = 0-25 °С, рН = 7-9 ПО ≈ 5-8 мгО <sub>2</sub> /л	
С <sub>2</sub>	Высокомутные воды с преобладанием минеральных загрязнений	М= 1000-5000 мг/л, Т = 0-35 °С, рН = 7-9 ПО ≈ 3-8 мгО <sub>2</sub> /л	t <sub>1</sub>
С <sub>3</sub>	Высокомутные воды с повышенной окисляемостью	С <sub>2</sub> , кроме ПО ПО = 8-18 мгО <sub>2</sub> /л	t <sub>1</sub>
D <sub>1</sub>	Воды, содержащие в большом количестве фитопланктон и зоопланктон (дрейсена)	Ц < 200 град.ПКШ, М < 5-50 мг/л Ф= 103-106 кл/мл Т = 0-30 °С, рН = 6,5-9 ПО ≈ 5-8 мгО <sub>2</sub> /л	t <sub>1</sub>
D <sub>2</sub>	Воды, содержащие в большом количестве фитопланктон и зоопланктон с повышенным содержанием органического вещества	D <sub>1</sub> , кроме ПО ПО = 8-25 мгО <sub>2</sub> /л	t <sub>1</sub>
Е	Жесткие, минерализованные воды	С > 1000 мг/л, Ж <sub>о</sub> > 7 мг-экв/л М ≤ 1000 мг/л, Ц ≤ 20-150 град.ПКШ	t <sub>2</sub>

Примечания: Условные обозначения: Ц - цветность, М - мутность, Т - температура, рН - водородный показатель, ПО - перманганатная окисляемость, С - общая минерализация, Ф - количество клеток фитопланктона, Ж<sub>о</sub> - жесткость общая. t<sub>1</sub> - период появления ~ до 3 месяцев в году; t<sub>2</sub> - постоянное присутствие в течение года.

Для предварительного выбора технологии очистки воды помимо расчетных концентраций определяющих ингредиентов как уже отмечалось, важно учитывать и фазово-дисперсное состояние примесей.

Такие важные факторы, влияющие на качество воды в водоисточнике в течение года, как гидрограф стока, требования к санитарным попускам в разные сезоны года, лесосплав, рыбозащита, судоходность, гидротехнические разработки должны оцениваться на стадии выбора места водозабора для вновь строящихся объектов водопровода или корректироваться при реконструкции систем водоснабжения. Что касается

учета производительности станций водоочистки, то за основу окончательного выбора оптимального состава сооружений рекомендуемой технологической схемы должны быть приняты экономические факторы: капиталовложения, годовые эксплуатационные затраты, минимальный срок окупаемости, чистый дисконтный доход и др. (5).

К сожалению, охватить все множество вариантов качества природных поверхностных вод при изменяющихся их расходах в створах водозаборов в течение всего срока эксплуатации станции водоподготовки в соответствии с предлагаемыми классами вод в настоящее время весьма трудно. Это объясняется отсутствием для многих водоисточников необходимого ряда наблюдений за изменением качества воды и их статистической обработки. Реальное воздействие антропогенных факторов и хозяйственное влияние на некоторые источники водоснабжения в ряде случаев не позволяет четко относить воду в источнике к определенному классу. Тем не менее, даже приближенное подразделение вод на классы и подклассы позволяет считать их исходной позицией для обоснования альтернативных НДТ очистки и кондиционирования природных вод.

К определяющим ингредиентам, как наиболее часто встречающимся, антропогенного происхождения отнесены нефтепродукты, фенолы поверхностно-активные вещества, биогенные соединения (азот аммонийный нитраты, нитриты), пестициды (отдельные виды), некоторые соли тяжелых металлов, хлорорганические соединения и радиационные загрязнения, которые и составили восемь подклассов природных вод, характеризующиеся индивидуальным интервалом концентраций и временным фактором (см. табл.7.2) (5).

Табл.7.2.

Подклассы поверхностных вод по определяющим антропогенным ингредиентам

Под-класс вод	Ингредиенты антропогенного происхождения	Ориентировочные концентрации определяющих ингредиентов	Нормативы СанПиН (ВОЗ)	Временной фактор присутствия ингредиентов в воде
1	2	3	4	5
1	Нефтепродукты	0,1-0,5	0,1 (0,3)	t <sub>1</sub>
2	Фенолы	0,001-0,01	0,001	t <sub>1</sub>
3	ПАВ анионоактивные	0,5-2,5	0,5 (-)	t <sub>1</sub>
4	Азот аммонийный	2-10	2,0 (не уст.)	t <sub>1</sub>
	Нитраты, нитриты	45-90 3-6	45,0 (не уст.) 3,0 (не уст.)	t <sub>1</sub>

5	Пестициды: линдан гептахлор ДДТ	0,002-0,02 0,05-0,30 0,002-0,02	0,002(0,003) 0,05 (0,1) 0,002	t <sub>1</sub>
6	Соли тяжелых металлов: ртуть свинец хром медь цинк железо кадмий	0,0005-0,001 0,03-0,1 0,05-0,25 1,0-5,0 5,0-20,0 0,3-1,5 0,001-0,005	0,0005(0,001) 0,03 (0,03) 0,05 (0,05) 1,0(1,0) 5,0 (5,0) 0,3(0,3) (0,001)	t <sub>1</sub> ,t <sub>2</sub>
7	Хлорорганические соединения: четырёххлористый углерод хлороформ	0,006-0,01 0,2-0,5	0,006 (0,003) 0,2 (0,2)	t <sub>1</sub> ,t <sub>2</sub>
8	Радиационные загрязнители, Бк/л, общая α -радиация общая β -радиация	0,1-0,4 1,0-3,0	0,1 1,0	t <sub>2</sub>

Примечание: t<sub>1</sub> и t<sub>2</sub> - по таблице 7.1.

Для удобства практического использования классификаторов все основные технологические методы очистки воды, включая новые, было предложено закодировать условными обозначениями и оценить с точки зрения их потенциальных возможностей по извлечению разных загрязняющих веществ на стадиях водообработки (см. табл.7.3) (5).

Табл.7.3.

Основные технологические методы, применяемые при очистке  
поверхностных природных вод

Методы водоподготовки	Удаляемые примеси, форма воздействия на них и условия применения	Услов. обознач. метода
1	2	3
<b>I. Безреагентные методы обработки</b>		
Удаление грубодисперсных примесей в центробежном поле	Грубо- и тонкодисперсные примеси с плотностью частиц >1000 кг/м <sup>3</sup>	ГЦ

Отстаивание в ковшах и открытых отстойниках, в том числе с тонкослойными модулями и слоем взвешенного осадка	ГДП с концентрацией взвеси более 2000-5000 мг/л	От
Фильтрация через сетчатые перегородки	ГДП с размером частиц более 20-40 мкм, $\Phi > 1000$ кл/л	СтФ
Фильтрация через обсыпку фильтрующих оголовков	ГДП, плавающие вещества, щепа, листья, остатки растений водотоков и водоемов	ОбФ
Фильтрация через крупнозернистую среду в префильтрах	ГДП с размером частиц менее 1,0 мм	КПФ
Медленное фильтрование	ГДП, коллоидные взвеси и бактерии, $M < 50$ мг/л	МФ
Биологическая предочистка в русле водотоков или во входных биореакторах с использованием прикрепленной микрофлоры	Органические и минеральные примеси, при $ПО > 5$ мг $O_2$ /л, $T > + 5$ °С, $\Phi > 500$ кл/л	БПБ
Аэрирование воды	Газообразные и летучие органические соединения, взвесь с плотностью $< 1000$ кг/м <sup>3</sup> , низкое содержание кислорода, наличие нефтепродуктов	А
Флотация без применения коагулянтов	Органические вещества при $ПО > 6-8$ мг $O_2$ /л и содержании нефтепродуктов $> 1-2$ мг/л; интенсификация процессов коагулирования	ФлБ
<b>II. Реагентные методы обработки</b>		
Обработка воды коагулянтами и флокулянтами	Тонкодисперсные и коллоидные взвеси, агрегативно и кинетически устойчивые, требующие агрегации и придания им когезионных и адгезионных свойств: снижения электрокинетических сил отталкивания	К(Ф)

Хлопьеобразование скоагулированных частиц в свободном или стесненном объеме	Укрупнение и образование агломератов скоагулированных коллоидов и тонкодисперсной ( $d < 0,1$ мкм) взвеси минерального и органического происхождения	ХЛО
Обработка хлором (гипохлоритом натрия, кальция)	Органические вещества, обуславливающие цветность воды, трудноокисляемая органика (ПО $< 15$ мгОг/л) и наличие отдельных ингредиентов (железа, марганца, сероводорода), болезнетворные бактерии и другие микроорганизмы	ХЛ
Обработка воды озоном	Маломутные воды; трудноокисляемые органические вещества, обуславливающие цветность, запах и привкус; болезнетворные бактерии и другие виды микроорганизмов	ОЗ
Обработка воды УФ-облучением	Воды малоцветные и маломутные, болезнетворные микроорганизмы и вирусы	УФ-об
Флотация с применением реагентов	Органические вещества обуславливающие цветность, ПО $< 15$ мгО <sub>2</sub> /л; нефтепродукты и масла 2-15 мг/л	ФЛР
Реагентное отстаивание	Органические минеральные примеси (М $< 2500$ мг/л, Ц $< 250$ град.ПКШ)	ОтР
Реагентное осветление в слое взвешенного осадка с рециркуляцией	те же, что и в предыдущем пункте	ОВОР
Реагентное скорое фильтрование	Коагулированная взвесь с размером частиц $< 100$ мкм после предочистки М $< 200$ мг/л, Ц $< 200$ град.ПКШ	СкФР

Сорбционная доочистка в стационарном слое адсорбента	Ароматические органические вещества, нефтепродукты < 1 мг/л, азот аммонийный, фенолы, пестициды, ПАВ, диоксины, хлорорганические соединения; М < 10 мг/л, Ц < 20 град.ПКШ	СрГУ
Сорбция с вводом мелкогранульных или порошковых сорбентов в очищаемую воду	Неприятные привкусы и запахи; азот аммонийный, нефтепродукты, ПАВ, пестициды	СрПУ
Реагентное умягчение	Жо < 30 мг-экв/л; М < 50 мг/л	УмР
Стабилизационная реагентная обработка	При индексе Ланжелье $I_l > 0$ и $I_l < 0$ ; при показателе стабильности $P_c > 1$ ; при показателе коррозионной активности $P_k > 0,35$ (при $t = 8-25$ °С)	СтР
Стабилизационная фильтрационная обработка воды	те же (уточняются технико-экономическими расчетами)	СтФ
Обессоливание реагентное	С < 3-5 г/л; ЖО < 15 мг-экв/л; М < 150 мг/л, Ц < 150 град.ПКШ	ОсР
Обессоливание на ионообменных фильтрах	С < 2-3 г/л; ЖО < 10-15 мг-экв/л; М < 1,5-5 мг/л; Ц < 20 град.ПКШ	ИО
Обессоливание и умягчение обратным осмосом	С < 35 мг-экв/л, Ц < 20 град.ПКШ, М < 10 мг/л	ОО
Снижение солесодержания электролизом	С < 10 мг-экв/л; М < 1,5 мг/л; Ц < 20 град.ПКШ; содержание железа до 0,3 мг/л	ЭД

Фторирование	Содержание фтора < 1,5 мг/л	Фт
--------------	-----------------------------	----

Непосредственно сами классификаторы состоят из двух обобщающих таблиц (см.табл.7.4, 7.5) (5).

Табл.7.4.

Классификатор НДТ очистки поверхностных вод.  
Основные технологии

Класс вод	Группа применений	Временной фактор	Рекомендуемые технологические схемы	Код технологий
А <sub>1</sub> А <sub>3</sub>	II	t <sub>2</sub>	ХЛ→К(Ф)→ХЛО→ОтР→СкФР→ХЛ	T <sub>1</sub>
	II	t <sub>2</sub>	ОЗ <sub>1</sub> →К(Ф)→ФлР→СкФР→ОЗ <sub>2</sub> → СрГУ→ХЛ	T <sub>2</sub>
	II, III	t <sub>1</sub>	БПБ→К(Ф)→СкФР→ОЗ→СрПУ→ СкФР <sub>2</sub> →ХЛ	T <sub>3</sub>
	II, III	t <sub>2</sub>	БПБ→К(Ф)→СкФР→ОЗ→СрГУ→ХЛ	T <sub>4</sub>
А <sub>2</sub>	II, III	t <sub>2</sub>	БПБ→ОЗ <sub>1</sub> →К(Ф)→ХЛО→РО→ СкФР→ОЗ <sub>2</sub> →ГУ→ХЛ	T <sub>1</sub>
	II, III	t <sub>1</sub>	ОЗ <sub>1</sub> →К(Ф)→ХЛО→ОтР→СкФР→ ОЗ <sub>2</sub> →СрПУ→СкФР <sub>2</sub> →ХЛ	T <sub>2</sub>
В <sub>1</sub>	I, II	t <sub>2</sub>	ХЛ→К(Ф)→СкФР→СрПУ→ СкФР <sub>2</sub> →ХЛ	T <sub>1</sub>
В <sub>2</sub>	I, II	t <sub>2</sub>	БПБ→К(Ф)→СкФР→ОЗ→СрГУ→ХЛ	T <sub>2</sub>
С <sub>1</sub>	I	t <sub>2</sub>	ОбФ(ГЦ)→БПБ→К(Ф)→ОВОР→ СкФР→ХЛ	T <sub>1</sub>
	I, II	t <sub>2</sub>	ОбФ(ГЦ)→БПБ→К(Ф)→ХЛО→ОтР→СкФР→ОЗ→СрГУ→ХЛ	T <sub>2</sub>
	I, II, III	t <sub>1</sub>	От→БПБ→К(Ф)→СкФР <sub>1</sub> →СрПУ→ СкФР <sub>2</sub> →ХЛ	T <sub>3</sub>
С <sub>2</sub>	I, II, I, II		От→БПБ→К(Ф)→ОВОР→СкФР→ХЛ От→БПБ→К(Ф)→ХЛО→ОР→СкФР→ОЗ→СрГУ→ХЛ	T <sub>1</sub> T <sub>2</sub>
	I, II		От→ОбФ→К(Ф)→КПФ→ОЗ→ СрПУ→СкФР→ХЛ	T <sub>3</sub>

D <sub>1</sub>	I,	t <sub>2</sub>	СтФ(МФ)→БПБ→К(Ф)→СкФР <sub>1</sub> → ОЗ→СрГУ→ХЛ	T <sub>1</sub>
	II I,	t <sub>1</sub>	СтФ(МФ)→БПБ→К(Ф)→СкФР→ ОЗ→СрПУ→СкФР <sub>2</sub> →ХЛ	T <sub>2</sub>
D <sub>2</sub>	II I, III	t <sub>1</sub>	Фл→БПБ→К(Ф)→Хл→От→СрПУ→ СкФР→ХЛ	T <sub>3</sub>
E	IV IV	t <sub>2</sub>	Об→К(Ф,Щ)→ОВОР→СкФР→ХЛ	T <sub>1</sub>
	IV	t <sub>1</sub>	От→БПБ→К(Ф)→ОВОР→СкФР <sub>1</sub> → СрПУ→СкФР <sub>2</sub> →ХЛ	T <sub>2</sub>
	IV	t <sub>2</sub>	ОбФ→К(Ф)→ОВОР→СкФР→ ОЗ→СрГУ→ХЛ	T <sub>3</sub>
		t <sub>2</sub>	ОбФ→К(Ф)→СкФР→ОО(ЭД)→ СрГУ→ХЛ	T <sub>4</sub>
		t <sub>2</sub>		

Примечания: 1. Технологические схемы уточняются после изысканий в местах водозаборов и технико-экономических расчетов, выполненных с учетом местных условий строительства, расстояний до баз индустрии фильтрующих материалов, реагентов и пр.

2. Все материалы, реагенты и оборудование должны иметь гигиеническое заключение на применение в питьевом водоснабжении.

Табл.7.5.

Классификатор технологий очистки поверхностных вод с учетом антропогенных загрязнений

Класс вод	Подкласс вод							
	1	2	3	4	5	6	7	8
A <sub>1</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>1</sub> [К(Ф)]	T <sub>2</sub> (СрПУ)	T <sub>1</sub> [К(Ф), СрПУ]
A <sub>2</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub> [К(Ф)]	T <sub>2</sub> (СрГУ)	T <sub>2</sub> [К(Ф)]
B	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub> (СрПУ)	T <sub>1</sub> (СрГУ)
C <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub> [К(Ф)]	T <sub>2</sub> (СрПУ)	T <sub>1</sub> [К(Ф), СрГУ]				
C <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>1</sub> (ПУ,СрГУ)				
D	T <sub>2</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub> [К(Ф)]	T <sub>3</sub> (СрГУ)	T <sub>3</sub> [К(Ф), СрГУ]
E	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>2</sub>	T(СрПУ)	T <sub>1</sub> [К(Ф),СрГУ]

Примечания: 1. Технологические параметры методов водообработки, типы реагентов, инертных фильтрующих материалов и сорбентов, дозы

коагулянтов и флокулянтов уточняются в процессе технологических изысканий для конкретного водоисточника и места водозабора.

2. Номер технологической схемы соответствует номеру, относящемуся к конкретному классу вод (см.табл.7.3).

Аналогичный подход был применен Журбой М.Г. и при разработке классификаторов НДТ очистки подземных вод. При этом учитывалось разнообразие последних по физико-химическому составу, стабилизационным критериям и коррозионным показателям качества воды.

Разработанные классификаторы НДТ очистки природных вод позволяют для конкретного качества воды выбрать несколько альтернативных технологических схем очистки, как традиционных, так и усовершенствованных и перейти непосредственно к решению задачи технико-экономического обоснования выбора НДТ водоподготовки.

В табл. 7.6 – 7.8 приведены наиболее распространенные технологические схемы очистки подземных вод от природных загрязнений, разделенные по классам и подклассам в зависимости от уровня загрязненности водоисточника и наличия растворенных газов, и существующие методы очистки подземных вод от растворенных газов (5).

Для разработки классификатора НДТ очистки подземных вод введено кодирование технологических методов и способов очистки воды путем применения условных обозначений и нумерации схем, процессов водоподготовки. Условные обозначения технологических способов обработки подземных вод приведены в табл.7.9 (5).

В табл.7.10 - 7.12 представлены классификаторы НДТ очистки подземных вод от природных примесей, растворенных газов и антропогенных загрязнений. Разработанные Журбой М.Г. классификаторы НДТ позволяют скомпоновать общую технологическую схему очистки подземной воды в каждом конкретном случае, исходя из исходных качественных показателей воды. При выборе общей технологической схемы очистки подземной воды в условиях повышенных антропогенных нагрузок на водоисточник за основу принимается класс и подкласс природных загрязнений с добавлением эффективных технологий очистки от конкретных антропогенных загрязнений по группам и подгруппам (5).

Табл.7.6.

Технологические схемы очистки подземных вод от природных загрязнений по классам для питьевого водоснабжения

Класс подземных вод	Подкласс	Условия применения	Технологические схемы	Степень очистки
---------------------	----------	--------------------	-----------------------	-----------------

1	2	3	4	5
1	1.1	$T > 6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; $\text{CO}_2\text{св.} \leq 200\text{ мг/л}$ , $\text{CO}_2\text{агр.} > 0$ , $I_L < 0$	Глубокая аэрация, стабилизация, обеззараживание	$I_L \geq 0,3$ ( $\mu_{\text{сасо}}=4-10$ мг/л)
	1.2	$T \leq 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , $\text{CO}_2\text{св.} \leq 200\text{ мг/л}$ ; $\text{CO}_2\text{агр.} > 0$ , $I_L < 0$	Нагрев до $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , аэрация-дегазация, реагентная стаби- лизация, обеззараживание	то же
2	2.1	$\text{Fe} \leq 3\text{ мг/л}$ , $\text{Mn} < 0,1\text{ мг/л}$ $\text{CO}_2\text{св.} \leq 45\text{ мг/л}$ , $\text{pH} \geq 6,8$ , $I_L < 0$	Упрощенная аэрация, фильт- рование, стабилизация, обеззараживание	$\text{Fe} < 0,3\text{ мг/л}$ , $\text{Mn} \leq 0,1$ мг/л
	2.2	$\text{Fe} \leq 5\text{ мг/л}$ , $\text{Mn} \leq 0,5\text{ мг/л}$ $\text{CO}_2\text{св.} \leq 45\text{ мг/л}$ , $\text{pH} \geq 7,2$	Глубокая аэрация, «сухое фильтрование», стабилизация, обеззараживание	$\text{Fe} \leq 0,3\text{ мг/л}$ , $\text{Mn} \leq 0,1\text{ мг/л}$
	2.3	$\text{Fe} \leq 10\text{ мг/л}$ , $\text{Mn} \leq 1\text{ мг/л}$ $\text{CO}_2\text{св.} \leq 200\text{ мг/л}$ ; $\text{pH} \geq 6,0$	Биосорбция <sup>3</sup> , фильтрование, стабилизация, обеззараживание	$\text{Fe} \leq 0,05$ мг/л, $\text{Mn} \leq 0,05$ мг/л
3	3.1	$\text{Fe} \leq 15\text{ мг/л}$ , $\text{Mn} \leq 1,0\text{ мг/л}$ $\text{CO}_2\text{св.} \leq 200\text{ мг/л}$ ; $\text{pH} \geq 6,0$	Биосорбция <sup>3</sup> , фильтрование, стабилизация, обеззараживание	$\text{Fe} \leq 0,3\text{ мг/л}$ , $\text{Mn} \leq 0,1\text{ мг/л}$
	3.2	$\text{Fe} \leq 20\text{ мг/л}$ , $\text{Mn} \leq 2\text{ мг/л}$ , $\text{F} < 1,5\text{ мг/л}$ , $\text{CO}_2\text{св.} \leq 200\text{ мг/л}$ ; $\text{pH} \geq 6,0$	а) Биосорбция <sup>3</sup> , ввод перман-ганата калия, фильтрование, стабилизация, обеззараживание	$\text{Fe} \leq 0,1\text{ мг/л}$ , $\text{Mn} \leq 0,05$ мг/л
			б) Глубокая аэрация, фильт- рование, озонирование, сорбция на ГАУ, стабилизация обеззараживание	$\text{Fe} \leq 0,1\text{ мг/л}$ , $\text{Mn} \leq 0,05$ мг/л

	3.3	$Fe \leq 20$ мг/л, $Mn \leq 1,0$ мг/л $CO_2\text{св.} \leq 200$ мг/л; $pH \geq 6,0$	Глубокая аэрация, фильтрация, озонирование, сорбция на ГАУ, обесфторивание на фильтре с активированным оксидом алюминия, стабилизация, обеззараживание	$Fe \leq 0,1$ мг/л, $Mn \leq 0,05$ мг/л, $F = (0,7-1,5)$ мг/л <sup>4</sup>
4	4.1	$Fe \leq 25$ мг/л, $Mn \leq 3$ мг/л, $F \leq 1,5$ мг/л, $CO_2\text{св.} \leq 200$ мг/л, минерализация <1000 мг/л $pH \geq 6,0, I_L < 0$	Глубокая аэрация, коагуляция, флокуляция, фильтрация, озонирование, сорбция на ГАУ, стабилизация, обеззараживание	$Fe \leq 0,3$ мг/л, $Mn \leq 0,1$ мг/л, $I_L + 0,3$
	4.2	$Fe \leq 30$ мг/л, $Mn \leq 5$ мг/л, $F \leq 7$ мг/л, минерализация <1000 мг/л $CO_2\text{св.} \leq 200$ мг/л; $pH \geq 6,0$	Глубокая аэрация, коагуляция, фильтрация, озонирование, сорбция на ГАУ, фильтрация на активированном оксиде алюминия, стабилизация, обеззараживание	$Fe < 0,3$ мг/л, $Mn < 0,1$ мг/л, $F = (0,7-1,5)$ мг/л <sup>4</sup> , $I_L > 0$
	4.3	$Fe \leq 3$ мг/л, $Mn \leq 5$ мг/л, $F \leq 7$ мг/л, минерализация < 2000 мг/л, $CO_2\text{св.} \leq 200$ мг/л; $pH \geq 6,0$	"Биосорбция", коагуляция, флокуляция, фильтрация, ввод перманганата калия, фильтрация, электродиализ, сорбция на ГАУ, стабилизация, обеззараживание	$Fe < 0,1$ мг/л, $Mn < 0,05$ мг/л, $F \leq 1,5$ мг/л, минерализация $\leq 400$ мг/л

	4.4	$Fe \leq 30$ мг/л, $Mn \leq 5$ мг/л, $F \leq 7$ мг/л, $CO_2\text{св.} \leq 200$ мг/л, минерализация $< 1000$ мг/л, $pH \geq 6,0$	Биосорбция <sup>3</sup> , коагуляция, флокуляция, фильтрование, фильтрование через модифицированную $KMnO_4$ загрузку, фильтрование через активированный оксид алюминия, стабилизация, обез- зараживание	$F \leq 0,7-1,5$ мг/л, $Fe \leq 0,3$ мг/л, $Mn \leq 0,1$ мг/л, $F = (0,7-1, 5)$ мг/л <sup>4</sup> ,
	5.1	$Fe \leq 40$ мг/л, $Mn \leq 7$ мг/л, $F \leq 7$ мг/л, минерализация $\leq 5000$ мг/л, $CO_2\text{св.} \leq 200$ мг/л, $pH \geq 6,0$ , $I_L < 0$	Глубокая аэрация, преозонирование, фильтрование, озонирование, фильтрование, электродиализ, сорбция на ГАУ, стабилизация, обеззараживание	$Fe \leq 0,1$ мг/л, $Mn \leq 0,05$ мг/л, $F \leq 1,5$ мг/л, минерализация до 500
5		$Fe \leq 40$ мг/л, $Mn \leq 7$ мг/л, $F \leq 10$ мг/л, минерализация $\leq 5000$ мг/л, $CO_2\text{св.} \leq 200$ мг/л, $pH \geq 6,0$	а) Глубокая аэрация, коагуляция , фильтрование, озо- нирование, фильтрование, электродиализ, сорбция на ГАУ, стабилизация, обеззараживание	$Fe \leq 0,1$ мг/л, $Mn \leq 0,05$ мг/л, Минерализация $\leq 300$ мг/л, $F = (0,7-1, 5)$ мг/л <sup>4</sup>
	5.2		б) Биосорбция , коагуляция, флоку- ляция, фильтрова- ние, ввод перманганата калия, фильтрование, обратный осмос, (электродиализ) стабилизация, обеззараживание	$Fe \leq 0,1$ мг/л, $Mn \leq 0,05$ мг/л, цветность $\leq 5$ град, минерализация $\leq 300$ мг/л, $F = (0,7-1, 5)$ мг/л <sup>4</sup>

Примечания:

1. При разработке качества воды подклассов использованы рекомендации Г.И. Николадзе (5).
2. Уровень стабилизационной обработки для всех подклассов предусматривает достижение условий, указанных в табл. 4.10 (5).
3. Биосорбция с предварительной глубокой аэрацией.
4. В зависимости от климатического региона.

Табл.7.7.

Технологические способы и методы очистки подземных вод по группам антропогенных загрязнений

Виды антропогенных, загрязнений		Способ, методы	Степень очистки
Группа загрязнений	Подгруппа		
А <sub>1</sub>	А <sub>1.1</sub> , А <sub>1.2</sub>	биологическая денитрификация ионный обмен, сорбция на ГАУ	≤ПДК то же
	А <sub>1.3</sub>	сорбция на модифицированной цеолитовой загрузке	≤ПДК
	А <sub>1.4</sub>	коагулирование, фильтрование мембранные методы (обратный осмос) ионный обмен, сорбция на ГАУ	≤ПДК то же
А <sub>2</sub>	А <sub>2.1</sub> ; А <sub>2.3</sub> -А <sub>2.6</sub> ; А <sub>2.7</sub> ;А <sub>2.9</sub> ; А <sub>2.11</sub> -А <sub>2.15</sub>	коагулирование, фильтрование сорбция на модифицированной загрузке цеолитов озонирование, сорбция на ГАУ ионный обмен, сорбция на ГАУ	40-50% $\sum_{i=1}^n \frac{C_1}{C_{i\text{ПД}}} \leq 1$ то же
	А <sub>2.10</sub>	сорбция на модифицированной цеолитовой загрузке мембранные методы, электрохимический метод	≤ПДК то же
	А <sub>2.2</sub>	ионный обмен на селективных смолах озонирование, сорбция на ГАУ	≤ПДК то же
	А <sub>2.8</sub>	ионный обмен на селективных смолах озонирование, сорбция на ГАУ	≤ПДК то же
	А <sub>2.16</sub>	коагулирование + фильтрование	≤ПДК то же
А <sub>3</sub>	А <sub>3.1</sub>	реагентное осаждение и соосаждение ионный обмен, сорбция на ГАУ	≤ПДК то же
А <sub>4</sub>	А <sub>4.1</sub>	биосорбция, фильтрование флотация с применен и- ем реагентов, фильтрование	≤ПДК то же
	А <sub>4.2</sub>	коагуляция, флокуляция, фильтрование сорбция на ГАУ	до ПДК при исх. А <sub>4.2</sub> <1,5ПДК ≤ПДК
	А <sub>4.3</sub> –А <sub>4.4</sub>	сорбция на ГАУ озонирование, сорбция на ГАУ биосорбция, фильтрование	≤ПДК то же

A <sub>5</sub>	A <sub>5.1</sub> -A <sub>5.2</sub>	биосорбция, фильтрование озонирование, сорбция на ГАУ	≤ПДК то же
A <sub>6</sub>	A <sub>6.1</sub> -A <sub>6.2</sub>	озонирование, УФ, сорбция на ГАУ биосорбция, флокуляция, фильтрование, сорбция на ГАУ	<ПДК то же
	A <sub>6.3</sub> -A <sub>6.4</sub>	сорбция на ГАУ	до норм ПДК при исх. ФОП < 2 ПДК
A <sub>7</sub>	A <sub>7,1</sub>	сорбция на ГАУ	≤ПДК
	A <sub>7.2</sub> , A <sub>7.3</sub>	сорбция на ГАУ	≤ПДК
A <sub>8</sub>	-	озонирование в сочетании с УФ- облучением, сорбция на ГАУ	≤ПДК
A <sub>9</sub>	-	порошкообразный уголь, фильтрование, озонирование, сорбция на ГАУ	До ПДУ (20 мг/л)
A <sub>10</sub>	-	озонирование	≤ПДК

Табл.7.8.

Технологические способы и методы очистки подземных вод от  
растворенных газов

Группа	Под- груп па	Условия применения	Технологические способы и методы	Степень очистки
Г <sub>1</sub> Диоксид углерода (CO <sub>2</sub> )	Г <sub>1.1</sub>	CO <sub>2</sub> < 20 мг/л	Упрощенная аэрация	до 5 мг/л
	Г <sub>1.2</sub>	CO <sub>2</sub> < 140 мг/л	Глубокая аэрация барботированием воздуха	
	Г <sub>1.3</sub>	CO <sub>2</sub> < 200 мг/л	Глубокая аэрация барботированием воздуха в две ступени	до 7 мг/л
Г <sub>2</sub> Метан CH <sub>4</sub> (и его гомологи)	Г <sub>2.1</sub>	CH <sub>4</sub> < 10 мг/л	Упрощенная аэрация (T > 6 °C) Аэрация барботированием воздухом (T < 3 °C)	до 2 мг/л
	Г <sub>2.2</sub>	CH <sub>4</sub> < 40 мг/л	Глубокая аэрация в насадочных колоннах, вакуумная дегазация	отсутс.

Г <sub>3</sub> Сероводород H <sub>2</sub> S	Г <sub>3.1</sub>	H <sub>2</sub> S <5 мг/л	Упрощенная аэрация, введение окислителя, фильтрование	отсутс.
	Г <sub>3.2</sub>	H <sub>2</sub> S < 10 мг/л	Аэрация барботированием воздуха, введение окислителя, фильтрование	отсутс.
	Г <sub>3.3</sub>	H <sub>2</sub> S < 30 мг/л	Пенная дегазация, озонирование, коагулирование, фильтрование	отсутс.

Табл.7.9

Условные обозначения технологических способов и методов очистки подземных вод от природных компонентов и антропогенных загрязнений

Способ, метод	Обозначение	Способ, метод	Обозначение
Упрощенная аэрация	УА	Биологическая денитрификация	БДН
Аэрация	А	Ионный обмен	ИО
Дегазация	д	Сорбция на модифицированной цеолитовой загрузке	СМЗ
Глубокая аэрация	ГА	Подкисление	Подкисл.
Обеззараживание	Обз	Электрохимический метод	ЭМ
Фильтрование	Ф	Ионный обмен на селективных смолах	ИОСС
Фильтрование первой степени	Ф,	Реагентное осаждение	РО
Биосорбция	БС	Хлорирование	Х
Введение KMnO <sub>4</sub>	KMnO <sub>4</sub>	Флотация с применением реагентов	ФР
Озонирование	O <sub>3</sub>	Озонирование в сочетании с УФ	Оз+УФ
Коагуляция	К	Окислитель	Окисл.
Флокуляция	Фл	Ввод порошкообразного угля	ПАУ
Фильтрование через загрузку с активированным оксидом алюминия	АОА	Барботирование воздуха	БВ
Электродиализ	ЭД	Насадочные колонны	НК

Фильтрация через мо- дифицированную загрузку	ФМЗ	Вакуумная дегазация	ВД
Обратный осмос	ОО	Пенная дегазация	ПД
Ультрафильтрация	УФ	Нагревание	T <sup>0</sup>

Табл.7.10.

Классификатор технологий очистки подземных вод от природных  
примесей

Класс	Под-класс	Технологические схемы	Условное обозначение
1	1.1	[ГА] → [С] → [Обз]	T <sub>1</sub>
	1.2	[t°] → [А - Д] → [С] → [Обз]	T <sub>2</sub>
2	2.1	[УА] → [Ф] → [С] → [Обз]	T <sub>3</sub>
	2.2	[ГА] → [Ф] → [С] → [Обз]	T <sub>4</sub>
	2.3	[БС] → [Ф] → [С] → [Обз]	T <sub>5</sub>
3	3.1	[БС] → [Ф] → [С] → [Обз]	T <sub>6</sub>
	3.2	[КМпO <sub>4</sub> ] ↓	T <sub>7</sub>
		а) [БС] → [Ф] → [С] → [Обз] б) [ГА] → [Ф] → [O <sub>3</sub> ] → [ГАУ] → [С] → [Обз]	T <sub>8</sub>
	3.3	[ГА] → [Ф] → [O <sub>3</sub> ] → [ГАУ] → [АОА] → [С] → [Обз]	T <sub>9</sub>
4	4.1	[ГА] → [К] → [Фл] → [Ф] → [O <sub>3</sub> ] → [ГАУ] → [С] → [Обз]	T <sub>10</sub>
	4.2	[ГА] → [К] → [Ф] → [O <sub>3</sub> ] → [ГАУ] → [АОА] → [С] → [Обз]	T <sub>11</sub>
	4.3	[КМпO <sub>4</sub> ] ↓	T <sub>12</sub>
		[БС] → [К] → [Фл] → [Ф] → [Ф] → [ЭД] → [ГАУ] → [С] → [Обз]	
4.4	[БС] → [К] → [Фл] → [Ф] → [ФМЗ] → [АОА] → [С] → [Обз]	T <sub>13</sub>	
5	5.1	[ГА] → [O <sub>3</sub> ] → [Ф] → [O <sub>3</sub> ] → [Ф] → [ЭД] →	T <sub>14</sub>

		[ГАУ] → [С] → [Обз]	
5.2	а)	[ГА] → [К] → [Ф] → [O <sub>3</sub> ] → [Ф] → [ЭД] → [ГАУ] → [С] → [Обз] [КМпО <sub>4</sub> ] ↓	T <sub>15</sub>
	б)	[БС] → [К] → [Фл] → [Ф] → [Ф] → [ОО](ЭД) → [С] → [Обз]	

Табл.7.11.

Классификатор технологий очистки подземных вод от  
растворенных газов

Группа	Подгруппа	Способы и методы
Г <sub>1</sub>	Г <sub>1.1</sub>	[УА]
	Г <sub>1.2</sub>	[ГАБВ]
	Г <sub>1.3</sub>	I II [ГАБВ] → [ВД1]
Г <sub>2</sub>	Г <sub>2.1</sub>	[УА] (T > 6 °C); [УАБВ] (T < 3 °C)
	Г <sub>2.2</sub>	[ГАНК] → [ВД]
Г <sub>3</sub>	Г <sub>3.1</sub>	[окисл.] ↓ [УА] → [Ф]
	Г <sub>3.2</sub>	[окисл.] ↓ [АБВ] → [Ф]
	Г <sub>3.3</sub>	[ПД] → [O <sub>3</sub> ] → [К] → [Ф]

Табл.7.12.

Классификатор технологий очистки подземных вод по группам  
антропогенных загрязнений

Виды антропогенных загрязнений		Способ, метод
Группа	подгруппа	
А <sub>1</sub>	А <sub>1.1</sub> , А <sub>1.2</sub>	[БДН]; [ИО] → [ГАУ]
	А <sub>1.3</sub>	[СМЗ]
	А <sub>1.4</sub>	[К] → [Ф]; [ОО]; [ИО] → [ГАУ]
А <sub>2</sub>	А <sub>2.1</sub> , А <sub>2.3</sub> -А <sub>2.6</sub>	[К] → [Ф]
	А <sub>2.2</sub>	[ИОСС]; [O <sub>3</sub> ]; [ГАУ]

	A <sub>2.7</sub> , A <sub>2.9</sub>	[СМЗ]
	A <sub>2.8</sub>	[ИОСС]; [O <sub>3</sub> ]; → [ГАУ]
	A <sub>2.10</sub>	[СМЗ]; [ОО]; [ЭМ]
	A <sub>2.11</sub> – A <sub>2.15</sub>	[O <sub>3</sub> ] → [ГАУ]
	A <sub>2.16</sub>	[К] → [Ф]
A <sub>3</sub>	A <sub>3.1</sub>	[РО]; [ИО] → [ГАУ]
	A <sub>3.2</sub>	[X] → [ИО] → [ГАУ]
A <sub>4</sub>	A <sub>4.1</sub>	[БС] → [Ф]; [ФР] → [Ф]
	A <sub>4.2</sub>	[К] → [Фл] → [Ф]; [ГАУ]
	A <sub>4.3</sub> - A <sub>4.4</sub>	[ГАУ]; [БС] → [Ф]; [O <sub>3</sub> ] → [ГАУ]
A <sub>5</sub>	A <sub>5.1</sub> - A <sub>5.2</sub>	[БС] → [Ф]; [O <sub>3</sub> ] → [ГАУ]
A <sub>6</sub>	A <sub>6.1</sub> – A <sub>6.2</sub>	[O <sub>3</sub> + УФ] → [ГАУ]; [БС] → [Фл] → [Ф] → [ГАУ]
	A <sub>6.3</sub> – A <sub>6.4</sub>	[ГАУ]
A <sub>7</sub>	A <sub>7.1</sub>	[ГАУ]
	A <sub>7.2</sub> – A <sub>7.3</sub>	[ГАУ]
A <sub>8</sub>		[O <sub>3</sub> + УФ] → [ГАУ]
A <sub>9</sub>		[ПАУ] → [Ф] → [O <sub>3</sub> ]
A <sub>10</sub>		[O <sub>3</sub> ]

## 8. Общая методика по разработке и комплексной оценке эффективности работы систем водоснабжения, очистки и кондиционирования природных вод.

Для правильной оценки принимаемых технических решений для вновь проектируемых систем и сооружений водоснабжения, а также действующих сооружений водоподготовки необходимо оценить:

- качественный состав воды водоисточника;
- запасы воды в поверхностных и подземных источниках в данной местности (регионе);
- выбор местоположения водозаборных и водоочистных сооружений и установок;
- влияние отъема заданного количества воды на гидрологический режим водоисточника и гидрологию территории в пределах водораздела;
- условия восполнения водоисточника и устойчивости его гидрологического режима;

- выбор технологии водоочистки;
- выбор состава основных и вспомогательных сооружений (системы водоснабжения в целом или отдельных сооружений);
  - технико-экономическое обоснование разработки нового образца водоочистной техники;
  - принятие напорного или гравитационного варианта сооружений одного типа;
  - выбор оптимального размера сооружений (установок) из их типового ряда и пр.

В общем случае условия для размещения очистных систем водоснабжения можно считать оптимальными при наличии свободных площадей застройки; источников электроснабжения; условий организации подъездных путей; благоприятных условий для отвода промывных вод при минимуме затрат по планировке территории комплекса или отдельных сооружений системы водоснабжения.

При водоснабжении подземными водами следует учитывать степень агрессивности воды по отношению к стальным водоводам и при соответствующих ее показателях располагать очистные сооружения вблизи основных водопотребителей.

Выбор местоположения и числа площадок очистных сооружений групповых систем водоснабжения, расположенных на разных расстояниях друг от друга, должен производиться с учетом изменения гидравлических характеристик водоводов, их длины и диаметров, конструкции магистральных и распределительных трубопроводов распределительной сети, количества насосов подкачки и промежуточных резервуаров чистой воды (5).

Выбор технологической схемы и состава сооружений для очистки воды производится на основании определения качества воды в источнике, требований к очищенной воде, с обязательным учетом производительности очистной станции и потенциальных возможностей технологических сооружений.

Область применения новых конструкций и технологических схем очистки устанавливается на основании определения соответствия технологических параметров новых сооружений (по данным исследований) требованиям, предъявляемым к качеству очищенной воды (5).

В случае, когда качество исходной воды позволяет применить несколько технологических схем очистки и разные по принципам работы очистные сооружения, выбор экономичного варианта должен производиться на основании технико-экономического сравнения этих вариантов.

При необходимости могут быть проведены технико-экономическое сравнение и расчеты для отдельных элементов конструкций очистных

сооружений, способов промывки загрузки и компоновки отдельных сооружений на площадке очистной станции.

Для технико-экономических расчетов достаточно определить основные размеры сооружений без детальных расчетов их внутренних элементов.

При использовании для сравнения вариантов укрупненных показателей строительной стоимости сооружений в отдельных случаях достаточно предварительно определить производительность очистной станции, тип сооружений и их производительность (5).

## **9. Методика технико-экономической оценки НДТ.**

Технико-экономическая оценка по выбору НДТ может выполняться на основе сравнения капитальных затрат (с учетом затрат по планировке и организации подъездных дорог) для отдельных объектов и для комплекса сооружений водоснабжения. Данная оценка проводится по укрупненным показателям объектов аналогов или прямым счетом с определением возможных строительных объемов сравниваемых объектов и с учетом стоимости основного оборудования.

Для большинства НДТ используемых в системах водоснабжения характерны высокие энергозатраты по используемому оборудованию и технологическим процессам, а также значительные затраты на реагенты. Поэтому более правильным является сравнение НДТ по приведенным затратам с учетом эксплуатационных расходов.

В смету эксплуатационных расходов включаются следующие основные показатели:

- 1) заработная плата обслуживающего персонала с отчислениями на социальное страхование;
- 2) затраты на электроэнергию и отопления помещений;
- 3) затраты на реагенты (если предусматривается реагентная очистка воды);
- 4) амортизационные отчисления;
- 5) отчисления на текущий ремонт;
- 6) прочие расходы.

Для расчета сметы эксплуатационных расходов по п.п. 1,2,4,5 должны быть использованы официально предоставленные данные: средняя зарплата по предприятию (с % отчислений); стоимость 1 квт. потребляемой предприятием электроэнергии; % амортизационных отчислений и отчислений на текущий ремонт по предприятию.

По общепринятой до настоящего времени методике выбор экономического варианта схемы очистки в целом или отдельного очистного сооружения производится по приведенным затратам, определяемых по формуле:

$$П = Э + E_H \cdot K \quad (9.1)$$

где П - приведенные затраты, руб;

Э - эксплуатационные затраты;

К - капиталовложения;

$E_H$  - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений (принимался ранее по народному хозяйству в целом не ниже 0,12). В настоящее время срок окупаемости, приемлемый для инвестора назначается обычно в пределах 3-4 лет.

Если сравниваемые варианты имеют примерно равные значения приведенных затрат, то предпочтение отдается тому, который обеспечивает более рациональное повторное использование промывной воды, требует минимум площади под строительство и меньший расход дефицитных материалов, обеспечивает больший коэффициент использования местных ресурсов и возможность более быстрого ввода станции очистки в эксплуатацию, более экологичен.

Учитывая, что современные НДТ, в отдельных случаях, весьма энергоемкие и используют дорогостоящее оборудование, сравнение технологий на основе приведенных затрат более правильное, чем сравнение только по капитальным затратам.

Другими важнейшими показателями экономической эффективности рассматриваемых вариантов сооружений очистки являются:

а) себестоимость 1 м<sup>3</sup> очищенной воды, определяемая по формуле:

$$S = \frac{\text{Э}}{Q_{\text{ср.год}}} \quad (9.2)$$

где S - себестоимость 1 м<sup>3</sup> очищенной воды, руб/м<sup>3</sup>;

Э - годовые эксплуатационные расходы, руб.;

$Q_{\text{ср.год}}$  ~ среднегодовое количество очищенной воды, м<sup>3</sup>.

б) удельные капиталовложения на очистку 1 м<sup>3</sup> воды:

$$K_{\text{уд}} = \frac{K}{Q_{\text{сут}}} \quad (9.3)$$

Где K – капитальные затраты на строительство, руб.

Повышение надежности станций водоподготовки, в том числе за счет биологических методов предварительной очистки, озонирования, сорбции, требует значительных капитальных и эксплуатационных затрат. Поэтому возрастает роль достоверности и точности технико-экономических расчетов при обосновании систем водоснабжения и их составляющих. Необходимо тщательно относиться к сбору и обоснованию исходных данных для расчетов по удельным капитальным затратам и составляющим, которые необходимы при определении эксплуатационных расходов.

Технико-экономическое сравнение различных технологий может определяться с учетом либо всех затрат в системе: водозабор - очистка - водораспределение (если технология и сооружения очистки воды влияют на изменение текущих и капитальных затрат по сравниваемым вариантам на стадии не только очистки, но и водозабора и водоподдачи потребителям), либо только на стадии водоочистки (когда сравниваемые технологии очистки воды не оказывают влияния на специфику технологий и затраты в водозаборном узле и водопроводной сети).

В качестве иллюстрации могут служить технологии, когда биологическая или механическая предочистка воды осуществляется по какому-либо из сравниваемых вариантов непосредственно в водозаборном узле. Другим примером может служить технология частичной очистки воды, используемой на технические нужды промышленных предприятий. В этом случае разный эффект очистки технической воды приводит к разной степени загрязненности транспортирующих ее водоводов и резервуаров хранения, требующих в свою очередь затрат на их прочистку и дезинфекцию (5).

## **10. Методика выбора технологических схем, сооружений и оборудования в качестве НДТ для очистки и кондиционирования воды.**

НДТ применяемые для очистки и кондиционирования воды можно подразделить на следующие категории:

- НДТ используемые при безреагентной очистке;
- НДТ используемые при реагентной очистке;
- НДТ очистки природной воды содержащей антропогенные загрязнения;
- НДТ для кондиционирования подземных и поверхностных вод;
- НДТ для обеззараживания подземных и поверхностных вод.

Отдельного рассмотрения требует анализ методов и НДТ, которые могут быть применены для повторного использования промывных вод, а также обработки и утилизации осадков водопроводных станций.

### **10.1. НДТ применяемые при безреагентной очистки воды.**

Технологии используемые при безреагентной очистки воды можно подразделить:

1. Фильтрация через сетчатые перегородки.
2. Удаление грубо дисперсных примесей в центробежном поле.
3. Отстаивание в ковшах и открытых отстойниках, в том числе с тонкослойными модулями и слоем взвешенного осадка.
4. Фильтрация через обсыпку фильтрующих оголовков.
5. Фильтрация через крупнозернистую среду в префильтрах.
6. Медленное фильтрование.
7. Флотация без применения коагулянтов.
8. Биологическая предочистка в русле водотоков или во входных биореакторах с использованием прикрепленной микрофлоры.
9. Аэрирование воды.

Технологии п.п. 1-6 достаточно отработаны и широко применяются для очистки воды. Технологии п.п. 7-9 следует отнести к поисковым и для их реализации необходимо проводить детальные исследования непосредственно на выбранном источнике водоснабжения.

Флотационные установки стабильно работают при сравнительно небольшом диапазоне колебания концентрации взвешенных веществ в исходной воде. При сезонном изменении взвеси в водоисточнике эффективность осветления на флотаторе может сильно колебаться, что будет приводить к дополнительной нагрузке на последующие ступени очистки воды.

Биологические методы очистки воды в основном используются при очистке сточных вод. При эксплуатации сооружений биологической очистки со свободно плавающей и прикрепленной (иммобилизованной) микрофлорой в случае нарушения технологического режима и условий работы сооружений могут образовываться вторичные загрязнения в результате разложения биомассы, что неизбежно будет сказываться на качестве очистки питьевой воды. Поэтому применимость данного метода на выбранном водоисточнике должна быть обоснована специальными исследованиями.

### 10.1.1. Сетчатые фильтры.

Процеживание воды через сетки из различных материалов и конструкций применяется для извлечения из воды грубых примесей в виде речных наносов из песка, ила, листьев, прутьев, щепы, коры деревьев и кустарников, фито- и зоопланктона. Основными сооружениями, используемыми для этих целей, в водозаборных узлах являются плоские и вращающиеся сетки с размером ячеек в плане обычно 1x1 или 2x2 мм. Барабанные сетки и микрофильтры монтируют во входных сооружениях станций водоочистки. Размер ячеек в сетках последних составляет обычно от 20 до 60 мкм.

В практике очистки воды используются сетчатые фильтры, конструкции которых отличаются:

- по применяемой технологической схеме - одно- или многоступенчатая с фильтрованием через сетки с уменьшающимися по ходу движения воды размерами ячеек сетки;
- по расположению сетчатого полотна - горизонтальные и вертикальные;
- по способу промывки - прямоточная, обратная или специальные виды промывок;
- по осуществлению процесса промывки - ручная с извлечением сетки из корпуса фильтра, с ручным или автоматическим открытием запорных органов;
- по размеру ячеек сетки - от 0,01 до 3,0 мм;
- по материалу корпуса фильтра - полимерный, стальной, из нержавеющей стали, из легких сплавов, комбинированный; по материалу сетки - нержавеющая сталь, полимерное полотно.

Размер ячеек сеток назначается в зависимости от дисперсного состава примесей в водотоке, требуемой степени очистки воды и конструктивных особенностей водозабора.

Для съемных сеток водозаборов, не имеющих постоянной промывки и работающих при производительности до 1 м<sup>3</sup>/ч, размер ячеек назначают обычно не менее 2x2 мм, скорость течения воды в отверстиях - до 0,4 м/с, максимальные потери напора до 10-20 см.

Сетчатые фильтры, имеющие плоскую или цилиндрическую (реже сферическую) поверхность, бывают периодического и непрерывного действия. Первые из них имеют неподвижную сетку, вторые - вращающуюся, обычно непрерывно промываемую с помощью специальных трубных систем с гидравлическими насадками. На рис.10.1.1 изображена вращающаяся бескаркасная водоочистная сетка. Основным недостатком данной конструкции является то, что для промывки сетки поднимают из воды,



Учитывая, что целый ряд фирм выпускает разнообразные по конструктивному исполнению и типовому ряду производительности вращающиеся сетки, то при проектировании и модернизации водозаборов необходимо ориентироваться на тип оборудования, который позволяет максимально автоматизировать процессы по обслуживанию сеток, устанавливаемых на водозаборах.

Влияние различных факторов на процесс фильтрования через сетчатые полотна с образованием на них сжимаемого осадка в первую очередь обусловлено характером изменения удельного сопротивления осадка. Способы определения последнего базируются на моделировании процесса фильтрования через небольшие модели.

Оптимальным вариантом работы сетчатой фильтровальной установки применительно к водным суспензиям является такой, при котором при наименьших гидравлических сопротивлениях на сетке и в слое осадка и минимальных затратах на промывку фильтрующего полотна будет обеспечиваться максимальная скорость фильтрования при заданной степени очистки воды.

Фирма "YAMIT" производит погружные преднасосные фильтры механической очистки воды для установки на водозаборах производительностью от 80 до 2200 м<sup>3</sup>/ч (рис.10.1.3, 10.1.4).



yamit-f.biz

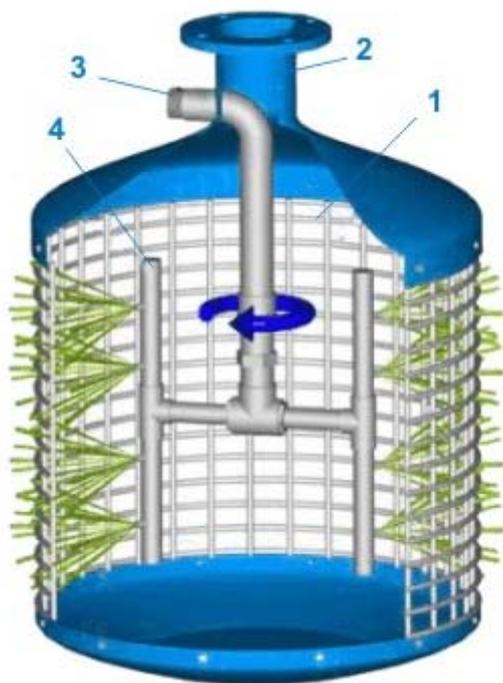
Рис.10.1.3. Установка преднасосного фильтра на водозаборе.



yamit-f.biz

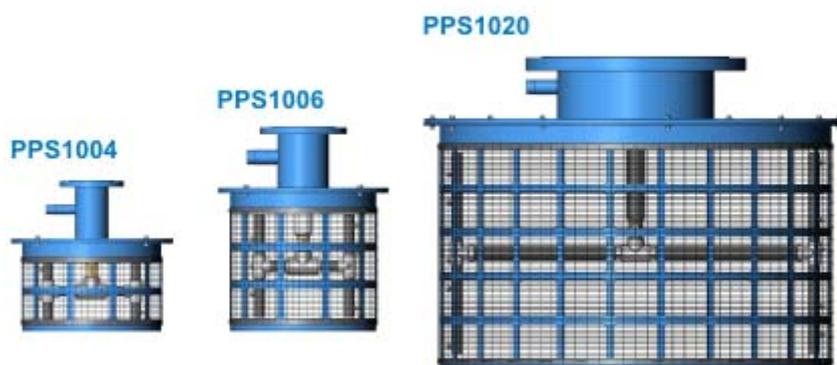
Рис.10.1.4. Вариант установки преднасосного фильтра.

Фильтр представляет собой цилиндр (1) из сетки с ячейками 1200 или 2500 мкм. Вода отбирается через порт (2) внутри цилиндра. Таким образом, крупные механические загрязнения задерживаются снаружи фильтра, и отделяется от сетки во время очистки посредством напора воды, поступающей через систему форсунок (4). Вода для очистки подается специальным насосом из трубопровода водозабора через подающую трубу (3). Форсунки вращаются и очищают всю сетку (рис.10.1.5, 10.1.6).



yamit-f.biz

Рис.10.1.5. Принцип работы самоочищающегося сетчатого фильтра для защиты насосов.



yamit-f.biz

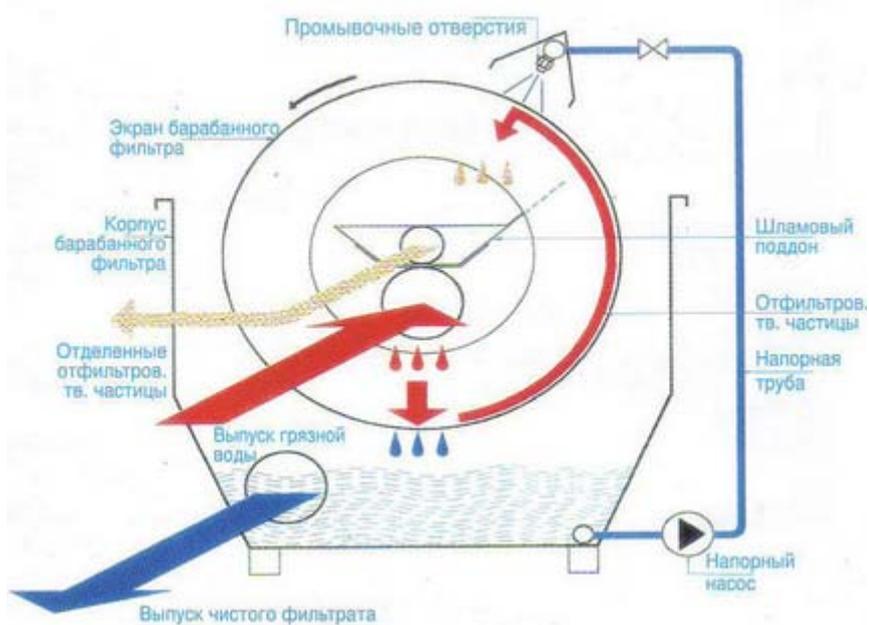
Рис.10.1.6. Преднасосные фильтры серии PPS.

Для предварительного осветления воды используются различные конструкции микрофильтров и барабанных сеток, которые, как правило, применяют в основном на сооружениях очистки воды. На водозаборе, в виду ограниченных размеров сооружения (шахтного колодца) не всегда можно разместить данные устройства (рис10.1.7, 10.1.8).



chelyabinsk.all.biz

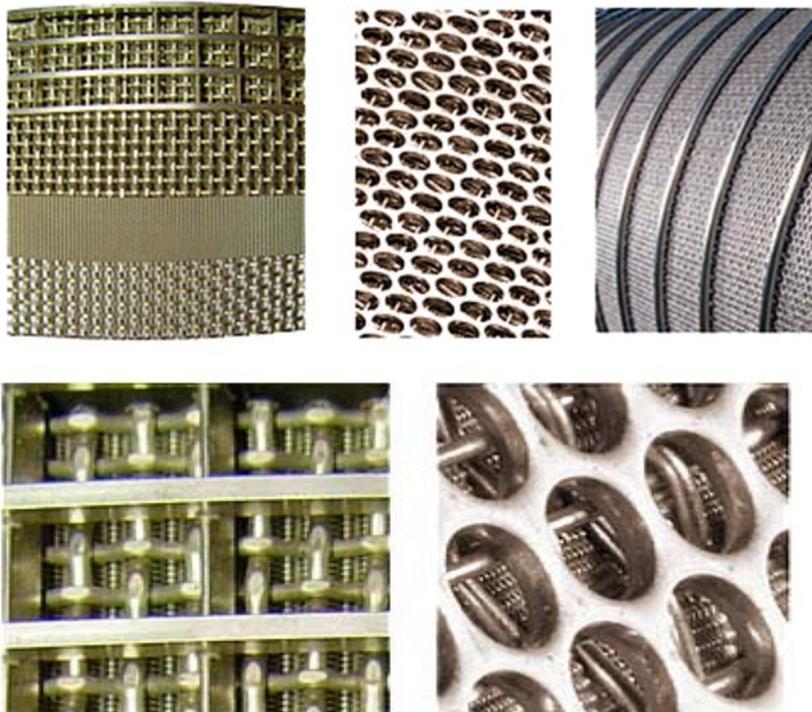
Рис.10.1.7. Микрофильтры барабанного типа фирмы «HYDROTECH» (Швеция).



/spaceline-spb.ru

Рис.10.1.8. Принцип работы барабанного сетчатого фильтра.

К недостаткам конструкций барабанного типа следует отнести, что в качестве фильтрующего элемента зачастую применяется многослойная сетка (рис.10.9.), которая достаточно быстро забивается, имеет повышенное гидравлическое сопротивление, легко подвержена деформациям при перепадах давления.

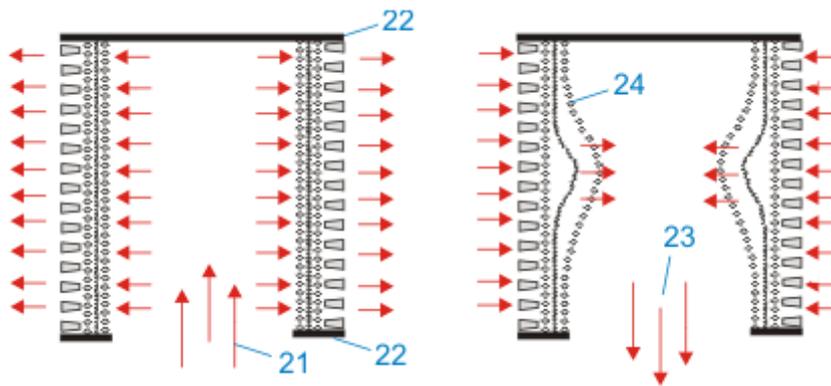


prom-water.ru

Рис.10.1.9. Конструкция сетчатого полотна барабанного микрофильтра.

Очень серьезный недостаток многослойных сеток - склонность к отслаиванию и сминанию внутренних слоев сетки при противотоках.

Сетчатый многослойный цилиндр фильтра (22) хорошо работает "на раздувание". Это характерно для штатной (нормальной) работы фильтра (21). Однако, если в контуре возникнет противоток (23), то в следствии большой площади сетки и принципиальному отсутствию креплений слоев многослойной сетки друг к другу по всей площади (сетки сварены вместе только на торцах цилиндра) внутренние слои отслаиваются (24), что приводит к поломке фильтра и влечет замену всего дорогостоящего фильтрующего элемента (рис.10.1.10).



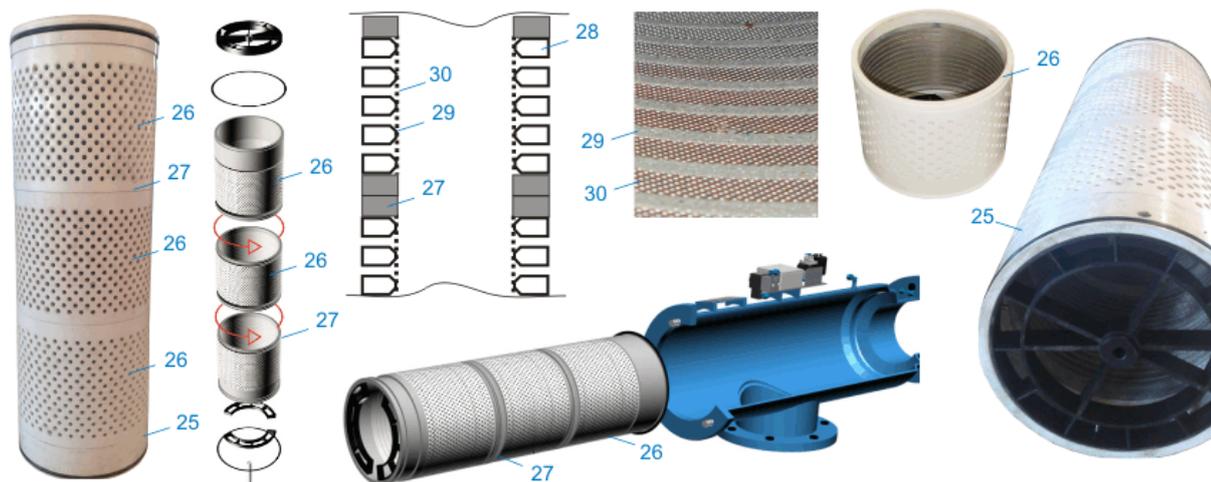
yamit-f.biz

Рис.10.1.10. Схема работы многослойной сетки фильтра.

Поэтому при использовании многослойных сеток обязательно применение за фильтром обратного клапана. Это снижает риск расслаивания сетки, но не устраняет его полностью - обратный клапан может "залипнуть" или попросту не успеть закрыться до наступления отслаивания.

Склонность к расслаиванию многослойных сеток проявляется также при очистке сетки сжатым воздухом, что категорически запрещено делать снаружи цилиндра продувая его "противотоком".

С целью исключения данного недостатка используют однослойные сетки с упрочненным каркасом (фирма «Yamit») (рис.10.1.11). Эта сетка (25) состоит из отдельных секций (26), которые могут свинчиваться друг с другом. Секция (26) представляет собой очень прочный монолитный цилиндр с многочисленными крупными отверстиями для отбора очищенной воды. Внутри прочного каркасообразующего цилиндра "провешена" однослойная рабочая сетка (30). При этом рабочая сетка имеет многочисленные точки крепления (29) к каркасу (28). В местах свинчивания секций возникают дополнительные ребра жесткости (27).



prom-water.ru

Рис.10.1.11. Конструкция сеток «Yamit»).

Модельный ряд данных сетчатых фильтров по производительности от 2.7 до 1000 м<sup>3</sup>/ч (ручные фильтры серии MSF-F и полуавтоматические фильтры модели ПВО-MSF-SA) и от 30 до 12000 м<sup>3</sup>/ч (автоматические фильтры ПВО-ASF-AF).

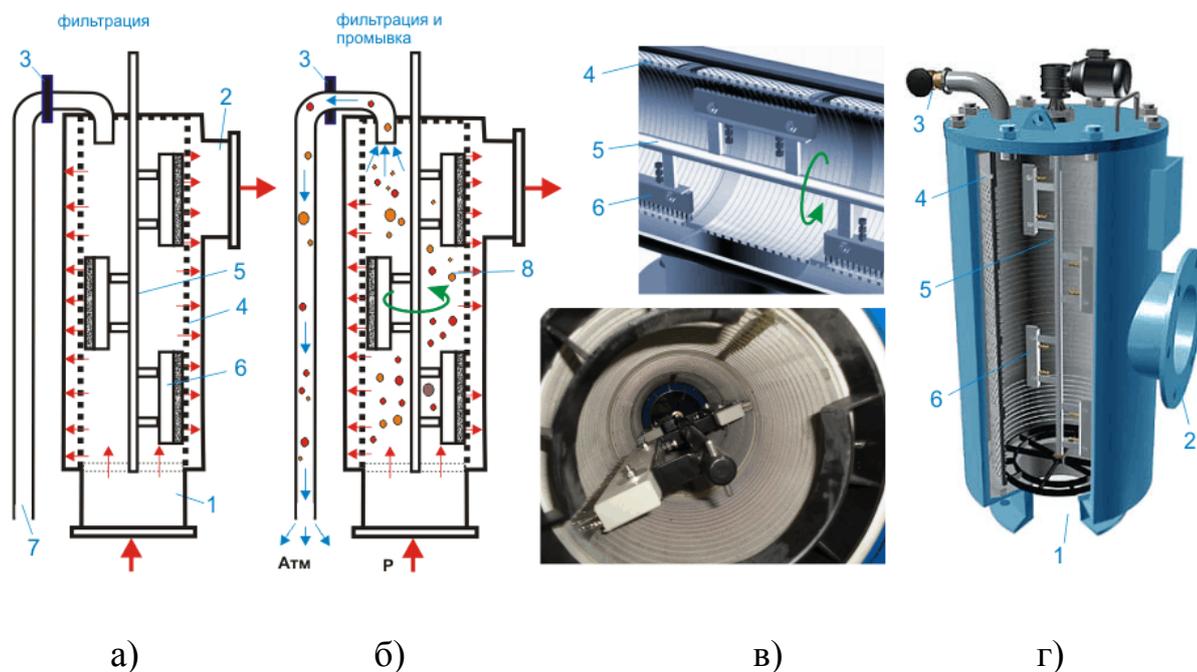
Основным элементом, который обеспечивает устойчивый режим фильтрации через сетчатый фильтр при стабильном качестве очищенной воды, является узел промывки сетчатого полотна. В начале двадцатого века была разработана и длительное время применялась технология очистки сетки противотоком. Суть метода - реверсирование потока воды через сетку самопромывного фильтра на время очистки. Очистка противотоком имеет множество недостатков и ограничений, которые делают ее применение в условиях современного промышленного производства нецелесообразным. Во второй половине двадцатого века была разработана технология фокусированной очистки сетки, которая в настоящее время практически вытеснила все остальные технологии. Этому способствовали как очевидные преимущества метода, обеспечивающие отличное качество очистки сетчатого фильтра при высокой надежности, так и истечение сроков действия патентных ограничений. В настоящее время технология фокусированной очистки фильтрующих сеток самопромывного фильтра является стандартом "де-факто" в промышленности, сельском хозяйстве, ирригации и коммунальном водоснабжении.

Существует две модификации технологии фокусированной очистки фильтрующих сеток от накопившихся загрязнений:

- очистка с помощью сканера;
- щеточная очистка.

В сеточных фильтрах "YAMIT" используются обе модификации метода - в устройствах тонкой очистки используется очистка с помощью сканера; а в оборудовании относительно «грубой» фильтрации применяется щеточная очистка.

Фильтры со щеточным механизмом очистки сетки отличаются от сканерных тем, что вместо трубы сканера по центральной оси фильтра помещен вал с прикрепленными к нему плоскими щетками (2) (рис.1.1.12).



yamit-f.biz

Рис.10.1.12. Сеточный фильтр «YAMIT» со щеточным механизмом очистки сетки.

а) Цикл – фильтрация; б) Цикл – фильтрация и промывка; в) Конструкция фильтра со щетками; г) Общий вид фильтра.

Фильтрующая сетка (4) представляет собой цилиндр. Грязная вода поступает внутрь цилиндра через водозаборник (1) фильтра. Очищенная вода отводится через слив (2). Загрязнения накапливаются на внутренних стенках цилиндра. Когда наступает необходимость очистки сетки (перепад давления на сетке достигает определенного значения или срабатывает таймер), то контроллер открывает сбросной клапан (3) и начинает вращать вал со щетками. Щетки отделяют загрязнения (8) от сетки. Вода устремляется в шламопровод и уносит загрязнения из-за наличия перепада давления между входом фильтра (P - рабочее давление в трубопроводе) и атмосферным давлением (Атм) в шламопроводе за сбросным клапаном.

Другими словами, щеточный фильтр при работе находится в одном из двух режимов:

### **Фильтрация** (рис.10.1.12, а)

Фильтр имеет три порта для подключения к трубопроводам:

- порт подачи исходной жидкости (1);
- порт отбора очищенной жидкости (2);
- порт отбора шлама - жидкости с высоким содержанием загрязнений (7).

Порт отбора шлама имеет значительно меньший диаметр, чем порты подачи и отбора жидкости.

Движение очищаемой жидкости показаны красными стрелками. Фильтрация осуществляется на цилиндрической сетке изнутри-наружу. Таким образом загрязнения накапливаются на внутренней стенке цилиндра фильтрующей сетки.

Движение жидкости через порт отбора шлама отсутствует. Вал со щетками (5) не движется.

При достижении определенного уровня накопившихся на сетке загрязнений (определяется перепадом давления внутри и снаружи сетки с помощью дифференциального манометра, сигнал с которого подается на управляющий блок, либо сигналом от таймера) включается режим "Фильтрация и промывка".

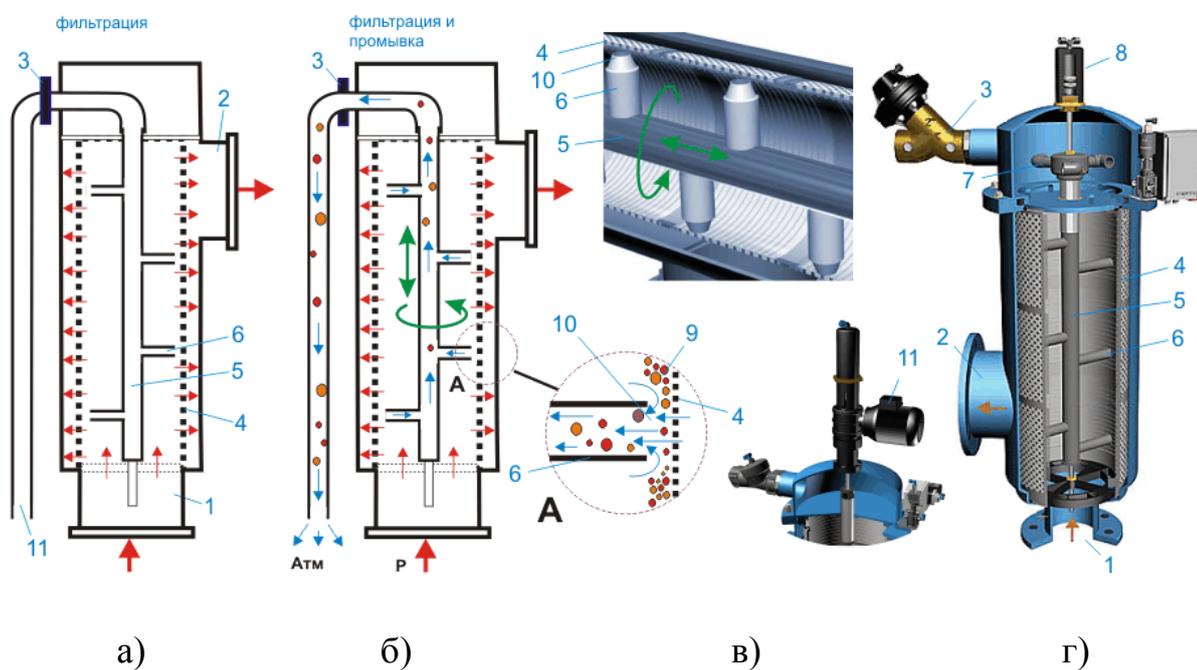
### **Фильтрация и промывка** (рис.10.1.12, б).

По оси цилиндра сетки находится вал (5) с прикрепленными к нему щетками (6). Вал со щетками вращается вокруг своей оси (показано зелеными стрелками). При таком движении щетки очищают сетку от налипших на нее загрязнений. Одновременно с началом вращения вала со щетками открывается клапан (3), что приводит к началу движения жидкости в порт отбора шлама (7). Жидкость движется в порт отбора шлама в силу того, что в фильтре существует давление исходной жидкости (Р), т.е. давление в рабочем трубопроводе, а порт сброса шлама открыт на свободный излив в атмосферу (Атм) - в канализацию, коллектор и т.п. (движение шлама показано голубыми стрелками).

При движении щетки не только очищают поверхность сетки фильтра, но и создают внутри сетчатого цилиндра взвешенную, концентрированную суспензию, которая устремляется в порт отбора шлама, подхватывая и вынося в шламопровод загрязнения (8). Т.к. диаметр порта отбора шлама существенно меньше диаметра рабочего трубопровода, то расход жидкости через систему очистки не препятствует процессу фильтрации и фильтр, что очень важно в процессе автоматической очистки продолжает фильтровать жидкость и поставлять ее потребителю. При этом незначительно увеличивается подача жидкости на вход фильтра, но не уменьшается ее отбор из порта (2).

Длительность фазы фильтрации в сетчатом фильтре составляет - 1-12 часов (в зависимости от загрязненности исходной жидкости). Длительность фазы промывки - 10-60 секунд.

В конструкции фильтра со сканерной (вакуумной) промывкой (рис.10.1.13) принцип работы следующий: грязная вода поступает внутрь цилиндра, образованного фильтрующей сеткой (4), через водозаборник (1) фильтра, а очищенная вода отводится через слив (2). Загрязнения накапливаются на внутренних стенках цилиндра. Когда наступает необходимость очистки сетки (перепад давления на сетке достигает определенного значения или срабатывает таймер), то контроллер открывает сбросной клапан (3) и приводит в действие очищающий сканер (5). Сканер представляет собой полу трубу с несколькими форсунками (6). Внутренняя полость трубы сообщается в шламопроводе с атмосферой через сбросной клапан. Сканер осуществляет вращательно-поступательное движение относительно своей оси. Таким образом всасывающие сопла (10) форсунок движутся над поверхностью сетки по спирали, последовательно очищая всю площадь сетки от загрязнений (9). Вода устремляется в сканер и увлекает за собой накопившиеся загрязнения из-за наличия перепада давления между входом фильтра ( $P$  - рабочее давление в трубопроводе) и атмосферным давлением в шламопроводе за сбросным клапаном (Атм).



yamit-f.biz

Рис.10.1.13. Сеточный фильтр «YAMIT» со сканерным механизмом очистки сетки.

а) Цикл – фильтрация; б) Цикл – фильтрация и промывка; в) Конструкция фильтра со сканером; г) Общий вид фильтра.

Режимы работы сканерного фильтра:

**Фильтрация** (рис.10.1.13, а).

Фильтр имеет три порта для подключения к трубопроводам:

- Порт подачи исходной жидкости (1)
- Порт отбора очищенной жидкости (2)
- Порт отбора шлама - жидкости с высоким содержанием загрязнений (11).

Порт отбора шлама имеет значительно меньший диаметр, чем порты подачи и отбора жидкости.

Движение очищаемой жидкости показаны красными стрелками. Фильтрация осуществляется на цилиндрической сетке изнутри-наружу. Таким образом загрязнения накапливаются на внутренней стенке цилиндра фильтрующей сетки. Движение жидкости через порт отбора шлама отсутствует. Сканер (5) не движется.

При достижении определенного уровня накопившихся на сетке загрязнений (определяется перепадом давления внутри и снаружи сетки с помощью дифференциального манометра, сигнал с которого подается на управляющий блок, либо сигналом от таймера) включается режим "Фильтрация и промывка".

**Фильтрация и промывка** (рис.10.1.13, б).

По оси цилиндра сетки находится полый цилиндр сканера (5) Сканер приводится в движение или с помощью гидротурбины (7) (вращение вокруг оси) и гидроцилиндра (8) (поступательное перемещение вдоль оси) или с помощью электрического привода с червячным валом.(в зависимости от модификации фильтра).

Перпендикулярно цилиндру сканера расположены полые форсунки (6). Сопла (10) этих форсунок расположены в непосредственной близости к поверхности сетки (4), но не касаются ее. Полость форсунки через корпус сканера сообщается с портом отбора шлама. Сканер вращается вокруг своей оси и перемещается вдоль ее (показано зелеными стрелками). При таком движении сопла форсунок двигаются по спирали в непосредственной близости от сетки последовательно над всей ее поверхностью. Проекция площади форсунки на сетку образует фокусированную зону очистки.

Одновременно с началом вращательно-поступательного движения сканера открывается клапан (3), что приводит к началу движения жидкости от сопла сканера (10), через форсунку (6), через корпус сканера (5) в порт отбора шлама (11). Жидкость движется через систему очистки в силу того, что в фильтре существует давление исходной жидкости (P), т.е. давление в

рабочем трубопроводе, а порт сброса шлама открыт в атмосферу (Атм) - в канализацию, коллектор и т.п. Движение шлама показано голубыми стрелками

Сопла форсунок сканера фактически находятся с слое накопившихся загрязнений (рис.10.1.13, "А"). Жидкость, которая устремляется в сопло форсунки сканера подхватывает и выносит в шламопровод загрязнения (9) последовательно очищая при этом сетку. Т.к. диаметр порта отбора шлама существенно меньше диаметра рабочего трубопровода, то расход жидкости через систему очистки не препятствует процессу фильтрации, а фильтр в процессе автоматической очистки продолжает фильтровать жидкость и поставлять ее потребителю. При этом незначительно увеличивается подача жидкости на вход фильтра, но не уменьшается ее отбор из порта (2).

Важная особенность технологии - отсутствие механического контакта сопла очищающей форсунки с поверхностью сетки, т.е. отсутствие износа как сетки, так и сканера.

Длительность фазы фильтрации в сетчатом фильтре составляет - 1-12 часов (в зависимости от загрязненности исходной жидкости). Длительность фазы промывки - 10-60 секунд.

Основным преимуществом данной конструкции сетчатого фильтра со сканером является возможность непрерывной очистки сетки при непрерывной фильтрации воды в случае очень высоких уровней загрязнений.

В модификациях сеточных фильтров «YAMIT» с ручным управлением, которые предназначены для очистки сравнительно не больших объемов воды (от 2,7 до 350 м<sup>3</sup>/ч), промывка (очистка) сетчатого фильтра производится с извлечением фильтрующего элемента и очистку его поверхности струей воды или с помощью щетки.

Для очистки небольших объемов воды от 1-2 до 50-90 м<sup>3</sup>/ч могут использоваться сетчатые фильтры фирм «Honeywell» и для больших объемов воды ( до 4500 м<sup>3</sup>/ч) фирмы «TEKLEEN» (рис.10.1.14). Отличительной особенностью которых является полностью автоматическая, самопромывная системы фильтрации, использующая малое количество воды для промывки не прерывая при этом основной поток. Фильтры рассчитаны на давление до 10.3 бар и температуру до 93 °С. Подобные характеристики присущи многим конструкциям сетчатых фильтров, предназначенных для осветления воды (рис.10.1.15, 10.1.16).



Рис.10.1.14. Сетчатые фильтры фирм «Honeywell» и «TEKLEEN».



[ecodoma.ru](http://ecodoma.ru)

Рис.10.1.15. Стальные фильтры AMIAD STEEL FILTERS для расходов от 25- до 80 м<sup>3</sup>/ч и от 80 до 1000 м<sup>3</sup>/час.



ecodoma.ru

Рис.10.1.16. Установка механической очистки воды с фильтрами AMIAD.

Табл.10.1.1

Классификация ячеек сеток и частиц взвеси, способных на них задержаться

Количество ячеек в 1 см <sup>2</sup> сетки	Эквивалентный диаметр отверстий, мкм	Частицы	Эквивалентный диаметр частиц, мкм
16	1180	Крупнозернистый песок	1000
20	850	Среднезернистый песок	250-500
30	600	Мелкозернистый песок	50-250
40	425	Ил	2-50
100	150	Глина	2
140	106	Бактерии	0,4-2
170	90	Вирусы	0,4
200	75	Вирусы	<0,4
270	53	Вирусы	<0,4
400	38	Вирусы	<0,4

При выборе типа сетчатых фильтров можно ориентироваться на следующие характеристики ячеек сетки (табл.10.1.1) (5).

Дисковые фильтры, по сравнению с традиционными сетчатыми фильтрами, имеют повышенную грязеемкость, высокую производительность, а также легко промываются (вручную или автоматически) и при этом полностью восстанавливают свою фильтрующую способность (рис.10.1.17).



[pw-izhevsk.ru](http://pw-izhevsk.ru)

Рис.10.1.17. Дисковые фильтры Azud.

Фильтры Azud линейки модельного ряда Helix представляют собой оборудование для автоматической фильтрации воды или технических жидкостей с наличием механических осадочных частиц (песка, иловых включений, коллоидных загрязнений), а также при необходимости предварительной фильтрации.

Системы дисковых фильтров состоят из компоновки нескольких дисков, выполненных из усиленного полипропилена. Поверхность каждого из них представляет собой совокупность диагонально нанесенных полосок с заданными трапецидальными параметрами глубины и ширины,

благодаря чему обеспечивается максимальная фильтрующая способность для использования в конкретных условиях с достижением оптимальной точности и высокой тонкости очистки (рис.10.1.18)

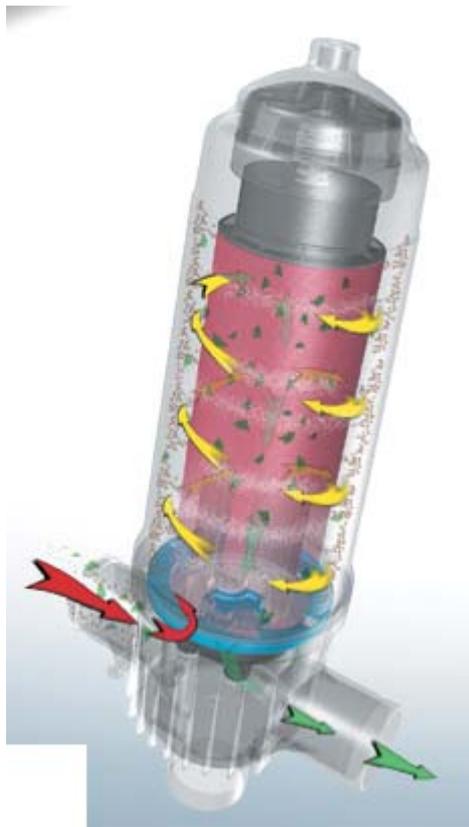


[prom-water.ru](http://prom-water.ru)

Рис.10.1.18. Конструкция дисковых элементов фильтра.

Очистка жидкостей от примесей в дисковом фильтре условно подразделена на 2 этапа:

1. **Фильтрация.** Поданная во входной коллектор вода пропускается через дисковые фильтры Azud, которые первоначально находятся в максимально сжатом положении. В результате циклонного ускорения с центрифуговым принципом работы все крупные частицы гравитационно отсеиваются на внутреннюю часть корпуса и остаются снаружи дисков. Вода свободно перемещается сквозь технологические отверстия внутрь фильтра (рис.10.1.19).



hydra.ru

Рис.10.1.19. Принципиальная схема работы дискового фильтра.

2. **Промывка.** В результате переключения трехходовых клапанов вода диаметрально изменяет направление и через выходной коллектор путем гидравлического открытия блокировочной пружины, которая сжимает диски, попадает внутрь дискового картриджа. Вода заполняет освобожденное пространство, очищает разжавшиеся диски и переходит во входной коллектор. С окончанием данного цикла, очищенная вода поступает в систему дальнейшей очистки воды.

Дисковые фильтры Azud отличаются следующими приоритетными особенностями:

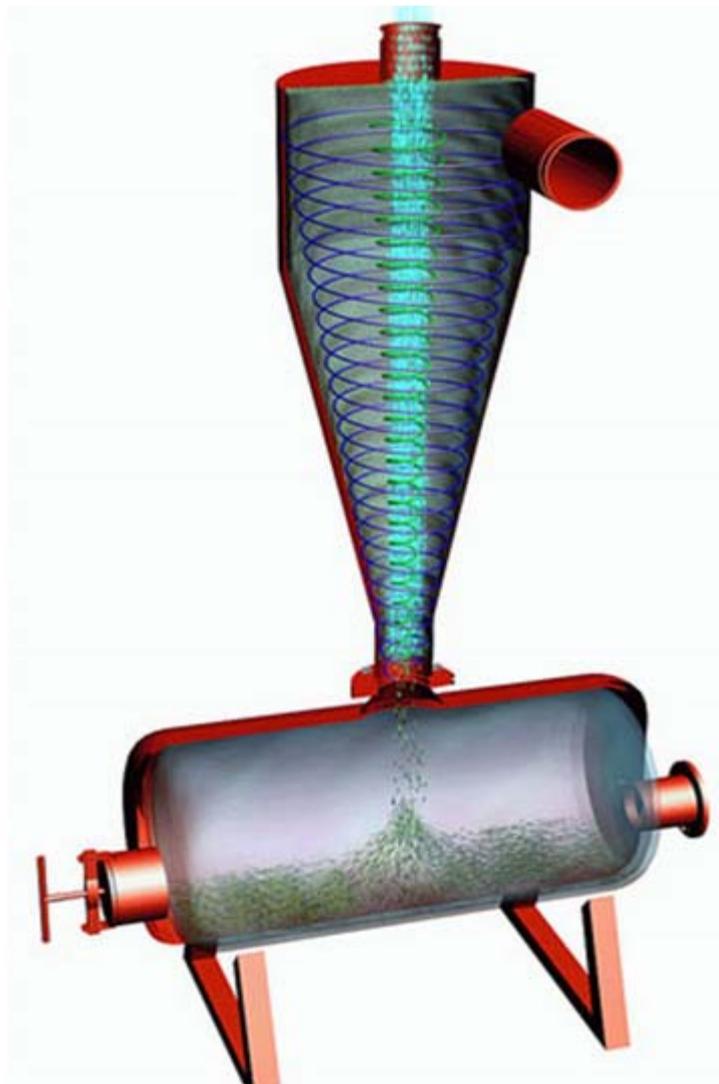
- большая вариативность производительности в зависимости от модели (от 5 до 10000 м<sup>3</sup>/ч);
- оптимальные параметры тонкости фильтрации (от 5 до 500 микрон);
- быстрая установка и простота эксплуатации;
- минимизация необходимости сервисного обслуживания, благодаря высокому качеству исполнения;
- компактность и универсальность;
- устойчивость к реагентам.

Серия Helix позволяет создать модульные системы полностью адаптированные к взаимодействию с другими установками водоочистки.

Данный принцип должен соблюдаться при использовании любых систем предварительного осветления воды.

### **10.1.2. Гидроциклонные установки.**

На водозаборных узлах систем водоснабжения и орошения, на скважинах вертикального дренажа, в землесосных и пульпоподъемных установках, серьезной проблемой является очистка природных вод от наносов, содержащих минеральную взвесь с плотностью больше плотности воды. Решение этой задачи может быть достигнуто с помощью специальных конструкций гидроциклонных установок (ГЦУ), в которых за счет центробежного движения поступающей жидкости и высокой скорости движения воды внутри аппарата, более тяжелые частицы оседают на дно устройства, а отфильтрованная вода выходит через верхнюю крышку (рис.10.1.19). Гидроциклонные и гидроциклонно-фильтрационные установки (ГЦФУ) являются высокоэффективными средствами для грубой очистки воды как на всасывающей, так и на нагнетательной линиях насосов в условиях напорно-вакуумного потока. Разработанные в последние десятилетия ряд специальных конструкций таких установок позволяют объединить в одном гидравлическом блоке несколько основных технологических процессов: улавливание механических примесей (песок, илистые частицы и т.д.), сгущение пульпы, защита рабочих органов насосов от абразивного износа, отвод осадка и очищенной воды. Небольшие габариты, высокая удельная производительность таких аппаратов позволяет компактно и рационально объединять и размещать их в надфильтровом и подфильтровом пространстве фильтров, в отстойниках, осветлителях разных конструкций, в приемных отделениях береговых водосборных колодцев (5).



irrigator.net.ua

Рис.10.1.19. Принцип работы гидроциклона.



hydra.ru

Рис.10.1.20. Гидроциклонные фильтры серии фирмы Yamit E.L.I.

ГЦФУ рекомендуется применять для предварительной очистки хозяйственно-питьевой воды; технической воды, подаваемой на охлаждение опор (подшипников) крупных насосных агрегатов; для мойки мелиоративной, дорожной и сельскохозяйственной техники; поливной воды систем орошения, и при работе различного вида форсунок, требующих высокой степени очистки воды. В основе конструкции ГЦФУ положено объединение в одном комплексе гравитационного выделения минеральных примесей под действием центробежных сил с последующей фильтрации через сменные фильтры (рис.10.1.21).



nwr.ru

1)

2)

Рис.10.1.21. Патронные фильтры серий «ХИФ» (HIF) и «УРАГАН» (HUR) фирмы HARMSCO (США).

1) фильтры; 2) патронные фильтры.

Фильтры серии «ХИФ» представляют собой классические патронные фильтры с различным количеством одновременно используемых стандартных фильтрующих элементов - от 7 до 200 штук в зависимости от модели фильтра.

В этих фильтрах могут применяться сменные элементы на основе полиэфира (polyester) серии 801 и полипропилена серии РР с размером пор элементов от 0,2 до 100 мкм, порошкообразного активированного угля серий НАС и СТО, сетки из нержавеющей стали с размером ячеек 80 мкм серии АС-80. Фильтры серии «УРАГАН» представляют собой напорные гидроциклоны, совмещенные с патронными фильтрами. В этих фильтрах применяются специальные сменные элементы на основе гофрированного полотна из полиэфира с площадью поверхности от 3,7 до 15,8 м<sup>2</sup> и размером пор от 0,35 до 150 мкм.

Исходная вода, входя тангенциально внутрь корпуса фильтра серии «УРАГАН», сначала освобождается от крупной взвеси, оседающей в его нижней части и выводимой из нее через дренажный патрубок периодически или непрерывно. В центре аппарата находится фильтрующий элемент, на котором затем происходит удаление из воды тонкодисперсной взвеси. Такая конструкция обеспечивает высокое качество очищенной воды с одновременным увеличением продолжительности фильтроцикла. Фильтры серии «УРАГАН» выпускаются трех типоразмеров, в каждом из которых используется один сменный элемент серии НС определенного размера.

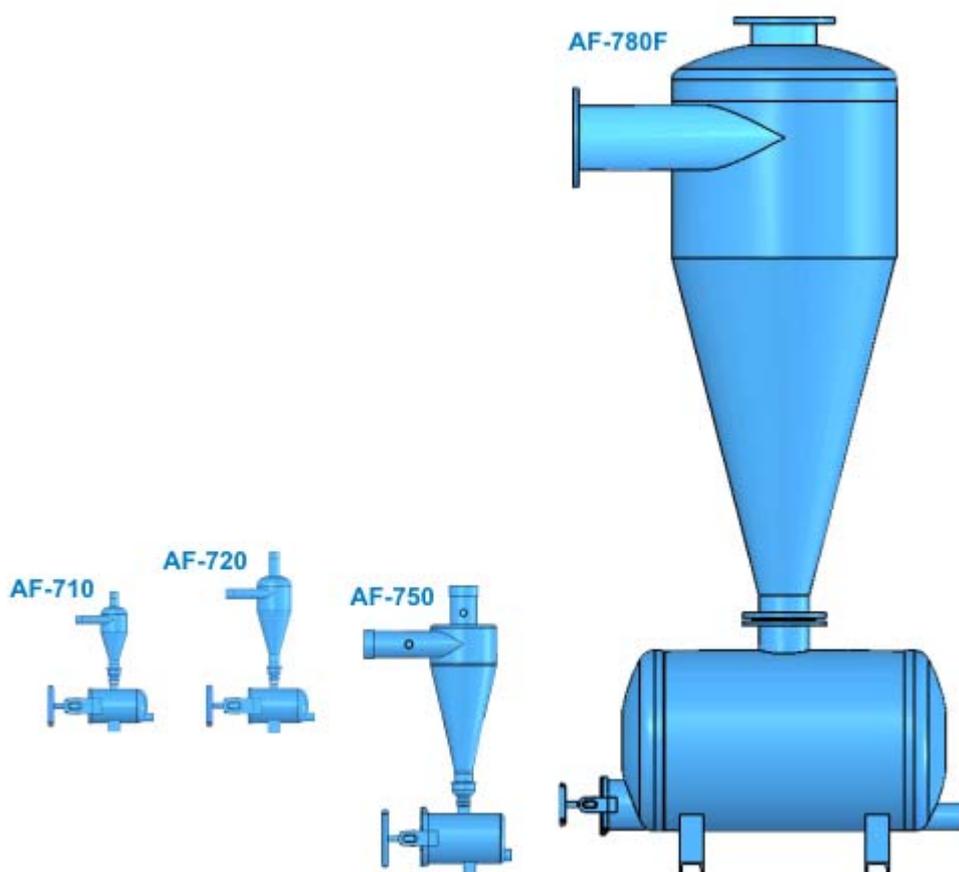
Все сменные элементы, используемые в фильтрах серий «ХИФ» и «УРАГАН», могут использоваться многократно после промывки водой, слабыми растворами кислоты или щелочи, а также продувки воздухом. Максимальное давление воды, обрабатываемой на фильтрах серий «ХИФ» и «УРАГАН», не должно превышать 10 кг/см<sup>2</sup>.

Выбор конструктивных параметров, определение месторасположения и методика гидравлического расчета гидроциклонных установок зависит от назначения, требований практики, технологии производства очистки, способа выноса и транспортировки осадка.

Гидроциклонный способ водоочистки позволяет все операции - стратификацию двухфазного потока, сгущение пульпы, удаление осадка и подачу осветленной воды - объединить в единый моногидроблок или в схему «замкнутая гидролиния».

Целый ряд фирм выпускает широкий спектр гидроциклонов рассчитанных на различный эффект выделения из воды механических примесей. Гидроциклонные аппараты серии А-700 фирмы Yamit E.L.I.. предназначенные для первичной очистки воды в промышленности и сельском хозяйстве рассчитаны на производительность от 2,5 до 370 м<sup>3</sup>/ч

(рис.10.1.22).



yamit-f.biz

Рис.10.1.22. Гидроциклоны фирмы Yamit E.L.I.

В целях повышения эксплуатационного ресурса корпуса аппаратов покрыты комбинированным эпоксидно-полиэфирным покрытием толщиной 150 мкм, нанесенным электростатическим способом и прошедшим термическую обработку. Возможна также горячая гальванизация толщиной 100 мкм. Максимальное рабочее давление до 8 бар.

### **10.1.2. Сооружения для безреагентного отстаивания воды.**

Одним из наиболее рациональных сооружений комплексного назначения, включая предварительное отстаивание речных высокомутных вод являются водоприемные ковши и подводящие каналы от головного

источника водоснабжения до очистной станции. При благоприятных рельефных и климатических условиях в составе водозаборно-очистного комплекса целесообразно устройство запасно-регулирующих бассейнов (водоемов), располагаемых непосредственно возле водотока в районе головного водозабора. Обеспечивая в них наполнение и хранение до 30-45 суток объемов воды, такие сооружения используют для комбинированной физико-химической и природной биологической эффективной предочистки воды (5).

В подводных каналах при соответствующем обосновании, в частности, при необходимости удаления из очищенных вод ингредиентов антропогенного происхождения, экономически и технологически обоснованно высаживать высшие водные растения (тростник, рогозник узколистный и др.) и оборудовать наплавными биоконтейнерами. Однако, при этом должны обязательно осуществляться мероприятия по своевременному удалению из каналов отмерших и исчерпавших свою биосорбционную емкость насаждений. Вторым важным условием эксплуатации сооружений является поддержание в них требуемого кислородного режима и прочистки заиливаемых участков (5).

Наибольшее применение в практике водоснабжения и гидротехнике находят ковшевые водоприемники, выполняющие одновременно функции сооружений для предочистки и средств борьбы с шуголедовыми помехами. Различают ковши с верховым, низовым и двухсторонним входом воды из водотока. Опыт работы ковшов-отстойников показывает, что при условии соблюдения требований к их эксплуатации удается достичь 70-80% эффекта удаления из воды взвесей и фитопланктона (5).

Для использования данной технологии необходима разработка мероприятий по очистке ковша от донных отложений и условий их проведения с целью недопущения разложения органической составляющей отложений, которая может являться вторичным загрязнением антропогенного характера. Проведение работ по очистке ковша не должно влиять на качество забираемой воды и весь комплекс эксплуатационных мероприятий должен быть экологически безопасен.

Одним из эффективных комплексных методов забора и улучшения качества исходной воды является устройство прибрежных (наливных) водохранилищ для осветления воды из загрязненных рек и каналов, подверженных периодическим залповым сбросам в них загрязнений. Этот метод широко распространен в ряде стран Европы. Так, в Нидерландах воду из р. Рейн перед очистными сооружениями сначала направляют в наливные водохранилища для отстаивания от 7 до 260 суток. В крупных городах (Амстердам, Антверпен, Роттердам) на водопроводах производительностью от 100 до 600 тыс. м<sup>3</sup>/сутки такие водохранилища позволяют исключить

водоотбор из рек в периоды их случайного аварийного загрязнения. Они обеспечивают стабильное водоснабжение при низких уровнях и расходах воды в источниках, улучшая качество исходной воды. Значительный запас воды в водохранилищах позволяет отключить любое из них для регулярной очистки земснарядами или ремонта, а также более строго подходить к качеству воды, используемой для их заполнения. В периоды паводка, повышенного содержания в воде аммонийного азота, планктона и других токсичных компонентов отбор воды из реки не осуществляется (5).

Процессы бактериального самоочищения в водохранилищах замедляются при температуре воды в них ниже  $+6...+8^{\circ}\text{C}$ . Поэтому на практике увеличивают объем водохранилищ и время пребывания воды в них до такой степени, чтобы определенный период пребывания там воды обязательно приходился на теплое время года. Интенсификация очистки воды в наливных водохранилищах осуществляется повышением эффективности процессов биологического самоочищения за счет сокращения времени пребывания воды в них до 3 суток и озонированием дозой 0,8 мг/л летом и 1,5 мг/л - зимой. Это приводит к частичной деструкции растворенной в воде органики, и ускоряется ее биоразлагаемость. Даже малое время пребывания речной воды в водохранилищах обеспечивает очистку по мутности на 50...60 %, аммонийному азоту на 60 %, перманганатной окисляемости на 40 %, количеству патогенных бактерий на 90 % (5).

Недостатком наливных водохранилищ является необходимость больших площадей под их строительство, а также затруднения в организации защиты воды в них от загрязнений воды, при аварийных выбросах загрязненного воздуха вблизи водохранилища. Сложно, также создать водохранилище в густо населенных промышленно развитых районах.

В зависимости от соотношения расчетных расходов воды в водотоке (реке, канале) и воды, отбираемой в наливные водоемы (водохранилища), а также суточного отбора воды из водоемов водозаборные сооружения могут быть приплотинными и отдельно расположенными на берегах водохранилищ.

При благоприятных климатических условиях и соблюдении экологической безопасности длительное пребывание речной воды в водохранилищах даже без применения реагентов радикально улучшает ее качество. Например, значительно снижается содержания ионов аммония, при его наличии в исходной воде до 3...4 мг/л. Это обеспечивается прохождением в водохранилищах биологических процессов окисления соединений азота (5).

За время пребывания в водохранилищах происходит также значительное удаление из воды нерастворимых осадков свинца, кадмия, железа и марганца. Отмечается удаление из воды взвешенных веществ, меди, ртути и хрома, 5... 10 кратное снижение концентрации нефтепродуктов,

почти полное (99,8 %) удаление фекальных коли-бактерий, 98 % снижение общего бактериального загрязнения и 40.. 50 % снижение ООУ по ХПК и окисляемости. Как показывают газо-хромато-графические массо-спектрометрические анализы, пребывание воды в водохранилищах значительно уменьшает ее микрозагрязнение различными группами органических веществ естественного и синтетического происхождения. По-видимому, это происходит в результате протекания процессов испарения (летучих), адсорбции и соосаждения, а также биоразложения (5).

Достижимое в водохранилищах довольно глубокое удаление большинства из находившихся в воде синтетических органических веществ (многие из которых образуют при хлорировании воды хлорорганические вещества и другие токсичные соединения), аммонийного азота, существенно облегчает и удешевляет последующую очистку воды, сокращает расход реагентов на получение высококачественной питьевой воды.

Нередко небольшие по объему (до 0,05-0,1 км<sup>3</sup>) наливные водоемы и водохранилища являются звеном единого водохозяйственного комплекса, в которые помимо водоемов входят участки рек, магистральные оросительные каналы и водоводы (5).

### **10.1.3. Водозаборно-очистные сооружения.**

Для технического, полевого, пастбищного водоснабжения и орошения требуются значительные количества частично осветленной воды. Подготовка поверхностных вод для этих целей на традиционных очистных сооружениях требует существенных капитальных и эксплуатационных затрат. Сетчатые водоприемники и гидроциклоны не решают в достаточной мере эффективно задачу осветления воды непосредственно у водозабора и проблему рыбозащиты.

Под руководством д.т.н. М.П.Журбы были разработаны и внедрены сооружения, предназначенные для забора и предварительной очистки поверхностных вод, в которых широко использованы фильтрующие легкие гранулированные материалы. К таким сооружениям относятся оголовки русловых водозаборов, выполненных в виде железобетонных колодцев, боковые стенки которых имеют по периметру входные окна. Внутри короба вставлен каркас из металлических стержней, заполненный крупными гранулами вспененного полистирола или шунгизита с диаметром частиц 4...8 мм. Вода, поступающая через водоприемные окна, проходит сначала грубую очистку и только после этого достигает уровня оси всасывающего патрубка насосного агрегата. Промывка фильтрующего слоя осуществляется обратным

током воды от напорного трубопровода при выключении насоса. Рекомендуемая интенсивность промывки до  $35 \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$  при данном гранулометрическом составе позволяет, при конструировании оголовков, не учитывать дополнительную высоту на расширение фильтрующего слоя при промывке (рис.10.1.23) (5).

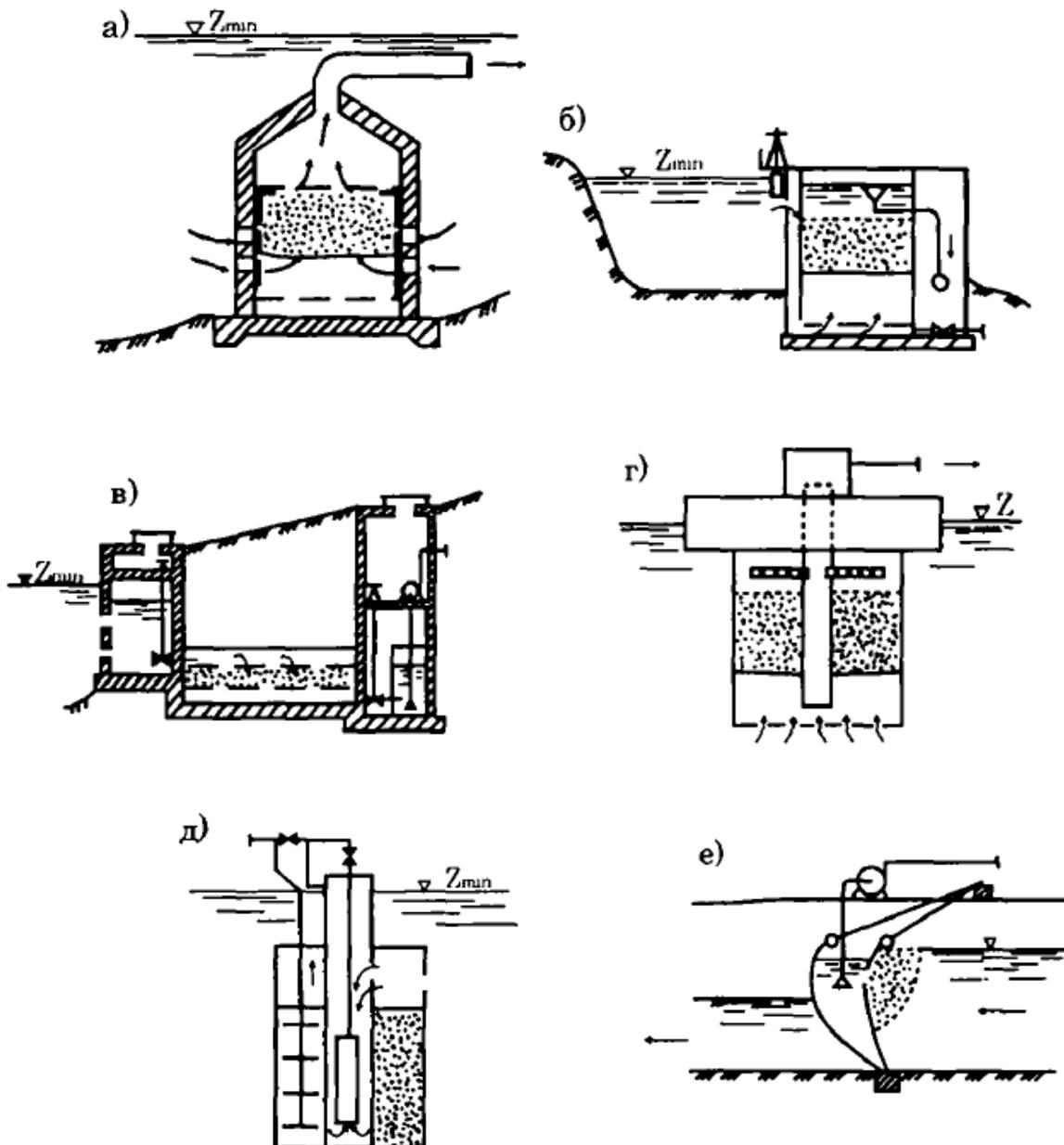


Рис.10.1.23. Конструктивные схемы водозаборно-очистных сооружений с пенополистирольной загрузкой.

а) - русловой растробный фильтрующий оголовок; б) - водозабор-фильтр из каналов; в) - трубчатый фильтр; г) - насосно-фильтровальный плавающий агрегат; д) - улитковый насосно-фильтровальный агрегат; е) - водозаборно-очистное устройство совмещенное с гибкой мягкой плотиной.

К специфическим особенностям проектирования водозаборно-очистных сооружений руслового типа относятся (5):

- назначение их конструктивных (габаритных) размеров в зависимости от гидрологических условий, обеспечения требуемых расходов воды и требуемой степени ее очистки;
- взаимосвязь напорно-расходных характеристик блоков водоочистки, всасывающих или самотечных трубопроводов и насосов первого подъема;
- учет режимов фильтрования, параметров фильтрующего слоя и определения продолжительности фильтрования и промывки загрузки;
- расчет эжекторных промывных устройств с учетом свойств вспененных гранул пенополистирола.

Технологическая схема водозабора, включающая водоприемник, колодец и насосную станцию, выбирается по требуемому расходу воды, по надежности подачи воды, гидрологической характеристике водоисточника, особенностям местных условий строительства сооружений, требований санитарной инспекции и рыбоохраны, с учетом управления водного транспорта и водоохраны, прогнозируемому изменению производительности водозабора. С приданием ему дополнительно функций очистки воды технология водоприема должна предусматривать соблюдение условий поочередных режимов работы фильтрования и промывки фильтрующих слоев (5).

#### **10.1.4. Медленные фильтры.**

Основным техническим процессом глубокого безреагентного осветления природных поверхностных вод является их медленное ( $V = 0,1-0,3$  м/ч) фильтрование через мелкозернистый песок.

При таком режиме работы сооружения практически все взвешенные коллоидные частицы примесей и даже бактерии задерживаются в 2-3-сантиметровом поверхностном слое, преобразующемся со временем в биологически активную фильтрующую среду. С продолжительностью фильтрования в этой среде развиваются биологические и химические процессы, благодаря которым эффект очистки постепенно повышается.

Медленные фильтры можно применять для безреагентной очистки мутной ( $M < 1500$  мг/л), малоцветной ( $Ц < 50$  град) воды до питьевого качества. Медленные фильтры представляют собой железобетонные или кирпичные резервуары шириной до 6 м (при большей ширине фильтр

разделяется на секции шириной до 6 м) и длиной до 60 м, открытые (в районах с теплым климатом) или закрытые, заполненные мелким кварцевым песком, уложенным на гравийные поддерживающие слои с соответствующей дренажной системой. Вода слоем 1,2–1,5 м над фильтрующей загрузкой процеживается со скоростью 0,1–0,3 м/ч до момента достижения предельных потерь напора, после чего производится регенерация загрузки.

Механическая регенерация загрузки путем периодического срезания верхнего слоя песка толщиной 15–20 мм целесообразна при мутности воды до 50 мг/л и производительности станции водоподготовки не более 1000 м<sup>3</sup>/сут. Слой зернистого материала пополняется через каждые 10–15 циклов регенерации, для чего используют отмытый от загрязнений ранее использованный или свежий песок.

Гидравлическая регенерация загрузки осуществляется механическим или гидравлическим разрыхлением ее поверхностного слоя и смывом загрязнений потоком воды. Фильтры с гидравлической регенерацией рекомендуются на станциях производительностью до 30000 м<sup>3</sup>/сут и мутностью воды до 700 мг/л. При большей мутности перед медленными фильтрами следует предусматривать микрофильтры или префильтры для предварительного частичного осветления воды.

Загрузка медленных фильтров из мелкозернистого песка и гравийные поддерживающие слои принимаются в соответствии с табл. 10.1.2.

Табл.10.1.2

Фильтрующая загрузка медленных фильтров

Номер слоя сверху вниз	Загрузочный материал	Крупность зерен, мм	Высота слоя загрузки, мм
1	Песок	0,3–1,0	500
2	То же	1,0–2,0	50
3	– « –	2,0–5,0	50
4	Гравий или щебень	5,0–10,0	50
5	То же	10,0–20,0	50
6	– « –	20,0–40,0	50

Дренаж медленных фильтров может выполняться из перфорированных труб, кирпича, бетонных плиток или кубиков, уложенных с прозорами. Рекомендуются также пористые керамические, полимербетонные и бетонные плиты. В фильтрах с площадью менее 15 м<sup>2</sup> вместо дренажа в дне устраивают лоток.

Основная область применения медленных фильтров – сооружения небольшой производительности, как правило в сельской местности в теплых климатических зонах.

### **10.1.5. Критерии применимости НДТ при безреагентной очистки воды.**

Основным направлением в технологиях безреагентной очистки воды является повышение эффективности предварительного осветления воды на водозаборах и очистных сооружениях за счет использования конструкций фильтров, которые позволяют, в первую очередь, полностью автоматизировать эксплуатацию водозаборов. Ручное обслуживание сеток тонкой очистки, как второй ступени механического осветления воды после решеток грубой очистки, должно предусматриваться только на водозаборах малой производительности. Подобное допущение ручного обслуживания должно рассматриваться с позиции осуществления в дальнейшем модернизации водозабора и перевод его в автоматический режим эксплуатации.

Рассмотренные выше аппараты и методы осветления воды показывают, что также, как и при выборе источника водоснабжения, для внедрения НДТ на водозаборах и сооружениях очистки воды необходимо выстроить всю технологическую цепочку водоподготовки. Это позволит объективно, в увязки с работой других ступеней очистки воды, произвести технико-экономический анализ принимаемых технических и технологических решений.

Большое разнообразие конструкций аппаратов позволяет осуществлять их выбор не только по типовым размерам выпускаемого оборудования, но и под заказ, применительно к размерам строительных конструкций сооружений. Использование, к примеру конструкций дисковых фильтров, дает возможность локализовать потоки от промывки фильтров и отводить их в водный объект (за пределы СЗЗ) без очистки если они размещаются вблизи от него. Данное решение позволяет сократить затраты на утилизацию промывных потоков.

Применение метода предварительного отстаивания воды в ковшевых водозаборах и водохранилищ необходимо рассматривать с учетом затрат по очистке донных отложений. Без надлежащей эксплуатации и своевременного удаления накопившегося осадка, в нем могут происходить процессы гниения, которые будут являться источником вторичных загрязнений биологического характера. Выбор типа водозабора должен обязательно сопровождаться

экологической и технико-экономической оценкой эксплуатационных мероприятий. При устройстве водохранилищ наряду с решением вопросов бесперебойного водоснабжения потребителя необходимо проводить оценку геологических и гидрологических условий в месте расположения водохранилища и прилегающей территории в пределах водораздельной зоны.

Направление на индустриализацию технологических решений и методов при предварительном осветлении воды является приоритетным. Обзор современных технологий и оборудования показывает возможность использования их практически на любом типе сооружений водозаборов и очистке воды.

## 10.2. Виды реагентов применяемых при очистке воды.

В процессах обработки воды применяется большое количество реагентов и материалов: соли, кислоты, щелочи, сорбенты. Реагенты поставляются в твердом, жидком или газообразном состоянии. От свойств реагента зависят условия его хранения и подготовки к дозированию в воду. Основные характеристики наиболее часто применяемых реагентов приведены в табл.10.2.1 (5).

Табл.10.2.1.

Реагенты	Химическая формула основного вещества	ГОСТы и нормативные документы	Насыпная масса, т/м <sup>3</sup>	Назначение при обработке воды
1	2	3	4	5
Алюминий сернокислый технический очищенный (сульфат алюминия, гидрат)	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$ $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	ГОСТ 12966-85	1,1...1,4	Коагуляция примесей воды при осветлении и обесцвечивании воды
Оксихлорид алюминия ("Аурат")	$[Al_2(OH)_5Cl] \cdot 6H_2O$	-	1,1	То же

Хлорное железо (хлорид железа (III))	$\text{FeCl}_3$	-	1,5	То же, особенно целесообразно при низких температурах вод
Сернокислое окисное железо (сульфат железа (III), гидрат)	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	ВТУУХКП 52-80	0,96	То же
Железный купорос технический (сульфат железа (II), гидрат)	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	-	1,15	То же, применяется при известковом и известково-содовом умягчении воды
Стекло натриево-жидкое (метасиликат натрия технический)	$\text{Na}_2\text{SiO}_3$	ГОСТ 13078-81* ГОСТ 13079-81	1,43...1,55	После активации в качестве флокулянта
Полиакриламид технический	Сополимер амида и солей акриловой кислоты	СТУ 120221-84 ВТУ 70401-86	-	Флокуляция для интенсификации хлопьеобразования
Хлор жидкий	$\text{Cl}_2$	ГОСТ 6718-88*	1,41	Хлорирование воды для обеззараживания и интенсификации процессов ее осветления и обесцвечивания
Хлорная известь	$\text{CaOCl}_2$	ГОСТ 1692-85*	1,2	Хлорирование воды для обеззараживания и интенсификации

				процессов ее осветления и обесцвечивания
Гипохлорит натрия	$\text{NaClO}$	ГОСТ 11086-86*	Раствор	То же
Тиосульфат натрия (тиосульфат натрия, гидрат)	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	ГОСТ 11086-86*	1,0	Дехлорирован ие воды
Сернистый ангидрид жидкий технический (оксид серы (IV))	$\text{SO}_2$	ГОСТ 2918-89*	1,38	То же
Сульфит натрия (сульфит натрия, гидрат)	$\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	ГОСТ 903-86*	1,5	То же
Уголь активный марки: ОУ, сухой БАУ (древесный) КАД йодный рекуперационный	-	ГОСТ 4453-84* ГОСТ 6217-84* МРТУ 601611-83 ГОСТ 8703-84*	0,22 0,22 0,22 0,22	То же, устранение привкусов и запахов, придаваемых воде органическими веществами То же
Марганцово кислый калий технический (перманганат калия)	$\text{KMnO}_4$	-	1,36	Устранение привкусов и запахов воды

Медный купорос (сульфат меди)	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	ГОСТ 19347-84Е	1,18	Устранение цветения воды в водоемах, биологического обрастания и развития водорослей
Аммиак жидкий синтетический	$\text{NH}_3$	ГОСТ 6221-82*Е	0,61	Аммоиизация воды
Аммиак водный	$\text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{OH}$	ГОСТ 3760-89*	0,91	Тоже
Сульфат аммония	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	ГОСТ 10873- 83*	1,03	Тоже
Аммоний хлористый (аммоний хлорид)	$\text{NH}_4\text{Cl}$	ГОСТ 3769-89* ГОСТ 2210- 83*Е	0,48	Аммоний-натрий-катионирование
Известь строительная, воздушная кальцинированная (оксид кальция)	$\text{CaO}$	ГОСТ 9179-87	1,0	Подщелачивание воды, устранение карбонатной и магниальной жесткости воды
Едкий натр технический (гидроксид натрия)	$\text{NaOH}$			Подщелачивание воды
Сода капаионированная техническая (карбонат натрия)	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	ГОСТ 2263-89* ГОСТ 5100-85Е ГОСТ 10689- 85*	1,5 0,9...1, 2	Регенерация анионитовых фильтров Подщелачивание воды Устранение некарбонатной жесткости

Кислота серная техническая	$H_2SO_4$	ГОСТ 2184-87*	1,84	Стабилизационная обработка воды
Кислота соляная техническая	HCl	ГОСТ 857-88* ТУ 601-1194-89	1,2	Регенерация Н-катионитовых фильтров То же
Тринатрий-фосфат технический (орто-фосфат натрия, гидрат)	$Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$	ГОСТ 201-86*Е	0,80	Стабилизационная обработка воды Доумягчение воды перед котельными установками
Гексамета-фосфат натрия технический	$(NaPO_3)_6$	МРТУ 6085-84	1,26	Стабилизационная обработка воды
Натрий Кремне-фтористый технический (кремнефторид натрия)	$Na_2SiF_6$	ТУ 14/0769-84	1,5	Предотвращение выпадения осадка гидроксида железа Фторирование воды
Натрий фтористый технический (фторид натрия)	NaF	-	0,95... 1,0	То же
Аммоний кремнефтористый технический (кремнефто-	$Na_2SiF_6$	ОСТ 608-2-85	1,0	То же

рид аммония)				
Аммоний фтористый (фторид аммония)	$\text{NH}_4\text{F}$	ЦМРТУ 3437-83	1,0	То же
Оксид алюминия активный	$\text{Al}_2\text{O}_3$	ГОСТ 8136-85	0,4...0,75	Обесфторивание воды

Примечание:

1. Для жидких веществ плотность приводится в т/м<sup>3</sup>.
2. Насыпная масса сухого (в числителе) и набухшего (в знаменателе) вещества.

Выбор реагентов определяется принятой технологией водоочистки, качеством исходной воды и требованиями к степени ее очистки. Расчетные дозы реагентов по их активной части устанавливаются в зависимости от качества обрабатываемой воды с учетом допустимых их количеств в очищенной воде. В процессе эксплуатации сооружений дозы реагентов должны уточняться для каждого периода колебаний качества воды.

Для интенсивности процессов хлопьеобразования помимо ПАА в последнее время применяется флокулянт Праестол в различных модификациях, а также целый ряд флокулянтов, характеристики которых приведены в табл.10.2.2 (5).

Табл.10.2.2.

Флокулянт	Тип флокулянта	Товарный вид	Содержание ионогенных групп, %	Обменная емкость, мг-экв/г
Полимеры акриламида серии АК 636:				
К 1020	Слабокатионный	Порошок	18-22	1,44
К 555	Сильнокатионный	Порошок	50-55	3,4
К 580	Сильнокатионный	Порошок	75-80	4,0

Полимеры акри ламида серии АК 631: А 930 А 1510 Н 150	Среднеанионный Слабоаниоинный Неионный	Порошок Порошок Порошок	20-30 5-10 3	
Флокатор 100	Сильнокатионный	Гель 50%	100	4,1
Флокатор 200	Сильнокатионный	Гель 50%	100	
Флокатор 109	Сильнокатионный	Гель 50%		
ВПК 101	Сильнокатионный	Жидкость 25%	100	4,5
ВПК 402	Сильнокатионный	Жидкость 25%	100	
Полиакрил-амид	Слабоанионный	Гель 8%	6-8	

В настоящее время предлагаются к применению новые типы эффективных реагентов (коагулянтов и флокулянтов) отечественного и зарубежного производства, в том числе оксихлорид алюминия (ОХА), выпускаемый различными производителями; основной сульфат алюминия (ОСА), флокулянт ВПК-402, коагулянты и флокулянты производства США, Германии, Финляндии и многие другие.

В связи с расширенным ассортиментом реагентов, предложенных к использованию, целесообразно на каждом объекте на основании сравнения различных коагулянтов и флокулянтов с традиционными сульфат алюминия и ПАА осуществить выбор наиболее эффективных реагентов для данных условий.

Оптимальный подбор реагентов позволит наряду с существенным повышением эффективности процесса коагуляции улучшить также качество питьевой воды.

### **10.3. Основное оборудование для хранения, приготовления и дозирования реагентов.**

Современные технологии очистки воды с использованием методов химической обработки воды, постепенно утрачивает свой эмпирический

характер, превращаясь в прикладную физическую химию. Физико-химические методы широко используются в технологических анализах и контрольно-измерительной аппаратуре. Применение их для производственного контроля позволило автоматизировать многие химико-технологические процессы. Это в значительной степени относится к процессам обработки воды, где вопросы качества очистки воды играют доминирующую роль. Следует особо подчеркнуть специфику таких процессов. Как правило, концентрации отдельных ингредиентов в природных водах невелики и выражаются в миллиграммах и даже в долях миллиграмма на литр, количество добавляемых при обработке воды реагентов того же порядка. Поэтому контрольно-измерительная и регулирующая аппаратура должна обеспечивать определение этих малых количеств, а также возможность варьирования их при дозировании и смешении реагентов с водой.

Поэтому склады хранения реагентов, узлы приготовления и их дозирования, являются составной частью водоочистной станции под общим названием - реагентное хозяйство. Все элементы реагентного хозяйства обустраиваются и проектируются в соответствии с действующими нормами и правилами.

Основными типами реагентных хозяйств и узлов хранения и приготовления реагентов на сооружениях очистки воды являются:

- реагентное хозяйство с сухим хранением реагента (сернокислого алюминия);
- реагентное хозяйство с мокрым хранением реагента (сернокислого алюминия);
- узел хранения концентрированного раствора коагулянта;
- узел приготовления известкового молока из извести-пушонки или быстрогасящейся комовой извести-кипелки;
- узел приготовления и дозирования полиакриламида;
- установки приготовления активной кремнекислоты(АК).

В удаленных районах, где имеется достаточно электрической энергии, и куда поставка реагентов затруднена, для обработки воды может применяться метод электрокоагуляции. Электрокоагуляция, основанная на растворении алюминиевых или стальных электродов для получения  $Al_3O_3$  и  $Fe_2O_3$ , позволяет значительно уменьшить общую площадь станции очистки, так как при этом отпадает необходимость в складах для хранения реагента, растворных и расходных баках. Однако, вследствие большого расхода электроэнергии этот метод обработки воды применяется преимущественно на станциях небольшой производительности.

Перед подачей на сооружения очистки воды реагенты растворяют до 4-10%-ной концентрации (рабочей концентрации), что обеспечивает

достаточную точность дозирования. Естественно, очень важна стабильная концентрация раствора. В связи с расширением поставок реагентов-отходов возможны нестабильность концентрации активной части, а также различия в скорости потери активности реагента разных поставок. Это обстоятельство выдвигает требование тщательного и регулярного измерения концентраций при поставке, хранении и дозировании реагентов. Измерения можно производить как методами химического анализа, так и косвенно (по плотности, электропроводности и т.п.).

Для дозирования сухих порошкообразных реагентов используют тарельчатые, шнековые, вибрационные, ленточные объемные и весовые дозаторы, а также питатели, применяемые в других отраслях промышленности (строительных материалов, химической и др.).

Для дозирования химических реагентов могут применяться дозаторы порционного, постоянного и пропорционального расхода. Точность дозирования химических реагентов в большой мере зависит от структуры системы регулирования и свойств составляющих ее звеньев — измерительных приборов, регуляторов и дозирующих устройств.

Аппараты для дозирования растворов реагентов подразделяются на два основных типа:

- 1) дозаторы постоянной дозы, устанавливаемые на водоочистных станциях с равномерным расходом воды;
- 2) дозаторы пропорциональной дозы, при помощи которых достигается автоматическое изменение дозы реагента при изменениях расхода обрабатываемой воды.

Оба типа дозаторов в зависимости от их конструктивного устройства могут быть напорными или безнапорными, т. е. приспособленными к дозированию реагентов либо в напорные трубопроводы, либо в безнапорные самотечные каналы.

Критериями, определяющими выбор дозатора для подачи растворов, являются точность, долговечность, производительность, коррозионная стойкость и способность развивать требуемый напор. Большинство фирм-изготовителей выпускает специальные конструкции насосов для химических соединений с сильными и менее сильными коррозионными свойствами, а также для шламов (взвесей).

Дозатор представляет собой механическое устройство для измерения количеств химических веществ и введения их в воду с заданным расходом. Жидкостные дозаторы вводят химические вещества в виде растворов или суспензий; сухие дозаторы предназначены для работы с реагентами, поставляемыми в виде гранул или порошка. Некоторые химические соединения, такие, как хлорное железо, полифосфаты и силикат натрия, должны подаваться в растворе, тогда как другие, например сернистое

железо и сульфат алюминия, - в сухом виде. Если химическое соединение малорастворимо, его можно вводить в сухом виде или в виде суспензии при условии, что раствор непрерывно перемешивается.

Сухие дозаторы подразделяются на объемные и весовые, в зависимости от того, как измеряются количества химических соединений: по объему или по весу. Объемные сухие дозаторы проще и дешевле, чем весовые, но обладают несколько меньшей точностью. В продаже имеются дозаторы с различными механизмами подачи, включающими вращающийся ролик, диск или винт, зубчатое колесо, приводной ремень, вибрационный поддон и встряхивающий бункер.

#### **10.4. Основные типы сооружений и методы реагентной очистки воды на основе НДТ.**

Методы реагентной обработки воды можно подразделить на методы интенсификации процессов осветления воды, при введении реагентов для улучшения хлопьеобразования с последующим осветлением (отстаиванием), фильтрованием и методы основанные на физико-химических процессах и мембранных технологиях.

К методам интенсификации процессов осветления воды следует отнести:

1. Обработка воды коагулянтами и флокулянтами.
2. Хлопьеобразование скоагулированных частиц в свободном или стесненном объеме.
3. Реагентное отстаивание.
4. Реагентное осветление в слое взвешенного осадка с рециркуляцией.
5. Реагентное скорое фильтрование.
6. Сорбционная доочистка в стационарном слое адсорбента.
7. Сорбция с вводом мелкогранульных или порошковых сорбентов в очищаемую воду.
8. Флотация с применением реагентов.

Методы реагентной обработки воды на основе физико-химических и мембранных технологиях следующие:

1. Реагентное умягчение.
2. Обработка хлором (гипохлоритом натрия, кальция).
3. Обработка воды озоном.
4. Обработка воды УФ-облучением.
5. Стабилизационная реагентная обработка.
6. Стабилизационная фильтрационная обработка воды.

7. Обессоливание реагентное.
8. Обессоливание на ионообменных фильтрах.
9. Обессоливание и умягчение обратным осмосом.
10. Снижение солесодержания электродиализом.
11. Фторирование.

#### **10.4.1. Электрохимическое коагулирование примесей.**

Электрокоагуляция - один из приемов электрохимической очистки воды. Она обеспечивает нарушение седиментационной и агрегативной устойчивости дисперсных систем, что приводит к образованию крупных легко удаляемых хлопьев загрязнений, не изменяя при этом природу сложных физико-химических процессов коагуляции. При этом методе массовый расход веществ, применяемых для коагуляции, снижается в 25 - 50 раз по сравнению с реагентной коагуляцией.

Электрокоагуляция основана на анодном растворении алюминиевого или железного электрода под действием постоянного тока. Перешедшие в раствор катионы металлов гидролизуются и служат активными коагулянтами дисперсных примесей. Механизм хлопьеобразования при реагентной коагуляции и электрокоагуляции одинаков.

Исходными данными для расчета электрогенератора коагулянта (ЭПС), как правило, являются производительность установки ( $Q$ , м<sup>3</sup>/ч), состав исходной воды (тип и концентрации примесей, подлежащих удалению), состав воды после обработки или степень очистки воды по основным загрязняющим веществам.

Порядок выполнения расчетов может быть представлен следующей последовательностью шагов (5):

- выбор материала электродов;
- оценка дозы генерируемого коагулянта;
- выбор рабочей плотности тока;
- расчет параметров электрохимического генератора коагулянта (оценка рабочего тока -  $J_{\text{раб}}$  и рабочего напряжения -  $U_{\text{раб}}$ );
- подбор источника тока;
- расчет габаритов электролизной ванны;
- расчет газовыделения;
- расчет тепловыделения.

Выбор материала электродов равнозначен выбору типа коагулянта для обработки каждого конкретного потока воды.

Поскольку современное состояние теории коагуляции не позволяет расчетными методами однозначно обосновывать выбор типа коагулянта,

рекомендуется проведение пробной коагуляции. Возможно и использование практических результатов обработки аналогичных по природе систем, приводимых в литературе (5).

Применение сложных композиционных материалов при обработке водных потоков представляется весьма перспективным направлением, поскольку значительно расширяет круг свойств рабочих материалов (коагулянтов) по сравнению с возможностями чистых компонентов. Электрохимическое растворение сплавов характеризуется большими, нежели для чистых компонентов, выходами по току.

Растворение железо-алюминиевых сплавов в области образования химического соединения  $Fe_3Al$  (область максимумов на представленных зависимостях) сопровождается образованием коагулянта с более высокими гидродинамическими характеристиками, чем растворение алюминия, железа и их сплавов иного состава. А именно, гидравлическая крупность образующихся хлопьев коагулянтов или скорость их осаждения выше, чем эти показатели для коагулянтов, полученных при электрохимическом растворении чисто алюминиевых и железных анодов, в 2,5-3,0 и 1,8-2,0 раза соответственно. Коагулянты, полученные при растворении сплавов в области образования химического соединения  $Fe_3Al$ , обладают более высокой удельной поверхностью  $S_{уд}$  по сравнению с коагулянтами другого состава, что свидетельствует об их более высокой адсорбционно-коагулирующей способности (5).

Доза коагулянта - это минимально необходимая концентрация коагулянта в обрабатываемом потоке в г/м<sup>3</sup> (мг/л), при которой происходит интенсивное хлопьеобразование гидроксидов металла, способных за счет физико-химического взаимодействия с примесями концентрировать и удалять их в отдельную фазу (пену или осадок).

Напряжения, генерируемые в электродной ячейке, должны быть достаточными для возникновения окислительно-восстановительных реакций на электродах. Значение напряжения зависит от ионного состава воды, наличия в воде примесей, например СПАВ, плотности тока (его сила отнесенная к единице площади электрода), материала электродов и др. При прочих равных условиях задача выбора электродного материала заключается в том, чтобы для прохождения окислительно-восстановительных реакций на электродах, требуемое напряжение было минимальным, поскольку это позволяет снизить затраты электрической энергии.

Некоторые окислительно-восстановительные реакции являются конкурирующими - протекают одновременно и взаимно тормозят друг друга. Их протекание возможно регулировать за счет изменения напряжения в электролитической ячейке. Так, нормальный потенциал реакции образования молекулярного кислорода составляет +0,401 В или +1,23 В; при увеличении

напряжения до +1,36 В (нормальный потенциал реакции образования молекулярного хлора) на аноде будет выделяться только кислород, а при дальнейшем увеличении потенциала — одновременно и кислород, и хлор, причем выделение хлора будет происходить с недостаточной интенсивностью. При напряжении около 4–5 В выделение кислорода практически прекратится, и электролитическая ячейка будет генерировать только хлор.

При увеличении плотности тока также усиливается пассивация электродов, заключающаяся в блокировке поступающих электронов поверхностными отложениями анода и катода, что увеличивает электрические сопротивления в электродных ячейках и тормозит окислительно-восстановительные реакции, протекающие на электродах.

Аноды пассивируются в результате образования на их поверхностях тонких оксидных пленок, в результате сорбции на анодах кислорода и других компонентов, которые, в свою очередь, сорбируют частицы водных примесей. На катодах образуются, в основном, карбонатные отложения, особенно в случае обработки воды с повышенной жесткостью. В силу этих причин плотность тока при электролизе воды должна назначаться минимальной по условиям устойчивого протекания необходимых окислительно-восстановительных реакций в ходе технологического процесса.

Необходимо учитывать, что наиболее часто применяемые в практике электрокоагуляции электродные материалы Al и Fe обладают существенным недостатком - высокой способностью к пассивации. Это осложняет эксплуатацию электрокоагуляционных установок, снижает эффективность и повышает энергоемкость процесса. Использование сплавов или композиционных анодов уменьшает склонность электродов к пассивации, однако, не исключает этого явления полностью.

При проектировании и эксплуатации электрокоагуляционных установок необходимо учитывать, что в процессе генерации коагулянта продуктом катодного восстановления является газообразный водород.

Выделяющийся на катодах водород распределяется в окружающей среде по двум направлениям:

- растворяется в обрабатываемом водном потоке;
- выделяется из обрабатываемого потока в атмосферу рабочего помещения.

Последнее условие - о выделении водорода в атмосферу рабочего помещения, будет приводить к тому, что водород в смеси с воздухом может образовать взрывоопасные смеси. Нижний предел взрывоопасной концентрации водорода в смеси с воздухом соответствует 4,0 объемным процентам. Предельно допустимая взрывобезопасная концентрация (ПДВК)

водорода для производственных помещений, согласно СНиП II-90-81 (11), принимается равной 10% от нижнего предела взрываемости, т.е. 0,4 объемным процентам.

Расчет концентрации водорода в производственном помещении должен учитывать объем помещения, часовую кратность воздухообмена в нем за счет уже существующей или проектируемой вентиляции, и объем водорода, попадающего в атмосферу при работе электрохимического генератора коагулянта.

Если аппараты технологической цепочки, следующие после электрогенератора коагулянта, размещаются в том же рабочем помещении (камера хлопьеобразования, отстойники и т.п.), то расчет надо производить на весь объем образующегося водорода, поскольку растворенный водород в процессе дальнейшего технологического процесса может выделяться из раствора в атмосферу рабочего помещения.

В случае, когда расчетные концентрации содержания водорода окажутся меньше, чем ПДВК (меньше 0,4 об. %), то дополнительных мер по интенсификации вентиляции рабочих помещений принимать не нужно. Если расчетные концентрации содержания водорода окажутся больше, чем ПДВК, то необходимо увеличить кратность воздухообмена в рабочем помещении (т.е. мощность воздухообменных агрегатов) либо проектировать установку на генераторе коагулянта индивидуального вентиляционного устройства, обеспечивающего снижение концентрации водорода в отсасываемом воздухе ниже ПДВК (0,4 об. %).

Протекание электрического тока через электролизер сопровождается различными тепловыми эффектами, которые способны существенно изменить температуру обрабатываемых потоков в процессе обработки. К ним относятся тепловые эффекты химических реакций, протекающих на электродах, тепловые эффекты взаимодействия продуктов электролиза с обрабатываемой средой (теплоты растворения, теплоты гидролиза и т.п.), теплота, выделяемая при прохождении электрического тока через раствор, электроды и коммутирующие сети (джоулево тепло).

При достижении температуры, недопустимой по техническим или эксплуатационным параметрам при работе аппарата, в конструкции электролизера должна предусматриваться система охлаждения рабочих потоков (например, охлаждающие рубашки или встроенные теплообменники) и система регулировки температурного режима.

## 10.4.2. Смесители, камеры хлопьеобразования.

Смесители служат для равномерного распределения растворов реагентов в массе обрабатываемой воды. Смешение реагентов должно быть быстрым и осуществляться в течение 1-2 мин.

На практике применяют следующие типы смесителей: шайбовый, эжекторный; вертикальный (вихревой), дырчатый, перегородчатый, коридорный, с фонтанирующим слоем зернистого материала.

Условия применения смесителей приведены в табл.10.4.1.

Табл.10.4.1.

Тип смесителя	Производительность станции очистки	Примечание
Перегородчатый	Не более 500-600 м <sup>3</sup> /ч	
Дырчатые	До 1000 м <sup>3</sup> /ч	
Вертикальные	Средние и большие	Расход воды на один смеситель не свыше 1200-1500 м <sup>3</sup> /ч
Коридорные	Более 300 тыс. м <sup>3</sup> /сут	Ширина коридора $\geq 0,7$ м; число поворотов (на 180°) – 9-10
Механические	Мощность эл.двигателей 1-1,5 квт на каждые 1000 м <sup>3</sup> /ч станции очистки	Удобны при введении нескольких реагентов
Шайбовые	Не лимитруется	Смешение реагентов на напорном тр-де
Эжекторные	Не лимитруется	Смешение реагентов на напорном или всасывающем тр-де

НИИ КВОВ в целях повышения эффективности коагуляции рекомендует (12):

- в существующих смесителях вихревого типа предусмотреть дробное (фракционированное) введение коагулянта в нескольких точках по высоте, что позволит обеспечить более равномерное его распределение;

- для обеспечения быстрого и равномерного смешения коагулянта с водой может быть также использовано специальное распределительное устройство подачи коагулянта, устанавливаемое в нижней части смесителя или на трубопроводе, подающем воду на смеситель. Предлагаемое распределительное устройство изготавливается из некоррозионных материалов,

должно быть разъемным для осуществления периодической прочистки отверстий распределителей.

- с этой же целью возможно устройство в смесителях барботирования воды воздухом;

- в ряде случаев (особенно при очистке маломутных цветных холодных вод) рекомендуется использовать механические смесители.

Эффективность применения механического смесителя подтверждается результатами экспериментальных исследований, а также опытом работы в аналогичных условиях в Скандинавских странах (12).

После соответствующих экспериментальных работ и проектных проработок механические смесители могут быть изготовлены в условиях организаций ВКХ или на предприятиях региона по чертежам, разработанным применительно к конструкции данного смесителя (или камеры хлопьеобразования).

Камеры хлопьеобразования (КХО) служат для плавного перемешивания смеси обрабатываемой воды с растворами коагулянта и флокулянта и обеспечения более полной агломерации мелких хлопьев коагулянта и взвеси в крупные хлопья. Установка КХО необходима перед горизонтальными и вертикальными отстойниками. Время пребывания воды в перегородчатой КХО следует принимать 20-30 мин., в вихревой КХО 6-12 мин, в КХО водоворотного типа 15-20 мин., (нижний предел - для мутных вод, верхний - для цветных с низкой температурой в зимний период). При схеме с горизонтальными отстойниками следует устраивать КХО: перегородчатые, вихревые, встроенные со слоем взвешенного осадка и механические (лопастные); при схеме с вертикальными отстойниками - водоворотные. Механические КХО следует применять при соответствующем обосновании. Отвод воды из КХО в отстойники следует предусматривать при скорости движения воды в сборных лотках, трубах и отверстиях не более 0,1 м/с для мутных вод и 0,05 м/с для цветных вод (5).

Процессы хлопьеобразования оказывают решающее влияние на эффективность работы всего комплекса сооружений по очистке природных вод как на стадии ее отстаивания, так и фильтрования.

В то же время применяемые на станциях очистки воды типовые, традиционные камеры хлопьеобразования гидравлического типа, встроенные в отстойники или расположенные в нижней части осветлителей, из-за своего конструктивного несовершенства не могут обеспечить необходимых условий для эффективного хлопьеобразования. В значительной степени это относится к процессам хлопьеобразования при осветлении маломутных цветных вод в периоды низких температур. Практика показала, что при очистке таких вод в свободном объеме гидравлической камеры образуются мелкие, легкие

хлопья, которые, плохо осаждаюсь даже в слоях небольшой высоты, выносятся на фильтры (12).

Учитывая важную роль процессов хлопьеобразования для очистки воды, ГНЦ РФ НИИ ВОДГЕО и НИИ КВОВ, а также СпбНИИ АКХ предложили ряд новых конструкций камер хлопьеобразования, которые предназначены для модернизации и интенсификацией существующих сооружений.

В зависимости от типа сооружений первой ступени очистки воды и конструкции камеры они могут быть реконструированы в (12):

- контактные (зернистые) камеры;
- тонкослойные камеры;
- тонкослойно-эжекционные камеры;
- рециркуляционные камеры.

Контактные камеры хлопьеобразования наиболее эффективны при освещении маломутных, цветных, слабоминерализованных вод с длительными периодами низких температур. В качестве зернистой контактной среды целесообразно использовать легкие плавающие материалы, которые обеспечивают отсутствие коагуляции зернистого пространства, а также простоту их промывки обратным током воды.

Эти камеры являются самопромывающимися, так как в процессе их работы по мере накопления избыточного количества взвеси под ее тяжестью происходит расширение зернистого слоя, и накопившиеся хлопья легко вымываются потоком осветляемой воды. Потери напора в зернистом слое не превышают 3 - 5 см, что гарантирует их стабильную эксплуатацию.

Учитывая конструктивные особенности контактных камер хлопьеобразования, их наиболее целесообразно использовать при реконструкции камер водоворотного типа, встроенных в вертикальные отстойники (рис.10.4.1) (12).

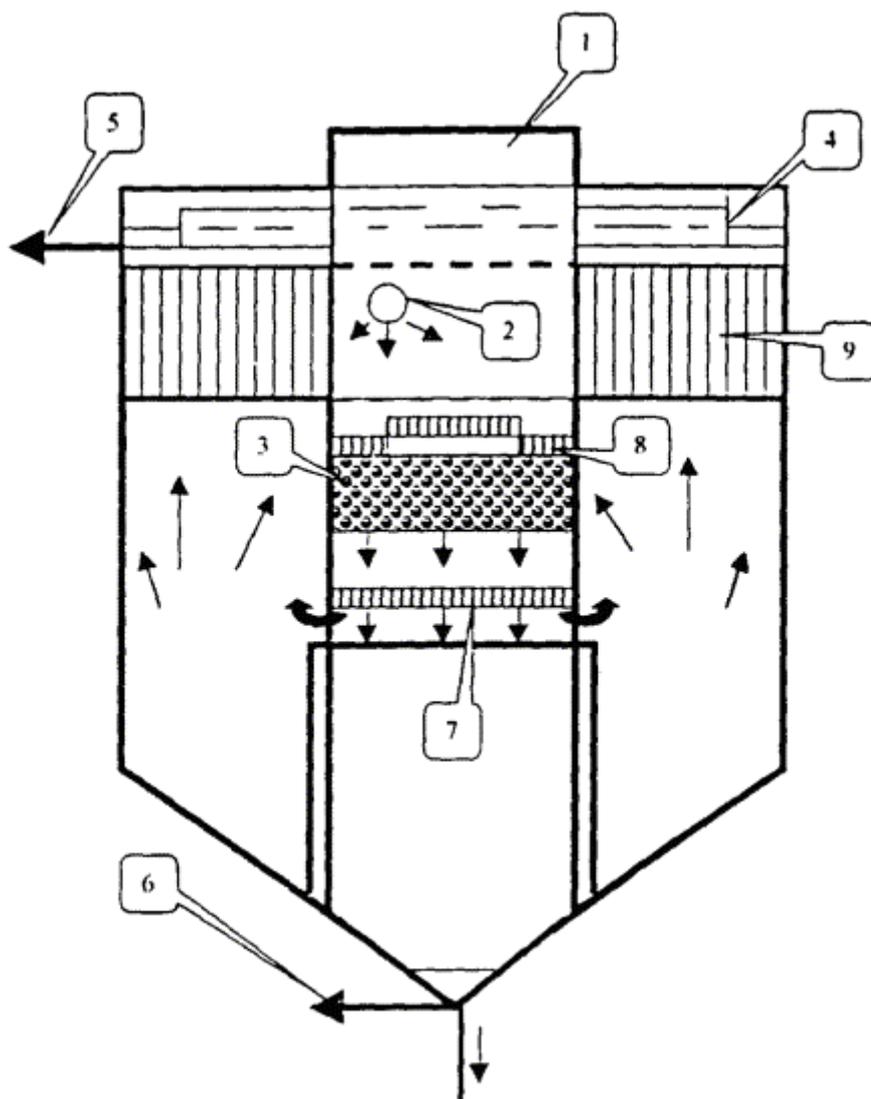


Рис.10.4.1. Вертикальный тонкослойный отстойник с контактной камерой хлопьеобразования.

1 - камера хлопьеобразования; 2 - подача исходной воды; 3 - контактная плавающая загрузка; 4 - сборный лоток; 5 - отвод осветленной воды; 6 - сбор осадка; 7, 8 - нижняя и верхняя поддерживающие решетки, соответственно; 9 - тонкослойные сотоблоки

Для интенсификации работы сооружений, в которых процессы хлопьеобразования осуществляются в слое взвешенного осадка, могут использоваться тонкослойные камеры хлопьеобразования.

По сравнению с традиционной флокуляцией в объеме взвешенный слой, образованный в замкнутом пространстве тонкослойных элементов, характеризуется более высокой концентрацией твердой фазы и

устойчивостью к изменениям качества исходной воды и нагрузки на сооружения.

Тонкослойные сотоблоки устанавливаются в зоне взвешенного осадка коридорных осветлителей, обеспечивают равномерное распределение осветляемой воды и увеличивают коэффициент объемного использования этих сооружений до 0,9 - 0,92 (до реконструкции 0,65 - 0,7). Соответственно, качество осветленной воды улучшается в 1,5 - 1,8 раза при одновременном увеличении в 1,3 - 1,7 раза нагрузок на сооружения (рис.10.4.2) (12).

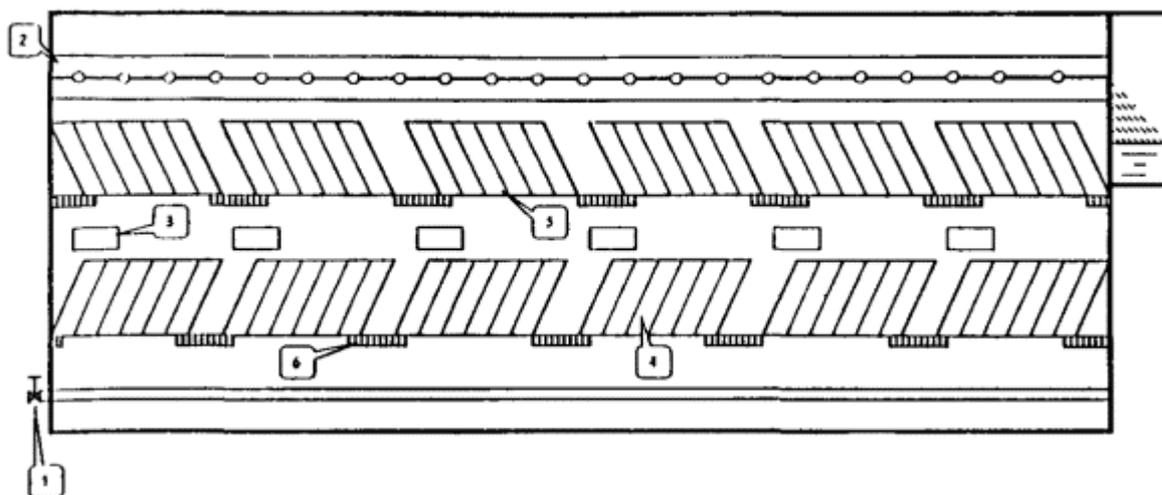


Рис.10.4.2. Тонкослойный осветлитель, оборудованный тонкослойной камерой хлопьеобразования:

1 - подача исходной воды; 2 - сбор осветленной воды; 3 - шламоотводящие окна; 4 - тонкослойная камера хлопьеобразования; 5 - тонкослойные отстойные сотоблоки; 6 - поперечные опоры под блоки

При показателях качества воды, требующих для эффективного хлопьеобразования введения дополнительной твердой фазы, могут применяться тонкослойно-эжекционные (рециркуляционные) камеры хлопьеобразования.

Принцип их работы заключается в следующем: исходная вода, смешанная с реагентами, подается в нижнюю часть камер по системе трубопроводов, сконструированных по принципу работы эжекторов, и затем поступает в тонкослойные блоки, расположенные над эжекторами, с помощью которых в поток обрабатываемой воды попадает наиболее крупная хлопьевидная взвесь, образованная в камере и осевшая на ее дно. Для этой цели рециркуляторы устанавливаются соплом вниз.

Для того чтобы эжектируемая взвесь активно участвовала в процессе коагуляции и укрупнения коллоидных и взвешенных веществ воды, важно избежать ее диспергирования при прохождении через эжектор. Поэтому для рассматриваемых целей могут быть использованы только низкоскоростные и низконапорные гидравлические эжекторы, рассчитанные на скорость подачи воды в диапазоне 1 - 5 м/с и развивающие полный напор до 6 м.

Отличительной и важной особенностью разработанной конструкции эжекторов является то, что степень рециркуляции можно регулировать в достаточно широком диапазоне от 0 до 50 %, а также можно использовать для устройства эжекторов существующие продольные распределительные трубы, если дооборудовать их соответствующими насадками и системой подвижных шторок (рис.10.4.3) (12).

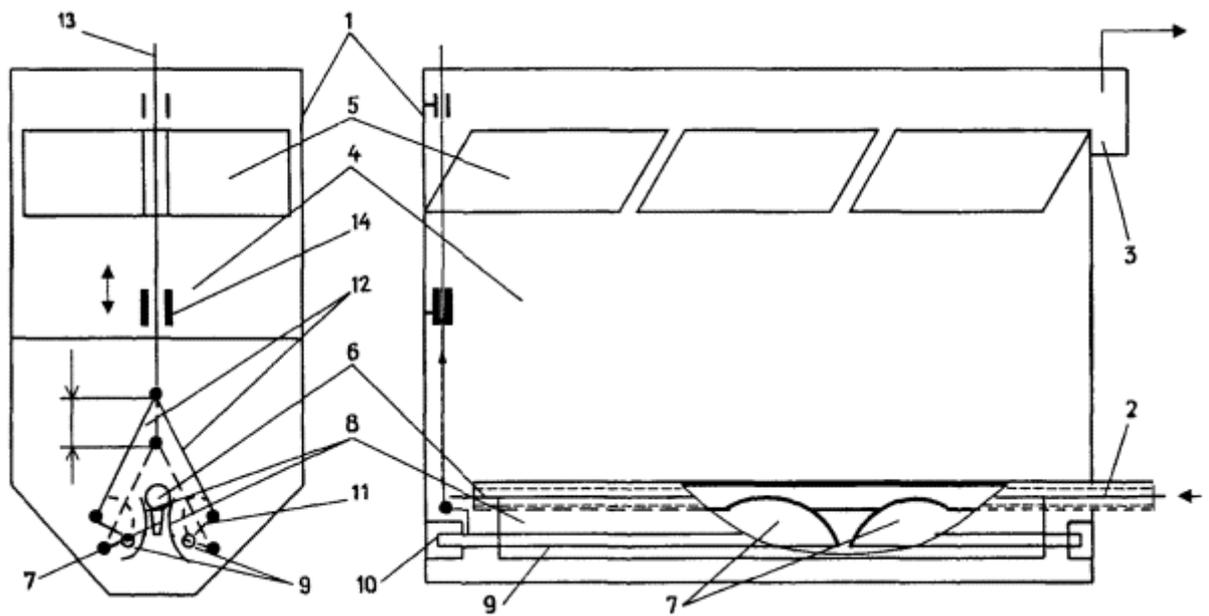


Рис.10.4.3. Схема оборудования камер хлопьеобразования (с рециркуляторами и тонкослойными хлопьеобразующими блоками):

1 - камера хлопьеобразования; 2 - подача исходной воды; 3 - отвод воды в отстойник; 4 - зона взвешенного слоя; 5 - тонкослойные хлопьеобразующие блоки; 6 - горизонтальный перфорированный трубопровод; 7 - неподвижные насадки; 8 - симметричные подвижные шторки; 9 - ось вращения подвижных шторок; 10 - втулки; 11 - рычаги; 12 - тяги; 13 - штанга; 14 - направляющие

Тонкослойно-эжекционные камеры хлопьеобразования с регулируемой степенью эжекции целесообразно использовать при реконструкции камер, встроенных в горизонтальные отстойники, и осветлителей со слоем

взвешенного осадка длиной не более 6 м. При большой длине степень регенерации является величиной нерегулируемой и может быть рассчитана по разработанной методике с учетом характерных особенностей каждого водоисточника (12).

При осветлении маломутных вод для повышения концентрации рециркулируемой взвеси и увеличения ее гидравлической крупности над рециркуляторами на высоте не менее 0,8 - 1,0 м устанавливаются тонкослойные блоки.

Принципиально иная конструкция рециркуляторов разработана в СпбНИИ АКХ. В частности, в камерах хлопьеобразования зашламленного типа (рис.10.4.4) для рециркуляции осадка применяются малогабаритные аппараты, характеризующиеся значительно меньшей (в 4 - 5 раз) металлоемкостью по сравнению с ранее предлагаемыми ими конструкциями. Такие рециркуляторы успешно эксплуатируются на ряде водопроводных станций и позволяют существенно повысить производительность сооружений (12).

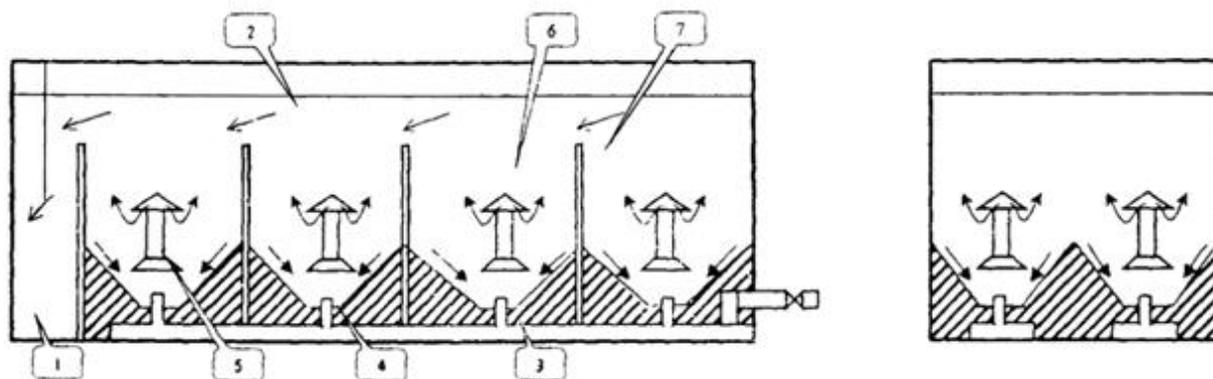
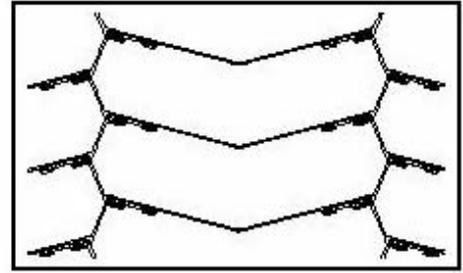


Рис.10.4.4. Камера хлопьеобразования с малогабаритными аппаратами для рециркуляции осадка:

1 - отстойник; 2 - камера хлопьеобразования; 3 - канал исходной воды; 4 - патрубок с соплом; 5 - смеситель; 6 - направляющий аппарат; 7 - перегородки



2akva.ru

Рис.10.4.5. Тонкослойный блок TUBEdek.



etek.ru

Рис.10.4.6. Тонкослойные модули «Сотел» и из ПНД.



ecovector.ru

Рис.10.4.7. Тонкослойный модуль из ударопрочного полистирола.

Для реализации в камерах хлопьеобразования рассмотренных вариантов модернизации могут использоваться готовые полочные модули выпускаемые из различных материалов (рис. 10.4.5 - 10.4.7)

Как уже отмечалось, эффективность работы камер хлопьеобразования может быть повышена за счет использования механических мешалок. Вопросы практического применения предлагаемых конструкций и решений должны быть проработаны с точки зрения технологических и технико-экономических показателей для каждой водоочистной станции.

### **10.4.3. Отстойники.**

Отстойники предназначены для предварительной очистки воды от грубодисперсных примесей и с коагулированной взвеси.

В практике водоподготовки используются горизонтальные, вертикальные, радиальные и тонкослойные отстойники. Расчет отстойников необходимо производить для двух периодов: минимальной мутности при минимальном зимнем расходе и для наибольшей мутности при наибольшем расходе воды, соответствующем этому периоду.

Горизонтальные отстойники рекомендуется применять при мутности до 1500 мг/л и цветности до 120 град обрабатываемой воды и при пропускной способности водоочистного комплекса свыше 30 тыс. м<sup>3</sup>/сут.

Радиальные отстойники рекомендуется использовать при обработке высокомутных вод и в оборотном водоснабжении. Для интенсификации процессов отстаивания в зоне осветления воды иногда устраивают спиралеобразные камеры (перегородки), позволяющие уменьшать скорости движения воды от начала выпуска до периферийных сборных желобов.

В современной практике очистки все более широкое применение находят тонкослойные отстойные сооружения. Использование метода тонкослойного осаждения позволяет эффективно осветлять воду при скоростях потока, достигающих 1,6 - 2,0 мм/с, что в 2 - 2,5 раза выше, чем в традиционных отстойниках и осветлителях.

Один из примеров оборудования тонкослойными элементами горизонтального отстойника со встроенной камерой хлопьеобразования представлен на рис.10.4.8 (12).

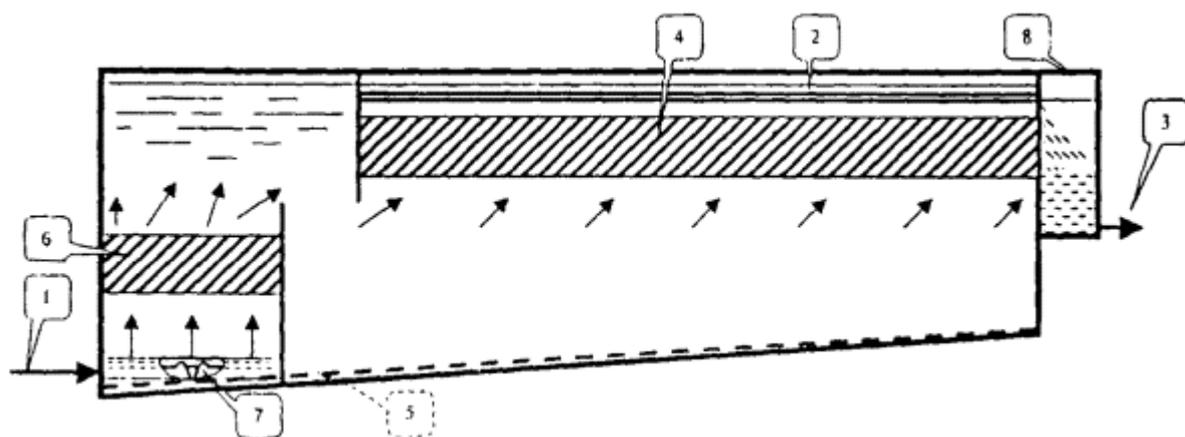


Рис.10.4.8. Тонкослойный горизонтальный отстойник с тонкослойно-эжекционной камерой хлопьеобразования:

1 - подача исходной воды; 2 - сбор осветленной воды; 3 - отвод осветленной воды; 4 - тонкослойные отстойные блоки; 5 - отвод осадка; 6 - тонкослойные хлопьеобразующие блоки; 7 - продольные низконапорные рециркуляторы; 8 - сборный карман

Однако при этом следует учитывать, что эффективность тонкослойного осаждения определяется не только процессами, происходящими в тонкослойных элементах, но и такими факторами, как качество подготовки хлопьев, поступающих на осаждение, равномерность сбора и распределения воды, надежность системы удаления осадка. Поэтому при проведении работ по оборудованию тонкослойными блоками отстойников и осветлителей необходимо предусмотреть способы по повышению эффективности процессов хлопьеобразования, увеличению количества сборных лотков с целью повышения коэффициента объемного использования сооружений.

Тонкослойными блоками могут быть оборудованы только те отстойники, в которых осуществляется эффективное и своевременное удаление осадка, так как его накопление под тонкослойными блоками приводит к резкому ухудшению качества отстоянной воды.

Таким образом, необходим комплексный подход к решению всех технологических процессов, связанных с хлопьеобразованием, осаждением, удалением осадка, а также гидравлическим режимом работы отстойных сооружений.

#### 10.4.4. Осветлители со взвешенным слоем осадка.

Осветлители со взвешенным осадком используются для удаления из воды коллоидных и взвешенных примесей после обработки воды коагулянтами и флокулянтами.

Применение осветлителей вертикального типа со взвешенным осадком наиболее целесообразно на водоочистных станциях с производительностью не менее 5000 м<sup>3</sup>/сут для осветления и обесцвечивания воды с содержанием взвешенных веществ до 2500 мг/л и любой цветностью (5).

В основу работы осветлителей положен принцип контактной коагуляции в слое взвешенного осадка. При поддержании определенной скорости восходящего потока воды (0,5+1,2 мм/с) формируется слой взвешенного осадка из скоагулированной взвеси в виде мелких хлопьев. Этот слой играет роль фильтра, способствуя лучшему осветлению воды и обесцвечиванию за счет более полного использования адсорбционной емкости хлопьев. Меньшие значения скоростей принимаются при низкой мутности воды и для зимнего периода года.

Практика эксплуатации показывает, что эффективность осветления и обесцвечивания воды в осветлителях со взвешенным осадком в 1,5–2,0 раза выше, чем в обычных отстойниках. Для нормальной, надежной работы осветлителей обязательными условиями являются организация своевременного отвода избыточного осадка, равномерного распределения воды по площади осветлителя и отведения осветленной воды.

По месту расположения осадкоуплотнителей различают осветлители с вертикальными, поддонными осадкоуплотнителями и осадкоуплотнителями в нижней части зоны осветления. Они выполняются открытыми или напорными.

Одним из недостатков осветлителей является неустойчивая работа при малой мутности воды, что нашло отражение в ограничении области применения сооружений (мутность должна быть не менее 50 мг/л) (6). Причина этого – недостаточная концентрация твердой фазы в поступающей воде, из-за чего образуются мелкие, легкие хлопья в слое взвешенного осадка. Сам слой осадка становится неустойчивым, легко выносимым в водосборные желоба. Регулирование перераспределением воды по коридорам осветления и осадкоуплотнения при помощи задвижек на трубах принудительного отбора воды в осадкоуплотнителе часто не приносит ожидаемого эффекта.

Для интенсификации процессов очистки воды в осветлителях со взвешенным осадком может быть использован метод рециркуляции осадка, предложенный СибНИИ АКХ (рис.10.4.9), который заметно снижает зависимость от малой мутности воды. Основная идея разработки заключается

в том, что слой взвешенного осадка формируется не самопроизвольно, т. е. под влиянием количества взвешенных частиц в воде, а за счет многократной циркуляции сформированных хлопьев увеличивает свою концентрацию в 6–10 раз. Рециркуляция осуществляется благодаря эжекторной системе, помещенной в коридорах осветления в зоне поступления исходной воды. Применение осветлителей-рециркуляторов позволяет повысить производительность сооружений на 30 - 60 %.

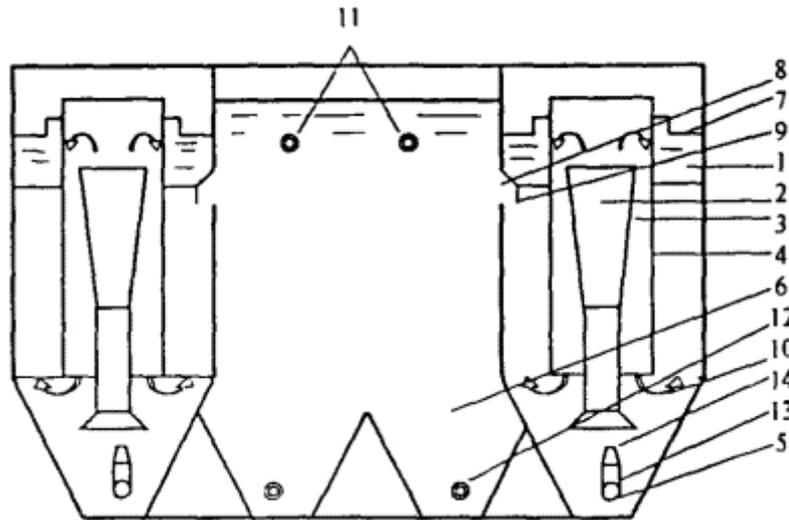


Рис.10.4.9. Осветлитель-рециркулятор:

1 - рабочая камера; 2 - смеситель; 3 - камера хлопьеобразования; 4 - направляющий аппарат; 5 - распределительная трубка; 6 - осадкоуплотнитель; 7 - лоток; 8 - окна; 9 - защитный козырек; 10 - слой взвешенного осадка; 11 - трубы для перепуска взвешенного осадка; 12 - трубы для выпуска уплотненного осадка; 13 - патрубок; 14 - сопло

Исходная коагулированная вода поступает через сопла 14, размещенные на распределительных трубопроводах 5, в расширенную часть трубчатого смесителя 2, создавая эффект эжекции. В эжектор из нижней части осветлителя подсасывается вода с ранее сформированными хлопьями осадка, которая смешивается с вновь поступившей. Пройдя смеситель, где происходит контактная коагуляция и укрупнение хлопьев осадка, вода через направляющий аппарат 4 возвращается в нижнюю часть осветлителя. Часть воды с осадком вновь эжектируется в смеситель, другая часть - поднимается в верх коридора, формируя взвешенный слой осадка. В остальном работа такого осветлителя не отличается от традиционных.

За счет рециркуляции осадка одновременно существенно повышается барьерная роль сооружений первой ступени очистки в отношении планктона, составляя (в зависимости от вида планктона) от 90 до 100 %.

Кроме того, рециркуляция осадка позволяет без ухудшения качества очистки утилизировать промывные воды фильтровальных сооружений путем их равномерного перекачивания из резервуара-усреднителя в головной узел водоочистной станции.

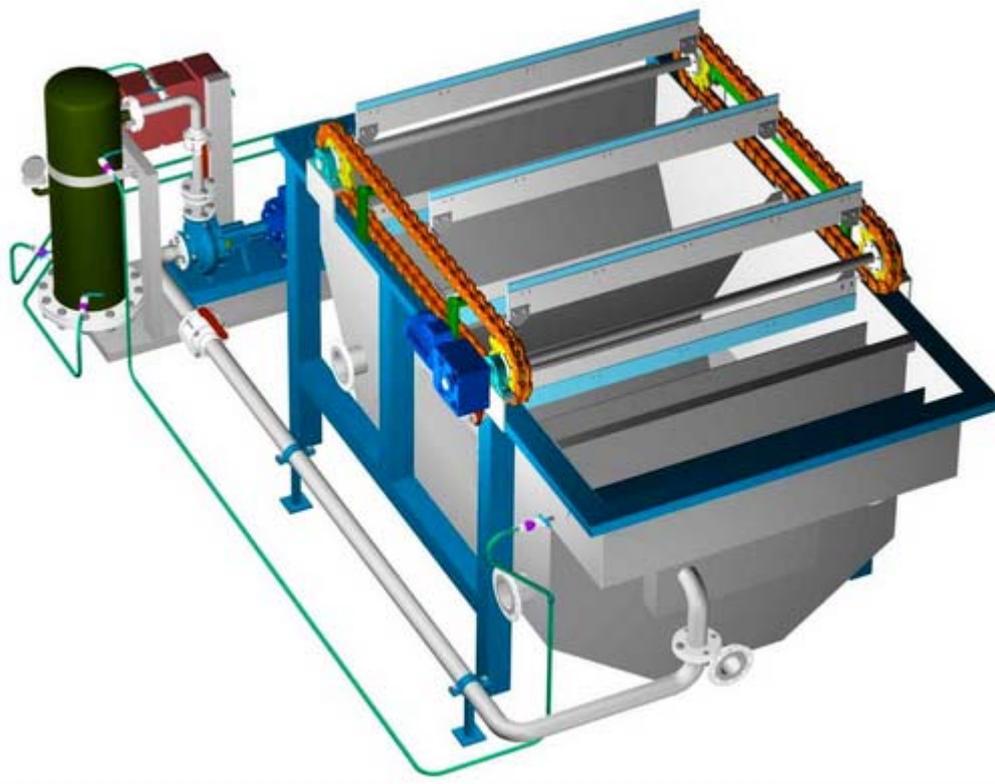
#### **10.4.5. Флотаторы.**

Сущность процесса флотационного выделения из воды дисперсионных примесей заключается в слипании взвешенных веществ в воде частиц и пузырьков тонкодисперсного в воде воздуха под действием молекулярных сил. В результате этого на поверхности воды образуется пенный слой, насыщенный извлекаемыми примесями с размерами от  $10^{-3}$  до  $10^{-1}$  см. Интенсификация процесса флотации достигается понижением смачиваемости поверхности извлекаемых частиц с помощью флотореагентов, избирательно сорбирующихся на их поверхности. Эффективность процесса флотации в общем случае зависит от рН растворов, присутствия в них электролитов, наличия органических примесей, температуры воды, параметров диспергированного воздуха (диаметра и заряда пузырьков воздуха, скорости его подачи во флотокамеры и пр.).

Известны установки для напорной флотации, флотаторы с механическим диспергированием воздуха (импеллерные флотаторы), электрокоагуляционно-флотационные установки (рис. 13.32-13.35). Установки, в которых газовые пузырьки образуются за счет перепада давления, подразделяются на напорные и вакуумные. В напорных флотационных установках в воду, поступающую на очистку вводятся реагенты, образующие поверхностно-активные комплексы с извлекаемыми примесями и воздух. Последний растворяют в напорном резервуаре или вводят в рециркулирующую часть воды после флотации. Во флотационной камере флотируемые вещества всплывают, а осевшие частицы в виде осадка скапливаются на дне камеры.

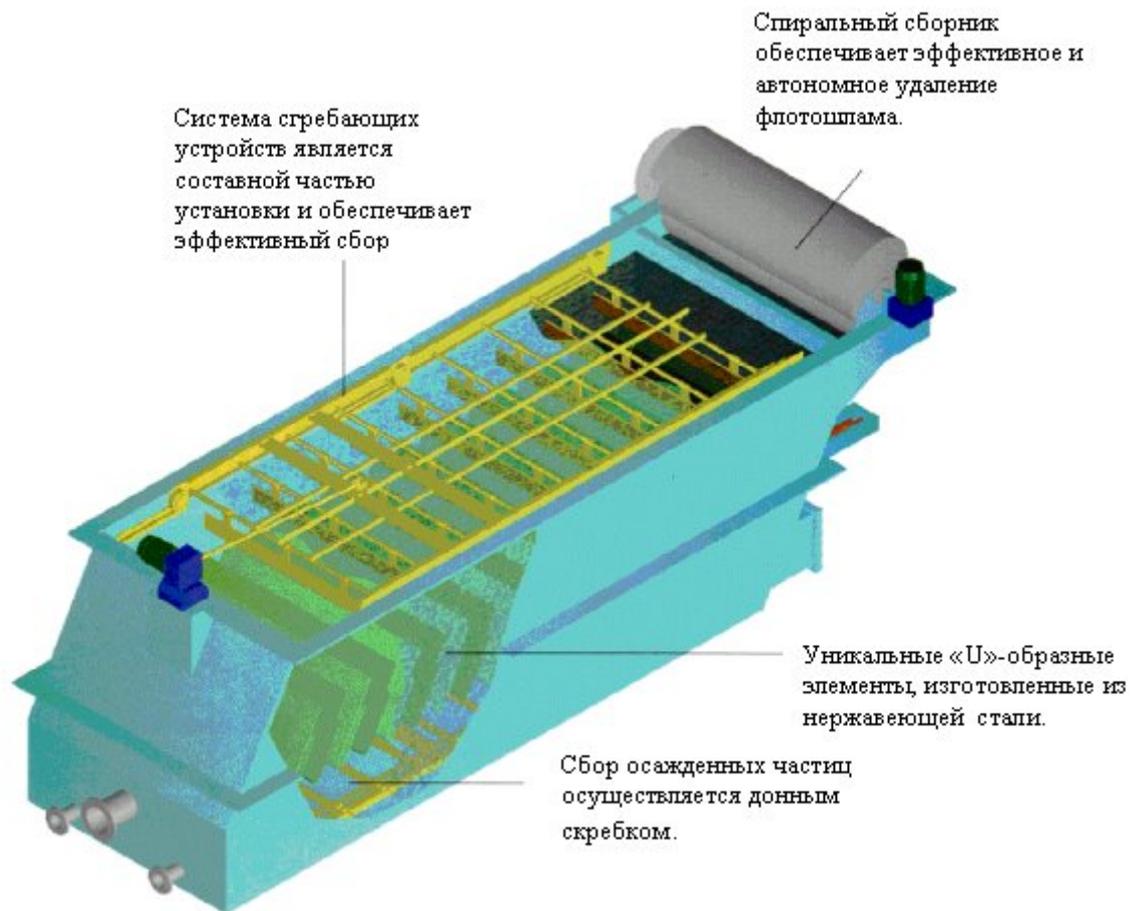
С помощью флотаторов воду очищают не только от суспензированных твердых примесей, но и от нефтепродуктов, ПАВ, некоторых ионов растворенных в воде соединений. Исследованиями проведенными в 2004 г. МУП «Ижводоканал» г. Ижевска установлено, что под воздействием водовоздушной смеси, методом флотации, удаляется более 50% водорослей фитопланктона, а вместе с коагулянтном – более 90%. Хорошо удаляется и запах, так как все загрязнения быстро собираются пузырьком-окислителем и уносятся вместе с образовавшейся пеной, не застаиваясь. Производственные испытания на реконструированном под флотатор фильтре

дали возможность отработать технологию для переоборудование здания микрофильтров под флотаторы.



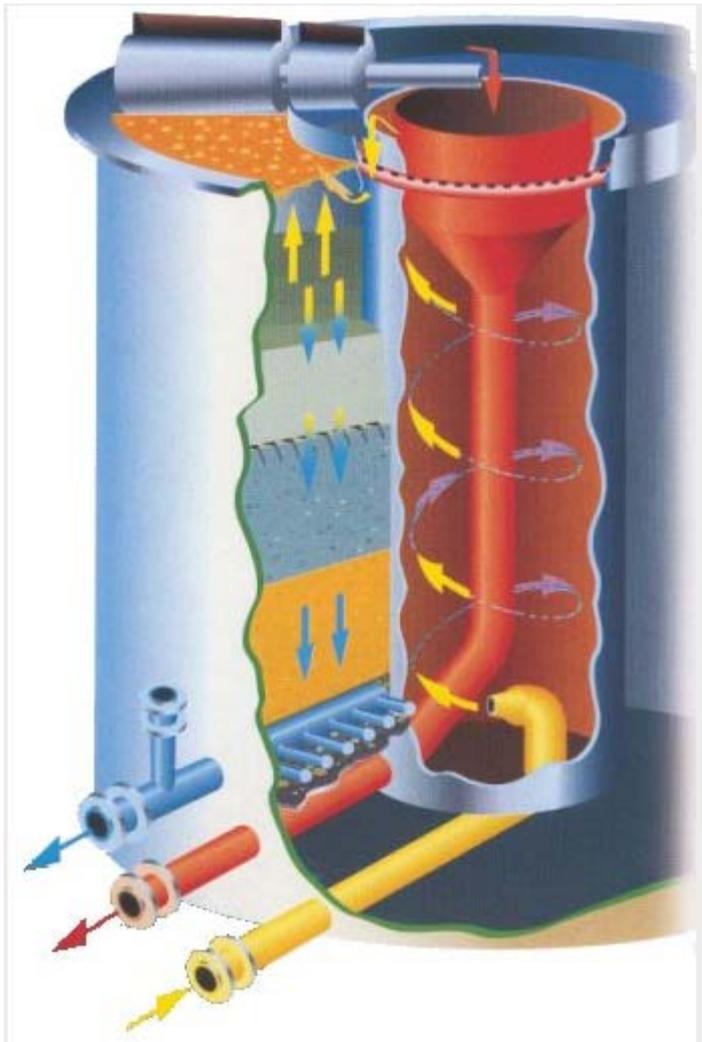
pws-inc.com

Рис.10.4.10. Конструкция горизонтального флотатора.



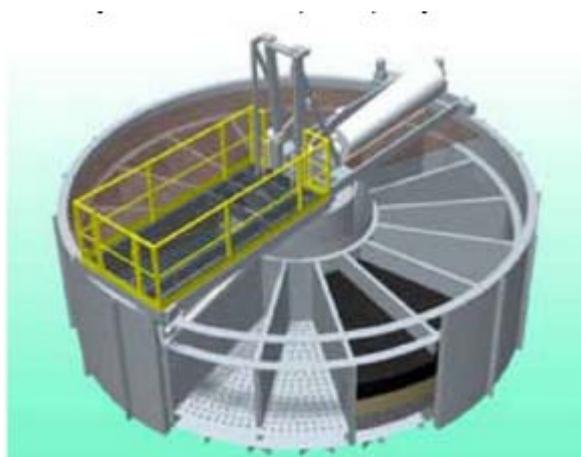
spb.all.biz

Рис.10.4.11. Горизонтальная установка напорной флотации Megacell H



kwi.ru

Рис.10.4.12. Принципиальная схема работы флотатора Klaricell RJ (KLC).



kwi.ru

Рис.10.4.13. Общий вид флотатора Klaricell RJ.



flsmidth.com

Рис.10.4.14. Импеллерные флотомашины WEMCO SmartCell и Dorr-Oliver.

Современные конструкции флотаторов позволяют осуществлять реконструкцию водопроводных станций с заменой отстойников и осветлителей на флотаторы.

Для обеспечения г. Сыктывкара качественной питьевой водой на водоочистой станции в конце ноября 2005 г. состоялся пуск нового блока №4 с напорными флотаторами на производительность 65 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Конструктивной особенностью новых сооружений является выполнение флотаторов единым блоком с камерами хлопьеобразования (реакции) и скорыми фильтрами для глубокого осветления воды (мутность до 1,5 мг/л) (рис.10.4.15) (13).

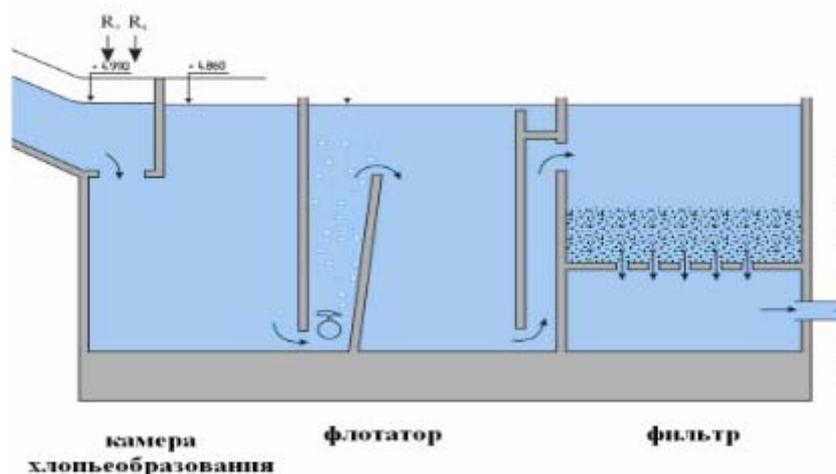


Рис.10.4.15. Технологическая схема блока сооружений с напорными флотаторами для подготовки питьевой воды (ВОС г. Сыктывкара).

#### **10.4.6. Фильтровальные сооружения с тяжелой зернистой загрузкой.**

Одним из методов очистки воды от взвешенных и коллоидных примесей является ее фильтрование через пористую зернистую среду. Фильтровальные сооружения могут применяться как в качестве доочистки воды после отстойников или осветлителей со взвешенным осадком, так и как самостоятельные сооружения.

Физико-химическая сущность реагентного осветления и обесцвечивания воды в процессе фильтрования заключается в адгезии (прилипанию) взвешенных и коллоидных частиц к поверхности зерен фильтрующего материала или к ранее прилипшим частицам. Осадок, образовавшийся в порах загрузки, имеет непрочную структуру, разрушающуюся под действием гидродинамических сил потока. В каждом элементарном слое загрузки осветление воды происходит до тех пор, пока силы отрыва частиц не начинают превалировать над силами адгезии и аутогезии (взаимодействия между частицами в прилипшем слое). Оторвавшиеся частицы осадка переносятся в последующие слои и там задерживаются (5).

Кроме осветления поверхностных вод, с помощью зернистых фильтров осуществляют обезжелезивание, умягчение (ионообменные зернистые фильтрующие материалы), фторирование (флюоритовый песок), обесфторирование (гранулированные окислы алюминия), стабилизацию воды (мраморная крошка).

В зависимости от природы и типа фильтрующего слоя различают следующие виды фильтров: зернистые (фильтрующий слой - кварцевый песок, дробленый антрацит, керамзит, пенополистирол, иониты, сорбенты, магномасса и др.); сетчатые (фильтрующий слой - сетка с размером ячеек 20-60 мкм); тканевые (фильтрующий слой - хлопчатобумажные, льняные, суконные, стеклянные или капроновые ткани); намывные (фильтрующий слой - древесная мука, диатомит, асбестовая крошка и другие материалы, намываемые в виде тонкого слоя на каркас из пористой керамики, металлической сетки или синтетической ткани) (5).

Зернистые фильтры применяют для очистки хозяйственно-питьевой и технической воды, от тонкодисперсионной взвеси и коллоидов; сетчатые - для задержания грубодисперсионных взвешенных и плавающих частичек; тканевые - в полевом водоснабжении; намывные - для очистки маломутных вод на

станциях небольшой производительности (для поселков, плавательных бассейнов и т.д.).

Для очистки воды в коммунальном и промышленном водоснабжении наиболее широко применяются зернистые фильтры. По скорости фильтрования их разделяют на медленные (скорость фильтрования 0,1-0,2 м/ч), полускорые (0,2-5,0 м/ч), скорые (5,0-15 м/ч) и сверхскорые (>15-25 м/ч) (5).

В зависимости от крупности зерен фильтрующего слоя зернистые фильтры разделяют на мелкозернистые (например, медленные фильтры с размером зерен верхнего слоя песка 0,3 - 0,5 мм), среднезернистые (например, скорые фильтры с размером зерен верхнего слоя песка 0,5 - 0,8 мм) и крупнозернистые (в частности, предварительные фильтры с размером зерен верхнего слоя песка 1 - 2,5 мм) (5).

Если загрузка фильтрующего слоя однородна по плотности и отличается только крупностью зерен, то такие типы фильтров называются однослойными (например, скорые фильтры с загрузкой из кварцевого песка). Фильтры, загруженные неоднородной загрузкой по плотности и размеру зерен, называются многослойными (например, двухслойные скорые фильтры, в которых нижний слой - кварцевый песок, верхний - антрацит).

По направлению движения потока воды при фильтровании зернистые фильтры бывают одно- и многопоточные, с вертикальным, горизонтальным и радиальным направлением потока воды.

В зависимости от обеспечения напора, создаваемого после очистки, фильтры классифицируются как безнапорные, напорные и комбинированные.

По виду загрузок бывают фильтры с тяжелыми зернистыми (плотность зерен которых больше плотности воды) и с плавающими загрузками, которые способны пребывать неограниченное время в воде в плавающем состоянии (5).

К первым относятся фильтры с кварцевой и антрацитовой загрузкой, с загрузками из дробленого и недробленого керамзита, горелых пород, вулканических шлаков, активированного угля, мраморной крошки, ионообменных природных и искусственных зернистых материалов.

Ко второй группе относятся фильтры с гранулированной пенополистирольной, пенополиуретановой, фторопластовой и др. загрузками. В качестве плавающих или полуплавающих фильтрующих материалов могут также применяться замкнутоячеистые водонепроницаемые гранулы шунгизита, редоксида, стеклопора, гранулированных шлаков, дробленые отходы от пенопластовых плит и им подобные.

**Крупнозернистые (грубозернистые фильтры)** используют при частичном осветлении воды, предназначенной для технических целей, если мутность воды в источнике водоснабжения не превышает 150 мг/л. Они

задерживают до 50-60% содержащихся в воде взвешенных веществ. Основное их назначение заключается в задержании взвеси крупнее 0,05 мм, способной осаждаться в зонах охлаждающих систем с пониженными скоростями движения воды (5).

Крупнозернистые фильтры проектируют напорными или открытыми. Напорные крупнозернистые фильтры следует рассчитывать на предельную потерю напора в фильтрующей загрузке и дренаже до 15 м, открытые - 3-3,5 м. В открытых фильтрах необходимо предусматривать слой воды над уровнем загрузки 1,5 -2 м.

Как загрузку для фильтров используют песок, дробленый антрацит или другие зернистые материалы с соответствующей механической прочностью и химической стойкостью. Расчетные скорости фильтрования, необходимая интенсивность для их промывки и другие технологические параметры работы фильтров приведены в таблицах

Расчет желобов и сборных каналов в открытых предварительных фильтрах производят так же, как и для скорых фильтров. Промывку крупнозернистых фильтров проектируют водовоздушной, распределительные системы для воды и воздуха делают отдельными или объединенными в соответствии с рекомендациями для скорых фильтров.

Устройства для подачи и отвода промывной воды должны обеспечивать следующий режим: взрыхление фильтрующей загрузки водой с интенсивностью 6-8 л/(см<sup>2</sup>) - 1 мин, водовоздушная промывка с интенсивностью 3-4 л/(см<sup>2</sup>) воды и 15-25 л/(см<sup>2</sup>) воздуха - 5 мин, отмывка водой и гидравлическая сортировка фильтрующей загрузки с интенсивностью подачи воды 6-8 л/(см<sup>2</sup>) - 2 мин (5).

**Скорые фильтры.** Вода, поступающая на скорые фильтры (рис.10.4.16) после отстойников или осветлителей со взвешенным осадком, не должна содержать взвешенных веществ более 12-25 мг/л, а после фильтрования мутность воды, предназначенной для хозяйственно-питьевых нужд, не должна превышать 1,5 мг/л.



hydros.ru

Рис.10.4.16. Схема скорого фильтра.

Фильтры и их коммуникации должны быть рассчитаны на работу при нормальном и форсированном (часть фильтров находится в ремонте) режимах. На станциях с количеством фильтров до 20 следует предусматривать возможность выключения на ремонт одного фильтра, при большем количестве - двух фильтров. Скорости фильтрования при нормальном и форсированных режимах при отсутствии технологических изысканий надлежит принимать согласно табл. 13.21 (5) с учетом обеспечения продолжительности работы фильтров между промывками, не менее: при нормальном режиме - 8-12 ч, при форсированном режиме - 6 ч.

Скорости движения воды в трубопроводах, подающих и отводящих промывную воду, следует принимать 1,5-2 м/с. Должна быть исключена возможность подсоса воздуха в трубопроводы, подающие промывную воду на фильтры, а также подпора воды в трубопроводах, отводящих промывную воду.

Представляют интерес используемые в последние годы на многих водопроводных станциях распределительные системы фильтров, изготовленные из дырчатых полиэтиленовых труб с фильтрующим слоем из полиэтилена. Осуществлен промышленный выпуск указанных фильтрующих элементов.

В целях исключения смещения гравийных слоев и их перемешивания с песчаной загрузкой, что обычно приводит к нарушению стабильной эксплуатации фильтров, следует использовать различные конструкции безгравийных дренажных систем. К ним, прежде всего, относятся:

колпачковый дренаж (колпачки полиэтиленовые, из нержавеющей стали и др.), щелевые полиэтиленовые трубы, полиэтиленовые трубы с различными металлическими вставками из сетчатых или щелевых материалов и др. Одной из возможных конструкций является пористый полимербетонный дренаж: лоткового типа, дырчатый железобетонный, патрубковый и др. (12).

Для интенсификации работы фильтров может быть рекомендована чередующаяся промывка фильтров. Дренаж проектируется таким образом, чтобы по площади фильтра создавались чередующиеся зоны малой и большой интенсивности. Возникающие в результате этого стабильные циркуляционные контуры перемешивают загрузку, что практически устраняет гидравлическую сортировку и одновременно повышает эффективность промывки. Предложенный способ промывки легко реализуется с помощью полимерных дренажей. Чередующаяся промывка позволяет повысить скорость фильтрования и увеличить полезную производительность от 5 до 20 % (12).

Иногда на станциях ошибочно принята схема очистки воды, которая не соответствует качеству природной воды. В связи с этим невозможно на действующих сооружениях получать воду, отвечающую требованиям стандарта в течение всего года. Так, например, при повышенной цветности воды на ряде водоочистных станций приняты медленные фильтры или для высоких значений мутности и цветности используются контактные осветлители. В таких случаях целесообразно предусмотреть вторую ступень очистки воды: станцию с медленными фильтрами следует дооборудовать прямоточными фильтрами с реагентной обработкой воды перед ними, а после контактных осветлителей - вторую ступень фильтрования на скорых фильтрах (12).

**Двухпоточные фильтры.** В основу конструктивного решения двухпоточных фильтров положен принцип двухстороннего фильтрования воды с отводом фильтрата трубчатой дренажной системой, расположенной в толще фильтрующего слоя (рис.10.4.17). Часть обрабатываемой воды фильтруется сверху вниз через верхний слой загрузки, основная же масса воды фильтруется снизу вверх, через нижний слой. Наличие двухстороннего движения воды обеспечивает статическую устойчивость фильтрующего слоя.

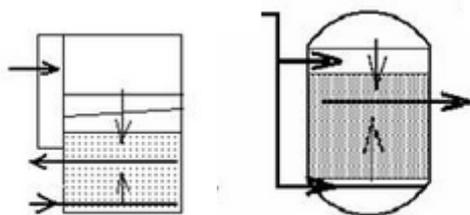


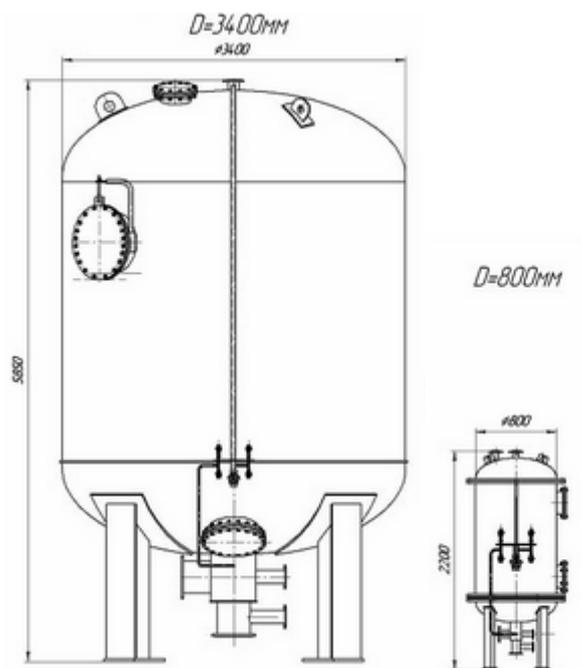
Рис.10.4.17. Схема работы безнапорного и напорного двухпоточного фильтра.

В двухпоточном фильтре дренаж для отвода фильтрата расположен на некотором расстоянии (50-60 см) от поверхности песка. Соотношение между количествами воды, фильтрующихся через слои сверху и снизу, определяется гидравлическими сопротивлениями этих слоев. Из-за малой грязеемкости верхнего слоя песка и быстрого закупоривания его пор количество воды, прошедшей через него, постепенно уменьшается, а количество воды, проходящей через слой загрузки в восходящем направлении - увеличивается.

Фильтрация осветляемой воды осуществляется одновременно снизу вверх и сверху вниз. Фильтрат отводится через среднюю дренажную систему через слой мелкого песка, что обеспечивает повышение грязеемкости (в 2,5-5 раз по сравнению с обычными скорыми фильтрами).

**Напорные фильтры.** Напорные фильтры широко используются в промышленном водоснабжении для осветления воды после обработки ее коагулянтами без предварительного отстаивания, а также при безреагентном осветлении воды с содержанием взвешенных веществ до 50 мг/л. Они представляют собой закрытые стальные цилиндрической формы резервуары со сферическими днищами, рассчитанные на внутреннее давление до 4-6 атм. Эти фильтры, как и самотечные, имеют дренажную систему, фильтрующий слой и устройства для сбора фильтрата и отвода промывной воды. Кроме того, их оборудуют соответствующей арматурой для подвода и отвода фильтруемой воды, а также для подачи промывной воды и воздуха.

В практике применяют вертикальные (рис.10.4.18) и горизонтальные (рис.10.4.19) напорные фильтры. Диаметр выпускаемых нашей промышленностью стандартных вертикальных напорных фильтров лежит в пределах 1-3,4 м. Увеличение диаметра фильтров сверх 3,4 м приводит к техническим трудностям при транспортировке ж/д транспортом. Производительность вертикальных напорных фильтров на водах различного качества составляет 50-90 м<sup>3</sup>/ч. Из экономических соображений количество их на станциях водоподготовки устанавливается в пределах от 4-6. Если производительность станции большая и применить открытые железобетонные фильтры невозможно, устанавливают горизонтальные напорные фильтры диаметром 3 м и длиной 10 м.



skbmia.opt.ru

Рис. 10.4.18. Вертикальный напорный фильтр.

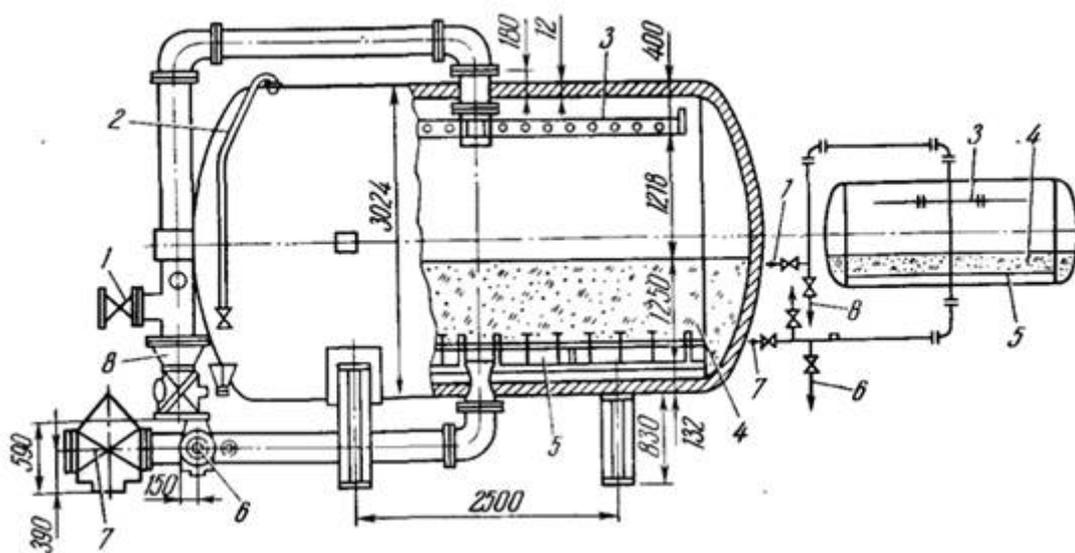


Рис.10.4.19. Горизонтальный напорный фильтр системы А.Г. Туганова.  
1,6 – подача исходной воды и отвод фильтрата; 2 – воздушник; 3,5 – водораспределительная и дренажная система; 4 – фильтрующая загрузка; 7,8 – подача и отвод промывной воды.

Расчетную скорость фильтрования для напорных фильтров принимают: при нормальном режиме с предварительным отстаиванием - 8, при форсированном - 10 м/ч; при нормальном режиме без отстаивания - 4, при

форсированном - 5 м/ч. Потеря напора в слое фильтрующей загрузки перед промывкой принимается равной 10 м вод. ст.; необходимый напор промывной воды - 10 м вод. ст. Расчетная интенсивность промывки восходящим потоком воды для кварцевого песка и мраморной крошки составляет 15 л/(см<sup>2</sup>), для дробленого антрацита - 10 л/(см<sup>2</sup>), длительность промывки - 6 мин.

В случае применения при промывке сжатого воздуха с подачей его через нижний дренаж рекомендуется принимать: напор воздуха перед фильтром 1 атм, интенсивность продувки 20 л/(см<sup>2</sup>), длительность продувки 3 мин.

Напорные фильтры, как правило, не имеют гравийных поддерживающих слоев, их дренаж выполняется в виде трубчатого коллектора с ответвлениями, снабженными фарфоровыми и пластмассовыми дренажными колпачками или щелями. В случае применения водовоздушной промывки устраивается дополнительная дренажная система, располагаемая в фильтрующей загрузке над основным дренажом фильтра и смонтированная из колпачков типа В-1, позволяющих производить подачу воды и воздуха одновременно; Вверху фильтра устанавливается вантуз для выпуска воздуха.

**Контактные осветлители.** Контактные осветлители целесообразно применять на станциях любой производительности при одноступенчатых схемах очистки маломутных цветных вод, когда общее содержание взвешенных веществ в поступающей на контактные осветлители воде, включая взвесь, образующуюся в результате введения в воду реагентов, не превышает 120 мг/л при максимальной цветности 120 град. При большем содержании взвеси в воде резко возрастает расход на промывку контактных осветлителей. Наиболее эффективно применение контактных осветлителей, если период максимальных значений цветности и мутности не превышает 30-50 сут в год, а среднегодовая загрязненность воды составляет 20-30 мг/л по взвешенным веществам и 50-70 град, по цветности. Объем сооружений очистки воды с применением контактных осветлителей уменьшается в 4-5 раз по сравнению с объемом сооружений обычного типа (двухступенчатые схемы). На 15-20 % уменьшается также расход коагулянтов (5).

Контактные осветлители представляют собой разновидность фильтровальных аппаратов, работающих по принципу фильтрования воды в направлении убывающей крупности зерен через слой загрузки большой толщины, который реализуется применением восходящего фильтрования, снизу вверх. Обрабатываемая вода через распределительную систему, уложенную на дне сооружения, вводится в нижние гравийные слои (вариант) и затем фильтруется последовательно через слои загрузки, крупность зерен которых постепенно уменьшается.

При этом основная масса примесей воды задерживается в нижних крупнозернистых слоях, характеризующихся большой грязеемкостью, что уменьшает темп прироста потери напора. Снижение темпа прироста потери напора и увеличение продолжительности защитного действия загрузки вследствие большой высоты слоя позволяют очищать на контактных осветлителях воду с содержанием взвеси, значительно превышающим обычно допустимое для скорых фильтров. Скорые фильтры могут работать нормально, если содержание взвеси в поступающей на фильтры воде составляет 5 - 15 мг/л. Контактные же осветлители, как показала практика, работают нормально при содержании взвеси в очищаемой воде до 120 мг/л и ее цветности до 120 град.

При водообработке на контактных осветлителях коагулянт вводят в воду непосредственно перед ее поступлением в загрузку осветлителей, процесс коагуляции происходит в ее толще.

За короткий промежуток времени от момента введения коагулянта до начала фильтрования в воде могут образовываться лишь микроагрегаты коагулирующих частиц. Дальнейшая агломерация примесей происходит не в свободном объеме воды, а на зернах загрузки контактных осветлителей; частицы адсорбируются на поверхности зерен, образуя отложения характерной для геля сетчатой структуры. Такой процесс является контактной коагуляцией, что обуславливается контактом воды, содержащей коагулированные примеси, с поверхностью зерен контактной массы.

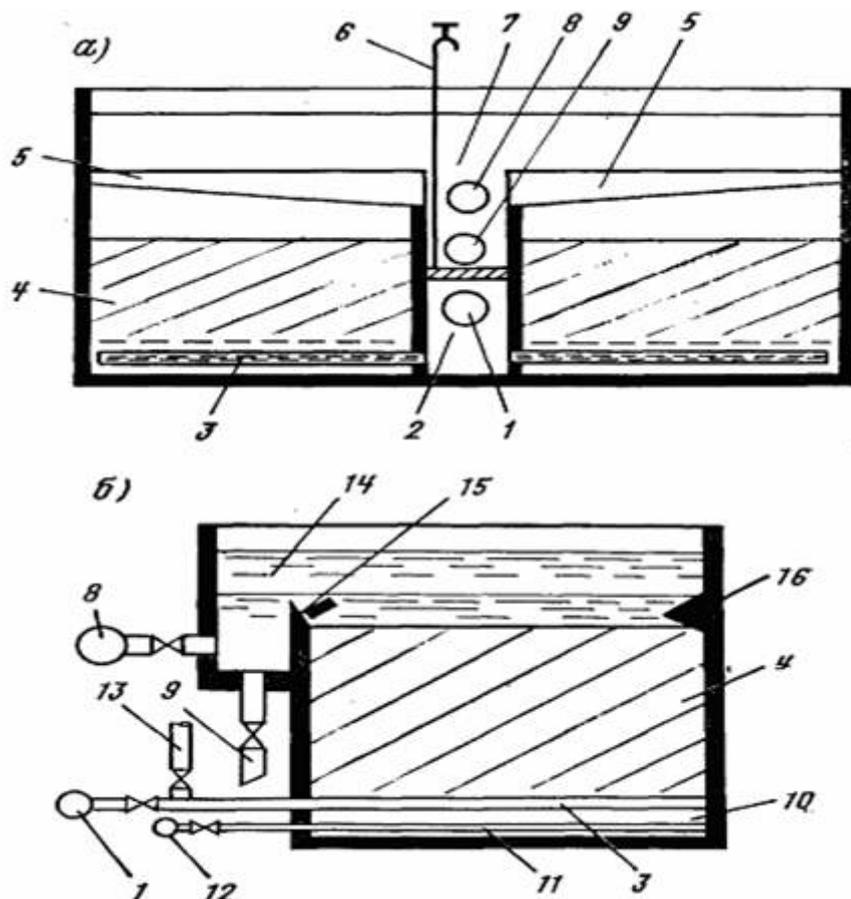
Как показали исследования и практика эксплуатации, процесс контактной коагуляции идет с большей полнотой и во много раз быстрее, чем при обычной коагуляции в объеме. Доза коагулянта для контактной коагуляции, как правило, меньше, чем доза, необходимая для коагулирования примесей в свободном объеме. Для протекания процесса контактной коагуляции необходимо ввести в воду такую дозу коагулянта, при которой частицы примесей теряют свою агрегативную устойчивость в отношении прилипания к поверхности зерен контактной массы. Такие дозы обычно недостаточны для того, чтобы обеспечить быстрое хлопьеобразование в свободном объеме с получением тяжелых, хорошо декантирующих хлопьев. Кроме того, при контактной коагуляции на процесс почти не влияют температура воды, ее анионный состав, наличие грубодисперсных взвесей и ее щелочность.

Отпадает необходимость в перемешивании воды для обеспечения протекания ортокинетической фазы коагулирования примесей.

Однако, быстрота смешения и равномерность распределения коагулянта в обрабатываемой воде, как показали исследования Е. И. Апельциной, Е. Ю. Рождественской, имеют решающее значение.

Благодаря этим преимуществам в условиях обработки маломутных вод контактные осветлители весьма удачно заменяют обычную двухступенчатую очистку воды, обеспечивая высокий эффект осветления и обесцвечивания при одновременном удешевлении стоимости строительства и эксплуатации очистных сооружений.

В технологии очистки природных вод рекомендованы контактные осветлители КО-1 и КО-3 (рис.10.4.20).



chemieman.ru

Рис. 10.4.20. Схема контактных осветлителей КО-1 (а) и КО-3 (б).

13,9 - подача и отвод промывной воды; 2, 7 - нижнее и верхнее отделения центрального канала; 3 - водораспределительная система; 10 - слой гравия; 4 - слой песка; 5 - водосборный желоб; 8, 1 - отвод фильтрата и подача исходной воды; 11 - воздухораспределительная система; 12 — подача воздуха на промывку; 16 - струенаправляющий выступ; 14 - боковой карман; 15 - пескоулавливающий желоб.

Скорости фильтрования в контактных осветлителях следует принимать: без поддерживающих слоев при нормальном режиме - 4-5 м/ч,

при форсированном - 5-5,5 м/ч; с поддерживающими слоями при нормальном режиме 5-5,5 м/ч, при форсированном - 5,5-6 м/ч. При очистке воды для хозяйственно-питьевых нужд надлежит принимать меньшие значения скоростей фильтрования. Контактные осветлители могут работать в двух режимах: при постоянной скорости фильтрования на протяжении всего фильтроцикла и со скоростью, постепенно убывающей к концу фильтроцикла так, чтобы средняя ее величина равнялась расчетной. В первом случае при проектировании предусматривается регулирование подачи воды на осветлители независимо от их количества. Во втором случае необходимо иметь в виду, что при выключении одного из осветлителей на промывку скорость фильтрования на остальных осветлителях не должна увеличиваться более чем на 15 %. Это достижимо, если на станции их не менее шести. При меньшем числе осветлителей необходимо предусматривать ограниченную подачу воды в период промывки одного из них (5).

На водоочистных комплексах с контактными осветлителями необходимо предусматривать барабанные фильтры и входную камеру для воздухоотделения и смешения реагентов с водой.

Объем камеры рассчитывают на пятиминутное пребывание в ней воды и секционируют на два отделения. Скорость движения воды в камере принимают 5 мм/с. Микрофильтры или барабанные сита располагают обычно над входной камерой.

Работы СпбНИИ АКХ показали, что при очистке маломутных цветных вод на контактных осветлителях наиболее целесообразно использование катионных флокулянтов в сочетании с коагулянтом. При этом расход коагулянта снижается на 30 - 50 %; остаточный алюминий в очищенной воде не превышает допустимых концентраций; продолжительность фильтроцикла на контактных осветлителях увеличивается на 40 - 60 %. Целесообразно осуществлять во входных камерах введение реагентов с помощью специальных распределителей с регулируемым режимом перемешивания очищаемой воды с реагентами. Для интенсификации промывки фильтрующей загрузки контактных осветлителей и снижения расхода промывной воды желательна применение контактных осветлителей типа КО-3 с водовоздушной промывкой. При этом следует иметь в виду, что водовоздушная промывка может быть эффективно реализована в контактных осветлителях (как и в прямоточных скорых фильтрах) только при использовании низкого отвода промывной воды (12).

**Контактные фильтры.** В контактных фильтрах, в работе которых также используется явление контактной коагуляции. Вода с добавленными к ней реагентами, в отличие от контактных осветлителей, фильтруется через зернистые загрузки в направлении сверху вниз, т.е. как в обычных скорых

фильтрах. Для увеличения грязеемкости фильтрующей загрузки ее делают двух- или многослойной, а также из крупнозернистого материала.

В контактных фильтрах рекомендуется применять дренажи без подстилающих слоев с распределительной системой из керамических пористых плиток или винипластовых щелевых труб. Грязеемкость их загрузки примерно такая же как и у контактных осветлителей, а эксплуатационные затраты несколько ниже. При использовании контактных фильтров отпадает необходимость в строительстве сооружений или установке специального оборудования для защиты распределительных систем от загрязнения (5).

Важным преимуществом контактных фильтров является возможность значительного форсирования их работы путем повышения скорости фильтрования до 9 м/ч с одновременным увеличением полезной подачи воды в водопроводную сеть в период максимального водопотребления (5).

В результате проведенных испытаний контактных фильтров установлено, что раствор коагулянта следует подавать в воду непосредственно перед поступлением ее в фильтрующую загрузку. Контактные фильтры целесообразно применять в одноступенчатых схемах обработки воды при общем количестве взвеси в ней не более 50-60 мг/л (5).

**Контактные префильтры** следует применять при двухступенчатом фильтровании для предварительной очистки воды перед скорыми фильтрами второй степени.

Конструкция контактных префильтров аналогична конструкции контактных осветлителей с поддерживающими слоями и водовоздушной промывкой. Площадь префильтров надлежит определять с учетом пропуска воды на промывку скорых фильтров второй степени.

Следует предусматривать смешение фильтрата одновременно работающих контактных префильтров перед подачей его на скорые фильтры.

#### **10.4.7. Фильтры с плавающим фильтрующим слоем.**

Фильтры с плавающей загрузкой (ФПЗ) являются эффективными, высокопроизводительными сооружениями по очистке природных, оборотных и сточных вод от гетерофазных примесей.

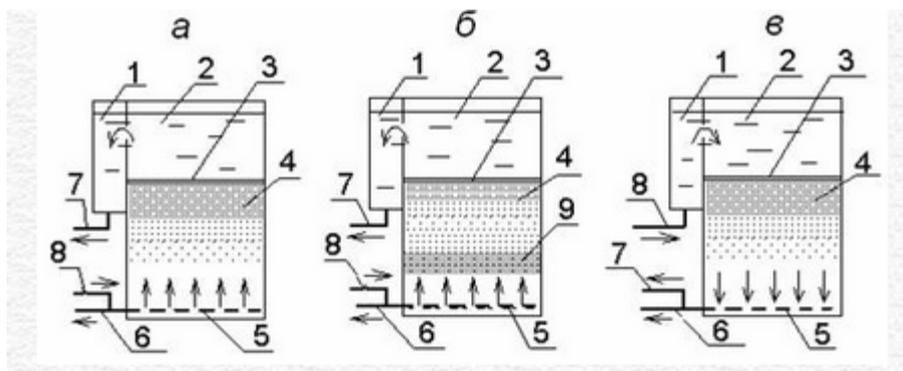
Применение плавающих полимерных гранулированных загрузок с плотностью меньшей плотности воды открыло новые перспективы в совершенствовании и интенсификации работы зернистых фильтров. Плавающая загрузка в работе не имеет непосредственного контакта с нижней дренажной системой сбора и отвода промывной вод. Это позволяет

отказаться от применения в корпусах фильтров дренажа большого сопротивления и специальных промывных насосов, уменьшить материалоемкость сборно-распределительных систем и рационально использовать весь располагаемый напор над коллектором отвода промывной воды.

Расходы на доставку пенополистирольной загрузки к объектам сокращается в 15 - 25 раз по сравнению с тяжелыми загрузками; так как из 1 т исходного сырья на месте применения можно получить более 15 м<sup>3</sup> плавающей загрузки. В отличие от промывки тяжелых фильтрующих материалов, вектор силы тяжести задержанных в порах загрузки загрязнений, совпадает с вектором движения промывного потока, поскольку промывка плавающей загрузки осуществляется сверху вниз водой из надфильтрового пространства, повышая эффективность отмывки загрузки и сокращая ее продолжительность (5).

Технико-экономические расчеты и анализ конкретных условий применения плавающих гранульно-волоконистых полимерных загрузок подтвердили целесообразность их использования в компактных установках заводского изготовления, на водозаборных узлах и станциях водоочистки. Особенно перспективны они там, где отсутствуют или находятся на далёком расстоянии сырьевые базы более дешевых фильтрующих материалов из керамзита, горелых пород, вулканических шлаков и др.

К категории плавающих фильтрующих зернистых загрузок относятся полимерные гранулы или зерна с замкнуто-ячеистыми порами диаметром 0,5 - 6,0 мм, а также полимерные волокна с плотностью меньшей плотности воды, способные пребывать в затопленном водой состоянии неограниченное время. Наиболее приемлемыми для практики являются вспененные гранулы полистирола марок ПСВ и ПСВ-С, а также их модификации. В качестве плавающих загрузок могут применяться и гранулированный стеклопор, дробленые пенополиуретан и пенопропилен, фторопласт, капрон, полиэтилен шунгизит и замкнуто-ячеистые плавающие гранулы из других материалов с размером зерен от 0,3 до 10 - 15 мм (рис.10.4.21).



dvgups.ru

Рис.10.4.21. Схемы фильтров с плавающей загрузкой.

а – однослойные с восходящим потоком воды (ФПЗ-1); б – двухслойные с восходящим потоком воды (ФПЗ-6); в – однослойные с нисходящим потоком воды (ФПЗ-3);

1 – канал (карман); 2 – корпус; 3 – удерживающая решетка; 4 – фильтрующая загрузка; 5 – распределительный трубопровод; 6 - отвод промывной воды; 7 – отвод фильтрата; 8 – подвод воды на очистку; 9 – крупнозернистая загрузка

Основной проблемой эксплуатации ФПЗ - подвижность загрузки, из-за которой она может быть легко вынесена потоком воды из фильтра. Для предотвращения выноса в фильтрах над загрузкой устанавливается удерживающая решетка или сетка. Промывка фильтра осуществляется тем запасом воды, который накапливается над слоем загрузки. Для выполнения промывки следует лишь открыть задвижку на трубопроводе, отводящем промывную воду, поскольку напора воды достаточно для расширения загрузки.

В ФПЗ фильтрование снизу вверх аналогично фильтрованию сверху вниз в традиционных фильтрах с тяжелыми загрузками. При фильтровании сверху вниз реализуются преимущества фильтрования в направлении убывающей крупности зерен.

Для создание двухслойного фильтра нижний слой загрузки формируют из гранул более крупного размера, чем в верхнем слое, но имеющих большую плотность. Например, верхний слой составляет пенополистирол с диаметром зерен 0,6–0,8 мм, а нижний – гранулы полувспененного полистирола размером 1,2–1,5 мм.

В настоящее время разработано свыше 100 конструкций фильтров с плавающей пенополистирольной загрузкой (ФПЗ), отличающихся областью применения, технологическими возможностями, разнообразием конструктивных элементов, условиями размещения пенополистирольной загрузки в корпусах, (в том числе в известных существующих водопроводных и канализационных сооружениях), способами промывки

пенополистирольной загрузки. Работа некоторых из них (ФПЗ-1, ФПЗ-3, ФПЗ-4, АФПЗ-4) была изучена и испытана в процессе эксплуатации на действующих станциях. Выбор конструкции ФПЗ следует производить в зависимости от фазово-дисперсного состояния примесей в обрабатываемой воде, назначения очистки и высотной технологической схемы станции. Скорости фильтрования и продолжительность фильтроцикла уточняются в процессе эксплуатации фильтра (5).

### **10.5. Виды антропогенных примесей и методы их извлечения.**

При выборе технологий водоподготовки в условиях повышенных антропогенных нагрузок на водоисточники первостепенную роль играет объективная оценка источника хозяйственно-питьевого или технического водоснабжения. Гидрохимический режим поверхностных водоисточников формируется в условиях интенсивной хозяйственной деятельности на водосборах. К природным факторам, влияющим на качество природных вод, относятся: геоморфологическое строение, климатические условия, поверхностный и почвенный покров, поверхностные и подземные воды и др.

В последние десятилетия наблюдается появление в воде водотоков и водоемов широкого спектра загрязняющих веществ, преимущественно антропогенного происхождения, и ухудшение качества воды в целом. Поэтому, в нынешних условиях, необходимо учитывать и существенное влияние антропогенных факторов на формирование качества природных вод с учетом рассредоточенных и сосредоточенных источников антропогенно-техногенной нагрузки, расположенных в районе водосбора.

Основными антропогенными загрязнениями, поступающими в поверхностные водоисточники с неочищенными или недостаточно очищенными хозяйственно-бытовыми и промышленными сточными водами, ливневым и талым стоком с водосборов, поверхностным стоком с территорий промплощадок, агропромышленных комплексов, хвостохранилищ, мелиоративных сельхозугодий и др., являются фенолы, пестициды, нефтепродукты, азотные соединения (азот аммонийный, нитриты и нитраты), соли тяжелых металлов и поверхностно-активные вещества. Многие из них обладают куммулятивными свойствами и могут в значительной степени изменять гидрохимический режим водоисточника (5).

**Фенолы** техногенного происхождения попадают в водоисточники с недостаточно очищенными сточными водами коксовых производств, нефтеперерабатывающих заводов, с продуктами перегонки смолы,

образуются при деструкции целлюлозы. Фенольный индекс очищенной воды по СанПиН 2.1.4.1074-01 (4) не должен превышать 0,25 мг/л. При этом к содержанию отдельных компонентов предъявляются более жесткие требования, например, для фенола ПДК составляет - 0,001 мг/л. Существующие методы очистки природных вод от фенолов базируются, в основном, на окислительных воздействиях перекиси водорода, озона, перманганата калия и сорбции на активированных углях (5).

Ассортимент **пестицидов**, используемых в сельском хозяйстве в качестве гербицидов и инсектицидов для борьбы с сорными растениями и вредителями сельхозкультур, весьма широк и разнообразен. Это хлорорганические и фосфорорганические соединения, производные карбаминовой кислоты и мочевины, гетероциклические соединения. Хлорорганические пестициды отличаются высокой стойкостью к воздействию окружающей среды и нарастанием концентраций в последующих звеньях биологической цепи. Поступают пестициды в водоисточники со стоками талых и дождевых вод с полей и сельхозугодий, грунтовых вод в районе орошаемого земледелия, при неправильной технологии обработки. Лимитирующие ПДК для разных классов пестицидов колеблются в широких пределах. Так, например, для севина ПДК по органолептическому признаку составляет 0,1 мг/л, карбофоса - 0,05 мг/л, гексахлорана - 0,02 мг/л и т. д.

Различие в физико-химических свойствах применяющихся пестицидов обуславливает трудности в выборе технологий их удаления из поверхностных вод. В случаях одновременного присутствия несколько видов пестицидов, технология водоподготовки должна включать реагентную обработку воды и ее сорбционную доочистку. Коагуляция и фильтрование могут оказаться эффективными лишь в случаях, когда пестициды присутствуют в воде в виде суспензий или коллоидных частиц. Разложение пестицидов под действием активного хлора происходит с небольшой скоростью, требует повышенных доз окислителя и последующего дехлорирования. В большинстве случаев обработка поверхностных вод, содержащих пестициды, хлором малоэффективна и приводит к образованию более токсичных вторичных продуктов. В случаях наличия в воде специфических пестицидов (ГХЦГ, симазин, токсафен) сорбция на активированных углях оказывается надежным и практически единственным методом очистки. Для этих целей используют угли БАУ, КАД-йод, ОУ-Ащ. При эпизодическом появлении пестицидов в природных водах в подготовке питьевой воды предпочтение отдают дозированию порошкообразных углей в трубопровод после насосной станции первого подъема и перед фильтрами с общими дозами до 5-12 мг/л (5).

**Нефтепродукты** представляют собой совокупность алифатических, ароматических алициклических углеводородов, составляющих основную часть нефти. При поступлении в поверхностные воды водоемов и водотоков, они резко ухудшают органолептические свойства воды, оказывают мутагенное (канцерогенное) действие на живой организм (например, пирен, фенантрен и т.д.). В соответствии с СанПиН 2.1.4.1074-01 (4) ПДК нефтепродуктов (суммарно) в воде питьевого качества нормируемых по органолептическому показателю вредности, не должно превышать 0,1 мг/л.

В природные воды нефтепродукты поступают в случаях использования источников хозяйственно-питьевого назначения для целей судоходства; при аварийных сбросах сточных вод или нарушении требуемых условий отведения и сброса городских и промышленных (предприятия нефтедобычи и нефтепереработки) сточных вод; в периоды стока ливневых и талых вод селитебных территорий и промплощадок, автостоянок, хранения нефтепродуктов и прочее. В зависимости от концентрации, способа попадания в воду, а также наличия поверхностно-активных веществ и солей, нефтепродукты могут присутствовать в природной воде в различных состояниях: в виде пленки, эмульсии типа «масло в воде» и в растворенном состоянии.

К известным методам очистки воды от нефтепродуктов, применяемых в практике водоподготовки, относятся: сорбция с использованием природных и синтетических сорбентов; электрокоагуляция и электрофлотация. Использование напорной флотации с добавлением сульфата алюминия и полиакриламида лишь на 10-15% улучшает эффект очистки воды от нефтепродуктов. Эффективность метода озонирования, по отношению к нефтепродуктам, обусловлена в большей степени их концентрацией и различной природой и колебаться, по данным разных авторов, в пределах от 0 до 100% (5).

В природных водах **соединения азота** могут находиться в виде органического азота, ионов аммония, нитритов и нитратов. Источником нитритного и нитратного азота в исходной воде чаще всего бывает аммонийный азот, поэтому актуальна проблема удаления его при очистке воды. В подземных водах высокое содержание аммонийного азота сопровождается зачастую присутствием сероводорода, агрессивного диоксида углерода, марганца, железа. При  $pH = 6-8$  в воде находится главным образом  $NH_4^+$ . Наиболее токсичными являются нитрит-ионы, концентрация которых в питьевой воде по рекомендациям СанПиН (4) не должна превышать 3 мг/л. По рекомендациям ВОЗ концентрация нитрит-ионов в питьевой воде не должна превышать 1 мг/л, а допустимая концентрация нитратов составляет 45 мг/л по  $NO_3^-$ .

Аммонийный азот, легко усваиваемый микроорганизмами при биологической очистке, является одним из наиболее распространенных загрязнителей природных вод антропогенного происхождения. При выборе технологии очистки от соединений азота следует внимательно рассматривать применимость биологических методов очистки в сравнении с мембранными технологиями.

**Соли тяжелых металлов** попадают в водоисточники с кислотными дождями, зона выпадения которых стремительно охватывает все новые районы страны. В мягких низкощелочных водах в северных и восточных районах страны эти дожди способны на несколько единиц снизить рН воды, что, в свою очередь, не только препятствует выпадению поступающих в эти источники, например, со сточными водами промышленных предприятий, тяжелых металлов, но и стимулирует их растворение и переход в воду из придонных осадков. В связи в этом возникает необходимость в разработке таких методов водоподготовки, которые могли бы обеспечивать глубокую очистку больших расходов природных вод от тяжелых металлов.

На традиционных очистных сооружениях процесс очистки воды от тяжелых металлов происходит за счет связывания ионов тяжелых металлов в труднорастворимые соединения и последующего выделения их в осадок. В ряде случаев, этот процесс лучше протекает при избытке щелочного реагента, особенно извести. Продолжительность отстаивания воды составляет не менее двух часов (5).

Наиболее универсальным методом удаления **поверхностно-активных веществ (ПАВ)** из природных вод является озонирование (озоно-флотация) с последующей очисткой воды на традиционных сооружениях. Такой же и более высокий эффект может быть достигнут предварительным коагулированием и осветлением воды. Коагулирование позволяет также удалять из воды ПАВ. Так, обработка воды, содержащей до 10 мг/л синтетических детергентов в виде трудноокисляемых алкилбензолсульфонатов, смесью сернокислого алюминия и хлорного железа в кислой среде позволяет практически полностью удалить загрязнения из обрабатываемой воды. Глубокая доочистка анионоактивных и неионогенных ПАВ осуществляется сорбцией на активированных углях (5).

Таким образом, при подборе технологии подготовки воды, содержащей антропогенные примеси, необходимо располагать информацией о факторах, влияющих на качество исходной воды, определяющих типах загрязнителей, их расчетных концентрациях и временном факторе присутствия в исходной воде, а также фазово-дисперсном состоянии примесей.

## **10.6. Методика выбора технологических схем очистки природных вод, содержащих антропогенные примеси, с использованием НДТ.**

Для большинства существующих водопроводных очистных станций попытка улучшить очистку воды от примесей антропогенного происхождения при минимальных затратах обычно ограничивается использованием аэрации воды в смесителях, применением новых коагулянтов и флокулянтов и устройством в скорых фильтрах дополнительного слоя загрузки из гранулированного активированного угля высотой 0,3-0,6 м. Однако, как показывает опыт, сорбционные свойства угля (АУ) сохраняются в таких условиях работы не более чем на протяжении от полугода до двух лет с момента его засыпки в фильтры. После 60-70 суток эксплуатации скорого фильтра с верхним слоем АУ поверхность зерен сорбента покрывается не отмываемыми тонкодисперсными илистыми взвешивами, содержащими окись алюминия и другие вещества, выносимыми из отстойников. В дальнейшем угольный слой фильтра выполняет лишь роль верхнего, первого по ходу движения воды, крупнозернистого фильтрующего слоя. Регенерацию отработанного угля на очистных станциях в России пока не производят, в виду сложности процесса и большой стоимости технологического оборудования. Досыпают фильтры новым углем марок АГ-3, АГ-5, БАУ и др. по мере его вымывания, в среднем раз в один (два) года на 20-25 см. (5).

Одной из наиболее эффективных технологий удаления из природных вод антропогенных загрязнений является озонирование с последующей сорбцией на активных углях. Этот метод широко применяется на водопроводах за рубежом и начинает использоваться на ряде водоочистных станций в нашей стране (12).

Исследованиями проведенными в НИИ КВОВ была определена технологическая эффективность озонирования воды и установлено следующее (14):

1. Озонирование эффективно удаляет ряд органических и неорганических загрязнений природного и антропогенного происхождения, таких как фенолы, нефтепродукты, амины, пестициды, СПАВ и др.

2. Озонирование воды позволяет уменьшить концентрацию хлорорганических соединений, образующихся при предварительном хлорировании или полностью решить проблему их образования при уменьшении дозы хлора или исключении первичного хлорирования воды.

3. Озонирование воды в большинстве случаев улучшает процесс коагулирования, уменьшает дозу коагулянта (примерно на 20-30%), а

величина основных показателей - мутность, цветность и перманганатная окисляемость - несколько уменьшается.

4. Наряду с применением озонирования для очистки воды от антропогенных загрязнений озон может применяться при очистке цветных и высокоцветных вод, а также подземных вод от соединений железа, марганца, присутствующие в виде комплексных органических соединений.

5. Однако наряду с высокой эффективностью применения метода озонирования для очистки воды в ряде случаев имеет место специфический характер действия озона, когда предварительное озонирование может ухудшить процессы коагулирования и хлопьеобразования, в результате в очищенной воде повышается мутность и концентрация остаточного алюминия.

Серьезной проблемой при использовании озона является образование побочных продуктов окисления, к которым относятся формальдегид, ацетальдегид и др.

6. Отмеченное выше требует более внимательного подхода к применению озона для очистки воды и в каждом случае его обоснованного выбора на основе проведения технологических исследований и изучения взаимодействия озона с другими технологическими методами очистки воды.

7. Наиболее эффективным является метод совместного применения озона и активного угля, позволяющего обеспечить глубокую очистку воды от органических соединений, отвечающего современным требованиям стандарта.

8. Озонирование повышает также эффективность обеззараживания воды, в том числе по микробиологическим и паразитологическим показателям.

На рис 10.6.1 приведены в общем виде зависимости различных способов озонсорбционной очистки воды на эффективность удаления загрязнений по этапам очистки воды (14).

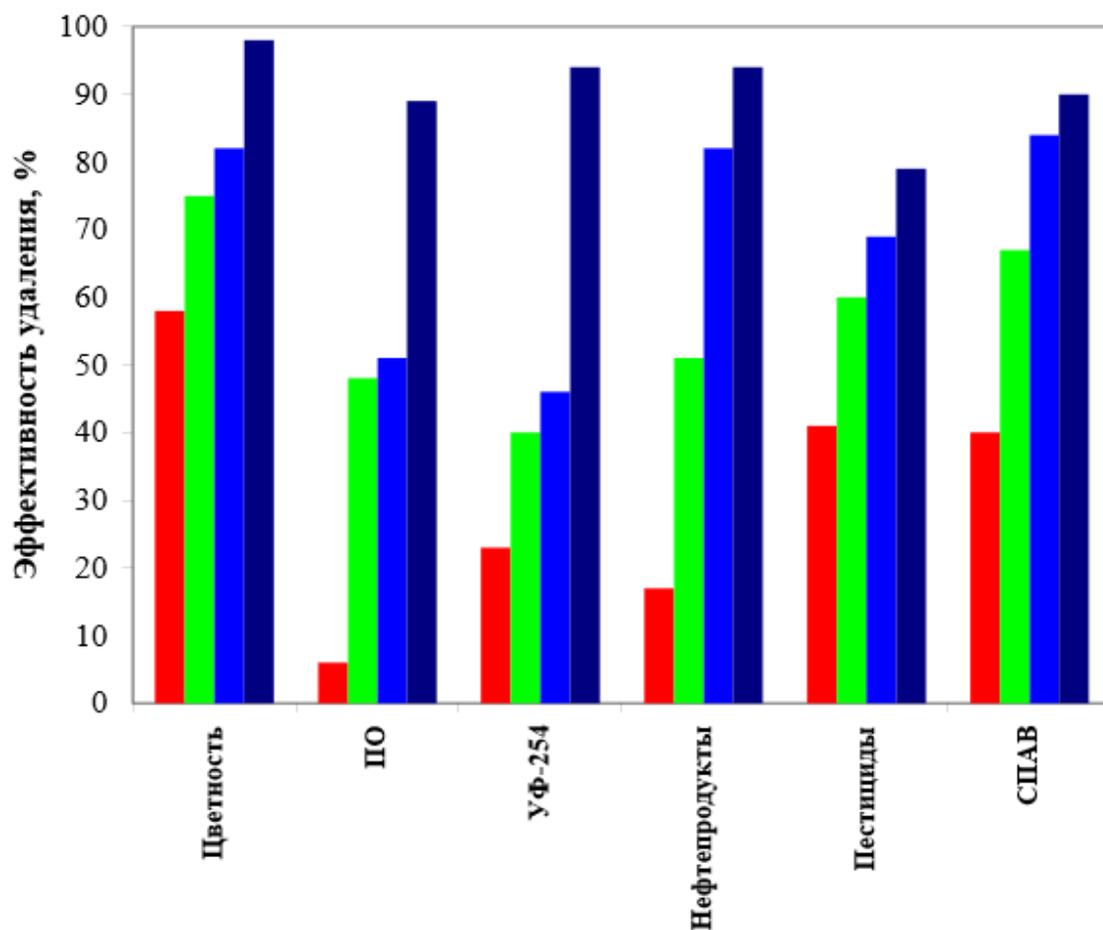
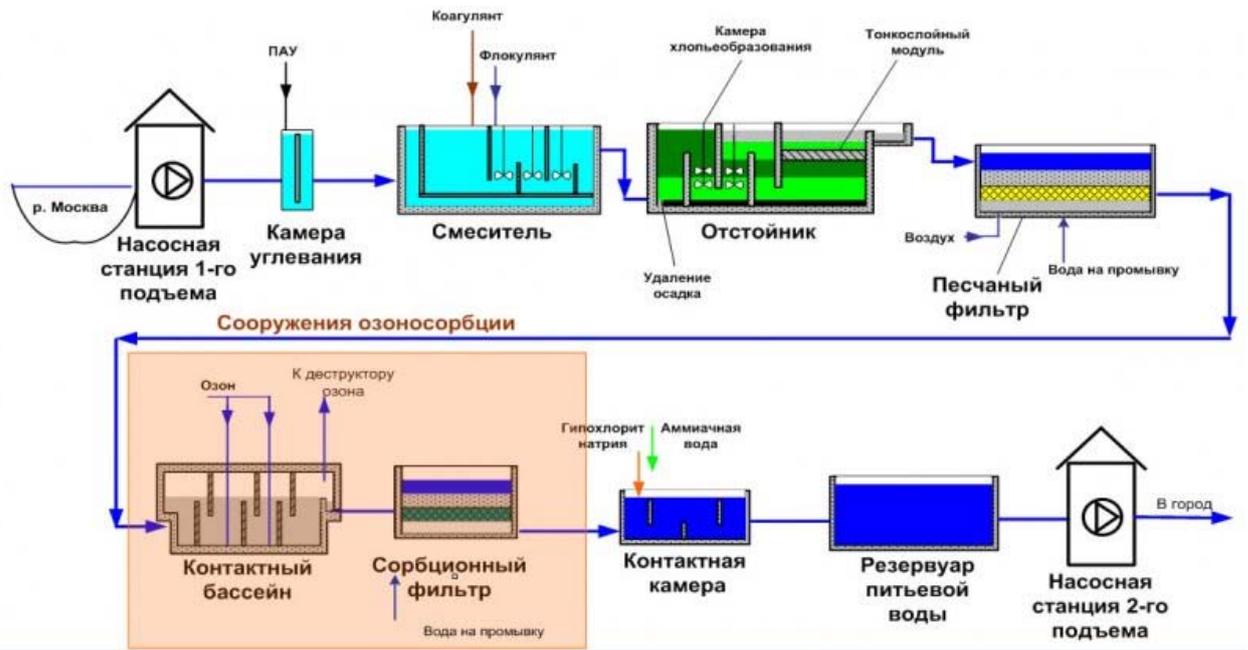


Рис.10.6.1. Эффективность удаления различных загрязнений по этапам очистки воды.

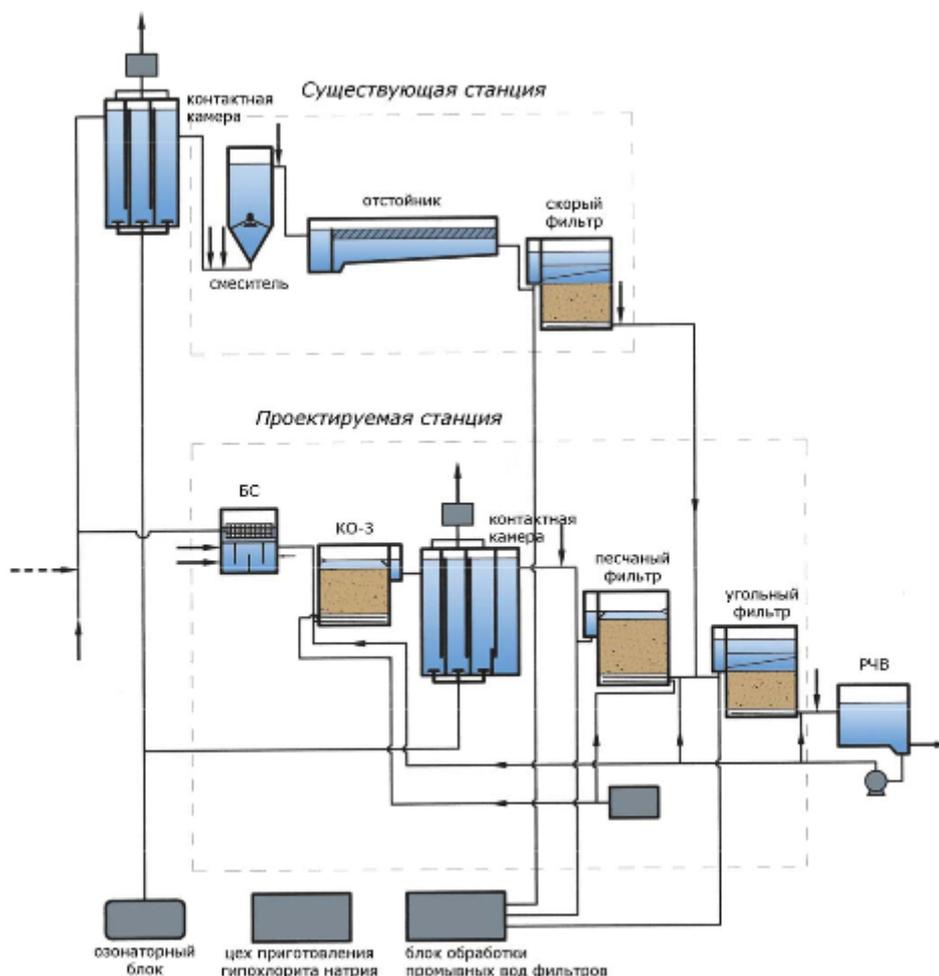
■ Преозонирование   ■ Песчаный фильтр   ■ Озонирование   ■ Угольный фильтр

В практике подготовки мутных и цветных вод сложного физико-химического состава с преобладанием органических загрязнений, предпочтение отдается окислительно-сорбционному методу, при котором на заключительном этапе продукты озонлиза задерживаются на сорбционных гранулированных фильтрах с толщиной фильтрующего слоя до 1,5-2,0 м, крупностью угля 1-2 мм и рабочей скоростью фильтрования 7-10 м/ч (рис.10.6.2, 10.6.3).



mosvodokanal.ru

Рис.10.6.2. Схема озонсорбции на очистных сооружениях ОАО Мосводоканал.



kgе.msu.ru

Рис. 10.6.3. Комплексная схема очистки воды на окском водозаборе.

Для повышения эффективности работы сорбционных фильтров используют в одном корпусе трехслойную загрузку из макро- и микропористых углей различных марок с толщиной слоев от 0,5 до 1,5 м каждый и крупностью зерен от 0,4 до 4,0 мм. При скоростях фильтрования до 10 м/ч и периодической водо-воздушной промывке верхнего слоя такие сорбционные фильтры обеспечивают необходимую доочистку в течение 1-1,5 лет без химической или термической регенерации угля. Известно, что частичная деструкция молекул органических веществ, при окислении их озоном может вызвать ухудшение их сорбируемости на зернах углей (5).

Результаты исследований проведенные в НИИ КВОВ (14) показали, что озонирование целесообразно применять при сравнительно невысокой цветности исходной воды (до 50-70 град). Для очистки высокоцветных вод необходимо применение реагентного метода, несмотря на его известные

недостатки, связанные со сложностью эксплуатации реагентного хозяйства и образованием значительного количества осадка, требующего специальной обработки и утилизации. При введении реагентов в обрабатываемую воду с высоким показателем цветности коагуляция протекает эффективно с образованием крупных, хорошо оседающих хлопьев. После фильтрования воды доза сульфата алюминия 5 мг/л по  $Al_2O_3$  обеспечивает качество воды, соответствующее нормативам по всем показателям. На основании проведенных исследований (14) была предложена комбинированная схема очистки воды: при малой цветности (до 40-45 град) - озонирование воды, при высокой цветности - реагентный метод (совместно или без озонирования).

Особую опасность представляет наличие в воде растворимых нелетучих и высококипящих средне- и высокомолекулярных органических соединений (углеводороды, СПАВ), способных образовывать комплексы и ассоциаты с тяжелыми металлами, хлором, фосфором и другими элементами. В таких случаях использование озона становится малоэффективным. Вместо него целесообразнее использовать сорбционную доочистку дозировкой порошковых активированных углей (ПАУ). Ввод ПАУ во избежание его непроизводительных потерь, осуществляют перед осветлительными фильтрами в течение 5-10 суток с дозами 10-20 мг/л в наиболее неблагоприятные периоды года. Широкому распространению этого технологического приема препятствует отсутствие простого и экологически чистого оборудования для подготовки и дозирования пылевидного угля в обрабатываемую воду (5).

С учетом вышеизложенного, интерес для персонала водоочистных станций и разработчиков новых технологий водоочистки представляют НДТ, которые не приносят в процессе их использования вредные отходы в окружающую среду и которые способны извлечь из природных источников вредные для здоровья людей компоненты антропогенного происхождения без их трансформации в другие канцерогены и вредного воздействия на работу самих очистных сооружений.

К таким технологиям относятся физические и биологические методы предочистки поверхностных вод, реализуемые путем: многоступенного безреагентного фильтрования воды с использованием крупнозернистых префильтров (с горизонтальным и вертикальным направлением фильтрационного потока); безреагентного фильтрования через аэрируемые биореакторы, биофильтры и биосорберы (иногда с озонированием) специальных конструкций (5).

Представляют интерес новые методы, разработанные ГНЦ РФ НИИ ВОДГЕО:

- технология с использованием природного биоценоза и сооружений с носителями прикрепленной микрофлоры;

- технология, основанная на биосорбции с использованием эжекции воздуха, псевдооживленного и стационарного слоя активного угля, применяемая в биосорберах.

Данные технологические методы очистки воды от антропогенных загрязнений проходят в настоящее время производственные испытания, по окончании которых можно будет судить об их технологической эффективности и возможности применения в технологии очистки природных вод (12).

Технологии очистки поверхностных вод с предочисткой в искусственных водоемах за счет самоочищения и с искусственной интенсификацией этого процесса, аэрированием или озонированием, при всей кажущейся привлекательности, когда окисляемость воды может снижаться на 30-50%, концентрация тяжелых металлов - на 50-90%, азота аммонийного - на 50-80% (5), требуют детального изучения и опытной отработки технологических процессов. Процессы биологической деструкции органических соединений за счет биоценоза различных форм микроорганизмов, простейших и грибов должны быть строго управляемыми. В противном случае за счет биоразлагаемости самого биоценоза может происходить вторичное загрязнение соединениями азота и фосфора.

С позиции гигиенических требований для более широкого внедрения таких технологий в практику водоочистки требуют решения вопросы:

- своевременной утилизации отмершей водной растительности и донных отложений в водохранилищах;
- использование иммобилизованной микрофлоры только в аэрируемых сооружениях (биофильтрах, биореакторах), в которых под действием аэрации происходит отрыв отмершей биопленки с инертного носителя и вынос ее из сооружений;
- отработка технологических режимов взаимодействия биологических методов, используемых только на стадии предочистки, с технологическими процессами на последующих ступенях очистки воды

Наиболее проверенными в опытно-производственных и эксплуатационных условиях технологическими схемами водоподготовки на основе НДТ некондиционных подземных вод, загрязненных антропогенными веществами, являются (5):

1. Аэрация - дегазация - обезжелезивание - адсорбция на ГАУ - ионный обмен на клиноптилолите в  $\text{Na}^+$ -форме - обеззараживание гипохлоритом натрия или кальция;

2. Аэрация - дегазация - коагулирование - фильтрование - озонирование - адсорбция на ГАУ - обеззараживание хлором или хлорреагентами;

3. Аэрация - дегазация - озонирование - фильтрование (осветление, обезжелезивание) - деманганация - адсорбция на ГАУ - УФ-обеззараживание.

Вариантами схемы является осуществление двойного озонирования с рекуперацией озона на первой ступени и интенсификация вторичного (основного) озонирования с воздействием УФ-облучения и дополнительного окислителя ( $H_2O_2$ ) и катализатора.

Очистка воды от микроколичеств диоксинов (полихлордибензодиоксинов (ПХДЦ) и полихлордибензофуранов (ПХДФ)), содержащихся в подземных водах, может быть осуществлена воздействием ультрафиолетового облучения (УФ), радиолиза, озонирования, воздействия химических реагентов.

В связи с высокой стабильностью наиболее токсичного представителя - тетрахлордибензодиоксина (ТХДД) - продолжительность необходимого воздействия достигает нескольких часов. К примеру, для разрушения более 95% ТХДД путем озонирования требуется не менее четырех часов при  $pH=10$ , что соответствует оптимальным условиям для данной реакции (5).

Применимость **коагуляции и флокуляции** с солями алюминия для удаления микроколичеств ТХДД из воды исследовалась в работе для водных систем, содержащих взвешенные частицы и без них (5). Методы коагуляции и флокуляции позволяют разрушать системы, присутствующие в загрязненных водах-, «диоксины - вещества в коллоидном состоянии - вода» и «диоксины - вещества в гетерофазном состоянии - вода» с выведением большей части диоксинов из системы в виде осадка. Результаты исследований показывают возможность достижения эффективности очистки воды коагуляцией от диоксинов до 20-70% в зависимости от фона ксенобиотиков (5).

При исследованиях адсорбционной емкости угля FILTRASORB-300 по отношению к различным галогенированным соединениям было установлено, что значения адсорбционной емкости для двух представителей класса полихлорбифенилов (ПХБ), к которому относятся и диоксины, составляют: 630 мг/г (ПХБ-1232) и 242 мг/г (ПХБ-1221). Данные приведены для равновесной концентрации ПХБ 1 мг/л при нейтральном  $pH$ , что позволяет сравнить эту адсорбционную емкость с типовыми значениями для других веществ. АУ является хорошим сорбентом для ПХБ и диоксинов (5).

Проведённые испытания сорбционной очистки воды в связи с обострением диоксиновой проблемы в Башкирии подтвердили эффективность этого метода. При адекватной предочистке фильтрацией через гранулированные активные угли (ГАУ) (типа СКД-515) удаляется 93-97% всех типов диоксинов. Наиболее опасные изомеры диоксинов, 2,3,7,8-тетра ПХДД и 1,2,3,7,8-пента ПХДД, извлекаются из воды сорбцией на ГАУ.

Ухудшение качества поверхностных вод в последние 30 лет под воздействием антропогенных (техногенных) факторов обусловило

необходимость повышения барьерной (защитной) функции водоочистных станций хозяйственного назначения.

Д.т.н. Журбой М.Г. для очистки мутных и постоянно сильно загрязненных в течение года вод предложены технология, включающая на первой стадии обработку воды в биореакторе с носителями прикрепленных микроорганизмов. В случае необходимости процессы биопредочистки интенсифицируются вводом перед загрузкой биореактора дополнительного количества кислорода воздуха. На последующих ступенях обработки вода смешивается с реагентами в смесителях мгновенного действия и проходит стадию глубокой очистки в комбинированном сооружении, реализующем последовательно процессы контактного хлопьеобразования, тонкослойного отстаивания и фильтрования через неоднородную полимерную плавающую загрузку. Наиболее устойчивые трудноокисляемые антропогенные загрязнители подвергаются последующему озонированию и обработке на стационарных адсорберах с загрузкой комплексного назначения (5).

Для станций небольшой производительности ( $Q > 5,0$  тыс.м<sup>3</sup>/сут), сооружаемых в районах, расположенных на значительном расстоянии от баз стройиндустрии и производств реагентов, могут оказаться оправданы технологии с применением электрофизических методов, электрокоагуляции-флотации, озона с УФ и др. Такие станции могут быть выполнены в контейнерном варианте.

При использовании для хозяйственно-питьевых целей опресненной морской воды в соответствии с требованиями международных стандартов ВОЗ и СанПиН 2.1.4.1074-01 (4) требуется ее предварительное кондиционирование. Принципиальная схема приготовления питьевой из морской опресненной воды, разработанная в НИИ ВОДГЕО под руководством д.т.н. Егорова А.И., включает в себя блок приготовления, дозирования и смешения с обессоленной морской водой диоксида углерода, блок обогащения катионами  $Ca^{+2}$  на фильтрах с мраморной крошкой, сорбционный фильтр и блок приготовления и дозирования в воду растворов извести, хлора и фтора.

### **10.7. НДТ при комплексной обработке воды физико-химическими методами.**

НДТ при физико-химических методах являются:

- ультрафиолетовое излучение;

- совместное воздействие окислителей и ультрафиолетового излучения;
- обработка воды перекисью водорода;

Одним из высокоэффективных методов разрушения органических соединений является воздействие **излучением в ультрафиолетовой области спектра**.

Анализ литературных данных показывает широкий диапазон органических соединений, для разрушения которых в водной среде может быть применен метод фотохимического окисления. В перечень веществ, которые разрушаются с включением в технологию метода фотохимического окисления, кроме пестицидов различных классов могут входить и такие трудно окисляемые вещества как гидразин, монометилгидразин, несимметричный диметилгидразин и фиметилнитразалин. Эффективно проходит разрушение под воздействием ультрафиолетового облучения гуминовых кислот (5).

Воздействие УФ-излучения на растворенные органические соединения проходит по двум направлениям - энергетическому и окислительному. Как предполагается, молекула органического вещества поглощает квант энергии, испускаемый УФ-источником и переходит в возбужденное состояние. Последующие реакции осуществляются за счет соударения возбужденной молекулы с другими или благодаря внутримолекулярным превращениям. Окислительные процессы происходят за счет образования свободных радикалов (5).

В ряде случаев фотохимические реакции происходят с высоким квантовым выходом продуктов, что указывает на важность цепных реакций образования этих продуктов. Возможности метода деструкции органических соединений ультрафиолетовым излучением значительно расширяются при условии применения дополнительного воздействия окислителей и катализаторов фотохимических процессов (5).

К наиболее часто применяемым окислителям, повышающим эффективность воздействия ультрафиолета, можно отнести озон и пероксид водорода.

**Совместное воздействие окислителей и ультрафиолетового излучения** позволяет окислять в водном растворе галогенированные и частично окисленные углеводородные компоненты, цианистые комплексные соединения, хлоруглеводороды, СПАВ, органические комплексообразователи, алкилфосфорные соединения.

При участии в процессе УФ-излучения и озона возможно полное окисление продуктов биохимического разложения, например, уксусной кислоты. При совместном воздействии уксусная кислота может быть окислена до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .

Механизм усиления эффективности разложения органических веществ при совместном действии УФ-излучения и озона проходит за счет саморазложения озона и образования гидроксильных радикалов, действующих как основные сильные окислительные агенты. Дополнительно УФ-облучение ускоряет фоторазложение озона с образованием перекиси водорода.

При наличии в подземных природных водах микро концентраций пестицидов и синтетических органических соединений (например, винилхлорида Vinyl Chloride, дихлорэтилена Dichlorethulena), непредельных углеводородов ряда  $C_nH_{2n}$  и др., УФ озонированием воды с дозой озона 2-6 мг/л в течение 10 минут удаляются весьма эффективно все ароматические соединения и основные пестициды за исключением алкенов (5).

**Перекись водорода** является экологически чистым реагентом-окислителем, т.к. не приводит к вторичному загрязнению воды продуктами своего восстановления. По сравнению с другими «чистыми» окислителями (озон, кислород) перекись водорода имеет ряд технологических преимуществ: высокую растворимость в воде, относительно высокую стабильность, простоту аппаратного оформления и технологического контроля. В следствии своих преимуществ перекись водорода получила достаточно широкое распространение в практике очистки природных и сточных вод.

Особенно активными химическими активаторами (катализаторами) разложения перекиси водорода являются металлы переменной валентности (железо, марганец, медь, кобальт, хром) и их соли. Соединения железа практически всегда присутствуют в обрабатываемой воде и распад перекиси водорода в их присутствии изучен наиболее подробно.

Образующийся гидроксил - радикал имеет окислительный потенциал 2,80 В, что объясняет высокую окислительную способность данной системы. Композиция « $H_2O_2$  - железо (II)», известная под названием «реагент Фентона», широко используется в технологии очистки воды.

Использовании перекиси водорода в качестве окислителя не приводит к образованию продуктов более токсичных, чем исходные органические соединения. Поэтому сочетание перекиси водорода и УФ-облучения широко применяется для окисления различных примесей воды, в частности, соединений цветности.

## 10.8. Адсорбционная глубокая доочистка питьевой воды.

Адсорбция применяется в тех случаях, когда необходимо удалить из очищаемой воды находящиеся в растворенном виде примеси природного и антропогенного происхождения, в том числе также для удаления из воды хлорорганических соединений и продуктов озонлиза.

Наиболее распространенным в практике водоочистки неполярным гидрофобным адсорбентом является активированный уголь, обеспечивающий благодаря своим свойствам эффективную адсорбцию растворенных примесей (5).

В основе адсорбции лежит взаимодействие энергетически ненасыщенных атомов углерода с молекулами адсорбируемых веществ.

В технологии водоподготовки активированный уголь применяется в виде порошка при углевании воды, дробленных или недроблённых гранул при фильтровании через угольные фильтры. Для очистки воды от загрязнений применяется сухое дозирование порошковых активированных углей, мокрое дозирование (в виде суспензии), фильтрование через взвешенный слой активированного угля, фильтрование в стационарных адсорберах с гранулированным активированным углем, фильтрование через комбинированные песчано-угольные фильтры.

Выбор марки адсорбционного материала заключается в подборе параметров его пористой структуры в зависимости от размеров молекул адсорбируемых веществ. Например, когда в воде присутствует одно вещество с низкой молекулярной массой, (фенол, азот аммонийный, азот нитритный), то данные вещества, имеющие относительно низкую молекулярную массу и размер молекул  $\tau = 0,63$  нм, лучше всего сорбируются в микропорах ( $\tau < 0,63-0,7$  нм) и супермикропорах ( $0,6-0,7 < \tau < 1,5-1,6$  нм). Для этого случая пригодны активированные угли, имеющие требуемую структуру пор, типа АГ-3 и МАУ-100; когда в воде находятся нефтепродукты, СПАВ, гуминовые кислоты (по отдельности или смесь), то данные вещества, имеющие более крупные размеры молекул ( $\tau > 1,8$  нм), лучше всего сорбируются в мезопорах ( $1,5-1,6 < \tau < 100-200$  нм). В этом случае пригодны активированные угли и сорбенты, имеющие требуемую структуру пор, например, мезопористый сорбент СГН-30; когда в воде присутствует смесь низко- и высокомолекулярных соединений (нефтепродукты, СПАВ, фенол, азот аммонийный, азот нитритный), то данные вещества, имеющие различные размеры молекул наиболее полно будут сорбироваться на адсорбентах, имеющих хорошо развитую структуру микропор и мезопор (таких как АГ-3, МАУ-100) (5).

Для сорбционной очистки воды при постоянном присутствии в воде опасных для здоровья примесей чаще всего проектируют стационарные адсорберы с неподвижным слоем адсорбента.

Общие рекомендации на проектирование стационарных адсорберов представлены в сводной таблице 10.8.1, позволяющей подобрать технологические параметры сорбционного слоя адсорбера в зависимости от вида и концентрации присутствующих в воде антропогенных загрязнений (5).

Табл.10.8.1

Подбор технологических характеристик сорбционного слоя стационарного адсорбера в зависимости от вида и концентрации присутствующих в воде антропогенных загрязнений

Виды антропогенных загрязнений	Размеры их молекул, нм	Предпочтение типов пор в углях	Рекомендуемый тип сорбента	Крупность гранул, мм	Время контакта, мин
Азот аммонийный	0,63	микропоры, супермикропоры	АГ-3, МАУ-100	0,5-1,5	10-11
				0,5-1,0	11-12
Фенолы	0,71	микропоры, супермикропоры	АГ-3, МАУ-100	0,5-1,5	10-11
				0,5-1,0	11-12
Нефтепродукты	1,8	мезопоры	СГН-30	0,5-1,5	15-16
				0,5-1,0	16-17
СПАВ	2,4	мезопоры	СГН-30	0,5-1,5	15-16
				0,5-1,0	16-17
Азот аммонийный, феиол	0,63-0,71	микропоры, супермикропоры	АГ-3, МАУ-100	0,5-1,5	10-11
				0,5-1,0	11-12
Нефтепродукты, СПАВ	1,8-2,4	мезопоры	СГН-30	0,5-1,5	15-16
				0,5-1,0	16-17
Азот аммонийный, фенол, нефтепродукты, СПАВ	0,63-2,4	микропоры, супермикропоры, мезопоры	АГ-3, МАУ-100	0,5-1,5	15-16
				0,5-1,0	16-17

Применение для глубокой очистки воды стационарных адсорберов целесообразно на водоочистных станциях, где в обрабатываемой воде постоянно присутствуют повышенные концентрации веществ антропогенного происхождения. В случае их периодического появления в источнике водоснабжения целесообразно и более рационально применение одноразового в течение фильтрационного цикла ввода сорбентов в обрабатываемую воду в соответствии с видом и количеством присутствующих в воде примесей.

### **10.9. НДТ при дегазации воды.**

Дегазация - процесс удаления из воды растворенных в ней газов (диоксид углерода, кислород, сероводород, реже метан), обуславливающих или усиливающих коррозионные свойства воды, а в некоторых случаях придающих ей неприятный запах.

Выбор метода дегазации определяется в основном видом и содержанием удаляемого газа в исходной воде.

В практике водоподготовки известны следующие методы дегазации, в основу классификации которых положен принцип воздействия на обрабатываемую воду: физический (изменение температуры воды или парциального давления удаляемого газа); химический (связывание растворенных в воде газов путем добавления реагентов); биохимический (использование окислительной способности микроорганизмов); сорбционно-обменный (извлечение растворенных газов путем фильтрования через сорбционно-обменные материалы) (5).

При H-Na-катионитовом умягчении, ионитовом обессоливании и обезжелезивании воды возникает необходимость удаления свободной углекислоты с целью наиболее полного и эффективного протекания процесса очистки. Кроме того, углекислота относится к числу коррозионноактивных газов по отношению к бетону и металлу и оказывает непосредственное влияние на показатель стабильности воды.

Для удаления из воды углекислого газа применяют **дегазаторы** (пленочные, с принудительной или естественной вентиляцией, барботажные, пенные и вакуумные).

Устранение **агрессивной углекислоты** в процессе стабилизационной обработки воды при отрицательном индексе стабильности может быть достигнуто реагентным методом с применением едкого натрия (NaOH), соды (Na CO<sub>3</sub>), извести (CaO), мела или мраморной крошки (CaCO<sub>3</sub>).

Содержание в воде **избыточного количества кислорода** обуславливает ее коррозионность относительно трубопроводов и арматуры, выполненных из металла, и делает воду не пригодной для использования в системах горячего водоснабжения, технологических процессах ТЭС, АЭС и отдельных производствах химической промышленности.

В настоящее время нашел применение метод вакуумного обескислороживания воды, реализуемый на специальных аппаратах - вакуумных дегазаторах, заполненных кольцами Рашига.

Удаление из воды растворенного кислорода возможно путем добавления в нее реагентов-окислителей, в качестве которых используются сульфит  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  и тиосульфит натрия, сернистый газ ( $\text{SO}_2$ ), гидразин в виде гидразин-гидрата ( $\text{N}_2\text{H}_4\text{H}_2\text{O}$ ) или гидразин-сульфата ( $\text{N}_2\text{H}_4\text{H}_2\text{SO}_4$ ) или фильтрования через слой стальной обезжиренной стружки.

При реагентной обработке воды следует учитывать, что повышение ее температуры и использование катализаторов (соли меди, кобальта и т.д.) способствует увеличению скорости окислительных реакций и эффективности процесса обескислороживания в целом (5).

Для приготовления и дозирования растворов реагентов заданной концентрации применяют растворные и расходные баки, баки-мешалки, насосы-дозаторы и т.д., расчет которых производится по аналогии с расчетом сооружений для реагентной обработки поверхностных вод.

При расчете фильтров со стальной стружкой скорость фильтрования принимают равной 25-100 м/ч; продолжительность контакта стружек с водой составляет от 25 мин в зависимости от температуры, а их расход - 5 кг на 1 кг удаляемого кислорода (5).

Обескислороживание воды, наряду с другими перечисленными методами обработки может осуществляться путем фильтрования через электронно-обменные (ЭО) и электронно-ионообменные (ЭИ) смолы.

Восстановительная способность применяемых в водоподготовке смол составляет, для ЭО-6 - 450 г/экв-м<sup>3</sup>; ЭО-7 - 600-800 г/экв-м<sup>3</sup>; ЭО-8 - 5000 г/экв-м<sup>3</sup>; ЭИ-12 - 500 г/экв-м<sup>3</sup> (по кальцию) и 45 кг $\text{O}_2$ /м<sup>3</sup> (по кислороду) (5).

При расчете фильтров высоту слоя ЭО смолы принимают равной 2 м, скорость фильтрования - 20 м/ч. Регенерацию смол ЭО и ЭИ-12 осуществляют 1-2%-ным раствором сульфита или тиосульфита натрия.

#### **Удаление сероводорода.**

Наличие растворенного сероводорода ( $\text{H}_2\text{S}$ ) придает воде неприятный запах и обуславливает ее агрессивность при контакте с металлом, бетоном и резиной.

К **физическим** методам очистки воды от сероводорода относится метод аэрации, реализуемый на пленочном дегазаторе с принудительной

подачей воздуха. Аэрационный метод следует применять при содержании  $H_2S$  в исходной воде до 3 мг/л.

Полного удаления свободного сероводорода, в силу зависимости существования различных форм сульфидных соединений от величины рН, можно достичь в случае предварительного подкисления обрабатываемой воды серной или соляной кислотой или в цикле H-Na-катионитового умягчения, где удаление  $H_2S$  объединяется с удалением свободной углекислоты. После обработки воду необходимо стабилизировать щелочью.

Сущность **химических** методов удаления сероводорода состоит в обработке воды различными окислителями и, в зависимости от вида и количества последних, сероводородные соединения могут быть окислены до свободной серы, тиосульфатов, сульфидов и сульфатов. Химические методы очистки сероводородных вод следует применять при содержании  $H_2S$  в исходной воде до 10 мг/л.

Существуют **сорбционные** методы очистки воды от растворенного сероводорода. В качестве эффективных сорбционных материалов по отношению к сероводороду могут быть рекомендованы АУ, АР-3, анионит АН-31, аминолигнин, черный (омарганцованный) песок и др. Кроме того, установлено, что совместное применение окислительных и сорбционных методов позволяет существенно сократить расход сорбентов и реагентов-окислителей и повысить надежность и эффективность очистки воды.

#### **Удаление метана.**

Специфические свойства метана, в частности его взрывоопасность, и вследствие этого невозможность использования метаносодержащих природных вод для питьевых и производственных целей требует его удаления.

Существуют физические и биохимические методы очистки воды от метана.

Широкое распространение получил метод вакуумной дегазации с принудительным насыщением обрабатываемой воды воздухом или диоксидом углерода.

### **10.10. НДТ для стабилизационной обработки воды.**

Высокая коррозионная активность воды может быть обусловлена ее исходным физико-химическим составом либо являться следствием ее обработки коагулянтами (прежде всего сульфатом алюминия).

Высокая коррозионная активность воды обуславливает интенсивную внутреннюю коррозию труб, приводящую к ухудшению качества воды из-за

превышения нормированного содержания железа и значительному уменьшению пропускной способности труб. Последнее приводит к значительному увеличению затрат на транспортирование воды и, соответственно, к росту ее себестоимости (затраты на электроэнергию в себестоимости воды составляют 40 - 70 %) (12).

Для снижения интенсивности внутренней коррозии водопроводных труб рекомендуется проводить на водопроводных станциях стабилизационную или противокоррозионную обработку воды.

Эти мероприятия дают наибольший эффект, если проводятся для новых систем или при наличии небольшого (не более 1 мм) количества отложений на внутренней поверхности труб. При наличии отложений толщиной более 1 мм следует перед началом работы провести гидромеханическую прочистку трубопроводов практически до полного их удаления. При некачественной очистке требуются более высокие дозы реагентов и степень защиты оказывается ниже (12).

Для защиты металлических труб от коррозии стабилизационную обработку воды следует предусматривать при индексе насыщения менее минус 0,3 в течение более 3 мес. в году. При определении необходимости стабилизационной обработки воды следует определить индекс ее насыщения после предшествующей обработки (коагулирования, умягчения и т.п.). Стабилизационная обработка воды эффективна для защиты от внутренней коррозии при суммарной концентрации хлоридов и сульфатов не более 100 мг/л (12).

При отрицательном индексе насыщения воды карбонатом кальция для получения стабильной воды следует предусматривать обработку воды щелочными реагентами (известью, содой или этими реагентами совместно).

Для повышения степени равномерности распределения защитной карбонатной пленки по длине трубопроводов следует предусматривать возможность одновременно с введением щелочных реагентов дозирования гексаметофосфата натрия в концентрации порядка 1 мг/л (12).

При формировании защитной карбонатной пленки в трубопроводах систем хозяйственно-питьевого водоснабжения значение рН обработанной щелочными реагентами воды не должно превышать величины 9,0, допустимой СанПиН (4).

При стабилизационной обработке воды следует предусматривать возможность введения реагентов в смеситель, перед фильтрами и в фильтрованную воду. При введении щелочных реагентов перед фильтрами и в фильтрованную воду должна быть обеспечена высокая степень очистки этих реагентов, а также и их растворов. Введение щелочных реагентов перед смесителями и фильтрами допускается проводить в тех случаях, когда это не ухудшит качество воды.

На первоначальном этапе стабилизационной обработки воды надлежит предусматривать двойное увеличение доз реагентов по сравнению с теми, которые необходимы для получения стабильной воды. В дальнейшем целесообразно поддерживать небольшое пресыщение воды карбонатом кальция (порядка 15 %) (12).

Для снижения интенсивности внутренней коррозии наиболее эффективно применение фосфатных ингибиторов коррозии - гексаметафосфата и триполифосфата натрия в постоянной концентрации до 3,5 мг/л. Обработку воды фосфатами следует проводить постоянно (12).

При отсутствии на внутренней поверхности труб значительных коррозионных отложений на ней формируется защитная фосфатная пленка в течение 4 - 6 мес. В начальный период формирования фосфатной пленки допустимо превышение концентрации фосфатов, необходимой для постоянной обработки, на 60 - 80 %. При этом следует отметить, что в этот период концентрация фосфатов быстро снижается, расходуясь на формирование пленки на ближайших к месту обработки участках трубопроводной системы, и к потребителю поступает вода, содержащая фосфаты в допустимых количествах. Допускается в этот период при вводе в эксплуатацию участков новых трубопроводов его заполнение раствором гексаметафосфата или триполифосфата натрия в концентрациях порядка 200 - 300 мг/л (в пересчете на PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> - на 3 - 4 сут.) с последующим сбросом этого раствора и промывкой трубопроводов водой, содержащей фосфаты в количестве, необходимом для постоянной обработки. Качество защитной фосфатной пленки значительно улучшается при одновременном дозировании раствора соли цинка. При этом удается обеспечить образование пленки на удаленных участках трубопроводов. Поскольку фосфор является биогенным элементом и способствует интенсификации микробиологической коррозии, противокоррозионную обработку воды фосфатами следует проводить при условии ее обязательного хлорирования (12).

Для некоторых вод (в частности, содержащих сульфат-ионы в концентрации не более 100 мг/л) весьма эффективна силикатная обработка с использованием стекла жидкого натриевого. Возможно также применение ингибирующих композиций, содержащих фосфаты и силикаты. Для избежания существенного повышения коррозионной активности воды целесообразно вместо сернокислого алюминия использовать оксихлорид алюминия или гидроалюминат натрия (12).

## **10.11. НДТ при обезжелезивании и деманганации воды.**

Под обезжелезиванием или деферризацией понимают процесс извлечения из подземных и поверхностных вод железа, присутствующего в воде в виде сложных органических и минеральных соединений, растворов двухвалентного железа, карбонатов и бикарбонатов железа, коллоидных и тонкодисперсных взвесей гидроксидов и сульфитов железа и т.д.

Повышенное содержание соединений железа в природной воде в концентрациях, превышающих нормативные, делает ее не пригодной для питья и использования в технологических процессах отдельных производств текстильной, химической, целлюлозно-бумажной и других отраслей промышленности.

Технологические методы обезжелезивания в практике водоподготовки представлены двумя группами: безреагентные и реагентные. Область применения и сущность существующих НДТ обезжелезивания воды перечислены в таблице 10.11.1.

## НДТ для обезжелезивания воды

№ п/п	Метод обезжелезивания	Область применения	Состав сооружений (установок)	Сущность метода обезжелезивания
1. Безреагентные методы: $pH_{исх} \geq 6,7$ ; щелочность ( $Щ$ ) $\geq 1,5$ мг-экв/л; перманганатная окисляемость ( $ПО$ ) $< 9,5$ мг $O_2$ /л; $Fe(III) \leq 10\% Fe_{общ}$ ; $CO_2 \leq 80$ мг/л; $H_2S \leq 2,0$ мг/л				
1.	Фильтрация на каркасных фильтрах	$Fe_{общ}$ до 5 мг/л $Fe(II)$ в карбонатной или бикарбонатной форме до 3 мг/л, $Q$ до 1000 м <sup>3</sup> /сут	Оборудование для подачи сжатого воздуха и обеззараживания; скорый каркасно-засыпной фильтр	Для обезжелезивания воды на каркасных фильтрах характерны два процесса: «зарядка» фильтра путем намывания на керамическом патроне слоя гидроксида железа, образующегося в результате окисления $Fe^{2+}$ , и фильтрация с целью обезжелезивания воды
2.	«Сухая» фильтрация (рис.10.11.4, г)	$Fe_{общ}$ до 5 мг/л	Оборудование для подачи сжатого воздуха и обеззараживания; скорый фильтр	Сущность метода "сухой" фильтрации заключается в фильтровании аэрированной воды через незатопленную фильтрующую загрузку, на зернах которой формируется адсорбционно-каталитическая пленка из соединений железа (марганца), способствующая эффективности дальнейших процессов обезжелезивания. Процесс обезжелезивания этим методом характеризуется минимальным периодом «зарядки» фильтрующей загрузки, высокой грязеемкостью, повышением рН и незначительным снижением жесткости

3.	Упрощенная аэрация с одноступенчатым фильтрованием (рис.10.11.4, б)	$Fe_{\text{общ}}$ , до 10 мг/л, $F(II)$ - 70%, $E \geq +100\text{мВ}$ ; $J > +0,05$ для воды после аэрации $\Psi \geq 1 + \frac{Fe^{2+}}{28}$ ограниченное применение при наличии органики и аммонийного азота $\alpha \geq 0,10+0,20$	Бак-аэратор или устройство для свободного излива воды; скорый фильтр; оборудование для обеззараживания воды	Метод основан на способности воды, содержащей двухвалентное железо и растворенный кислород, при фильтровании через слой фильтрующей загрузки выделять железо на поверхности зерен, образуя каталитическую пленку из ионов и оксидов двух- и трехвалентного железа. При работе фильтра происходит непрерывное обновление пленки, являющейся катализатором процесса обезжелезивания.
4.	Упрощенная аэрация с двухступенчатым фильтрованием (рис.10.11.4, в)	$Fe_{\text{общ}}$ , от 10 до 20 мг/л	Бак-аэратор или устройство для свободного излива; скорые фильтры I и II ступеней; оборудование для обеззараживания воды	см. поз. 3
5.	Вакуумно-эжектионная аэрация с фильтрованием через загрузку большой грязеемкости	$Fe_{\text{общ}}$ , от 10 до 30 мг/л $ПО < 9,5$ мг $O_2$ /л $H_2S$ до 10 мг/л	Вакуумно-эжектионный аппарат; скорый фильтр; оборудование для обеззараживания воды	Метод основан на использовании двух процессов: мгновенного объемного вскипания воды в вакууме, сопровождаемого десорбцией $CO_2$ , $H_2S$ и др., и повышением рН воды в потоке эжектируемого воздуха, насыщение воды кислородом с одновременным достижением высоких скоростей окисления двухвалентного железа в трехвалентное. Удаление образовавшихся хлопьев гидроксида железа осуществляется фильтрованием воды на скорых фильтрах

	(рис.10.11.4, а)			
6.	Вакуумно-эжекционная аэрация с тонкослойным отстаиванием или осветлением в слое взвешенного осадка и фильтрованием	$Fe_{\text{общ}} > 20$ мг/л или при наличии $H_2S$ от 1 до 5 мг/л, $pH \geq 6,4$	Вакуумно-эжекционный аппарат, отстойник с тонкослойными модулями (осветлитель со взвешенным осадком); скорый фильтр; оборудование для обеззараживания воды	
7.	Обезжелезивание в пласте (рис.10.11.5; 10.11.7)	$Fe_{\text{общ}}$ , до 5 мг/л, $Mn(II)$ до 0,4 мг/л, $pH \geq 5$	Устройства и оборудование для подсоса воздуха и закачки части воды в водоносный горизонт	. Метод ОАО «НИИ ВОДГЕО» ГНЦ РФ основан на создании искусственных окислительных зон большого объёма вокруг водозаборных скважин. Такие зоны формируются в пласте путём закачки в скважины воды, насыщенной кислородом, который, сорбируясь на породах пласта, при последующей откачки окисляет железо, содержащееся в подземной воде. Сущность метода обезжелезивания на установках типа «Виредокс» состоит в подаче $\approx 10\%$ от общего расхода воды,

				насыщенной кислородом воздуха, обратно в водоносный горизонт через поглощающие скважины. В результате биохимических и химических процессов железо и марганец переходят в нерастворимую форму и выделяются в осадок
2. Реагентные методы: низкие значения рН, высокая перманганатная окисляемость, нестабильность воды				
8.	Фильтрация через модифицированную загрузку	Fe <sub>общ</sub> до 12 мг/л, Fe(II) в карбонатной или сернокислой форме до 10 мг/л; <i>ПО</i> до 15 мг/л	Скорый фильтр с модифицированной загрузкой; оборудование для подачи сжатого воздуха и обеззараживания воды	Метод основан на формировании на поверхности фильтрующей загрузки пленки из соединений, обладающих высокими адгезионными и электростатическими свойствами, что достигается путем последовательной обработки загрузки 1,5%-ным раствором сернокислого двухвалентного железа и 0,5%-ным раствором перманганата калия.
9.	Упрощенная аэрация с обработкой сильным окислителем и фильтрованием через зернистую загрузку большой грязеемкости	Fe <sub>общ</sub> до 18 мг/л, Fe(II) в карбонатной или сернокислой форме до 15 мг/л; <i>ПО</i> до 15 мг/л	Аэратор; реагентное хозяйство; контактный фильтр КФ-5; оборудование для обеззараживания воды	При аэрации воды происходит удаление углекислоты, насыщение воды кислородом воздуха, что способствует повышению рН и частичному окислению двухвалентного железа. Полное разрушение комплексных соединений двухвалентного железа достигается путем введения в обрабатываемую воду окислителя и последующего фильтрования хлопьев гидроксида через фильтрующую загрузку

10	Известкование, напорная флотация с последующим фильтрованием	$Fe_{\text{общ}}$ более 15 мг/л $Fe(II)$ в карбонатной или сернокислой форме более 10 мг/л; $ПО$ более 15 мг/л	Реагентное хозяйство; флотатор; оборудование для подготовки водо-воздушной смеси и обеззараживания воды; скорый фильтр	Сущность метода с использованием напорной флотации заключается в предварительном известковании воды; процессе слипания частиц гидроксида железа, ранее полученного в результате окисления $Fe^{2+}$ , с пузырьками тонкодиспергированного в воде воздуха и всплывания образующихся агрегатов на поверхность воды; фильтровании частично обработанной воды через зернистую загрузку
11	Аэрация, известкование, тонкослойное отстаивание и фильтрование (рис.10.11.4, д)	та же, что и в п. 10, $pH \geq 7$	Аэратор; реагентное хозяйство; камера хлопьеобразования встроенная в отстойник; скорый фильтр; оборудование для обеззараживания воды	Процесс обезжелезивания осуществляется путем аэрации воды, обработки ее щелочным реагентом, выделения соединений трехвалентного железа в тонком слое воды и доочистки на скорых фильтрах
12	Электрокоагуляция с барботированием, тонкослойное отстаивание и фильтрование	та же, что и в п. 10 при $Q < 200 \text{ м}^3/\text{сут}$	Электрокоагулятор; тонкослойный отстойник с камерой хлопьеобразования; скорый фильтр; оборудование для подачи сжатого воздуха и обеззараживания воды	Этот метод аналогичен предыдущему. Отличие состоит в замене предварительного насыщения воды кислородом воздуха и известкования на электрокоагуляцию
13	Катионирование	При необходимости одновременного обезжелезивания и умягчения воды	Катионитовые фильтры; оборудование для подготовки регенерационного раствора	Метод основан на способности катионита поглощать ионы железа из воды в обмен на эквивалентное количество ионов катионита

Выбор той или иной технологии обработки природной воды, содержащей соединения железа зависит от их количества и формы существования (рис.10.11.1), качественного состава воды и производительности очистных сооружений (установок).

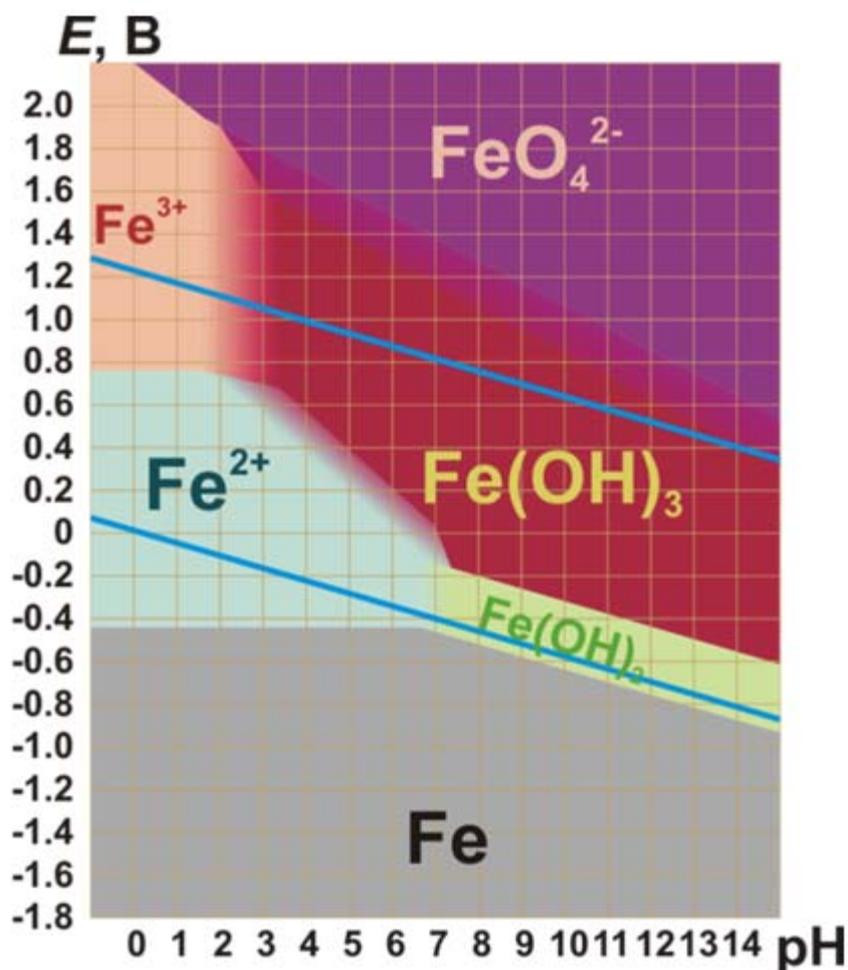
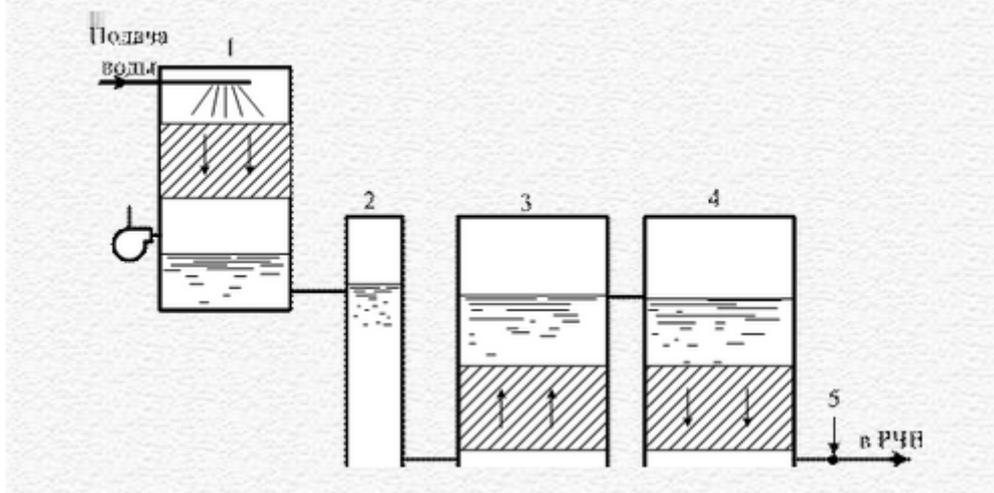


Рис.10.11.1. Диаграмма Пурбе для системы Fe-H<sub>2</sub>O

Обезжелезивание поверхностных вод осуществляют в основном реагентными методами, а для удаления железа из подземных вод наибольшее распространение получили безреагентные методы обработки.

В состав большинства станций (установок) обезжелезивания (рис.10.11.2, 10.11.3), работающих в безреагентном или реагентном режиме входят: аэрационные устройства; оборудование для подачи сжатого воздуха и обеззараживания воды; в отдельных случаях - отстойники с тонкослойными модулями или осветлители со взвешенным осадком; скорые фильтры. К аэрационным устройствам, предназначенным для насыщения воды кислородом, удаления части свободной углекислоты, частичного

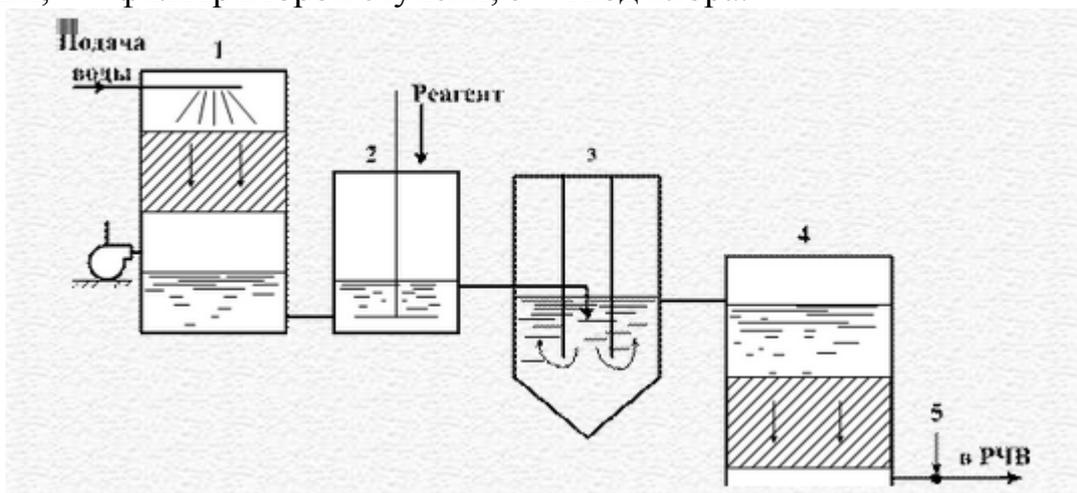
окисления двухвалентного железа в трехвалентное, относятся вакуумно-эжектионные аппараты, градирни, брызгальные бассейны, баки-аэраторы.



edu.dvgups.ru

Рис.10.11.2. Схема обезжелезивания воды на двухступенчатых фильтрах:

1 – вентиляторная градирня; 2 – воздухоотделитель; 3 – фильтр первой ступени; 4 – фильтр второй ступени; 5 – ввод хлора.



edu.dvgups.ru

Рис.10.11.3. Схема реагентного обезжелезивания воды.

1 – вентиляторная градирня; 2 – смеситель; 3 – отстойник; 4 – фильтр; 5 – ввод хлора.

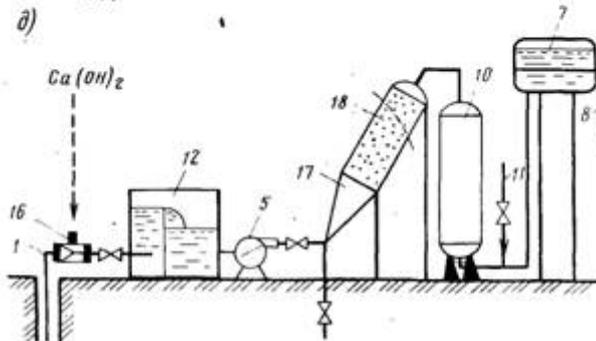
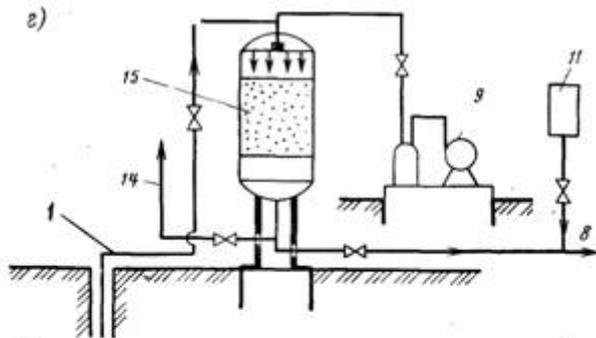
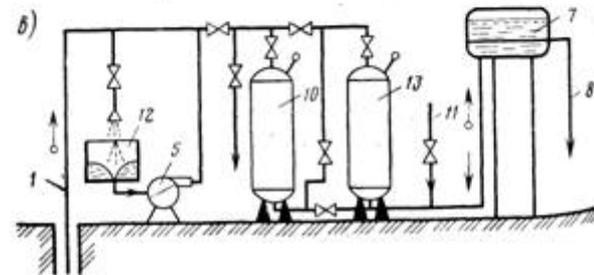
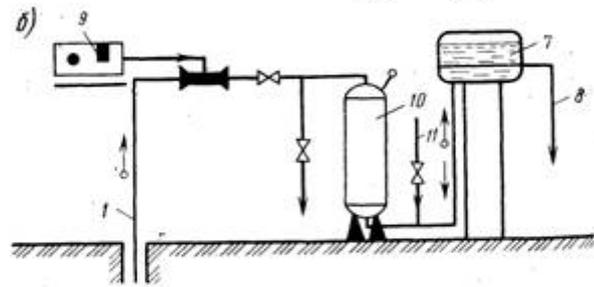
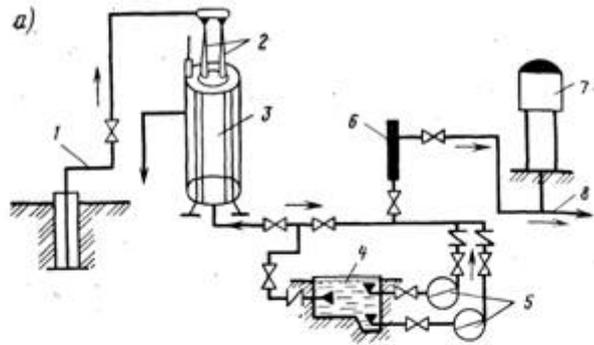


Рис.10.11.4. Технологические схемы установок обезжелезивания воды.

а) вакуумно-эжекционной аэрации и фильтрования; б) упрощенной аэрации с одноступенчатым фильтрованием; в) упрощенной аэрации с двухступенчатым фильтрованием; г) сухой фильтрации; д) известкования.

1 и 8 - подача исходной и отвод обезжелезенной воды; 2 - вакуумно-эжекционный аппарат; 3 - каркасно-засыпные фильтры; 4 - резервуар промывной воды; 5 - повысительный насос; 6 и 11 - установка для фторирования и обеззараживания воды; 7 - водонапорный бак; 9 - воздухоподувка; 10 - скорый осветлительный фильтр; 12 - аэрационное устройство; 13 - осветлительный фильтр II ступени; 14 - сброс воздуха; 15 - скорый фильтр с «сухой загрузкой»; 16 - смеситель; 17 — вихревая камера хлопьеобразования; 18 - тонкослойный отстойник; 19 — намывной фильтр

Подземные железосодержащие воды имеют, как правило, в 80 - 90 % случаев бикарбонатные формы железа. При этом вне зависимости от концентрации указанные типы вод содержат также железобактерии, которые в исходной форме в бескислородной среде подземного водозабора неактивны.

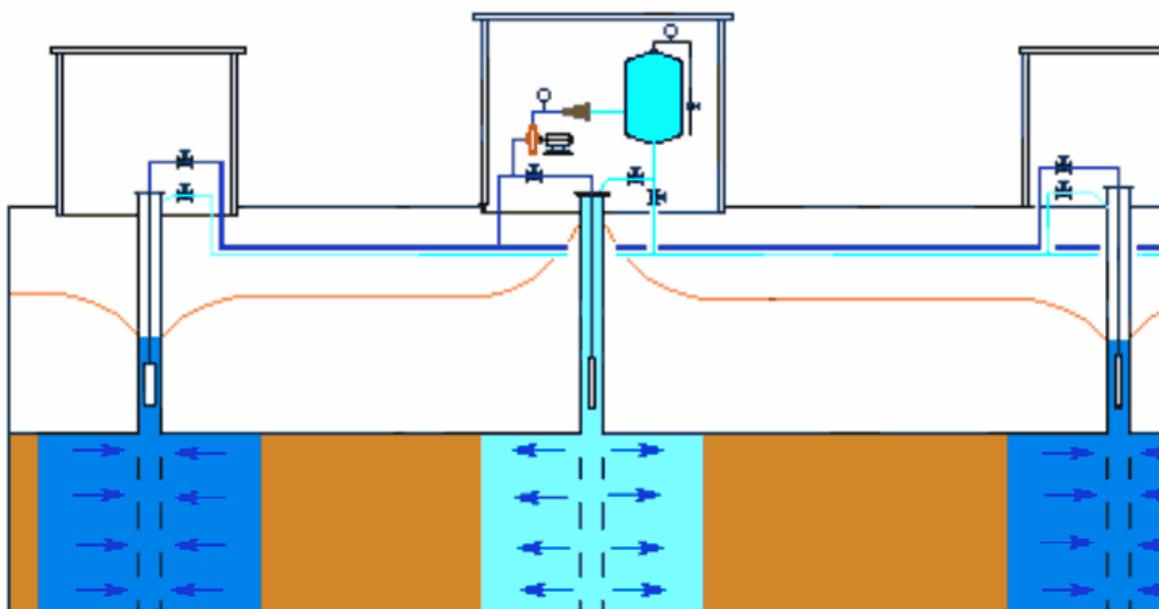
Однако в тех случаях, когда вода после водозабора не подвергается обработке, а сразу поступает в РЧВ или в водонапорную башню и происходит ее обогащение кислородом, происходит бурное развитие железобактерий, и они становятся активной биологически коррозионной структурой. В результате происходят коррозия и разрушение стенок труб, вынос железа в воду и ее вторичное загрязнение. При этом содержание железа может увеличиваться в несколько раз. В связи с этим любые методы обезжелезивания воды, не предусматривающие удаление железобактерий, являются малоэффективными (12).

Обезжелезивание воды от форм железа, которые принято называть бикарбонатными, осуществляется наиболее простыми методами. Такие формы характеризуются, как правило, содержанием железа до 10 - 15 мг/л, рН - до 6, перманганатной окисляемостью до 6 - 8 мг  $O_2$ /л, отсутствием цветности воды и концентрацией углекислоты до 30 - 50 мг/л. В указанных случаях основным методом является предварительная естественная аэрация (излив), иногда с дополнительным эжектированием и фильтрованием через зернистую загрузку (рис.10.11.4, а; б; г) (12).

В тех случаях, когда указанные выше условия по качеству исходной воды не соблюдаются по ряду показателей (рН 6,3 - 6,5, окисляемость более 12 - 15 мг  $O_2$ /л, наличие цветности - приходится встречаться с т.н. органическими формами железа обычно в зоне болот и торфяников), необходимо применение реагентных методов обезжелезивания с

использованием двухступенной схемы очистки (рис.10.11.4, в). Наиболее эффективное применение схемы «тонкослойный отстойник - скорый фильтр» с вводом щелочного реагента извести (доза 40 - 60 мг/л по СаО) (рис.10.11.4, д).

Специалистами ОАО «НИИ ВОДГЕО» ГНЦ РФ разработана технология окисления и осаждения железа непосредственно в водоносном пласте за счёт создания искусственных окислительных зон большого объёма вокруг водозаборных скважин. Такие зоны формируются в пласте путём закачки в скважины воды, насыщенной кислородом, который, сорбируясь на породах пласта, при последующей откачке окисляет железо, содержащееся в подземной воде. Размеры создаваемых зон окисления и осаждения железа выбираются с таким расчётом, чтобы процессы осадконакопления не повлияли на проницаемость пласта и производительность скважин в течение нормативного срока эксплуатации (15).



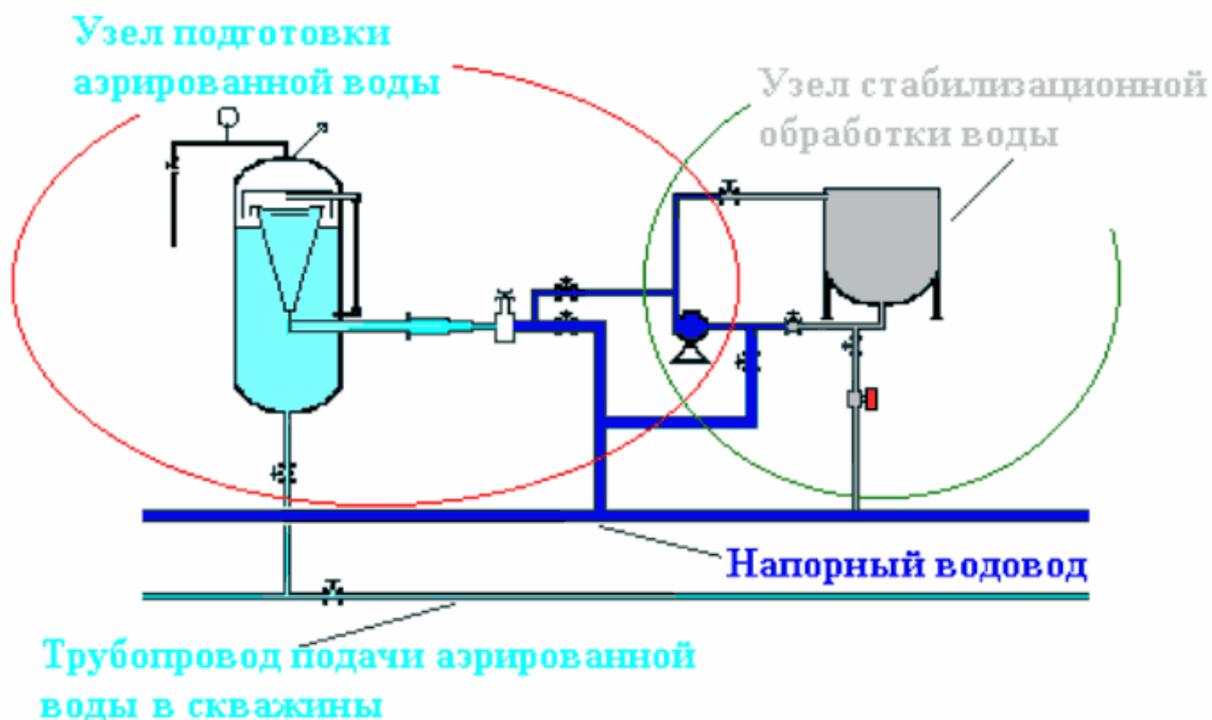
watergeo.ru

Рис.10.11.5. Принципиальная схема обезжелезивания в водоносном пласте.

Более чем 20-летний опыт внедрения данной технологии в различных гидрологических условиях свидетельствует о её высокой эффективности. Метод обеспечивает одноступенчатую безреагентную очистку воды при содержании железа до 35 мг/дм<sup>3</sup>, марганца до 3,5 мг/дм<sup>3</sup> при рН 6,5 и щёлочности воды 0,9-1,2 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Требуемая степень очистки воды

достигается без строительства дорогостоящих сооружений водоподготовки, оборота промывных вод и утилизации осадка, Метод подземного обезжелезивания воды может быть применён на водозаборах с числом скважин не менее 2-х и эффективен при производительности скважин до 100м<sup>3</sup>/ч, а так же в качестве первой ступени очистки при неэффективно работающей наземной станции обезжелезивания.

Технология предусматривает циклическую работу скважин в режимах "закачка"-"откачка". Соотношение объёмов откачанной очищенной воды и закачанной в одном цикле достигает 20. Стоимость строительства, монтажа и пуска в эксплуатацию систем водоснабжения с установками внутрипластового обезжелезивания в 3-5 раз ниже по сравнению с наземными станциями обезжелезивания. При реализации технологии не требует строительства наземной фильтровальной станции и узлов утилизации осадка. Эксплуатация водозабора по заданному регламенту не приводит к заметному изменению гидравлических характеристик пласта.



watergeo.ru

Рис.10.11.6. Принципиальная схема модульной установки для внутрипластовой очистки подземных вод от железа.

На основе данного метода разработана модульная установка для внутрипластовой очистки подземных вод от железа, стабилизации очищенной агрессивной воды и регенерации водозаборных скважин. Конфигурация и комплектация установки зависит от качества подземной

воды, состояния распределительной сети и водозаборных скважин. Установка располагается в павильоне скважины. Один модуль может обслуживать группу до 5 скважин (рис.10.11.6).

В отличие от метода "Виредокс" (Vyredox), используемого в ряде европейских стран (Швеция, Финляндия, Германия), при котором кислородсодержащая вода подается в пласт через специальные нагнетательные скважины, сооружаемые вокруг водозаборных, в технологии ОАО «НИИ ВОДГЕО» ГНЦ РФ для этих целей используются непосредственно водозаборные скважины.

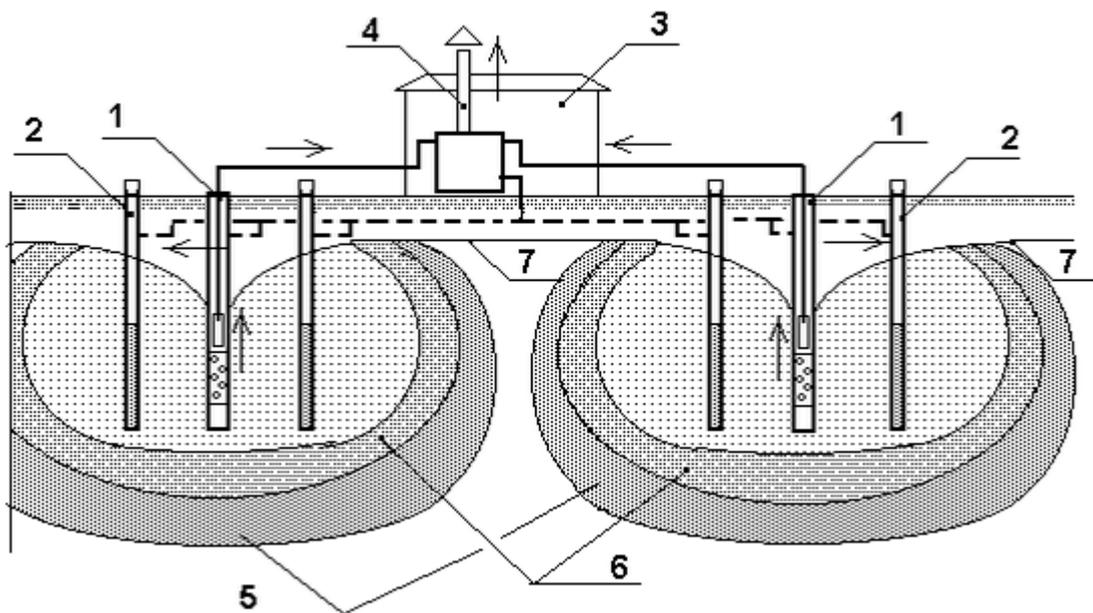
Впервые способ обезжелезивания подземных вод в пласте, известный в настоящее время как технология Vyredox, был разработан и запатентован в Финляндии в 1969 г., а дальнейшее развитие получил в Швеции.

К настоящему времени, в основном за рубежом, эксплуатируется более 150 установок обезжелезивания и деманганации подземных вод в пласте.

В основу технологии обезжелезивания и деманганации подземных вод заложена возможность искусственного создания в водоносном пласте на участках водозаборных скважин гидрогеохимических зон, резко отличающихся по окислительно-восстановительным условиям от природных.

В естественных условиях в водоносном пласте фиксируется восстановительная бескислородная обстановка: Eh изменяется от -30 mV до 80 mV, рН составляет 5.8 - 6.5, содержание CO<sub>2</sub> достигает 200 - 240 мг/л. При искусственном насыщении подземных вод кислородом и при удалении из них аэрацией сероводорода H<sub>2</sub>S и избыточных концентраций растворенной двуокиси углерода CO<sub>2</sub>, на участках водозаборных скважин происходит изменение состояния среды внутри водоносного горизонта с восстановительной на окислительную. Eh увеличивается до 250 - 500 mV, рН повышается до 7,0 и более (16).

В результате в водоносном пласте формируются "зоны осаждения", в пределах которой происходит интенсивное окисление железа и марганца. Такая зона создается закачкой в пласт через скважины или другие устройства обезжелезенной воды, насыщенной кислородом. Принципиальная схема такой технологии приведена на рис.10.11.7. В результате смешения питательной воды с подземной, достигается смещение процессов окисления - восстановления в сторону окисления. По этой причине железо окисляется, подвергается гидролизу и выпадает в осадок в толще пород.



lib.znate.ru

Рис.10.11.7. Схема обезжелезивания и деманганации воды при использовании метода Vyredox.

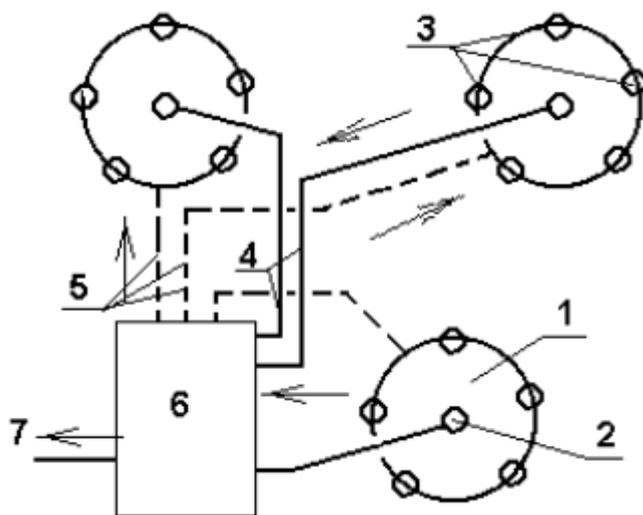
1 - эксплуатационная скважина откачки воды; 2 - наливная скважина; 3 - оксигенератор; 4 - удаление газов; 5, 6 - зоны удаления железа и марганца; 7 - уровень грунтовых вод.

В адсорбционном слое происходит связывание большого количество кислорода. В результате вовлечения в фильтрацию большого объема водовмещающих пород, скорость фильтрования в зоне отделения осадка очень невелика и водовмещающие породы пласта, окружающие скважину, начинают работать как медленные фильтры,

С течением времени, в результате истощения кислорода в адсорбционном слое, в отбираемой воде возрастает содержание железа. Процесс "зарядки" повторяется. На поверхности зерен водоносных пород образуется каталитическая пленка, аналогичная образующейся в скорых фильтрах, описанных в разделе 2. В состав каталитической пленки входит гидроокись и гидрозакись железа. Сорбционная способность образовавшейся гидроокиси зависит от pH: чем выше pH, тем выше сорбционная способность, из-за увеличения отрицательного потенциала  $Fe(OH)_3$ . По мнению авторов метода, большое влияние на процесс оказывают железобактерии *Leptothrix* и *Gallionella*, которые осуществляют биологическое окисление железа. Осаждение железа происходит в первой зоне, наиболее удаленной от водозаборной скважины. Поскольку при приближении к скважине количество бактерий увеличивается, то увеличивается также число мертвых железобактерий. Мертвые

железобактерии, поступающие далее с водой, составляют часть органических веществ, являющихся источником углерода для бактерий, которые имеют склонность к окислению марганца. Это связано с тем, что чем ярче у бактерий выражена склонность к окислению марганца, тем больше их потребность в органическом угле, необходимом для роста и размножения. С другой стороны данный процесс происходит ближе к скважине, где достигнуто более высокое значение показателя Eh (16).

В зависимости от условий процесс закачки воды может осуществляться как через специальные питательные, так и непосредственно через эксплуатационные скважины. И в том и в другом случае установки рассчитаны на периодическую работу с чередованием циклов закачки в пласт питательной воды и отбора обезжелезенной грунтовой воды. Поэтому для обеспечения непрерывной подачи потребителю обезжелезенной воды несколько установок объединяются в систему (рис.10.11.8).



lib.znate.ru

Рис.10.11.8. План размещения установки Виредокс-1:

1- куст скважин; 2 - эксплуатационная скважина; 3 - наливные скважины; 4, 5 - трубопроводы откачки очищенной и налива аэрированной воды; 6 - здание размещения насосов, резервуаров и оксигенатора; 7 - подача очищенной воды потребителю.

В период закачки в пласт питательной воды происходит “зарядка” зоны пласта вокруг скважин, для чего требуется определенное время, за которое произойдет сорбция кислорода на поверхности частиц пород пласта, в достаточном количестве в нем размножатся железо- и марганецпоглощающие бактерии и поверхность зерен пород или стенки

трещин покроются каталитической пленкой из соединений железа и марганца.

Осаждение железа происходит преимущественно во внешней, более удаленной от скважин зоне пласта. Здесь существенно увеличивается количество железобактерий и, соответственно, возрастает число отмирающих железобактерий. Часть из последних, перемещаясь потоком подземных вод при откачке по мобильным порам пласта в направлении фильтра скважин, поставляет органический углерод, необходимый для жизнедеятельности поглощающих марганец бактерий. Эти бактерии развиваются во внутренней зоне вблизи ствола скважины и окисляют марганец, переводя его в нерастворимую форму (16).

Таким образом, технология обезжелезивания и очистки подземных вод в пласте соответствует условиям, которые создает сама природа с помощью различных типов бактерий при изменении геохимической обстановки за счет насыщения воды кислородом.

За рубежом работают установки обезжелезивания подземных вод в пластах, где природные содержания железа достигают 38 мг/л, а марганца - 2 - 4 мг/л. Опытными технологическими исследованиями в условиях Приамурья доказана возможность снижения концентраций железа в откачиваемой воде с 17 - 28 мг/л до 0,04 - 0,20 мг/л, а марганца - с 1,2 - 1,4 мг/л до 0,06 - 0,1 мг/л (16).

Ряд подземных вод характеризуется одновременно наличием железа и марганца, поэтому зачастую возникает необходимость их обезжелезивания и деманганации.

В подземных водах марганец чаще всего встречается в форме бикарбоната  $Mn(HCO_3)_2$ , хорошо растворимого в воде, в концентрациях от 0,5 до 4 мг/л.

Источниками попадания марганца в поверхностные водотоки, преимущественно в виде  $MnSO_4$  являются сточные воды промышленных предприятий. При наличии в поверхностных водах гумусовых соединений, марганец присутствует в виде устойчивых, трудно окисляемых органических комплексов.

Методы удаления марганца из воды классифицируют на реагентные и безреагентные; окислительные, сорбционные, ионообменные и биохимические (табл.10.11.2) (5).

## НДТ по удалению из воды марганца.

Метод	Условия применения	Сущность метода
1	2	3
Аэрация с последующим фильтрованием через «черный» песок, пиролюзит, марганцевый катионит	При наличии в воде марганца и железа воду, подаваемую на марганцевый катионит, необходимо предварительно обезжелезивать	Метод основан на использовании окислительной способности высших окислов марганца, участвующих в процессе окисления $KmnO_4$ при фильтровании аэрированной и подщелаченной воды через загрузку. В качестве загрузки может быть использован кварцевый песок крупностью 0,5-1,2 мм или катионит в Na- форме, обработанные последовательно 0,5% -м раствором хлористого марганца или перманганата калия; дробленый природный минерал пиролюзит $MnO_2 \cdot H_2O$ . Недостатками метода с использованием катализаторов являются значительный расход $KmnO_4$ , постепенное измельчение и проскок в фильтрат частиц покрытия зерен.

<p>Обработка сильными окислителями с последующим коагулированием, отстаиванием (при необходимости) и фильтрованием</p>	<p>Требуется подщелачивание воды до pH 8-8,5; использование двуокиси хлора затруднено из-за необходимости применения сложных в эксплуатации установок; при одновременном содержании в воде железа и марганца обработка воды производится в две стадии с первоначальным окислением и выделением железа; метод деманганации с использованием перманганата калия применим как для очистки подземных вод, так и для поверхностных</p>	<p>Метод основан на способности хлора, двуокиси хлора, озона и перманганата калия окислять двухвалентный марганец с образованием мелкодисперсных малорастворимых оксидов марганца. Дальнейшее удаление взвеси достигается коагулированием и фильтрованием.</p> <p>На окисление 1 мг <math>Mn^{2+}</math> требуется:</p> <p><i>хлора</i> - 1,3 мг (при наличии в воде аммонийных солей расход хлора возрастает на величину, которая требуется для образования и окисления хлораминов); -</p> <p><i>двуокиси хлора</i> - 1,35 мг (pH = 6,5-7);</p> <p><i>озона</i> - 1,45 мг;</p> <p>- <i>перманганата калия</i> - 1,88 мг;</p> <p>Параметры фильтрующей загрузки напорных фильтров принимают следующими: высоту слоя не менее 1,2 м, крупность зерен песка - 1 -2 мм.</p>
<p>Обработка сернокислым железом, подщелачивание, отстаивание с последующим</p>	<p>Метод применим при удалении <math>Mn^{2+}</math> из поверхностных вод</p>	<p>Удаление марганца из воды достигается коагуляционной обработкой с подщелачиванием воды известью до pH 9,5 -10, задержанием выделившегося марганца в отстойниках (осветлителях) и скорых открытых фильтрах. Толщину песчаной загрузки</p>

фильтрованием		фильтра принимают не менее 1,5 м.
Аэрация с подщелачиванием, отстаиванием и фильтрованием	Метод целесообразно применять, если одновременно с удалением марганца требуется умягчение воды	Ускорение процесса окисления $Mn^{2+}$ в воде после аэрации перед подачей на фильтры достигается подщелачиванием известью или содой для повышения рН и осветлением в отстойниках (осветлителях) и на фильтрах.
Вакуумно-эжекционная аэрация, фильтрование (рис. 10.35г)	Перманганатная окисляемость до 9,5 мг $O_2$ /л	Сущность метода заключается в извлечении свободной углекислоты и насыщении воды кислородом воздуха в аэрационном аппарате, что способствует повышению рН и ускорению процессов окисления и гидролиза железа и марганца с образованием соответствующих гидроокисей и их задержанием на скорых напорных фильтрах.
Удаление марганца из подземных вод в пласте (рис. 10.35д)	Содержание $Mn^{2+}$ в исходной воде до 0,5 мг/л, высокий рН	Окисление двухвалентного железа и марганца при участии железо- и марганецбактерий и их осаждение и задержание в порах водовмещающих пород осуществляется путем введения в подземный поток воды, содержащей растворенный кислород. Метод не всегда обеспечивает требуемую степень удаления из

		воды марганца.
Биохимический метод	Необходимым условием является предварительное удаление железа из обрабатываемой воды	<p>Сущность метода заключается в высеивании на зернах загрузки марганецпотребляющих в процессе жизнедеятельности бактерий с последующим фильтрованием обрабатываемой воды.</p> <p>Образующаяся на зернах песчаной загрузки отмершая биомасса, содержащая окислы марганца является катализатором процесса окисления <math>Mn^{2+}</math>. (Метод требует экспериментальной проверки)</p>

Выбор метода для выбора НДТ по деманганаии воды обусловлен условиями и областью его применения, в частности, производительностью очистных сооружений (установок), составом обрабатываемой воды и количественным соотношением показателей качества.

Наряду с другими представляют интерес окислительные методы деманганаии с применением хлора, двуокиси хлора, озона, перманганата калия и др.

Эффективность процесса окисления двухвалентного марганца в диоксид марганца зависит от соотношения окислительно-восстановительного потенциала  $E$  и  $pH$  воды (рис.10.11.9).

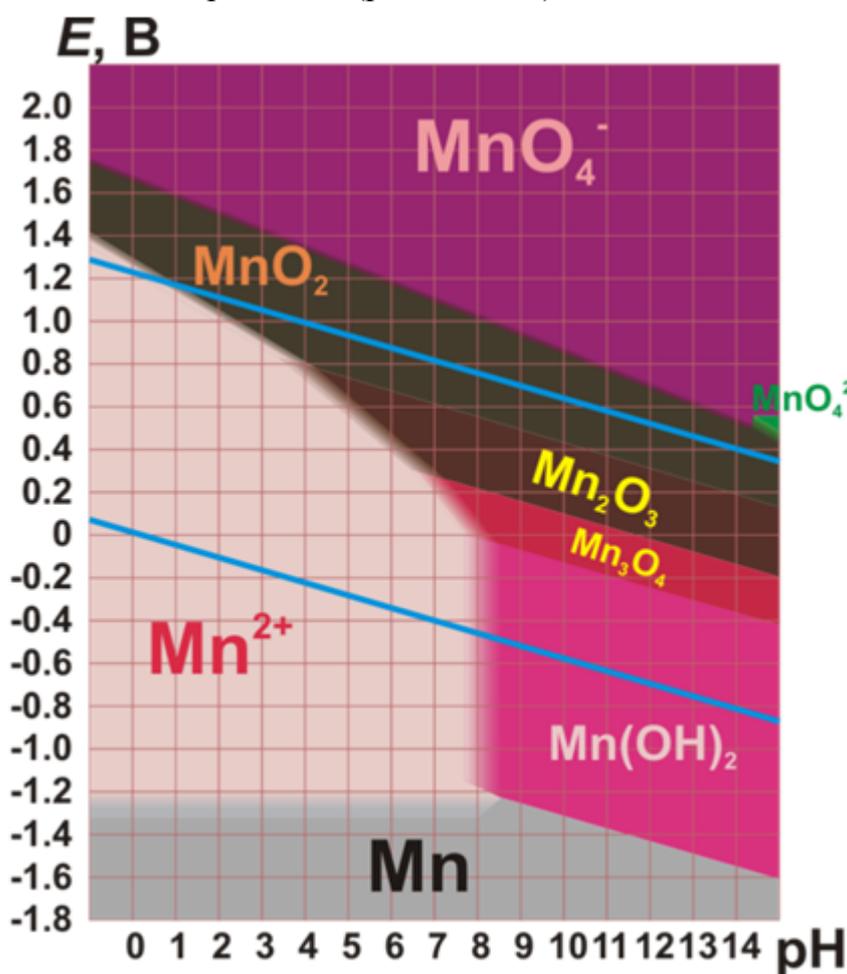
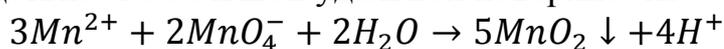


Рис.10.11.9. Диаграмма Пурбе для марганца.

Эффективным и технологически простым методом деманганаии, не требующим сложного оборудования для приготовления и дозирования, является обработка перманганатом калия.

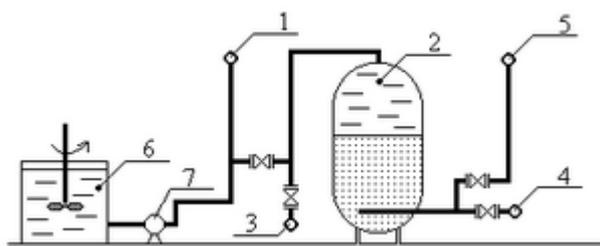
**Применение перманганата калия (KMnO<sub>4</sub>),** обладающего окислительными и сорбционными свойствами, позволяет разрушать устойчивые органические комплексы железа и марганца, а также интенсифицировать процесс коагуляции.

Двухвалентный марганец окисляется перманганатом калия с образованием малорастворимой двуокиси марганца, осадок которой является сорбентом вследствие его большой удельной поверхности:



Для окисления 1 мг Mn<sup>2+</sup> требуется 1,88 мг KMnO<sub>4</sub>.

Дозу перманганата калия при удалении марганца из цветных вод принимают большей на величину, требуемую для окисления органических веществ, обуславливающих цветность воды (рис.10.11.10).



edu.dvgups.ru

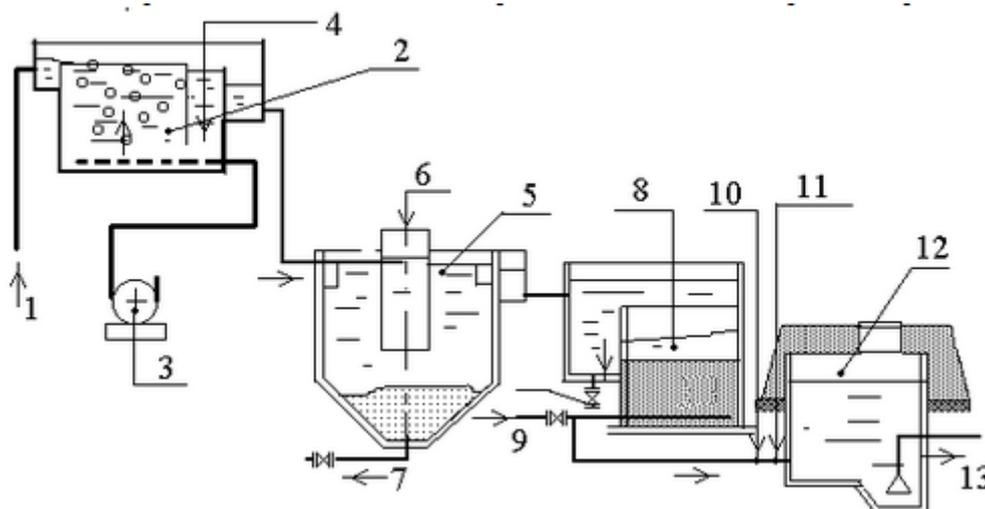
Рис.10.11.10. Деманганация подземных вод окислением перманганатом калия.

1 - исходная вода; 2 -напорный фильтр; 3, 4 - сброс и подача промывных вод; 5 - фильтрат; 6 - раствор перманганата калия; 7 - насос-дозатор.

Окисление кислородом воздуха с подщелачиванием рекомендуется к применению при одновременном присутствии в воде железа и марганца. По этой технологии исходная вода аэрируется в отдельном сооружении: градирне-дегазаторе, аэрационном бассейне и т.п. При аэрации из воды удаляется значительная часть свободной двуокиси углерода CO<sub>2</sub> и повышается рН. Дальнейшее повышение рН производится введением щелочи (извести или соды). Очистка воды производится в одной ступени фильтров, при концентрации загрязнений до 3 - 5 мг/л, или в двух ступенях сооружений, при больших концентрациях загрязнителя. Очистка воды может быть в напорных или открытых сооружениях. В двухступенных схемах очистки воды иногда требуется применение коагулянта и флокулянта для осаждения образующейся взвеси. При использовании воды для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения в воду перед резервуаром чистой воды вводят хлор для обеззараживания и раствор кислоты для коррекции рН. Из больших городов мира, очистка подземных вод от железа и марганца аэрационными методами производится в Гамбурге и Копенгагене (16).

В Гамбурге вода содержит, в среднем, около 3 мг/л железа и марганца, а также характеризуется высокой щелочностью (до 5,6 мг-экв/л) и жесткостью (до 6,7 мг-экв/л). Вода очищается на 20 водоочистных станциях с применением аэрации и двухступенчатого фильтрования при последовательном удалении железа и марганца. В Копенгагене применяется та же схема очистки при концентрации железа от 0,6 до 4,9 мг/л, марганца от 0,01 до 0,16 мг/л и щелочности до 6,5 мг-экв/л (16).

Один из вариантов очистки воды одновременно от железа и марганца аэрацией с подщелачиванием приведен на рис.10.11.11.



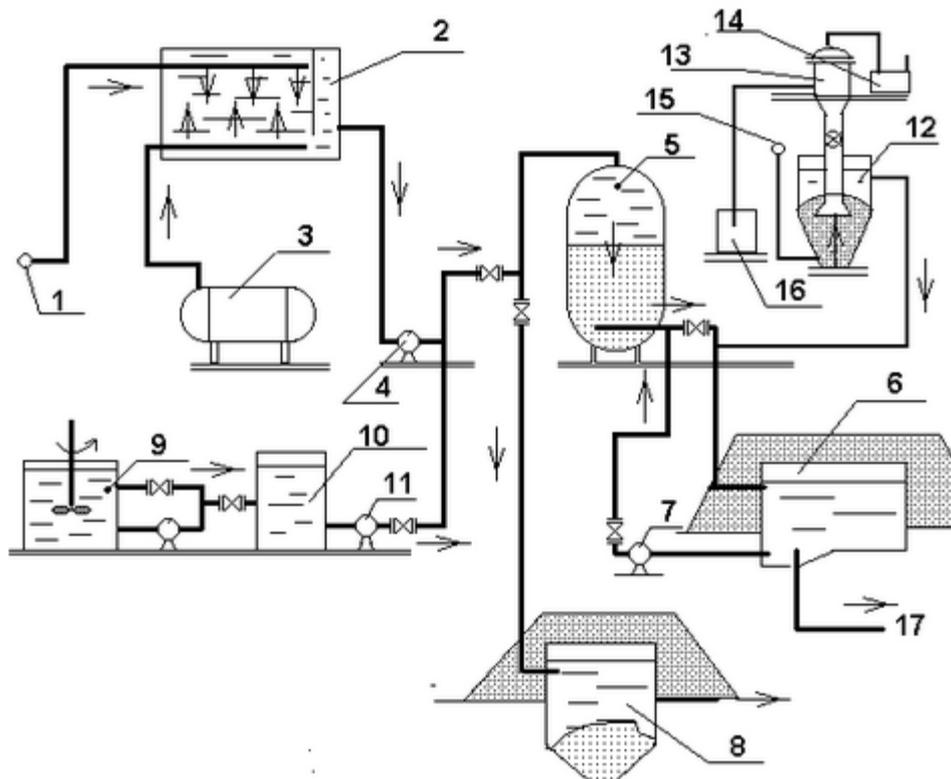
edu.dvgups.ru

Рис.10.11.11. Очистка подземных вод от железа и марганца в открытых сооружениях аэрацией с подщелачиванием.

1 - исходная вода; 2 - аэрационный бассейн; 3 - воздуходувка; 4 - ввод щелочи и коагулянта; 5 - отстойник; 6 - ввод флокулянта; 7- сброс осадка; 8 - фильтр; 9 - промывная вода; 10 - хлор; 11 - кислота; 12 - резервуар чистой воды; 13 - к насосной станции перекачки воды потребителю

Очистка подземных вод от марганца озонированием с последующим фильтрованием производительностью 7000 м<sup>3</sup>/сут используется в поселке Новый Ургал (рис.10.11.12). Вода из артезианских скважин, расположенных от поселка в 8 км, по двум водоводам диаметром 250 мм, уложенных на насыпи в теплоизоляции вдоль автодороги, подается на площадку котельной для подогрева, а затем на площадку второго подъема, где производится ее очистка. Здесь исходная вода поступает в контактные камеры, в которые вводится озono-воздушная смесь. На станции установлены 2 камеры с размерами в плане 3 x 3.5 м каждая. Вода в камеры подается сверху, через желоба с отверстиями. Озон поступает через пористые трубы, уложенные на дне. Перемешивание воды и озона происходит при их противотоке, что

позволяет более полно использовать озон. Для генерации озона установлены два озонатора ОП-121, один из них рабочий, другой резервный. Воздух, подаваемый в озонаторы, подвергается очистке и осушке (16).



edu.dvgups.ru

Рис.10.11.12. Деманганация и обезжелезивание воды в пос. Новый Ургал.

1 - от водозаборных скважин; 2 - контактная камера; 3 - генератор озона; 4 - насос подачи воды на фильтры; 5 - напорный фильтр; 6 - резервуар чистой воды; 7 - насос промывки фильтров; 8 - резервуар-отстойник промывных вод; 9 - установка растворения ПАА; 10 - расходный бак ПАА; 11 - насос-дозатор; 12 - сатуратор; 13 - вакуум-бункер кремнефтористого натрия; 14 - вакуум-насос; 15 - подача воды в сатуратор от внутреннего водопровода; 16 - емкость с кремнефтористым натрием; 17 - очищенная вода в поселок.

В контактных камерах, рассчитанных на 15 минут контакта воды с озоном, происходит окисление двухвалентного марганца в четырехвалентный, а также железа и сероводорода. Высокое значение рН очищаемой воды и сильные окислительные свойства озона позволяют обойтись без подщелачивания.

Применение озона позволяет одновременно осуществить и обеззараживание воды. Доза озона составляет 3 г/м<sup>3</sup>.

Озонированная вода из контактной камеры забирается двумя насосами 8К-12 и подается на фильтры, для очистки ее от нерастворимого четырехвалентного окисла марганца. Перед подачей воды на фильтры предусмотрен ввод раствора полиакриламида ПАА, что позволяет интенсифицировать процесс сорбции взвеси фильтрующим материалом.

На водоочистной станции установлено шесть напорных фильтров марки ФОВ-3.4-6, загруженных песком гранодиоритовым диаметром зерен 0,8 - 2,0 мм. Дренаж фильтров трубчатый с круглыми отверстиями, поэтому в фильтрах имеется поддерживающий слой. Нормальная продолжительность фильтроцикла составляет 24 часа, после чего фильтр подвергается промывке. Применена водовоздушная промывка со следующими режимами: продувка воздухом интенсивностью  $15-20 \text{ л/с}\cdot\text{м}^2$  в течение 1-2 мин; совместная водовоздушная промывка с подачей воздуха интенсивностью  $15-20 \text{ л/с}\cdot\text{м}^2$  и воды интенсивностью  $2.5-3 \text{ л/с}\cdot\text{м}^2$  в течение 4-5 мин; промывка только интенсивностью водой  $5-6 \text{ л/с}\cdot\text{м}^2$  в течение 4-5 мин. Вода для промывки фильтров забирается из резервуара чистой воды. Промывная вода сбрасывается в резервуар-отстойник и далее в марь.

Для приготовления и дозирования ПАА установлены мешалка типа УРП, расходный бак раствора и насос -дозатор.

Для обогащения воды фтором, перед резервуаром чистой воды вводится раствор кремнефтористого натрия  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ . Расчетная доза фтора принята равной 1.6 мг/л. Раствор  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  готовится в сатураторе диаметром 1 м, производительностью по раствору 80 л/ч (16).

## 10.12. НДТ для умягчения воды.

Под умягчением воды понимают процесс снижения концентрации катионов кальция и магния, обуславливающих жесткость воды.

Различают жесткость общую (ЖО), карбонатную (Жк) и некарбонатную (Жнк).

Карбонатная жесткость обусловлена содержанием в воде гидрокарбонатов кальция и магния, некарбонатная жесткость - содержанием в воде кальциевых и магниевых солей серной, соляной и азотной кислот.

В соответствии с действующими нормативами величина жесткости в воде питьевого качества не должна превышать 7 мг-экв/л. Поверхностные воды имеют в большинстве случаев жесткость, не превышающую нормативную. Для подземных вод ее величина варьируется чаще всего в пределах от 1,5 до 15,0 мг-экв/л и их подготовка для хозяйственно-питьевых нужд требует умягчения. Кроме того, показатель жесткости строго

лимитируется в воде, используемой для питания барабанных котлов, в теплообменных аппаратах и охлаждающих устройствах, а также в ряде производств текстильной и бумажной промышленности.

Существует ряд методов умягчения (реагентный, ионного обмена (катионитовый), днализ, термический, комбинированный), выбор которых определяется качеством воды, необходимой глубиной умягчения и технико-экономическими соображениями. Основные характеристики и условия применения НДТ для умягчения воды приведены в таблице 10.12.1 (5).

Табл.10.12.1

## Основные характеристики и условия применения НДТ для умягчения воды

Показатель	термический	реагентный	ионообменный	днализ
1	2	3	4	5
Характеристика процесса	Воду нагревают до температуры выше 100 °С, при этом удаляется карбонатная и некарбонатная жесткости (в виде карбоната кальция, гидроксида магния и гипса)	В воду добавляют химические вещества (реагенты), которые связывают ионы кальция и магния в малорастворимые соединения	Умягчаемая вода пропускается через катионитовые фильтры	Исходная вода фильтруется через полупроницаемые мембраны
Назначение метода	Устранение карбонатной жесткости из воды, используемой для питания котлов низкого и среднего давления	Неглубокое умягчение при одновременном осветлении воды от взвешенных веществ	Глубокое умягчение воды, содержащей незначительное количество взвешенных веществ	Глубокое умягчение воды
Расход воды на собственные нужды	-	Не более 10%	До 30% и более, пропорционально жесткости исходной воды	10
Условия эффективного применения:				

мутность исходной воды, мг/л	до 50	до 500	не более 8	до 2,0
1	2	3	4	5
жесткость воды, мг-экв/л	Карбонатная жесткость с преобладанием $Ca(HCO_3)_2$ , некарбонатная жесткость в виде гипса	5 - 30	не выше 15	до 10,0
остаточная жесткость воды, мг-экв/л	Карбонатная жесткость до 0,035, $CaSO_4$ до 0,70	до 0,70	0,03 - 0,05 при одноступенчатом и до 0,01 при двухступенчатом катионировании	0,01 и ниже
температура воды, °С	до 270	до 90	До 30 (глауконит), до 60 (сульфоуголь)	до 60

Наибольшее распространение в практике получили реагентный и ионообменный методы умягчения.

Реагентный метод умягчения заключается в связывании ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  химическими веществами в малорастворимые соединения:  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$  и др. В зависимости от применяемого реагента различают: известковый  $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ , известково-содовый  $[\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3]$ , содово-натриевый ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NaOH}$ ), бариевый  $[\text{BaCO}_3$  или  $\text{Ba}(\text{OH})_2]$ , фосфатный ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ) и другие способы реагентного умягчения.

Для частичного устранения карбонатной жесткости применяют умягчение воды **известкованием**. Одновременно с известкованием воды проводят и ее коагулирование с использованием в большинстве случаев железного купороса  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .

Снижение некарбонатной жесткости наряду с карбонатной может быть достигнуто применением **известково-содового** способа умягчения воды.

При введении в воду гашеной извести происходит нейтрализация свободной углекислоты и распад бикарбонатов, а добавление в умягчаемую воду раствора соды способствует снижению некарбонатной жесткости.

Наличие в обрабатываемой воде органических примесей усложняет процесс известково-содового умягчения воды, в связи с этим на первой стадии воду коагулируют с использованием солей железа.

**Содово-натриевый** способ умягчения воды применяют в случаях, когда карбонатная жесткость больше некарбонатной. Область применения этого способа ограничивается высокой стоимостью едкого натрия и образованием в процессе обработки воды значительного количества свободной углекислоты, вызывающей коррозию металла и повышение сухого остатка.

При условии (10.12.1) достаточно использование одного  $\text{NaOH}$ :

$$\text{Ж}_{\text{Ca}} + \text{Щ}_{\text{изб}} = 2 \cdot \text{Ж}_{\text{к}} + \text{CO}_2 \quad (10.12.1)$$

где  $\text{Ж}_{\text{Ca}}$  - кальциевая некарбонатная жесткость, мг-экв/л;

$\text{Щ}_{\text{изб}}$  - заданная щелочность умягченной воды, мг-экв/л;

$2 \text{Ж}_{\text{к}}$  - количество соды, образующейся при взаимодействии едкого натрия с карбонатной жесткостью, мг-экв/л;

$\text{CO}_2$  - содержание свободной углекислоты в умягчаемой воде, мг-экв/л.

В случае, когда  $\text{Ж}_{\text{Ca}} + \text{Щ}_{\text{изб}} > 2 \cdot \text{Ж}_{\text{к}} + \text{CO}_2$  в воду помимо едкого натрия необходимо добавлять соду для устранения кальциевой некарбонатной

жесткости, при этом доза соды, мг/л, будет увеличиваться по мере повышения некарбонатной жесткости.

Область применения **бариевого** способа умягчения воды ограничивается высокой стоимостью и токсичностью реагентов. Однако для промышленных объектов, где требуется помимо умягчения и частичное обессоливание (удаление сульфатов) воды, использование бариевых солей является перспективным.

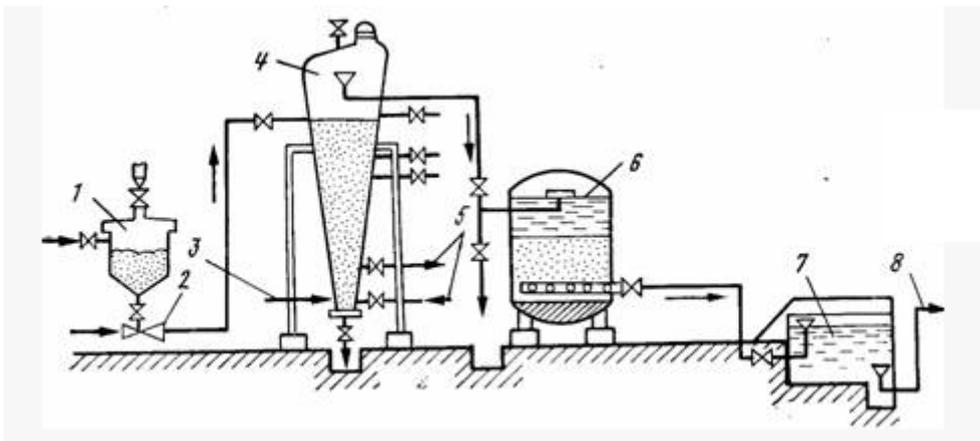
**Фосфатный** способ умягчения применяют для доумягчения воды после ее обработки известью и содой. Наиболее глубокий эффект умягчения достигается при подогреве воды до 105-150 °С.

Основными элементами установок для реагентного умягчения воды являются: устройства для приготовления и дозирования реагентов, смесители, камеры хлопьеобразования (при необходимости), вихревые реакторы, осветлители со слоем взвешенного осадка и фильтры.

Выбор НДТ реагентного умягчения воды известковым или известково-содовым способами определяется количеством и качеством обрабатываемой воды: жесткостью воды, соотношением ее компонентов и содержанием взвешенных веществ. Область применения отдельных технологических схем реагентных водоумягчительных установок приведена в таблице 10.12.2.

Табл.10.12.2

Технологическая схема	Область применения
Реагентное хозяйство - вихревой реактор - фильтр (рис.10.12.1)	$M_0 = 8-12$ мг/л, $[Mg^{2+}] < 15$ мг/л
Реагентное хозяйство - вихревой реактор - осветлитель - фильтр (рис.10.12.2)	$M_0 = 8-12$ мг/л, $[Mg^{2+}] > 15$ мг/л



chemieman.ru

Рис.10.12.1. Водоумягчительная установка с вихревым реактором.

1 - бункер с контактной массой; 2 - эжектор; 3, 8 - подача исходной и отвод умягченной воды; 4 - вихревой реактор; 5 - ввод реагентов; 6 - скорый осветлительный фильтр; 9 - сброс контактной массы; 7 - резервуар умягченной воды

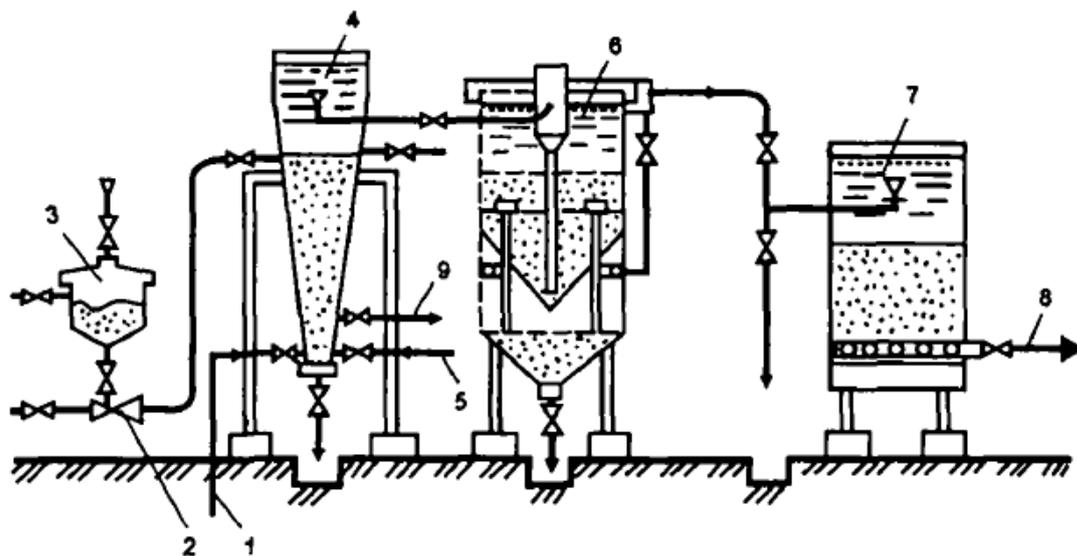


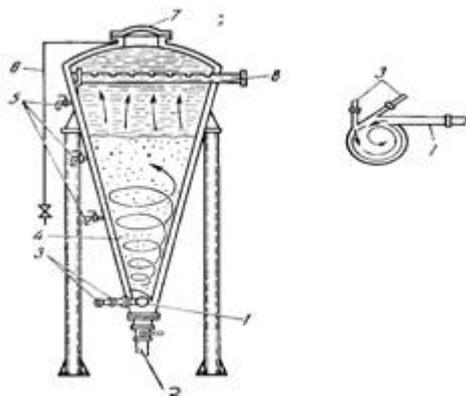
Рис.10.12.2. Установка известково-содового умягчения воды.

1,8 - подача исходной и отвод умягченной воды; 2 - эжектор; 3 - бункер с контактной массой; 5 - ввод реагентов; 6 - осветлитель со слоем взвешенного осадка; 7 - осветлительный скорый фильтр; 4 - вихревой реактор

Для приготовления известкового раствора на установках малой производительности (до 100 м<sup>3</sup>/ч) применяют сатураторы, а на крупных

очистных станциях - механизированные установки, включающие бункер для приготовления извести, дробилку, известегасильное устройство, баки для известкового молока с мешалками.

При обработке воды в вихревых реакторах (рис.10.12.3) реагент для умягчения вводится в нижнюю часть сооружения, а добавление коагулянта не рекомендуется (5).



infopp.ru

Рис.10.12.3. Принципиальная схема вихревого реактора.

1,8 - подача исходной и отвод умягченной воды; 5 - пробоотборники; 4 - контактная масса; 6 - сброс воздуха; 7 - люк для загрузки контактной массы; 3 - ввод реагентов; 2 - удаление отработавшей контактной массы

**Катионитовый метод** умягчения основан на способности некоторых материалов (катионитов) обменивать катионы  $\text{Na}^+$ ,  $\text{H}^+$  или  $\text{NH}_4^+$ , которыми предварительно «заряжены» их активные группы, на присутствующие в воде катионы  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ , обуславливающие ее жесткость. Различают процессы  $\text{Na}$ -  $\text{H}$ - и  $\text{NH}_4$  – катионирования.

Условия эффективного применения способов катионитового умягчения, определяемые качеством исходной воды и требованиями, предъявляемыми к умягченной воде, приведены в таблице 10.12.3 (5). В случае если качество умягчаемой воды не отвечает требованиям необходимо ее предподготовка.

Табл. 10.12.3

## Условия применения катионитового метода умягчения воды.

Способы катионитового умягчения воды	Назначение способа	Умягчаемая вода					Умягченная вода	
		Мутность, мг/л	цветность, град	жесткость, г-экв/м <sup>3</sup>	Na <sup>+</sup> , г-экв/м <sup>3</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> + Cl <sup>-</sup> , г-экв/м <sup>3</sup>	Остаточная жесткость, г-экв/м <sup>3</sup>	остаточная щелочность, г-экв/м <sup>3</sup>
Na катионирование одноступенчатое (рис.10.12.4) даухступенчатое (рис.10.12.5)	Для глубокого умягчения воды с незначительным содержанием взвешенных веществ	5-8	<30	Ж <sub>0</sub> < 15			0,05-0,1	Щ <sub>ост</sub> < Ж <sub>к. ост</sub>
		5-8	<30	Ж <sub>0</sub> = 8-14			до 0,1	
H-Na-катионирование Параллельное (рис.10.12.6) последовательное с "голодной"	Для глубокого умягчения и снижения щелочности воды с незначительным содержанием взвешенных веществ	5-8	<30	$\frac{Ж_k}{Ж_0}$ при Ж <sub>н</sub> < 3,5	<2	<4	0,1	0,4
		5-8	<30	$\frac{Ж_k}{Ж_0} \geq 0,5$ при Ж <sub>н</sub> > 3,5		<4	0,01	0,7

<p>регенерацией Н-катионитовых фильтров (рис.10.12.7) совместное (рис.10.12.8)</p> <p>Н-катионированне с "голодной" регенерацией Н- катионитовых фильтров и после- дующим фильтрованием через буферные саморегенерирую- щиеся фильтры</p>	веществ	5-8	<30	$\frac{Ж_k}{Ж_0} \geq 1$ при $Ж_0 > 6$	< 1-1,5	$\leq 2-3$	0,1-0,3	1,5-2,0
		5-8	<30	$0 \frac{[Na^+]}{Ж_0} 1$ $0,5 \frac{[HCO_3^-]}{[Cl^-][SO_4^{2-}]} 1$			$Ж_{ост} =$ $Ж_{к.ост.} +$ (0,7-1,5)	03-0,5..
				$\frac{[Na^+]}{Ж_0} > 1$ $1 \frac{[HCO_3^-]}{[Cl^-][SO_4^{2-}]} 10$			то же	0,7-1,5

Примечание:  $J_0$ ,  $J_k$ ,  $J_n$  - жесткость общая, карбонатная и некарбонатная;  $[Na^+]$ ,  $[HCO_3^-]$ ,  $[Cl^-]$ ,  $[SO_4^{2-}]$ - концентрация в воде соответственно ионов натрия, бикарбонатов, хлоридов и сульфатов.

При проектировании катионитовых установок особое внимание следует уделять выбору типа фильтрующего материала (катионита), свойства которого (в частности, полная обменная емкость) наряду с другими факторами определяют скорость прохождения ионообменных реакций и эффективность процесса умягчения в целом. Характеристики применяемых в настоящее время в водоподготовке катионитов приведены в таблице 10.12.4 (5).

Табл.10.12.4.

Характеристики катионитов

Марка катионита	Активная группа (тип матрицы)	Насыпная масса продукта, т/м <sup>3</sup>		Размер зерен, мм	Полная обменная емкость, г-экв/м <sup>3</sup>
		товарного	набухшего		
Сульфоуголь (сортСК-1)	НСО <sub>3</sub>	0,67-0,70	0,42	0,5-1,2	500
КУ-1	то же	0,60-0,75	0,33	0,3-2,0	650
КУ-2	то же	0,73	0,65	0,3-1,5	1700
КУ-2-8,С	то же	0,70-0,90	0,33	0,4-1,5	1700
КБ-4-П2	СООН	0,68-0,82	0,17-0,33	0,25-1,0	2800
Амберлайт-50	то же	0,50	0,42	0,3-1,0	2800
Зеролит 225	то же	0,64	0,56	0,3-1,0	2000
Пьюролайт марок:			влажность, %		
С 100	Полистирольная гелевая	0,7-0,9	44-48	0,4-1,5	2000
С 100Е	Полистирольная гелевая	0,7-0,9	46-50	0,4-1,5	1900
С 145	Полистирольная макропористая	0,7-0,9	55-60	0,4-1,5	1500

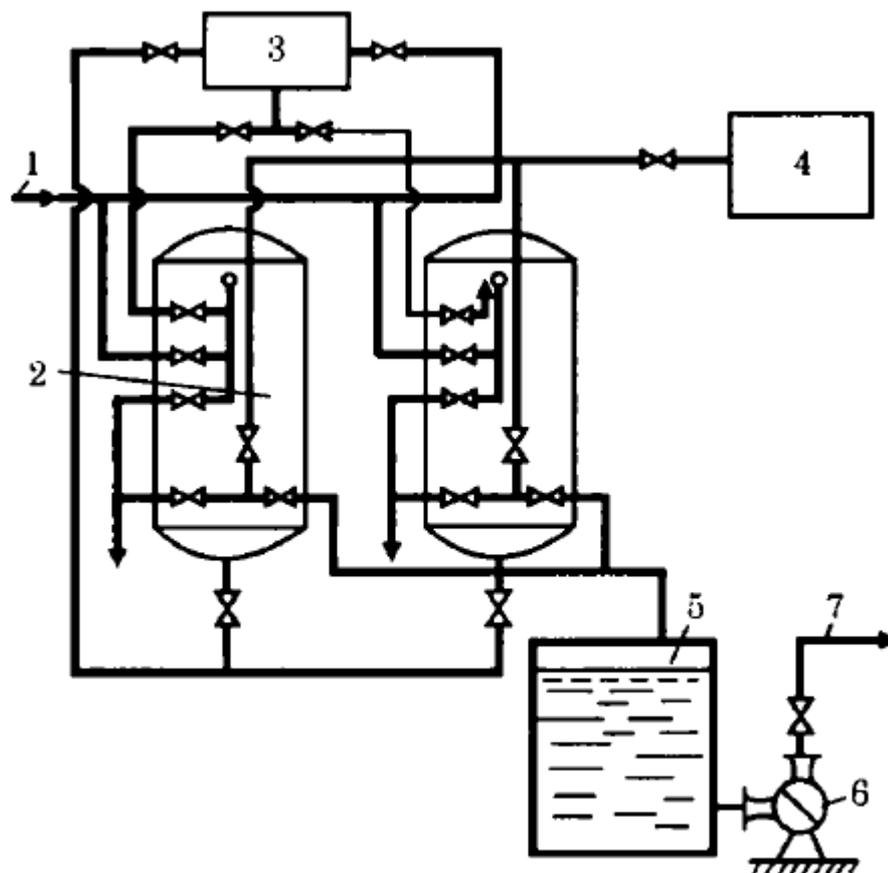


Рис.10.12.4. Схема одноступенчатого натрий-катионирования воды:  
 1,7- подача исходной и отвод умягченной воды; 2 - натрий-катионитовый  
 фильтр; 3 - бак с раствором поваренной соли; 4 - бак с частично умягченной  
 водой для взрыхления катионита; 5 - резервуар умягченной воды; 6 - насос; 7  
 - подача умягченной воды потребителю.

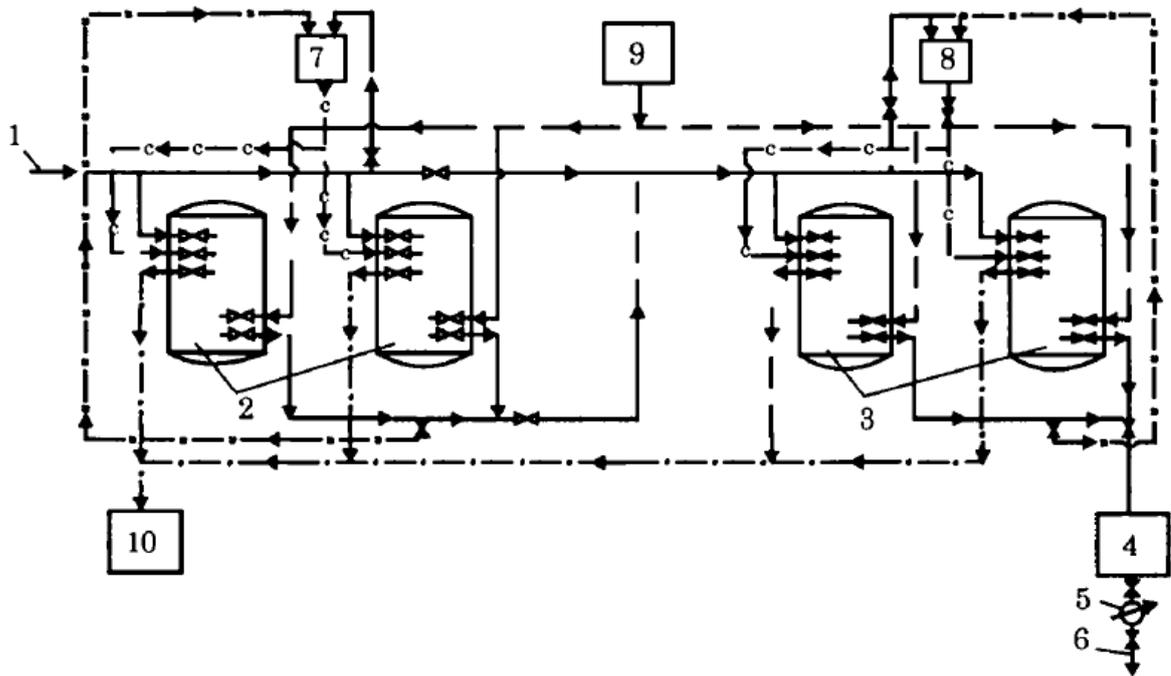


Рис.10.12.5. Схема двухступенчатого Na-катионирования:  
 1 - подача исходной воды; 2 - Na-катионитовые фильтры I ступени; 3 - Na-катионитовые фильтры II ступени; 7 - бак с раствором соли для регенерации фильтров I ступени; 8 - бак с раствором соли для регенерации фильтров II ступени; 9 - бак с водой для взрыхления; 4 - резервуар умягченной воды; 5 - насос; 10 - резервуар для приема промывной воды; 6 - отвод умягченной воды.

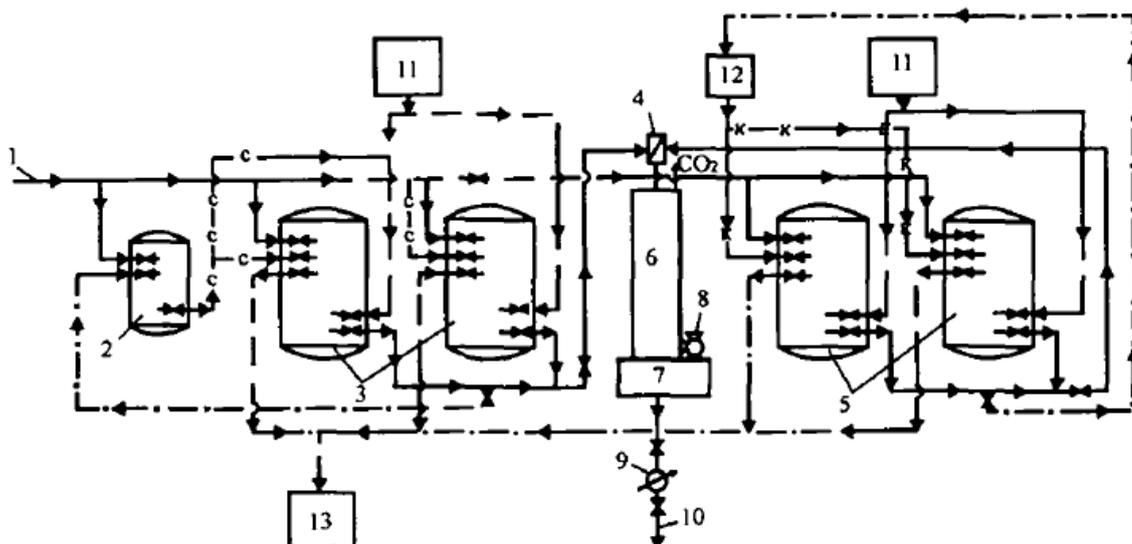


Рис.10.12.6. Схема параллельного водород-натрий катионитового умягчения воды:

1 - подача исходной воды; 2 - солерастворитель; 3 - группа Na-катионитовых фильтров; 4 - смеситель; 5 - группа H-катионитовых фильтров; 6 - дегазатор; 7 - резервуар умягченной воды; 8 - вентилятор; 9 - насос; 10 - отвод умягченной воды; 11 - бак для взрыхления; 12 - бак для хранения раствора кислоты; 13 - резервуар отвода воды после взрыхления

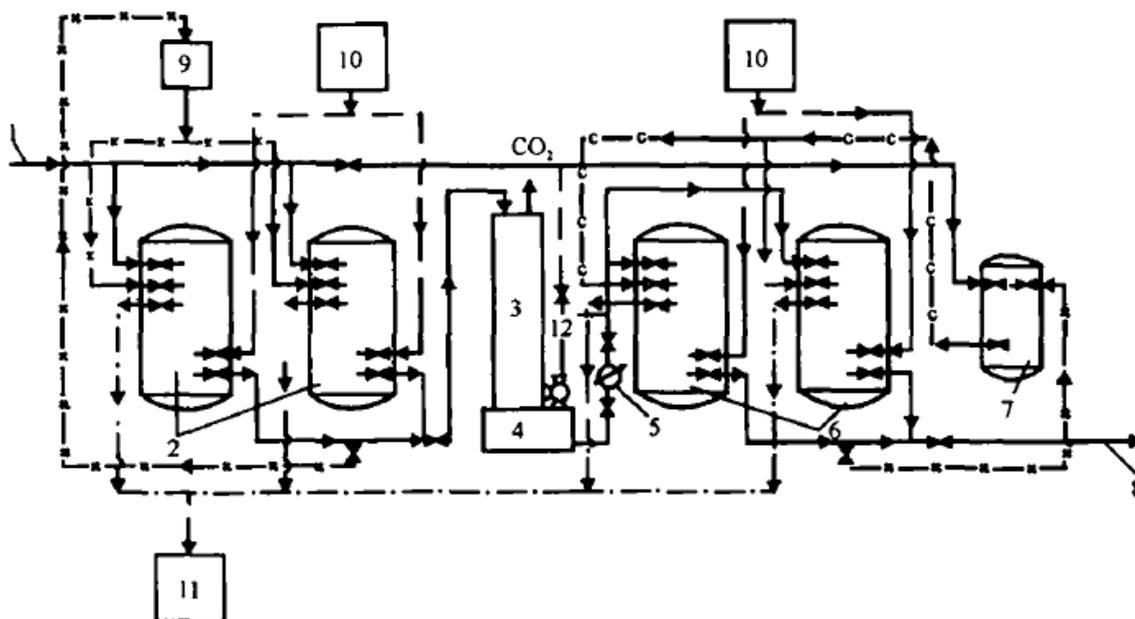


Рис.10.12.7. Схема последовательного водород-натрий катионитового умягчения воды:

1 - подача исходной воды; 2 - группа H-катионитовых фильтров; 3 - дегазатор; 4 - резервуар умягченной воды; 5 - насос; 6 - группа Na-

катионитовых фильтров; 7 - солерастворитель; 8 - отвод умягченной воды; 9 - бак для хранения раствора кислоты; 10 - бак для взрыхления; 11 - бак после взрыхления; 12 - вентилятор

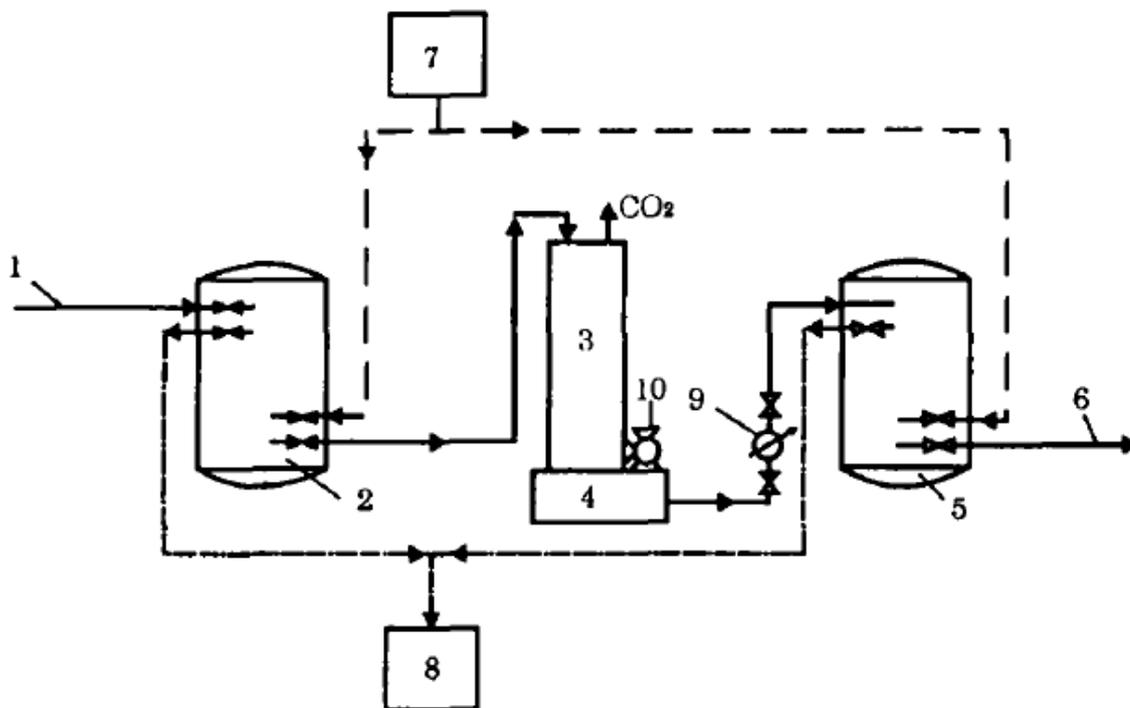


Рис.10.12.8. Схема совместного водород-натрий катионитового умягчения воды.

1 - подача исходной воды; 2- водород -натрий катионитовый фильтр; 3 - дегазатор; 4 - резервуар умягченной воды; 5 - буферный натрий-катионитовый фильтр; 6 - отвод умягченной воды; 7 - бак для взрыхления; 8 – резервуар промывной воды после взрыхления; 9.- насос; 10 – вентилятор.

### 10.13. НДТ для обессоливания и опреснения воды.

Под обессоливанием воды понимают процесс снижения содержания растворенных в ней солей до требуемой величины прокаленного растворенного остатка.

Различают частичное и полное обессоливание. Частным случаем обессоливания воды является опреснение, в результате которого величина солесодержания в очищенной воде не превышает 1000 мг/л.

Полное обессоливание обеспечивает получение в процессе обработки воды, близкой по качеству к дистиллированной, используемой в большинстве случаев для питания барабанных и прямоточных паровых котлов ТЭЦ и ГРЭС.

К наиболее распространенным методам обессоливания воды относятся: ионный обмен, электродиализ, обратный осмос и дистилляция. Выбор метода обессоливания определяется производительностью установки, качеством исходной и очищенной воды и осуществляется на базе технико-экономического сравнения вариантов. Ориентировочно, при общем солесодержании воды до 1,5-2 г/л, рекомендуется применять ионообменный метод, 1,5-15 г/л - электродиализ или обратный осмос, более 10 г/л - дистилляцию и до 40 г/л - обратный осмос (5).

**Ионообменный метод** обессоливания воды основан на способности ионитов обменивать катионы  $H^+$  и  $OH^-$ ,  $CO_3^{2+}$ ,  $HCO_3^-$  соответственно на катионы ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  и  $Na^+$ ) и анионы ( $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ ,  $SiO_3^{2-}$ ) растворенных в воде солей, и реализуется путем последовательного пропуска обрабатываемой воды через Н-катионитовые фильтры.

В зависимости от требований (табл.10.13.1), предъявляемых к очищенной воде, различают одно-, двух- и трехступенчатые схемы ионитового обессоливания воды. Кроме фильтров, являющихся основным оборудованием ионитных установок, в состав последних входят дегазаторы для удаления избыточной углекислоты, баки для взрыхления катионитовой и анионитовой загрузки, бак для сбора воды после дегазатора, насосное и воздухоподувное оборудование и реагентное хозяйство для обеспечения регенерации ионитовых фильтров. Вода, подаваемая на обессоливающие установки, должна быть предварительно очищена от механических примесей и органических веществ. При окисляемости воды более 7 мг $O_2$ /л в технологической схеме должно быть предусмотрено устройство фильтра с активированным углем. Суммарное содержание в такой воде сульфатов и хлоридов не должно превышать 5 мг-экв/л (5).

Табл.10.13.1

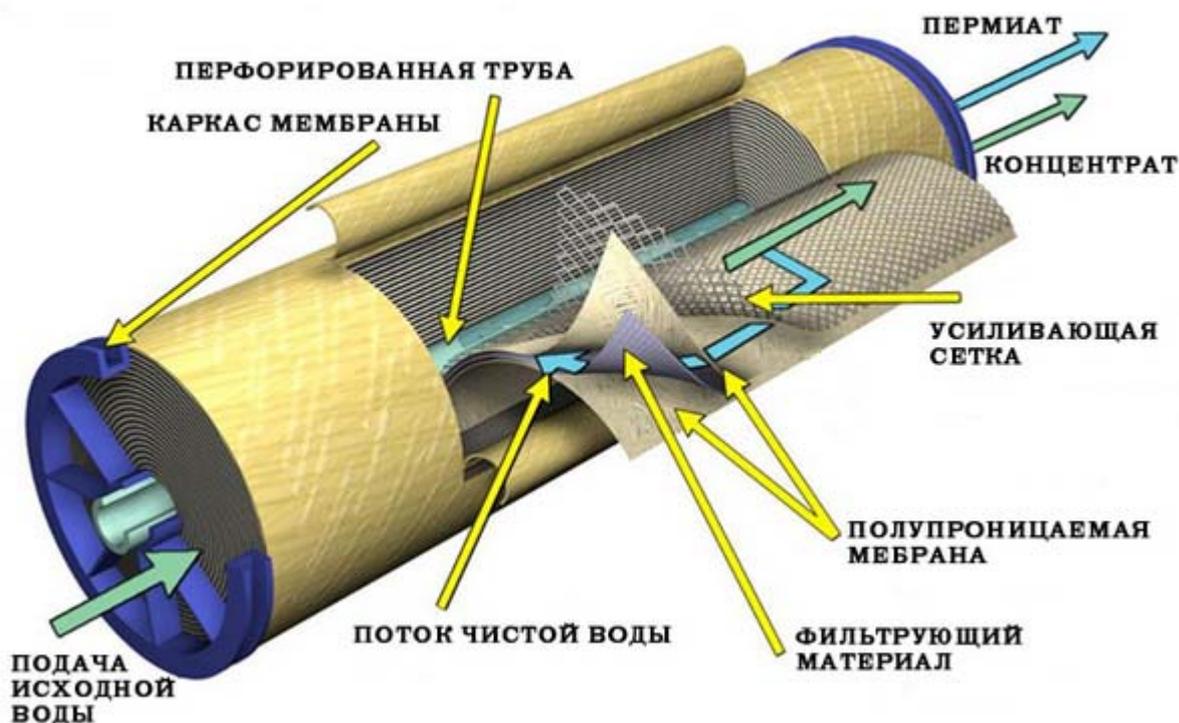
## Условия применения НДТ обессоливания ионным обменом.

Схема ионитового обессоливания воды	Исходная вода					Обработанная вода	
	общее солесодержание, мг/л	$SO_4^{2-} + Cl^-$ , мг-экв/л	Взвешенные вещества, мг/л	цветность, град	Перманганатная окисляемость, $mgO_2/l$	общее солесодержание, мг/л	кремниевая кислота, мг/л
Одноступенчатая (рис. 15.43): Н-катионитовый фильтр, анионитовый фильтр со слабоосновным анионитом, дегазатор	1500-2000	не более 5	не более 8	не более 30	не более 7	не более 20	не снижается
Двухступенчатая: (рис. 15.44) Н-катионитовый фильтр I ст., анионитовый фильтр со	1500-2000	не более 5	не более 8	не более 30	не более 7	не более 0,5	не более 0,1

слабоосновным анионитом I ст., Н-катионитовый фильтр II ст., дегазатор; анионитовый фильтр с сильноосновным анионитом II ст.							
Трехступенчатая: дополнительно к двухступенчатой схеме фильтр со смешанной загрузкой из высококислотного катионита и высокоосновного анионита (ФСД)	1500-2000	не более 5	не более 8	не более 30	не более 7	не более 0,1	не более 0,02



Схема работы обратноосмотической системы заключается в подаче под давлением исходной воды на обратноосмотические мембраны. Через эти мембраны вода фильтруется, при этом происходит разделение потоков на чистую воду (пермеат) и грязную воду (концентрат). Чистая вода подается потребителю, а концентрат сливается в дренаж (рис.10.13.3).



[pw-kazan.ru](http://pw-kazan.ru)

Рис.10.13.2. Схема трубчатой конструкции мембраны.



pw-kazan.ru

Рис.10.13.3. Принцип работы установки обратного осмоса.

Вода, подаваемая на установки обратного осмоса, должна характеризоваться следующими показателями: мутность - менее 0,3 мг/л; общее содержание гуминовых веществ (по перманганатной окисляемости) не более 10 мгО<sub>2</sub>/л; железо (Fe<sup>3+</sup>) - не более 0,05 мг/л (5).

Для обеспечения требуемого качества воды и предотвращения снижения производительности вследствие забивания пор мембран взвешенными частицами, коллоидами и солями, выпавшими в осадок в процессе обессоливания, необходимо предусматривать предварительную обработку природных вод.

Выбор технологической схемы подготовки воды зависит от производительности установки, источника водоснабжения, характеризующегося определенным составом примесей и, частично, от типа применяемых мембранных модулей.

Возможные варианты подготовки воды следующие (5):

1. Поверхностные воды:  
хлорирование → коагуляция → осаждение → фильтрование через зернистую загрузку;
2. Вода повышенной жесткости:  
известкование (известково-содовое) умягчение → фильтрование через зернистую загрузку;
3. Вода с низким содержанием солей жесткости:  
фильтрование через песчаную загрузку → фильтрование через цеолитовую загрузку.

В состав обратноосмотических установок, помимо мембранного аппарата, входят: насос; оборудование для предварительной и последующей обработки воды; баки для раствора и фильтрата; датчики и приборы

автоматического управления и контроля; механический фильтр; соединительная и регулирующая арматура; элементы крепления и т.д.

На сегодняшний день мембранные технологии представлены большим разнообразием выпускаемых типов мембран и готовых к поставке установок предназначенных для очистки, как не больших, так и значительных объемов воды. При выборе типа мембран или готовых установок основное внимание, помимо технических характеристик, необходимо обращать на температурный режим работы мембран. Многие типы мембран не рассчитаны на очистку воды с низкой температурой. Следующим важным элементом при выборе типа мембранной установки является базовая комплектация, которая может включать следующие элементы:

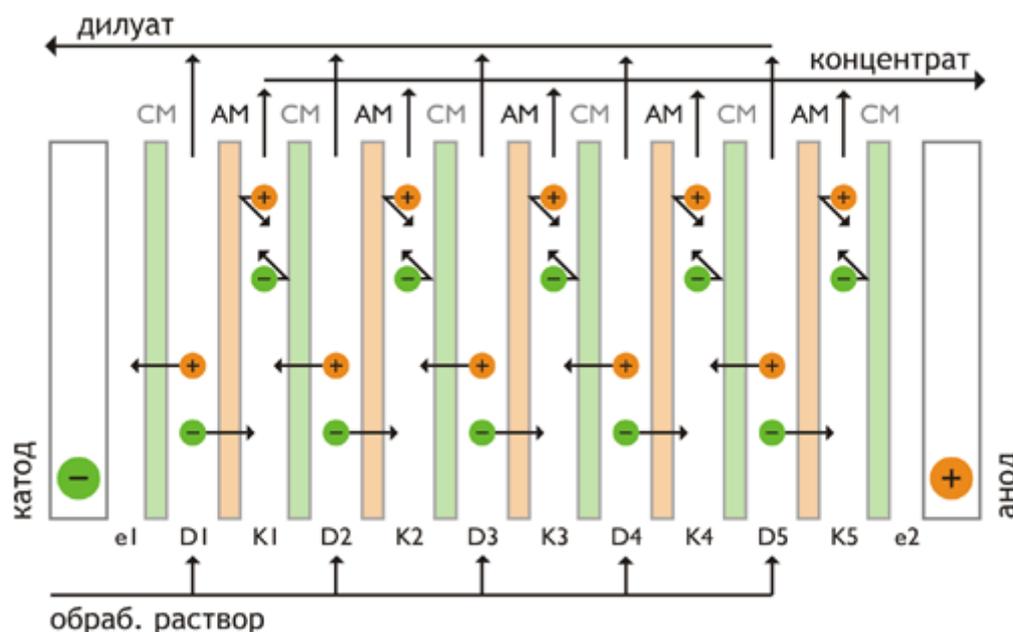
- фильтр предварительной очистки 5 мкм (механический);
- реле для защиты от «сухого хода» насоса;
- манометры давления на основных линиях;
- ротаметры на пермеатной и концентратной линии;
- комплекс автоматической промывки мембран;
- насос высокого давления;
- система запуска насоса;
- обратноосмотические мембраны в напорных корпусах;
- цифровой измеритель проводимости (солемер);
- рама монтажная;
- рабочие трубопроводы и запорная арматура (пвх, полипропилен);

Окончательное решение по выбору мембранных установок следует проводить на основе технико-экономических расчетов по капитальным и эксплуатационным затратам всего комплекса очистки воды.

Современный **электродиализный метод** обработки воды представляет собой мембранный процесс, основанный на явлении переноса ионов электролита через селективные ионообменные мембраны под действием постоянного электрического тока. В настоящее время область применения электродиализного метода не ограничивается опреснением соленых вод и обессоливанием пресных - возможно высокое (предельное) концентрирование электролитов, удаление электролитов из органических растворов, сепарация разных электролитов, получение реагентов (кислот и щелочей) из растворов нейтральных солей с помощью биполярных мембран.

При электродиализе постоянное электрическое поле оказывает воздействие на движение диссоциированных компонентов солей в водном растворе таким образом, что катионы, движущиеся в направлении к катоду, пропускаются через катионитовые мембраны и задерживаются на анионитовых мембранах, в то время как анионы, движущиеся в направлении к аноду, пропускаются через анионитовые мембраны и задерживаются на катионитовых мембранах (рис.10.13.4). При подходящей смывке

катионитовых и анионитовых мембран наступает разделение ионов в входном растворе и образуется обессоленное течение, т.н. дилуат и концентрированное течение, т.н. концентрат. Электродиализ происходит в собственном электродиализаторе. Под электродиализатором подразумевается установка, которая состоит из стягивающих досок с электродами и пучка, составленного из ионообменных мембран и отделителей.



mega.cz

Рис.10.13.4. Принципиальная схема электродиализа.

СМ - катионитовая мембрана; D - камера дилуата; e1,e2 - электродные камеры; АМ - анионитовая мембрана; К - камера концентрата.

Целью электродиализа может явиться извлечение продуктов из одной только части раствора (дилуата или концентрата), однако в некоторых случаях ставятся качественные требования к обоим продуктам (особенно если речь идёт об очистке отходящих вод). Например, когда дилуат должен соответствовать требованиям для слива в реки, ручьи и т.п., а концентрат должен иметь максимально выгодные параметры для последующей переработки.

Наибольшее применение электродиализ получил для опреснения соленых вод. Его преимущества перед другими методами очевидны: метод не требует фазового превращения воды, необходимого в дистилляции, вымораживании или газгидратном методе; действует при низких давлениях и

температуре; характеризуется пропорциональностью потребляемой энергии солености исходной воды. Последнее особенно справедливо в случае использования электродиализа для опреснения солоноватых вод (1,5-3 г/л солей) и частичного обессоливания пресных вод (0,6-1 г/л солей) (5).

Широкому промышленному использованию электродиализного метода мешает ряд ограничений эксплуатационного характера. К этим ограничениям относятся: «отравление» анионообменных мембран органическими веществами, содержащимися в природных водах; «отравление» катионообменных мембран железом, марганцем, присутствующими в природных водах; выпадение в осадок карбоната кальция, гидрата окиси магния и (реже) гипса в результате работы электродиализного аппарата в условиях поляризации; работа установки при предельных плотностях тока ниже оптимальных, что приводит к повышению себестоимости деминерализации воды; высокие капитальные затраты и эксплуатационные расходы на отдельные компоненты промышленных электродиализных установок, включая заменяемые прокладки и мембраны (5).

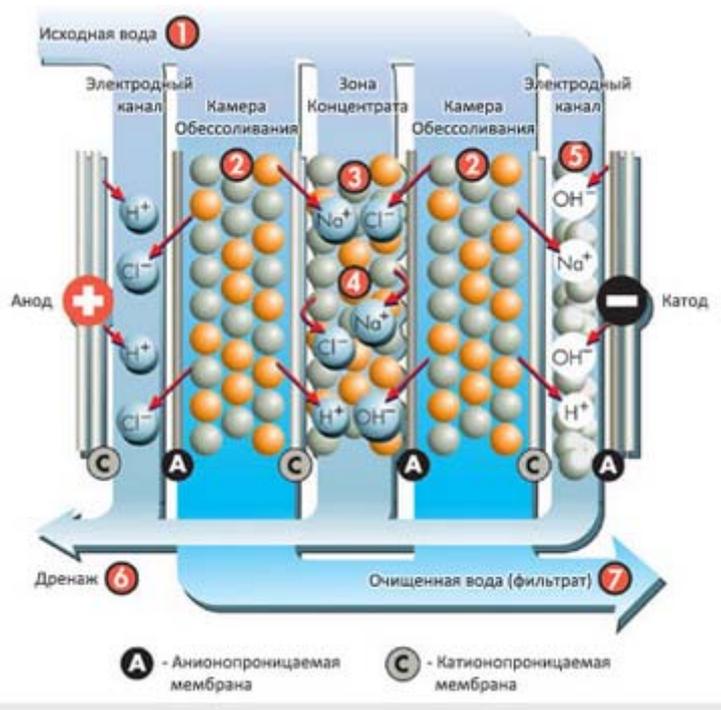
Перед электродиализными аппаратами необходима глубокая очистка воды от органических веществ, соединений железа и других загрязнений. Очистка воды от взвешенных веществ осуществляется известными методами (коагуляцией, отстаиванием, фильтрованием, содо-известкованием и др.). Особенно эффективно применение перед электродиализными установками ультрафильтрации и фильтрования воды через специальные фильтровальные патроны.

Мембраны используемые в электродиализных установках должны обладать высокими селективностью, электропроводностью, диффузионным сопротивлением, достаточной механической прочностью и стойкостью по отношению к рабочей среде.

Ионообменные селективные мембраны выпускаются предприятиями и фирмами в России, Японии, США и других стран. Изготавливают мембраны трех типов: гетерогенные, гомогенные, биполярные. Подбор типа мембран и технологического оборудования проводится по характеристикам фирм изготовителей и поставщиков продукции.

**Электродеионизация (EDI)** - это процесс непрерывной деионизации воды с использованием ионообменных смол смешанного действия, ионоселективных мембран и постоянного электрического поля. Электродеионизация объединяет электродиализ и ионный обмен с непрерывным восстановлением свойств ионообменных смол. Упрощенно электродеионизационный модуль можно представить как электродиализный аппарат, межмембранные камеры которого заполнены смесью ионитов (катионит и анионит). В процессе работы происходит обмен и перенос ионов, содержащихся в воде, а также под действием наложенного электрического

поля одновременно и восстановление (регенерация) смол. Ионы водорода и гидроксила, произведенные в процессе расщепления воды в EDI-ячейках за счет воздействия на воду наложенного электрического поля, в концентрате повторно объединяются, образуя воду в концентрате и не внося никаких дополнительных загрязнений (рис.10.13.5). Поэтому концентрат содержит только те соли, которые присутствуют в исходной воде.



deionizator.ru

Рис.10.13.5. Схема электродеионизационного процесса.

Использование ионообменных смол в делюационной камере - это отличительная черта процесса электродеионизации. Электрическое сопротивление через слой ионитов, намного меньше, чем через разбавленный раствор, подающийся на ЭДИ, поэтому делюационные камеры, наполненные ионообменной смолой, облегчают ионный перенос вдоль смешанного слоя смолы даже в случае сильно обессоленного раствора с высоким сопротивлением.

Процесс непрерывной электродеионизации используется главным образом для производства ультрачистой воды, обладающей электрическим сопротивлением в диапазоне от 8 до 17 МОм непосредственно из воды с общим солесодержанием 1 - 20 мг/л. Поэтому наиболее распространенным сырьем для процесса электродеионизации является вода, очищенная с помощью установок обратного осмоса, т.е. обратноосмотический пермеат.

## **10.14. НДТ используемые при фторировании и обесфторивании воды.**

Недостаток фтора в воде в той же мере, что и его избыточное содержание оказывает неблагоприятное воздействие на организм человека.

Оптимальное содержание фтора в воде питьевого качества составляет 0,7-1,5 мг/л.

**Фторирование** воды осуществляют химическим методом с применением фторсодержащих реагентов: кремнефтористый натрий, фтористый натрий, кремнефтористый аммоний, кремнефтористо-водородная кислота. В отечественной практике водоподготовки широкое распространение получил кремнефтористый натрий.

Фтораторная установка включает в себя растворные баки или сатуратор, склад реагентов, насосное и воздуходувное оборудование.

Схема фтораторных установок с растворным баком и сатуратором представлена на рис.10.14.1.

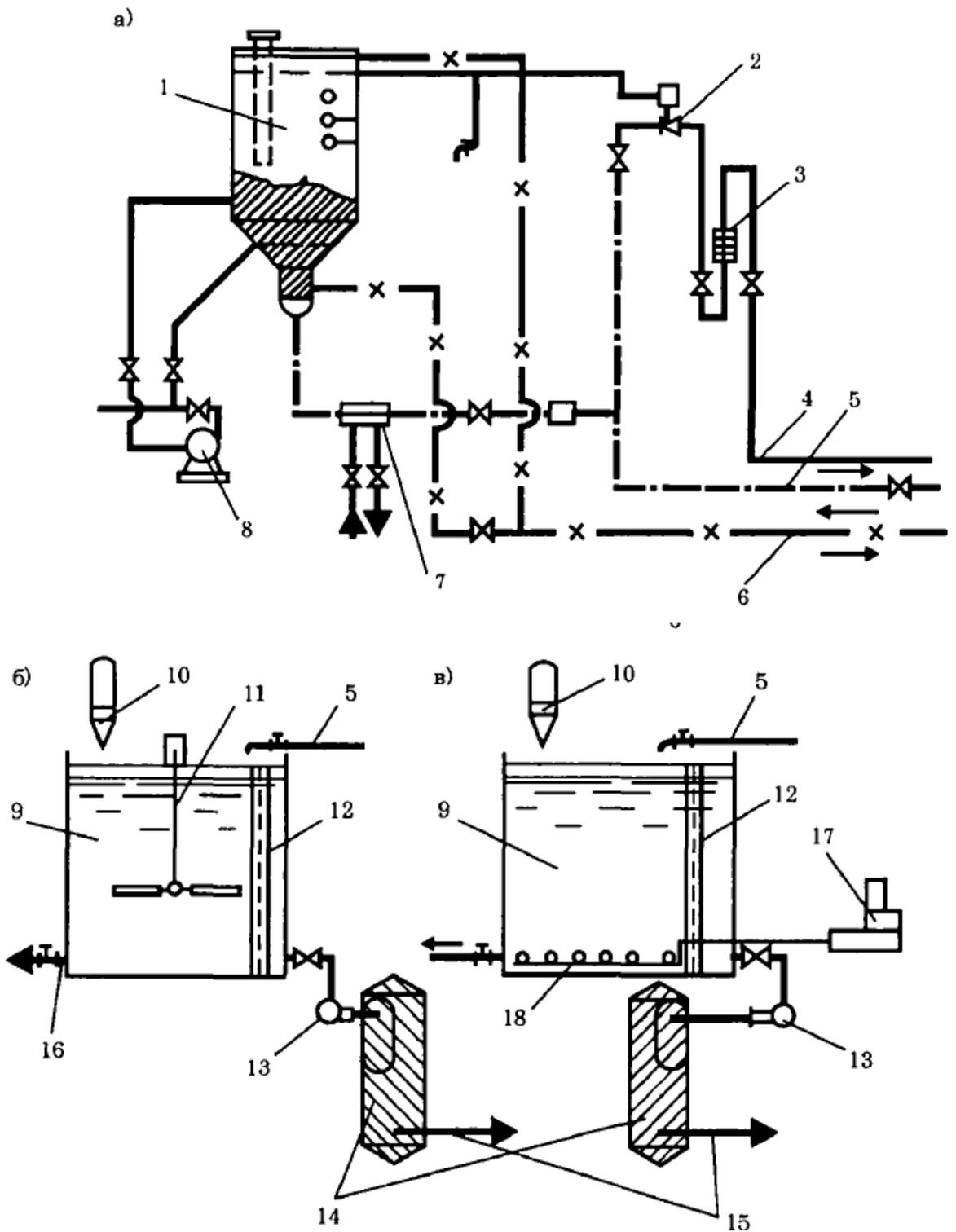


Рис.10.14.1. Схема фтораторной установки сатураторного типа (а), с растворными баками с механическим побуждением (б) и с барбатированием (в).  
 1 - сатуратор; 2 - эжектор; 3 - расходомер; 4, 5 - отвод фторированной и подача исходной воды; 6 - отвод разбавленного осадка; 7 - теплообменник; 8

- рециркуляционный насос; 9 - растворный бак; 10 - бункер фторсодержащего реагента с дозатором; 11 - мешалка; 12 - поплавковое устройство; 13 - насос дозатор; 14 - напорный фильтр для осветления раствора реагента (вариант); 15 - отвод фторсодержащего раствора; 16 - сброс осадка; 17 - воздуходувка; 18 - воздухораспределительная система

Известны методы **обесфторивания**, в основу которых положено извлечение фтора фильтрованием воды через фторселективные материалы.

К фторселективным материалам относятся: активированный оксид алюминия; фосфатсодержащие сорбенты (обработанные щелочью трикальцийфосфат, суперфосфат и др.); магниезиальные сорбенты (оксифториды магния); активированные угли (БАУ, КАД); алюмомодифицированные материалы и др.

Одним из наиболее эффективных методов обесфторивания является фильтрование воды через активированный оксид алюминия, на котором сорбция фтора происходит по ионообменному механизму.

Основными элементами обесфторивающей установки (рис.10.14.2) являются напорные фильтры типа Н-катионитовых, загруженные сорбентом; бак с водой для взрыхления загрузки, реагентное хозяйство, включающее сооружения и устройства для приготовления и дозирования регенерационного раствора.

Удаление фтора из воды возможно путем его сорбции осадком (оксигидрат магния, трикальцийфосфат, гидроокись алюминия), получаемым в результате обработки воды различными реагентами.

Следует уделить внимание контактно-сорбционному методу обесфторивания, который реализуется на контактных осветлителях. Этот метод рекомендуется применять при содержании фтора в исходной воде до 10 мг/л, растворенного сероводорода - до 2 мг/л и щелочности воды не более 6 мг-экв/л (5).

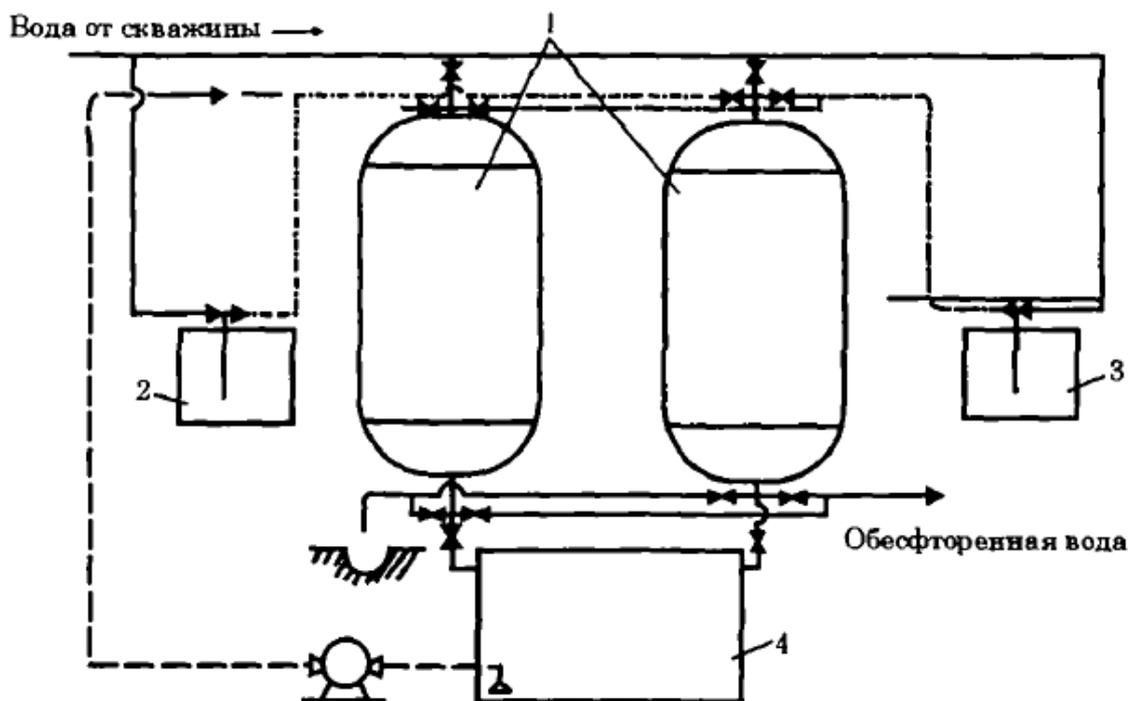


Рис.10.14.2. Схема установки для сорбционного обесфторивания воды.

1 - сорбционные фильтры; 2 - бак для раствора  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  или  $\text{NaOH}$ ; 3 - бак для раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (требуется только при регенерации едким натром); 4 - бак для сбора отработанного раствора  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  или  $\text{NaOH}$ .

### 10.15. НДТ для удаления из воды бора и брома.

Согласно требований СанПиН 2.1.4. 1074-01 (4) к числу биологически активных нормированных ингредиентов, относятся бор  $\text{B}^{3+}$  и бромиды  $\text{Br}$ , допустимое содержание которых в питьевой воде не должно превышать соответственно 0,5 и 0,2 мг/л.

Присутствие этих элементов в подземных и поверхностных водах, как правило, связано одновременно с присутствием в них других ингредиентов, требующих извлечения. К числу последних в подземных водах относятся железо, марганец, диоксид углерода, сероводород и др. (5).

В настоящее время в отечественной практике отсутствуют данные о промышленном и достаточно эффективном использовании таких методов как реагентное осаждение, мембранная технология (обратный осмос, электродиализ), ионный обмен на отечественных марках ионитов для удаления бора. Поэтому, обоснование технологии обесборивания и дебромирования воды на станциях средней и тем более большей ( $>10,0$

тыс.м<sup>3</sup>/сут) производительностях применительно к этому методу должно производиться только на основании технологических изысканий по кондиционированию таких вод у водоисточника.

В НИИ ВОДГЕО разработана и апробирована на реальном источнике технология комплексного обезжелезивания и дебромирования подземной воды, содержащей одновременно железо, марганец, свободный диоксид углерода, азот аммонийный. Технология очистки и кондиционирования воды предусматривает биосорбцию с аэрацией, обезжелезивание на гидроавтоматических фильтрах с неоднородной гранульной пенополистирольной загрузкой АФПЗ-4М, удаление соединений бора на фильтрах с анионитом S-108, активированным в ОН -форму, дебромирование на сильноосновном анионите АВ-17-8 в СГ форме, глубокую адсорбционную доочистку на активированном угле микроструктурного типа марки АГ-3, коррекционную обработку очищенной воды по схеме: фторирование + стабилизация + обеззараживание.

Эффективность рекомендуемой технологии и ее параметры для проектирования станции кондиционирования подземной воды проверены комплексными физико-химическими и технологическими исследованиями в лабораторных и опытно-производственных условиях на водозаборных сооружениях, (рис.10.15.1) (5).

С использованием ионно-обменных фильтров разработана на кафедре ВХПИНМ ЮРГТУ (НПИ) технология удаления из воды брома и йода, которая основана на окислительно-сорбционном методе, предусматривающим обработку воды окислителем (гипохлоритом натрия) с последующей сорбцией окисленных соединений йода и брома гидроксидом алюминия. Образующийся осадок может быть утилизирован на предприятиях йодобромной промышленности с получением технических продуктов - йода и брома (рис.10.15.2).

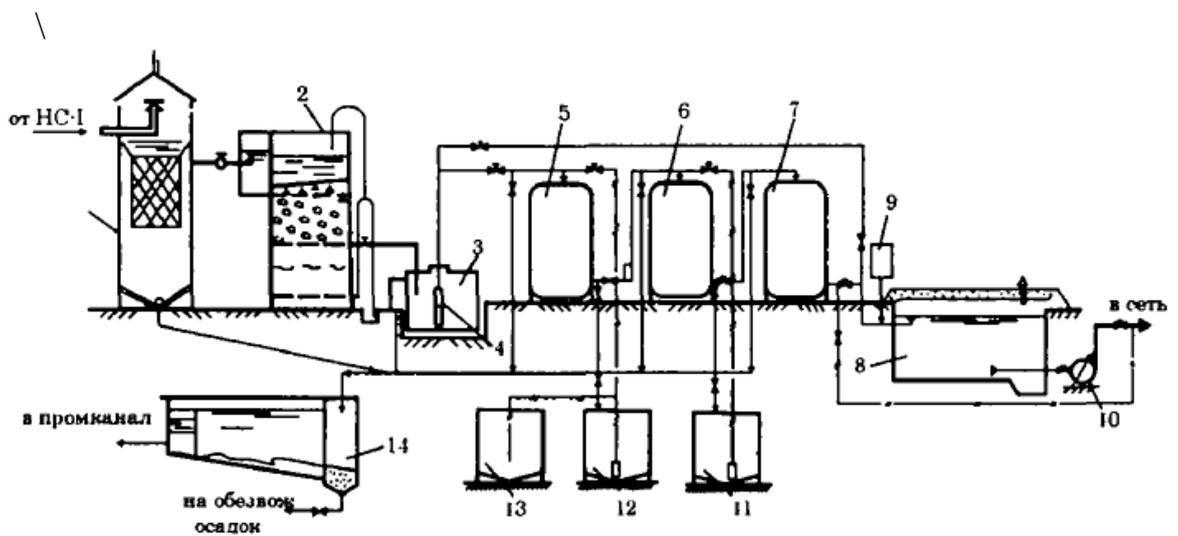
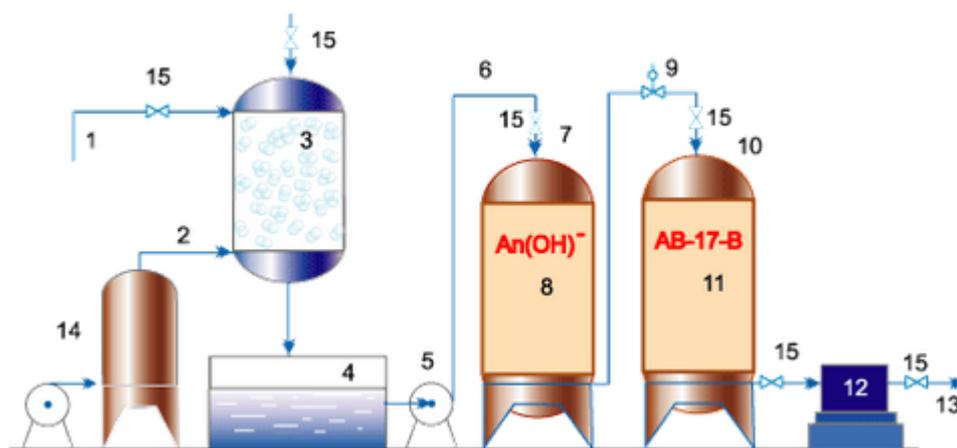


Рис.10.15.1. Технологическая схема кондиционирования подземной воды, содержащей железо, бор и бромиды:

1 - биореактор; 2 - гидроавтоматический фильтр АФПЗ-4м, 3 - промежуточный резервуар обезжелезенной воды; 4 - насос подкачки; 5 - анионитовый фильтр I ступени; 6 - анионитовый фильтр II ступени; 7 - сорбционный фильтр; 8 - резервуар питьевой воды; 9 - узел коррекционной обработки воды: обеззараживание, фторирование, стабилизация; 10 - насос третьего подъема; 11,12,13- расходные баки регенерационных растворов с насосами; 14 - блок приема и очистки промывных вод



inecs.org

Рис.10.15.2. Принципиальная технологическая схема удаления из подземных вод бора и брома.

1 - подача подземной боро-бромсодержащей воды на обработку; 2 — подача сжатого воздуха; 3 - дегазационно-аэрационная колонна; 4 - бак для дегазированной воды; 5 - насос; 6 - подача обрабатываемой воды на ОН-анионитовый фильтр; 7 - ионообменный ОН-анионитовый фильтр; 8 - высокоселективная ионообменная смола «S-108» в ОН-форме; 9 - подача в обрабатываемую воду окислителя - активного хлора (Cl или NaClO); 10 - окислительно-сорбционный фильтр; 11 - сильноосновной анионит АВ-17-8 в СГ форме; 12 - обеззараживание воды (УФ-лучами, хлором, озоном); 13 - подача воды в накопительную емкость и к потребителю; 14 - воздухоподводящая станция; 15 - запорно-регулирующая арматура

## 10.16. НДТ удаления из воды кремниевой кислоты.

В природных водах содержание кремниевой кислоты и ее солей колеблется в пределах ~ 0,5-2,0 мг/л в поверхностных, и до 30 - 50 мг/л - в подземных.

Санитарно-гигиеническими нормами для хозяйственного водоснабжения (4) не рекомендуется допускать содержание ее в питьевой воде более 1,2 мг/л. Ряд производств (химико-фармацевтическая промышленность, производств целлюлозы, теплоэнергетика) также регламентируют концентрации кремниевой кислоты в потребляемой воде (до мг/л или менее).

В таблице 10.16.1 приведены основные НДТ удаления из воды кремниевой кислоты, технологические параметры процессов и область их применения (5).

Табл.10.16.1.

№ п.п	Методы удаления из воды кремниевой кислоты	Сущность методов и основные параметры технологии	Область применения, назначение
1	Реагентные:		
	- известкование	Подогрев до 40 - 80°C pH > 8,5-9,5	SiO <sub>2</sub> (исх) ≤ 18-20 мг/л SiO <sub>2</sub> (ф.) ≤ 6-8 мг/л
	- коагулирование солями алюминия и железа.	$D_{Al_2O_3} \approx 150-200$ мг/л $D_{FeOH_3} \approx 300-350$ мг/л	SiO <sub>2</sub> (ф.) ≤ 50,5-2 мг/л
	- гидроокисью магния	$D_{MgO} \approx 5-10$ мг/л SiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub> (ф.) 50,25 мг/л
2	Фильтрование через гранулированные сорбенты: - магнезиальный сорбент	MgO : MgCl <sub>2</sub> = 1,2: 1,0; H = 3-4 м T° = 40°C; V = 10 м/ч; W = 85 кг SiO <sub>2</sub> /м <sup>3</sup>	SiO <sub>2</sub> (ф.) < 0,1-0,3 мг/л
	- активированная окись алюминия	V = 5-6 м/ч; H = 1,5 м; W = 10-12 кг SiO <sub>2</sub> /м <sup>3</sup> : Регенерация-0,1 % NaOH ; T рег.=6-8 ч.	SiO <sub>2</sub> (ф.) < 0,1-0,5 мг/л
3	Аниоитовые методы обескремнивания	$6HF + SiO_2 =$ $H_2SiF_6 + 3H_2O;$ $2[An]OH + H_2SiF_6 =$ $[An]_2SiF_6 + 2 H_2O$	SiO <sub>2</sub> (ф.) < 0,05 мг/л
4	Электрохимическое обескремнивание	Электроды алюминиевые, I = 0,5 - 10 мА/см <sup>2</sup> ; pH = 6,5-9,0; U = 1,5-15 В; A <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 15-25 мг/л; V < 3,5 - 7,0 мг/л	SiO <sub>2</sub> (исх.) < 40 мг/л SiO <sub>2</sub> (ф.) < 4-5 мг/л

Обескремнивание воды известкованием основано на небольшой растворимости силиката кальция, требует сложного приготовления реагентов, утилизации больших количеств осадков и может быть рекомендовано для незначительного снижения больших концентраций  $\text{SiO}_2$  (на 25-30%).

Применение в качестве реагентов железного купороса совместно с известковым молоком, рециркуляции осадка (рис.10.16.1) и подогрева воды до  $35-40^\circ\text{C}$  позволяет одновременно с глубоким удалением  $\text{SiO}_2$  снизить в 3-4 раза расход магниальных реагентов. Так при подогреве воды до  $35-45^\circ\text{C}$  с обработкой воды  $\text{MgO}$  (дозой  $5-7 \text{ мг/1 мг SiO}_2$ ) концентрацию  $\text{SiO}_2$  в исходной воде в пределах  $20-25 \text{ мг/л}$  можно снизить до  $1,5-2 \text{ мг/л}$ . Дальнейшее повышение температуры воды до  $85-105^\circ\text{C}$  позволяет при тех же дозах снизить концентрацию  $\text{SiO}_2$  до  $0,5 \text{ мг/л}$  (рис.10.16.2) (5).

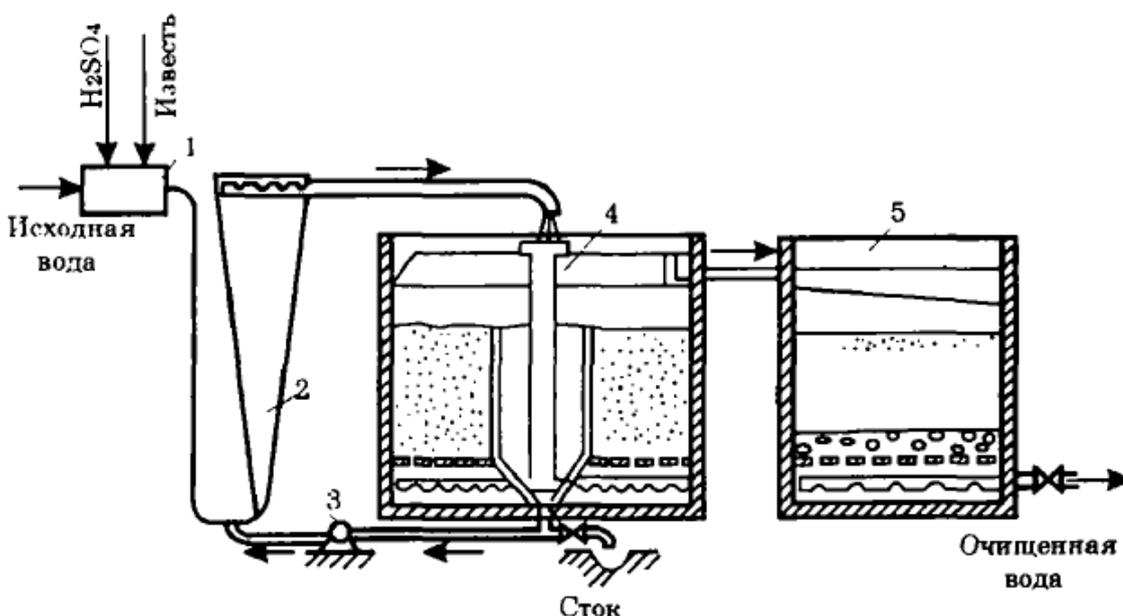


Рис.10.16.1. Схема установки для обескремнивания воды железным купоросом или хлорным железом.

1 - смеситель; 2 - вихревая камера реакции; 3 - рециркуляционный насос; 4 - осветлитель со взвешенным слоем осадка; 5 - фильтр.

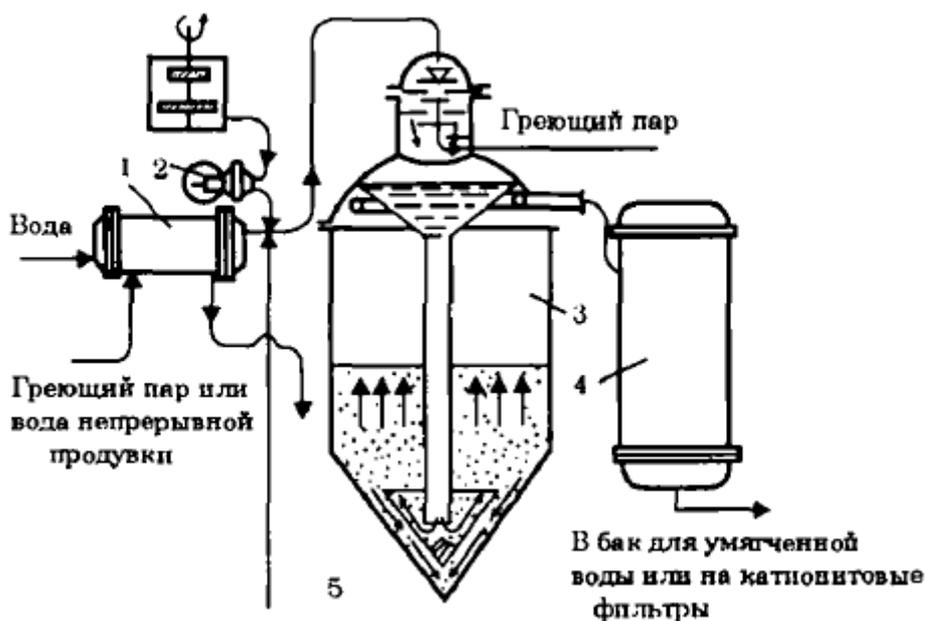


Рис.10.16.2. Схема установки для обескремнивания воды окисью магния при высоком подогреве.

1 - подогреватель воды; 2 - напорный дозатор; 3 - осветлитель с каскадным подогревателем; 4 - фильтр с загрузкой магнеомассы.

Более технологичными являются фильтрационные методы обескремнивания воды с использованием магниезальных сорбентов из активированной окиси алюминия и бокситов. Эти методы позволяют снизить содержание  $\text{SiO}_2$  в исходной воде с 10-15 мг/л до 0,1-0,5 мг/л в очищенной воде (5).

Наиболее полное удаление  $\text{SiO}_2$  достигают применением анионитовых методов с использованием сильноосновных анионитов (рис. 10.16.3). Ограничением для эффективного использования этого метода является наличие в исходной воде сильных кислот и щелочей с концентрацией свыше 10 мг/л.

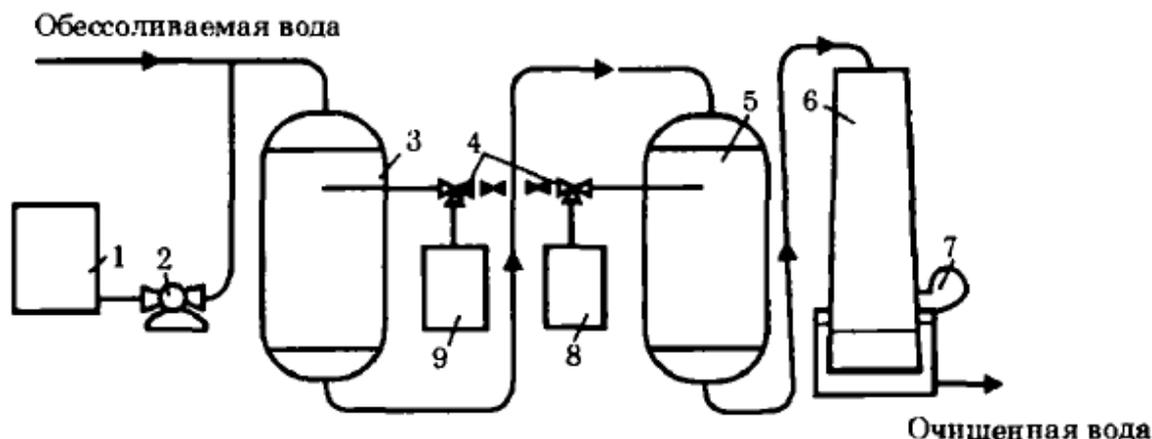


Рис.10.16.3. Схема установки для обескремнивания воды фторидным методом при ее обессоливании.

1 - бак с раствором фтористого натрия; 2 - насос-дозатор; 3 - Н-катионитовый фильтр; 4 - эжектор; 5 - ОН-анионитовый фильтр; 6 - удалитель углекислоты; 7 - вентилятор; 8 - бак с раствором щелочи; 9 - бак с раствором серной кислоты.

В ИКХХВ АН Украины был испытан и внедрен в производство метод электрохимического обескремнивания воды в электролизере с алюминиевыми электродами. Подогретая до  $40^{\circ}\text{C}$  вода подавалась в электролизер, в котором под действием электрического постоянного тока алюминиевые аноды растворялись с образованием  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . При плотности тока  $1,0-0,5 \text{ мА/см}^2$  напряжением на электродах  $2,5-5,0 \text{ В}$  и исходной концентрации  $\text{SiO}_2 \leq 40 \text{ мг/л}$  снижение концентрации  $\text{SiO}_2$  после электролизера, сорбции на хлопьях  $\text{Al}(\text{OH})_3$  и фильтрования через антрацитовую загрузку с зернами диаметром  $0,8-2,0 \text{ мм}$  и высотой слоя  $1,5-2,0 \text{ м}$  происходило до  $4-5 \text{ мг/л}$ . В бикарбонатно-хлоридных водах с небольшим содержанием сульфатов эффективность обескремнивания возрастает. Повышенное содержание в воде гумусовых веществ несколько ухудшает процесс. Качественный состав воды практически не оказывает влияние на эффективность электрохимического обескремнивания (5).

Выбор НДТ удаления  $\text{SiO}_2$  из поверхностных и подземных вод зависит в конечном счете от требований к глубине обескремнивания, концентрации  $\text{SiO}_2$  в исходной воде определенного физико-химического состава, производительности станции (или установки), местных условий эксплуатации, и должен производиться на основании технико-экономических расчетов по определению себестоимости  $1 \text{ м}^3$  очищенной воды с обязательным учетом затрат на регенерацию и утилизацию промывных вод и осадков, а также оценки экологичности всего комплекса очистки воды.

При проектировании сооружений и установки для обескремнивания воды дозы реагентов, крепость их растворов, восходящие скорости движения воды в смесителях, осветлителях со взвешенным осадком и фильтрах целесообразнее и наиболее надежно устанавливать в процессе технологического моделирования процесса обескремнивания на конкретной воде.

### **10.17. Критерий выбора НДТ при методах реагентной обработки воды.**

В основе выбора и условий применимости НДТ при реагентной обработке воды является качественный состав воды - вид и характер примесей, который определяет возможные формы и методы воздействия для удаления загрязняющих компонентов из воды. При наличии в водоисточнике взвесей минерального и органического происхождения приоритетными являются методы коагулирования воды коагулянтами и флокулянтами с последующим осветлением воды в осветлителях или отстойниках и глубоким осветлением на фильтрующих сооружениях. Рекомендуемыми НДТ для данных вод являются:

1. Обработка воды коагулянтами и флокулянтами.
2. Хлопьеобразование скоагулированных частиц в свободном или стесненном объеме.
3. Реагентное отстаивание.
4. Реагентное осветление в слое взвешенного осадка с рециркуляцией.
5. Реагентное скорое фильтрование.
6. Сорбционная доочистка в стационарном слое адсорбента.
7. Сорбция с вводом мелкогранульных или порошковых сорбентов в очищаемую воду.
8. Флотация с применением реагентов.

Для очистки воды из поверхностных и подземных водоисточников содержащих органические вещества, обуславливающие цветность воды, трудноокисляемую органику (ПО < 15 мгОг/л) и отдельные ингредиенты (железа, марганца, сероводорода), болезнетворные бактерии и другие микроорганизмы, необходимо использовать реагентные методы очистки воды:

1. Реагентное умягчение.
2. Обработка хлором (гипохлоритом натрия, кальция).
3. Обработка воды озоном.
4. Обработка воды УФ-облучением.

5. Стабилизационная реагентная обработка.
6. Стабилизационная фильтрационная обработка воды.
7. Обессоливание реагентное.
8. Обессоливание на ионообменных фильтрах.
9. Обессоливание и умягчение обратным осмосом.
10. Снижение солесодержания электродиализом.
11. Фторирование.

Сравнительная оценка рассматриваемых методов очистки воды должна осуществляться на основе технико-экономических показателей капитальных и эксплуатационных затрат.

## **11. НДТ обеззараживания поверхностных и подземных вод.**

Обеззараживание воды в системах питьевого водоснабжения имеет весьма важное значение в связи с тем, что это последний барьер на пути возможной передачи болезнетворных микроорганизмов через воду потребителю. Обеззараживание защищает питьевую воду от внешнего загрязнения и вторичного роста микроорганизмов при транспортировании воды по водопроводным сетям.

В СанПиН 2.1.4.1074-01 (4) уделено особое внимание эпидемиологической безопасности питьевой воды в отношении энтеровирусов и паразитарных микроорганизмов. В качестве индикатора энтеровирусного загрязнения приняты колифаги, которые являются более адекватными показателями в отношении энтеровирусов, чем санитарно-микробиологические показатели. В отношении паразитарных возбудителей заболеваний человека проводится непосредственное определение в воде цист лямблий. Кроме того, взамен прежних индикаторов энтеробактериального загрязнения воды контролируются общие и термотолерантные колиформные бактерии, уменьшен норматив по общему микробному числу (12).

Основной причиной повышения требований к качеству питьевой воды по микробиологическим показателям является увеличение числа заболеваний, вызванных энтеровирусами и кишечными простейшими, а также стремлением использовать санитарно-микробиологические показатели и нормативы, принятые в международной практике (12).

Эффективность обеззараживания воды зависит от концентрации и вида микробиологических загрязнений, их устойчивости к используемым обеззараживающим реагентам, качества исходной воды и технологии ее обработки. При этом для удаления всех видов микробиологических загрязнений важны не только применение эффективного обеззараживающего

реагента, но и глубина очистки воды от мутности, цветности, органических и других загрязнений.

Многие микробиологические загрязнения могут быть удалены на действующих водопроводных станциях при соблюдении технологического процесса очистки и обеззараживания воды.

Группа энтеровирусов включает разные по устойчивости к действию дезинфицирующих реагентов вирусы, и не существует универсальной технологии обработки воды в отношении всех вирусных и паразитарных загрязнений. Необходимая степень очистки воды в отношении колифагов и энтеровирусов, обладающих относительно невысокой или умеренной устойчивостью к действию дезинфектантов, может быть достигнута при обеспечении глубокой очистки воды и использовании для обеззараживания хлора или озона в дозах, обеспечивающих присутствие остаточного реагента в максимальных концентрациях, допускаемых в питьевой воде согласно табл. 3 СанПиН 2.1.4.1074-01 (4).

В обычных условиях водоподготовки при доведении качества очищенной воды до требуемых нормативов концентрация вирусов в ней снижается на 80 - 93 %. Причем, чем глубже очистка воды от взвешенных веществ, тем лучше доступ дезинфицирующего реагента к бактериям и вирусам, тем эффективнее процесс ее обеззараживания (12)

Повышение глубины очистки воды на действующих водопроводных станциях может быть достигнуто за счет уменьшения нагрузки на очистные сооружения и интенсификации процесса коагулирования и осветления воды.

В связи с сезонными изменениями физико-химического и микробиологического состава воды поверхностных и подрусловых подземных водоисточников, изменяются режимы обеззараживания и дозы дезинфектантов в течение года. Отмечаются следующие сезонные периоды обеззараживания (5):

- зимне-осенний период;
- весенний период (появление в воде спорных форм бактерий);
- летний период (повышенная обсемененность воды микроорганизмами).

Как правило, в качестве обеззараживающих агентов используют хлор, либо его соединения: диоксид хлора, гипохлориты натрия и кальция, хлорную известь, хлорамины.

Известно, что недостатками этого относительно простого метода обеззараживания являются пониженная инактивирующая способность по отношению к спорообразующим кишечным бактериям и вирусам, а также способность вступать в реакцию с органическими веществами и образовывать побочные, токсичные для человека вещества, обладающие канцерогенной и мутагенной активностью. Опасность ситуации усугубляется

тем, что в связи с практически повсеместным антропогенным загрязнением воды, как в поверхностных, так и в подземных источниках водоснабжения достаточную дозу хлора при обеззараживании приходится увеличивать, а это, помимо образования токсичных хлорорганических соединений, ухудшает вкус и запах воды. Необходимо также учитывать тот факт, что перевозки на значительные расстояния и постоянное хранение больших количеств жидкого хлора служат источником экологической опасности для близлежащих населенных пунктов (5).

Положительным свойством хлора является его длительное бактерицидное воздействие на очищенную воду в водоводах и распределительной сети.

Современные традиционные альтернативные методы обеззараживания - УФ-излучение и озонирование - отличаются более высокой эффективностью по инаktivации спорообразующих бактерий и энтеровирусов, а также отсутствием побочных хлорорганических продуктов, но не имеют консервирующего, пролангированного эффекта хлора.

К новым методам обеззараживания относятся ультра- и нанофильтрация через поливолоконные мембраны, низко- и высоковольтные разряды токов высокой частоты, облучение ускоренными электронами, гамма-облучение, лучи лазера и другие. Но они пока не нашли широкого применения на городских водопроводах.

В схемах очистки загрязненных поверхностных и подземных вод в странах Европы, США, а также в России находят сочетание методов озонирования, УФ-облучения с исключением первичного хлорирования и использованием консервирующего эффекта обеззараживания хлором с уменьшенной дозой для очищенной воды.

Рациональный выбор метода обеззараживания питьевой воды должен производиться с учетом качества воды в источнике водоснабжения, схемы и производительности станции водоподготовки, состояния водоводов и распределительной сети.

### **11.1. НДТ в системах обеззараживания воды хлорреагентами.**

Эффективность обеззараживания воды хлором зависит в основном от начальной дозы хлора и продолжительности его контакта с водой. Степень загрязненности воды органическими веществами характеризуется хлоропоглощаемостью воды.

При наличии в хлорируемой воде аммонийного азота или азотсодержащих органических соединений (аминокислот) свободный хлор вступает с ними во взаимодействие, образуя хлорамины и другие хлорпроизводные. Хлор, присутствующий в воде в виде соединений с указанными веществами, рассматривают как связанный активный хлор. Оба вида хлора могут существовать в воде одновременно.

При аммонизации воды остаточный хлор является связанным активным хлором.

На сооружениях водоподготовки хлор для обеззараживания применяют в виде  $Cl_2$ , хлорреагентов - растворов товарных гипохлорита натрия и кальция, гипохлорита натрия, получаемого электролитическим способом из поваренной соли на месте, хлорной извести, хлораминов, а также хлора, полученного из минерализованной артезианской воды методом прямого электролиза.

Считают, что бактерицидная реакция хлора и его соединений носит физиологический характер. Хлор вступает во взаимодействие с протеинами и аминосоединениями оболочки и внутриклеточного вещества, вызывая распад структуры клеток бактерий и ферментов вирусов.

Бактериологическая активность различных хлорреагентов определяется рядом: **хлорамин < хлорная известь < гипохлориты < хлор < диоксид хлора**. Все виды хлорирования контролируют по свободному активному остаточному хлору и по связанному активному остаточному хлору.

Из комбинированных методов хлорирования воды наибольшее распространение имеет хлорирование с аммонизацией. Оно применяется:

- 1) при наличии в воде, поступающей на обработку ароматических соединений (бензола, фенола) - преаммонизация;
- 2) для обеспечения более длительного контакта воды с дезинфектантом (хлораминами) в водораспределительной сети (постаммонизация).

В первом случае введение аммиака или раствора солей аммония производят перед хлорированием, во втором - после него. Весовое соотношение хлора и аммиака от 2:1 до 4:1 или 5:1 (условия образования монохлорамина). В случае применения газообразного аммиака растворение его в обрабатываемой воде осуществляется при помощи аммонизаторов, по своему устройству аналогичных хлораторам. Жидкий аммиак поставляют в баллонах или бочках. Аммиак испаряется труднее, чем хлор, сьем с одного баллона (без подогрева) не более 200 г/ч. Эффективность обеззараживания монохлорамина примерно в 100 раз ниже хлора (5).

Излишек хлора, превышающий допустимую в воде концентрацию, удаляют дехлорированием в основном химическими методами. Наибольшее

распространение получили обработка воды сульфитом натрия ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) и сернистым газом ( $\text{SO}_2$ ).

Хлорирование поверхностной воды осуществляют в традиционной реагентной двухступенной схеме водоподготовки на начальном этапе очистки в смесителях (первичное хлорирование) и в резервуарах чистой воды (вторичное хлорирование).

Первичное хлорирование производят с целью предварительного обеззараживания и поддержания сооружений водоподготовки в надлежащем санитарно-техническом состоянии, а также улучшения процесса коагуляции. На конечной стадии обеззараживания применяют как хлорирование, так и его сочетание с аммонизацией с целью ее дезодорации и увеличения продолжительности бактерицидного действия при транспортировании воды потребителю. Окончательное обеззараживание осуществляют в соответствии с СанПиН (4) с концентрацией остаточного свободного хлора 0,3-0,5 мг/л после контакта с водой в течение 30 мин. Концентрация связанного хлора - 0,8-1,2 мг/л после контакта с водой в течение 60 мин. При содержании свободного и связанного хлора контроль ведут по свободному хлору, если его содержится более 0,3 мг/л или по связанному хлору, если свободного хлора менее 0,3 мг/л.

Ориентировочно принимают дозы хлора при первичном хлорировании до 3-5 мг/л и после фильтрования - 0,75-2,0 мг/л при заданной продолжительности контакта. Надлежащий эффект обеззараживания (99%) обеспечивают остаточной дозой свободного активного хлора в форме  $\text{HOCl}$  при величине  $\text{pH} < 6,0$  и гипохлоритиона  $\text{OCl}^-$  при  $\text{pH} = 7-9$  в количестве 0,3-0,5 мг/л или остаточной дозой «связанного» хлора в количестве 0,75-2,0 мг/л в форме монохлораминов и дихлораминов. Дозу хлора в этом случае определяют по кривой хлоропоглощаемости после «точки перелома».

Хлор является сильнодействующим ядовитым веществом (класс опасности 2), поэтому его использование требует мероприятий повышенной промышленной безопасности, защиты населения и территорий от последствий возникновения возможных аварий и чрезвычайных ситуаций.

В этой связи предприятия водопроводно-канализационного хозяйства применяют, как правило альтернативные способы обеззараживания воды с пролонгированным (консервирующим) эффектом, к которым относятся хлорсодержащие вещества: гипохлорит натрия ( $\text{NaClO}$ ) химический и электролитический, гипохлорит кальция ( $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ ), диоксид хлора ( $\text{ClO}_2$ ).

**Химический гипохлорит натрия** марки «А» (класс опасности 3) производится с содержанием активного хлора не менее 190 г/л. При транспортировке и хранении из-за нестойкости продукта происходят потери гипохлорита натрия, главным образом по причине превращения его в более стойкое соединение  $\text{NaCl}$  (соль).

**Электролитический гипохлорит** натрия марки «Э» (класс опасности 4) производится с содержанием активного хлора 4–8 г/л. В отличие от химического гипохлорита натрия электролитический гипохлорит получают на месте потребления, и его транспортировка и хранение не требуется.

**Гипохлорит кальция** санитарно-технический марки «А» (класс опасности 3), представляющий собой порошок белого цвета с резким запахом хлора, производится с содержанием активного хлора не менее 45 %. Гипохлорит кальция при контакте с жидкими маслообразными органическими веществами или пылевидными органическими продуктами может вызвать их возгорание.

**Диоксид хлора** (класс опасности 1) получают на месте потребления реакцией соляной кислоты с хлоритом натрия  $\text{NaClO}_2$ . Диоксид хлора более сильный окислитель по сравнению с хлором и может использоваться для удаления запаха, деструкции органических веществ и улучшения вкусовых качеств воды. Однако его использование может привести к образованию побочных продуктов, например хлорита, который является токсичным. Кроме того, стоимость диоксида хлора высокая.

На станциях очистки воды вместо жидкого хлора используют хлораторные установки с хлорной известью (до производительности менее 3 тыс.  $\text{м}^3/\text{сут}$ ), с товарным и электролизным гипохлоритом натрия, диоксидом хлора и гипохлоритом кальция (на станциях любой производительности). Узел получения и дозирования диоксида хлора приведен на рис.11.1

Принципиальная схема получения электролизного гипохлорита натрия предусматривает использование рафинированной (99,8%) поваренной соли в виде первоначального рассола концентрацией 200-310 г/л, разбавленного перед электролизерами умягченной подогретой технической водой до солевого раствора 20-40 г/л. Вариантом является использование артезианской минерализованной воды с концентрацией поваренной соли до 2 г/л с жесткостью менее 7 мг-экв/л. Установки работают в периодическом или проточном режимах (5).

Состав установок стандартный: бункер-сатуратор для получения концентрированного раствора  $\text{NaCl}$  с автоматическим контролем уровня, бак разбавленного рабочего раствора, бездиафрагмовые электролизеры, насос-дозатор разбавленного раствора, емкость для накопления гипохлорита натрия (также с автоматическим контролем уровня), насос-дозатор раствора  $\text{NaClO}$  (концентрацией 6-8 г/л) в обрабатываемую воду, узел умягчения и подогрева технологической воды, трансформатор, выпрямитель, пульт управления, система вентиляции, узел периодической промывки от отложений в электролизерах 3% раствором  $\text{HCl}$  (рис.11.2 – 11.5).

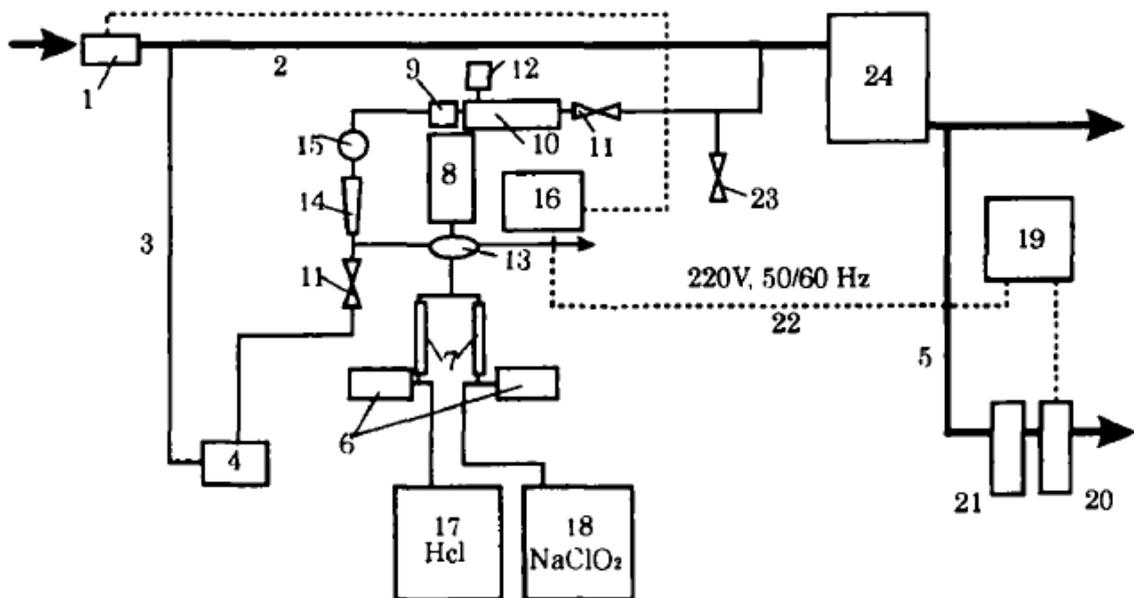
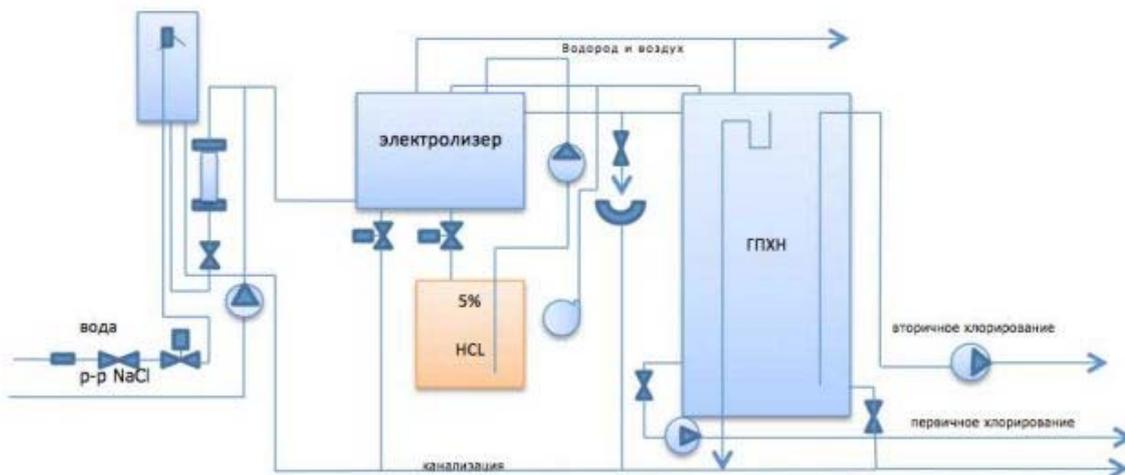


Рис.11.1. Узел получения и дозирования диоксида хлора:

1 - водомер; 2 - водопроводная магистраль; 3 - байпасная линия (1-2 м<sup>3</sup>/ч); 4 - байпасный насос; 5 - трубопровод контроля расхода воды; 6 - соленоидный дозирующий насос; 7 - ротаметр; 8 - реактор; 9 - дозирующий вентиль; 10 - смеситель; 11 - запорный вентиль; 12 - вентиляционная труба; 13 - всасывающее устройство; 14 - байпасный регулятор; 15 - обратный клапан; 16 - контроль с передачей уровня на дисплей; 17 - HCl; 18 - NaClO<sub>2</sub>; 19 - блок измерения ClO<sub>2</sub>; 20 - датчик ClO<sub>2</sub>; 21 - монитор значений расхода воды; 22 - скользящий контакт; 23 - промывной вентиль; 24 - контактная емкость (продолжительность 10-15 мин)



rutteh.ru

Рис.11.2. Технологическая схема электролизной установке УЭ ГПХН с получения раствора гипохлорита натрия.



jupitersp.ru

Рис.11.3. Электролизная установка проточного типа ЗАО «НПФ «Юпитер».



kaufmantec.ru

Рис.11.4. Электролизная установка компании «Kaufmann Technology».

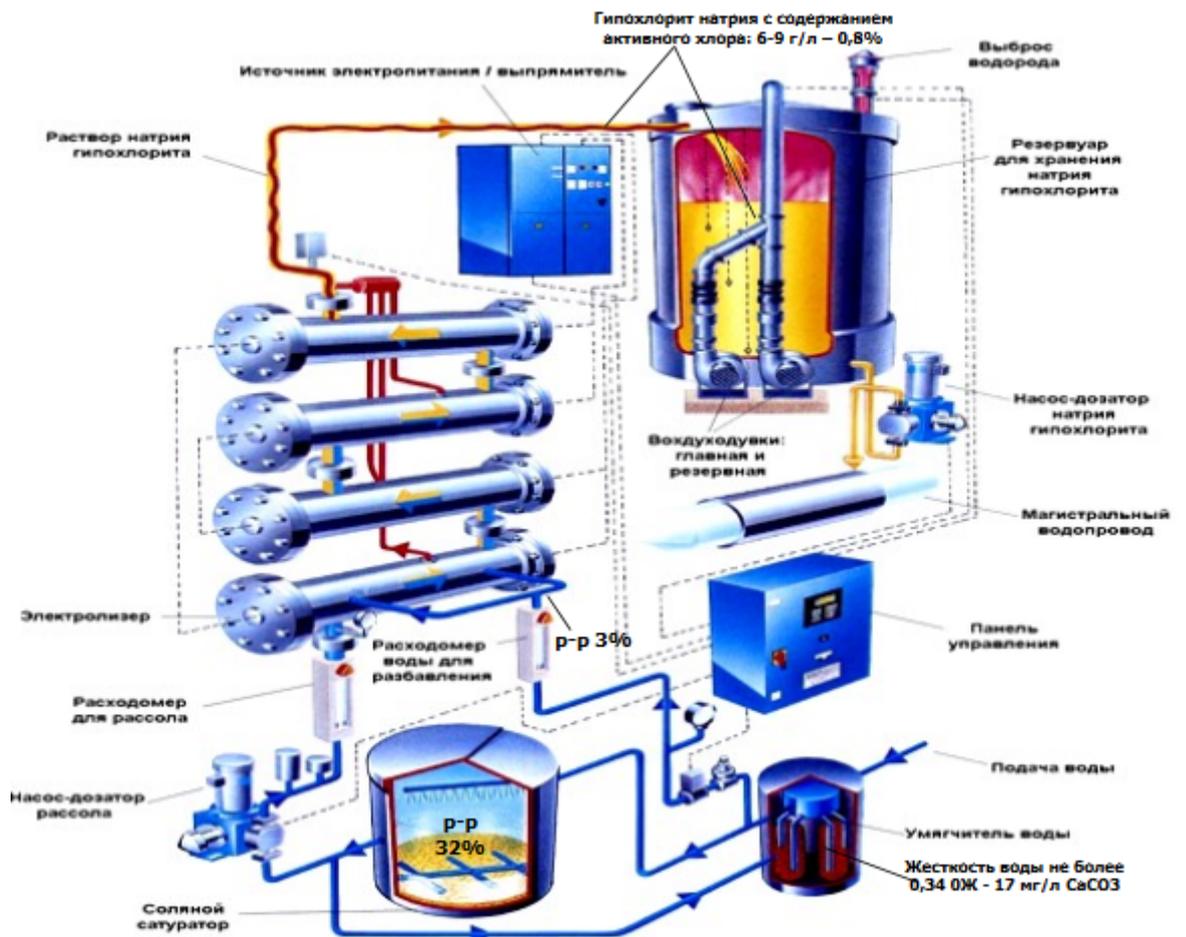


Рис.11.5. Схема получения гипохлорита натрия на очистных сооружениях в г. Уфе (система OSEC)/

При электролитическом получении гипохлорита натрия применяют титановые окисно-рутеновые аноды - ОРТА с активной массой на анодах, достаточной на 2-4 года нормальной эксплуатации.

Получаемый гипохлорит натрия не требует особых мер предосторожности при хранении в емкости, рассчитанный на 24 часовую работу дозирочного насоса. При заполнении емкости автоматически прекращается подача электроэнергии и раствора соли в электролизеры. При заданном низком уровне раствора в резервуаре-накопителе автоматически включаются электролизеры. В емкость подают вентилятором воздух для регулирования содержания в воздушной подушке  $H_2$ , не более 1% по объему.

Указанную технологию широко применяют фирма «OSEC» (Великобритания), АО «Трейлигаз-Рус» (Франция) на станциях любой производительности, фирма Электро Селл (Швеция), фирма «САР» (г. Москва) с использованием установок производительностью соответственно до 48 и 42 кг $Cl_2$ /сутки, фирма «Юпитер» (г. Санкт-Петербург).

Для эффективного электролиза используется рафинированная гранулированная поваренная соль пищевого качества с содержанием чистого NaCl не менее 99,8%.

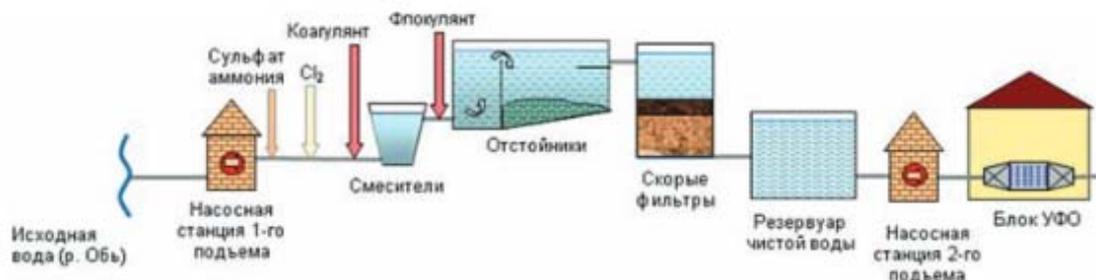
Выбор технологии обеззараживания воды хлорреагентами должен осуществляться на основе сравнения технологических параметров установок, гарантированного эксплуатационного срока оборудования, объемом систем автоматического управления процессом работы установок, возможностью сервисного обслуживания оборудования и технико-экономическими показателями стоимости установок и эксплуатационными затратами.

## **11.2. Ультрафиолетовое облучение воды.**

Обеззараживание УФ-облучением является наиболее распространенным в России методом обеззараживания подземных вод высокого качества на установках производительностью от 20 до 500 тыс.м<sup>3</sup>/сут. Эффективность этого метода проверена в традиционных реагентных схемах очистки поверхностных вод на стадии первичного обеззараживания волжской воды, что позволило значительно снизить дозу хлора на стадии окончательного хлорирования. Широкого опыта применения УФ-облучения взамен вторичного хлорирования пока нет.

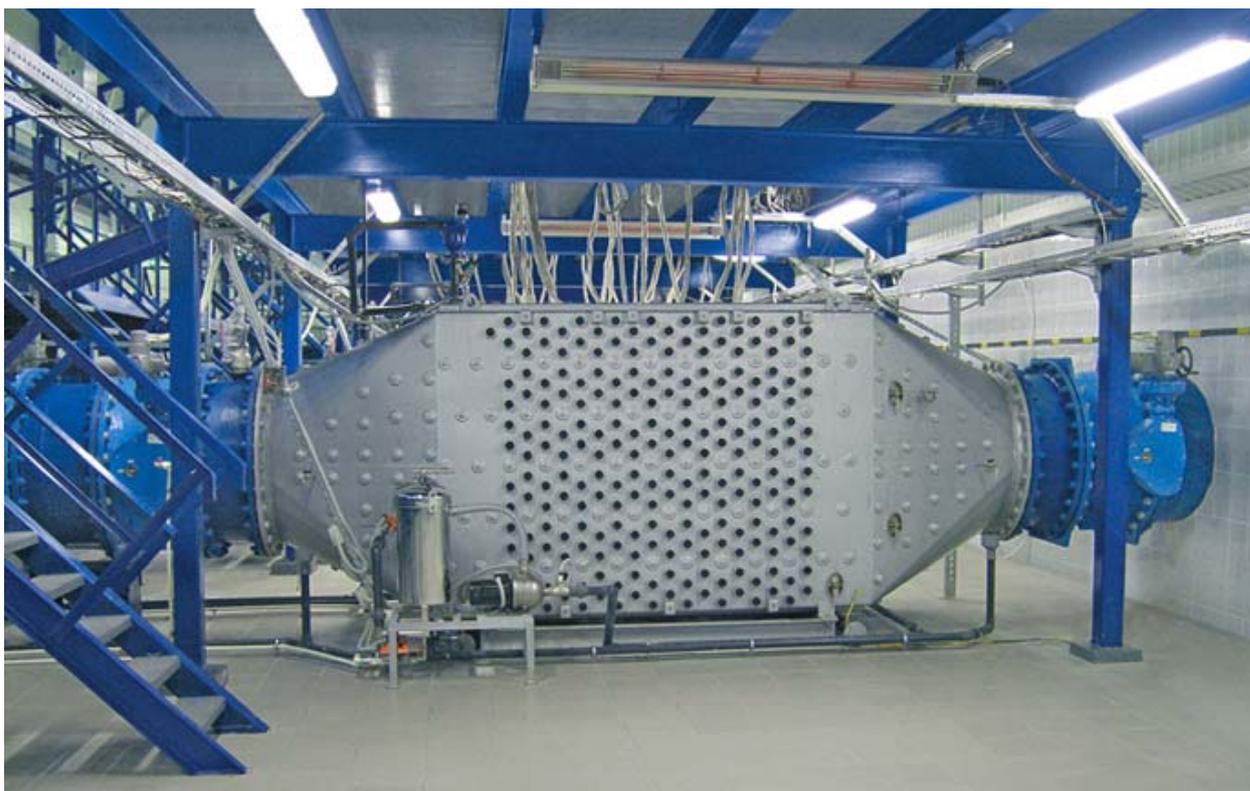
В последнее время широкое применение находит технология многоступенчатого обеззараживания, сочетающая хлорирование и УФ-излучение. Характерными примерами могут служить такие водопроводные станции, как Lovo производительностью 144 000 м<sup>3</sup>/сут. в Стокгольме

(Швеция), Vanliakaupuliki производительностью 120000 м<sup>3</sup>/сут. и Pilkakoski производительностью 168000 м<sup>3</sup>/сут. в Хельсинки (Финляндия), Viktoria Plant производительностью 580400 м<sup>3</sup>/сут. в г. Виктория (Канада), Karostashmegeyer производительностью 600000 м<sup>3</sup>/сут в Будапеште (Венгрия), комплекс водопроводных станций в системе питьевого водоснабжения г. Санкт-Петербурга общей максимальной производительностью 5500000 м<sup>3</sup>/сут, насосно-фильтровальная станция № 1 (НФС-1) проектной производительностью 250000 м<sup>3</sup>/сут в г. Новосибирске (рис.11.2.1, 11.2.2).



lit-uv.com

Рис.11.2.1. Технологическая схема водоподготовки в г. Новосибирске.



lit-uv.com

Рис.11.2.2. Внешний вид оборудования группы УДВ Pro НПО «ЛИТ».

Обеззараживающий эффект УФ-облучения выше, чем хлорирования и обеспечивает инактивацию как обычных патогенных вегетативных и споровых кишечных бактерий, так и вирусов, в частности, гепатита А и Е, полиомиелита и других. В таблице 11.2.1 приведена сопротивляемость различных видов микроорганизмов УФ-облучению. Для бактерий доза облучения изменяется от 3,8-4,2 до 12 мВт/см<sup>2</sup>; для энтеровирусов - от 6 до 24 мВт/см<sup>2</sup>; для цист простейших - 120-248 мВт/см<sup>2</sup>. Значения доз облучения приведены для 99,9% инактивации микроорганизмов в лабораторных условиях. Минимальная доза облучения в производственных условиях должна быть 16-25 мВт/см<sup>2</sup> при высоком качестве воды, аналогичном как перед обеззараживанием хлором в РЧВ. Передозировка УФ-облучения не вызывает отрицательных последствий в технологии водоподготовки (5).

Для инактивации вирусов коксаки, полиовируса типа 1 необходима инактивирующая доза примерно в 6 раз больше, чем для E-Coli. Истинным нормативным показателем эффективности процесса обеззараживания по патогенным бактериям и вирусам является только бактериологический анализ по величине индекса колифага (5).

Табл.11.2.1.

Вид микроорганизмов	Доза УФ-облучения, мВт·с/см <sup>2</sup>
<i>Бактерии</i>	
Escherichia Coli (E.Coli)	9-12
Proteus Vulgares	7,3
Legionella pneumophila	3,3
Pseudomonas aueriginose	11,5
Salmonella entorilidis	6,1
Salmonella paratyphi	6,1
Salmonella typhosa	7,5
Shigella flexneri	4,2
Shigella dysentieriae	8,8
Vibrio cholerae	10,2
<i>Вирусы</i>	
Bacteriophage (E.Coli)	10,8
Virus Poliomyelitis	6-15
Hepatitis Virus	8-11,1
Rotavirus SA	24
Poliovirus Stratins (tes organism)	
<i>Простейшие</i>	

Giardia Lamblia	120
Giardia muris	246

Надежность инактивации патогенных бактерий и вирусов УФ-облучением при соответствующих дозах доказана в лабораторных и производственных условиях. При дозе облучения 16-25 мВтс/см<sup>2</sup> метод УФ-облучения обеспечивает 99,99-100% инактивацию воды при исходных индикаторных показателях загрязненности: общее микробное число - 35 до 22-103 кл/мл, общие колиформные бактерии - до 2000 ед/100 мл, термотолерантные колиформные бактерии - до 200 ед/100 мл, колифаги - до 15 ед/100 мл (5).

Основные характеристики процесса: напряжение питания 220 или 380 В, оптимальная длина волны - 254±5 нМ, минимальная энергия активации (доза) - 16 мВт/см<sup>2</sup>, экспозиция мгновенная - 8-50 с, слой воды на излучателе - до 800-1000 мм. Расход электроэнергии на обеззараживание подземной воды не превышает 10-15 Вт ч/м<sup>3</sup>, поверхностной обработанной воды - до 30 Втч/м<sup>3</sup>. Это на порядок ниже затрат на химические методы обеззараживания (5).

Интенсивные источники УФ, спектр излучения которых обеспечивают максимальный бактерицидный эффект, представляют значительный интерес для технологии водоподготовки.

Для выбора УФ оборудования необходимы следующие параметры: максимальный часовой расход воды, коэффициент пропускания воды и доза облучения. Дозу и коэффициент пропускания определяют специалисты компании-продавца УФ оборудования, которые на основе качественных показателей исходной воды осуществляют подбор типа и количества УФ оборудования для определения одного или нескольких вариантов состава блока УФ обеззараживания.

### **11.3. Обеззараживание воды озоном.**

Зарубежный и отечественный опыт применения озона в водоподготовке загрязненных поверхностных и подземных вод свидетельствует о его комплексном воздействии на очищаемую воду, включая и обеззараживание.

Для обеспечения эффективной инактивации как вегетативных, так и споровых бактерий, а также вирусов необходимо предварительное глубокое

обесцвечивание воды до 8-10 град, осветление до 1 мг/л и отсутствия частиц взвеси с крупностью более 5 мкм (5).

Обеззараживающая доза озона составляет порядка 5 мг/л при продолжительности контакта 5-10 мин и величине остаточного озона 0,3-0,4 мгО<sub>3</sub>/л (5).

Несмотря на то, что О<sub>3</sub> является очень сильным обеззараживающим агентом, использование его на конечной стадии водоподготовки не исключает последующего риска повторного загрязнения микроорганизмами. Так, остаточный О<sub>3</sub> в количестве 0,4 мг/л разлагается менее чем за 1 ч. Это может привести к тому, что в очищенной воде после разложения озона наблюдается усиление активности бактерий и рост их числа в протяженных водоводах и распределительных сетях. Озон значительно уменьшает дозу хлора для обеззараживания и пролонгирует его действие. Необходимое время контакта озono-воздушной смеси с водой - не менее 20-30 минут (5).

Озонирование как специальный метод обеззараживания питьевых вод осуществляют в сочетании с другими методами: хлорированием уменьшенными дозами и мембранной технологией.

Метод озонирования целесообразно применять для обеззараживания любых расходов очищенных поверхностных, подрусовых и подземных вод, загрязненных устойчивыми к инаktivации видами патогенных спорообразующих бактерий и энтеровирусов. В технологии водоподготовки обеззараживание частично осуществляют на этапе преозонирования и окончательно - на этапе дезинфекции.

Озонаторная установка может работать на атмосферном воздухе и жидком кислороде. В первом случае установка включает: блок осушки и подготовки воздуха, воздушный компрессор, генератор озона, блок водяного охлаждения генератора, реактор, повышающий трансформатор, пульт управления, блок контроля озono-воздушной смеси. Работа установки автоматизирована. Во втором случае исключается блок подготовки и осушки воздуха. На рис.11.3.1, 11.3.2 показаны выпускаемые озонаторы и действующая установка предварительного озонирования в г. Санкт-Петербург.



wedeco.su



wedeco.su

Рис.11.3.1. Генераторы озона фирмы WEDECO на производительность по озону от 2 до 400 г/ч и от 200 до 20000 г/ч.



[vodokanal.spb.ru](http://vodokanal.spb.ru)

Рис.11.3.2. Блок предварительное озонирование воды на Южной водопроводной станции г. Санкт - Петербург.

## **12. НДТ повторного использования промывных вод, обработки и утилизации осадков водопроводных станций.**

При очистке природных вод образуются сточные воды, состав и вид которых зависит от качества обрабатываемой природной воды, состава и эффективности работы сооружений, вида применяемых реагентов и других (факторов).

На водопроводных очистных сооружениях (ВОС), использующих поверхностные водоисточники, относящиеся к классу маломутных и цветных, в характерные периоды года д.т.н.Журбой М.Г. были изучены: промывные воды скорых фильтров, сточные воды продувки горизонтальных отстойников и осветлителей - рециркуляторов. Анализировались взвешенные вещества, остаточный алюминий, железо, вещества азотной группы (аммиак, нитраты, нитриты), сульфаты, фосфаты, влажность, минеральная и органическая части, нефтепродукты, активная реакция, ХПК, БПК<sub>5</sub>, щелочность, хлориды, жесткость. Анализ данных показал наличие в технологических стоках высокой концентрации взвеси (среднее содержание взвешенных веществ в промывных водах скорых фильтров составляло 150-370 мг/л, в сточных водах продувки отстойников 250-2100 мг/л при среднем

значении 1050 мг/л, после осветлителей-рециркуляторов - 200-7700 мг/л, при среднем значении 2400 мг/л). Наиболее высокое содержание взвешенных веществ в сточных водах характерно для периодов весеннего и осеннего паводков.

Основным минеральным загрязнителем, наиболее часто вносимым при коагуляционной обработке воды, являются соединения алюминия. Содержание алюминия в технологических стоках за этот период изменялось в пределах 0,5-6,0 мг/л. Наиболее высокие концентрации наблюдались при обработке исходной воды с высокой цветностью и низкими температурами близкими к 0°С в периоды осенних паводков. Концентрация  $Al^{3+}$  в общем случае выше в стоках продувок сооружений первой ступени. Промывные воды скорых фильтров характеризовались также следующими усредненными показателями: железо общее 0,23-0,35 мг/л, сульфаты 78-92 мг/л, хлориды 15-16 мг/л, БПК.полн 3,2-6,3 мг/л (5).

В настоящее время применяется несколько способов использования промывных вод и других технологических стоков ВОС, использующих поверхностные водоисточники (5):

- сброс в естественную природную среду - реки, водоемы, естественные понижения рельефа, закачивание в подземные горизонты; искусственно созданные шламонакопители, пруды. Основными недостатками этого способа, оказывающего негативное влияние на природную среду, являются загрязнение поверхностных и подземных вод, а так-же прилегающих к ВОС территорий, отторжение больших площадей для размещения шламонакопителей и иловых площадок;

- сброс на городские очистные сооружения канализации. Применяются два варианта этого способа: сброс промывных вод после их усреднения; сброс осадка после его предварительного уплотнения. Основными недостатками способа является существенное увеличение нагрузки на КОС, высокие затраты на транспортировку сточных вод и осадков, а также поступление несвойственного для КОС загрязнителя - соединений алюминия;

- повторное использование промывных вод и др. технологических стоков ВОС может применяться, как с предварительной обработкой (в отечественной практике - отстаивание), так и без нее.

До настоящего времени еще наблюдается сброс сточных вод ВОС в прилегающие водоемы, что обусловлено недостаточной изученностью отрицательного влияния таких сбросов на водоемы, отсутствием средств, а также ухудшением качественных и экономических показателей обработки воды при обороте промывных вод. Такие сбросы вызывают загрязнение поверхностных водоемов органическими и неорганическими веществами, химическими реагентами, добавляемыми в качестве коагулянтов и

флокулянтов при обработке воды. В результате этого в поверхностных водоемах изменяется состав воды, возникают иловые наносы, повышается потребность в кислороде, угнетаются процессы самоочищения. Все это в конечном счете приводит к ухудшению качества поверхностных вод. Фактически водопроводные станции в этом случае не только концентрируют в источнике содержащиеся в нем загрязнения, но вводят после реагентной обработки дополнительные загрязнения. Учитывая огромные объемы сбросов (5-15% от общей производительности водопроводных станций) и потребляемых реагентов, проблема обработки и повторного использования сточных вод ВОС требует срочного решения (5).

Наиболее часто в существующих и проектных технических решениях по утилизации промывных вод скорых фильтров и контактных осветлителей рекомендуется их повторное использование. При двухступенчатой схеме очистки природной воды применяют следующую схему: промывные воды скорых фильтров поступают через песколовку в приемный резервуар, а из него без отстаивания или после него - равномерно перекачиваются в голову очистных сооружений. Осадок, накапливающийся на дне резервуара промывных вод, направляется в сгустители или на сооружения по обезвоживанию.

Характерной особенностью технологических стоков ВОС являются значительные колебания их расхода (залповые сбросы), а также значительное колебание их качества в течение сброса.

Взвешенные вещества, содержащиеся в промывных водах, при условии коагуляционной обработки исходной воды, обладают способностью достаточно быстро агломерироваться в крупные хлопья, обладающие высокой седиментационной способностью. Отстаивание промывных вод скорых фильтров в статических условиях показало, что большая часть взвеси выпадает в осадок в течение 20-35 мин после начала отстаивания. При дальнейшем отстаивании содержание взвешенных веществ изменяется мало и составляет 15-30 мг/л (5).

При решении задачи оптимального соотношения исходной и оборотной воды перед очистными сооружениями, с точки зрения обеспечения качества питьевой воды после них, необходимо найти условия максимального улучшения условий коагулирования примесей воды за счет внесения взвеси при минимальном внесении соединений алюминия.

Повторное использование промывных вод на водопроводных очистных станциях в настоящее время предполагает изначальное ухудшение качества исходной воды перед очистными сооружениями, из-за внесения в нее несвойственных фоновому гидрохимическому составу токсичных веществ, в первую очередь, остаточного алюминия,

Выбор методов и сооружений очистки промывных вод следует осуществлять в зависимости от намечаемого их дальнейшего использования в водопроводно-канализационном комплексе. В зависимости от степени очистки промывных вод их целесообразно использовать в системах производственного водоснабжения, для приготовления растворов реагентов, для полива территорий и др.

## **12.1. Методика выбора НДТ повторного использования промывных вод.**

Процессы подготовки воды природных источников для питьевых и технических нужд обычно связаны с образованием больших количеств производственных сточных вод и осадков. В связи с этим в технологии кондиционирования воды возникает проблема обработки сточных вод и осадков водопроводных станций при условии соблюдения правил охраны поверхностных и подземных вод от загрязнения и ограниченности земельных, площадей для размещения осадка.

Выделяются следующие виды сточных вод и осадков станций очистки природных вод (5):

- 1) по типу водоисточника: поверхностных и подземных вод;
- 2) по качеству обрабатываемой природной, воды: поверхностных вод - маломутных, цветных ( Ц/М более 10), средней мутности и цветности (Ц/М-5-10), мутных (Ц/М менее 5), подземных вод - по основному загрязнению исходной воды;
- 3) по виду реагентов, используемых при обработке воды;
- 4) по условиям образования: осадки отстойников и осветлителей со слоем взвешенного осадка, промывные воды фильтров, контактных осветлителей, микрофильтров, стоки реагентного хозяйства и др.

Загрязнения технологических сбросов от сооружений безреагентной очистки воды представлены сконцентрированными крупнодисперсными минеральными и органическими веществами основных загрязнений природной воды с гидравлической крупностью 5 мм/с и близкой или равной нулю.

Кондиционирование поверхностных вод в большинстве случаев производится путем коагулирования ее примесей химическими реагентами с последующим выделением в осадок образующихся агрегатов. В качестве реагентов используются соли алюминия и железа (в основном сульфат и гидрооксихлорид алюминия). Для интенсификации процесса коагуляции

применяются, анионные, неионогенные и катионные высокомолекулярные флокулянты. В этом случае сточные воды и осадки водопроводных станций содержат примеси воды, скоагулированные гидроокислами в хлопья, которые объединены в крупные агрегаты макроионами флокулянтов. Таким образом, технологические сбросы станций очистки природных вод представляют собой сложные органоминеральные системы, различные по своим свойствам и составу, образованные продуктами гидролиза коагулянтов и основных загрязнений природных вод. Соотношение их составляющих компонентов и свойства обуславливаются характером водоисточника и могут быть выражены такими показателями качества исходной воды как цветность и мутность. В общем случае при увеличении отношения цветности к мутности водоисточника увеличивается содержание органических веществ и гидроокиси алюминия в сточных водах и осадках, возрастает содержание свободной и связанной воды. Наибольшие затруднения возникают при обработке и утилизации технологических сбросов маломутных цветных вод, обусловленные высоким содержанием гидроокиси алюминия ( $Al^{3+}$  0,5-60 мг/л), органических веществ (45-60 % сухого вещества) и низкой водоотдающей способностью осадков (удельное сопротивление фильтрации 800-1600  $10^{10}$  см/г) (5).

Сбросы от сооружений очистки воды с применением коагулянта характеризуются следующими усредненными показателями: содержание взвешенных веществ 800-8000 мг/л; БПК<sub>5</sub>=30-80 мг/л, ХПК=50-1500 мг/л, гидравлическая крупность более 0,35 мм/с. Для промывных вод скорых фильтров и контактных осветлителей содержание взвешенных веществ составляет 400-2000 мг/л, БПК<sub>5</sub>=3-10 мг/л, ХПК=10-25 мг/л. В воде над осадком в сгустителях, накопителях, площадках обезвоживания среднее содержание взвешенных веществ составляет 8-50 мг/л, ХПК = 10-20 мг/л, БПК<sub>5</sub>=3-10 мг/л. Характерные загрязнения представлены мелкодисперсной взвесью с преимущественным содержанием продуктов гидролиза коагулянта и среднedisперсной взвесью выносимой фильтрующей, загрузки (5).

Бактериологический состав технологических стоков водопроводных станций при применении предварительного хлорирования воды обычно таков, что их дополнительное обеззараживание при дальнейшем использовании не требуется.

На большинстве водопроводных станций сточные воды и осадки сбрасывают в прилегающие поверхностные водоемы. Нередко оттуда же и производится и водозабор. При этом отмечают случаи ухудшения качества исходной воды при водозаборе из водохранилищ и озер, прилегающим к водопроводным станциям.

Для создания естественных и искусственных шламонакопителей, иловых площадок, прудов-накопителей требуется отторжение больших

площадей на прилегающих к ВОС территориях, ухудшаются санитарные условия занятых территорий. С другой стороны многолетняя практика эксплуатации показала недостаточную эффективность обработки осадков природных вод на таких сооружениях, особенно для технологических сбросов, образующихся при обработке маломутных, цветных вод. Кроме того, в этих случаях не исключается возможность попадания токсичных веществ, содержащихся в стоках в подземные и грунтовые воды. Учитывая огромные объемы сточных вод (5- 15%) и осадков (1-3%) от полезной производительности водопроводных станций становится очевидным огромный ущерб, наносимый природной среде практикой сброса неочищенных сточных вод водопроводных станций и необходимость применения более эффективных способов их обработки и удаления (5).

В целях рационального использования воды и охраны среды обитания на водоочистных комплексах рекомендуется применять повторное использование воды после промывки скорых фильтров и контактных осветлителей. На повторное использование может также направляться осветленная вода над осадком в технических отстойниках и отстойниках промывных вод, сгустителях, в накопителях и площадках обезвоживания осадка. Следует отметить необходимость проведения технологических изысканий и обоснования применения повторного использования промывных вод фильтровальных сооружений в каждом конкретном случае. Необходимость тщательных обоснований повторного использования, промывных вод обусловлена значительным изменением качества исходной воды и соответственно усложнением технологии приготовления воды, что может привести к нарушению режимов очистки природных вод и ухудшению качества обработанной воды. В частности, при обороте промывных вод отмечается повышение перманганатной окисляемость, мутности, снижение щелочности исходной воды. Содержание алюминия в исходной воде при обороте промывных вод фильтровальных сооружений, может достигать значений 6-7 мг/л, что, в общем, приводит к увеличению его содержания и в обработанной воде. При повторном использовании промывных вод характерным также является значительное изменение качества оборотной воды в цикле использования, что также затрудняет выбор оптимальных условий обработки исходной воды. Все это, однако, не исключает применения оборота промывных вод на действующих и проектируемых водопроводных станциях, позволяющих значительно снизить расходы воды на собственные нужды станции. Эффективность работы сооружений при повторном использовании промывных вод фильтровальных сооружений может быть повышена применением более эффективных коагулянтов для обработки воды (например гидрооксихлорида алюминия), обоснованным

подбором соотношения исходной и оборотной воды, очисткой промывных вод перед дальнейшим использованием (5).

Выбор технологической схемы и состав сооружений для повторного использования промывных вод определяется составом сооружений и способом подготовки воды, качеством исходной воды, промывных вод после основных сооружений и требований к степени их очистки.

Применяются две основные схемы оборота промывных вод:

1) перекачивание промывной воды после усреднения ее расходов в трубопровод перед смесителем;

2) осветление промывной воды в отстойниках периодического действия и последующая перекачка в трубопровод перед смесителем.

При двухступенчатой схеме очистки природной воды с отстаиванием и последующим фильтрованием применяют первую схему (рис.12.1.1). Промывные воды скорых фильтров поступают через песколовку в резервуар, а из него без отстаивания равномерно перекачиваются в голову очистных сооружений. Осадок, накапливающийся на дне резервуара промывных вод, направляется на дальнейшую обработку: в сгустители, на сооружения по обезвоживанию, на очистные сооружения канализации и др.

Отстойники промывных вод применяются на станциях подготовки воды с одноступенчатым фильтрованием и обезжелезиванием (рис.12.1.2). Промывные воды контактных осветлителей поступают в отстойник, где осветляются в течение определенного времени, после чего подаются в трубопровод подачи сырой воды на станцию. Осадок, накапливающийся в отстойниках промывных вод, направляется на дальнейшую обработку.

При отсутствии предварительного хлорирования исходной воды необходимо предусматривать обеззараживание промывной воды перед ее повторным использованием.

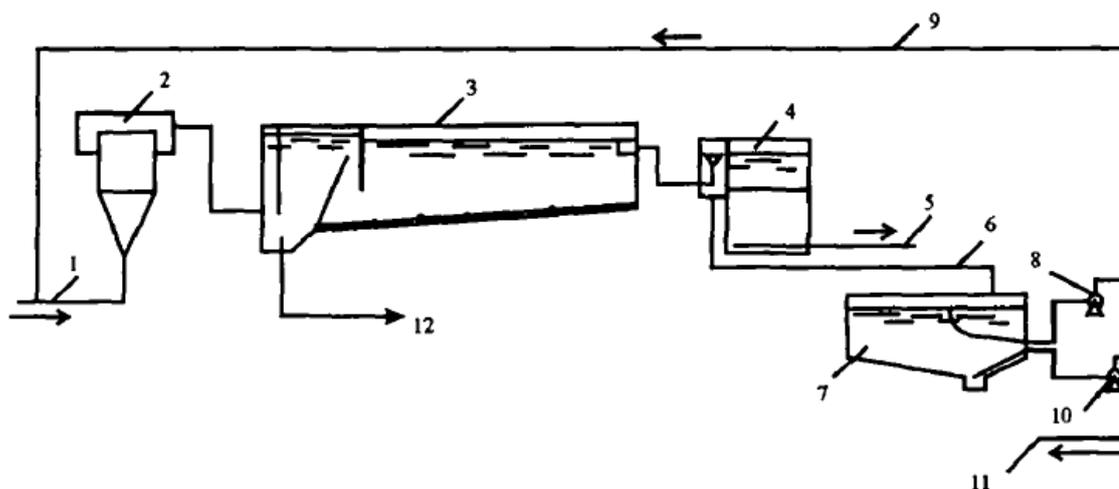


Рис.12.1.1. Технологическая схема обработки воды с резервуаром-усреднителем промывных вод скорых фильтров.

1,5 - подача исходной и отвод очищенной воды; 2 - смеситель; 3 - горизонтальный отстойник; 4 - скорый фильтр; 6 - отвод промывной воды скорых фильтров; 7 - резервуар-усреднитель со встроенной песколовкой; 8 - насос для возврата промывной воды в трубопровод перед смесителем; 9 - возврат промывной воды в «голову» сооружений; 10 - насос для удаления осадка из резервуара; 11 - осадок на дальнейшую обработку; 12 - осадок на уплотнение.

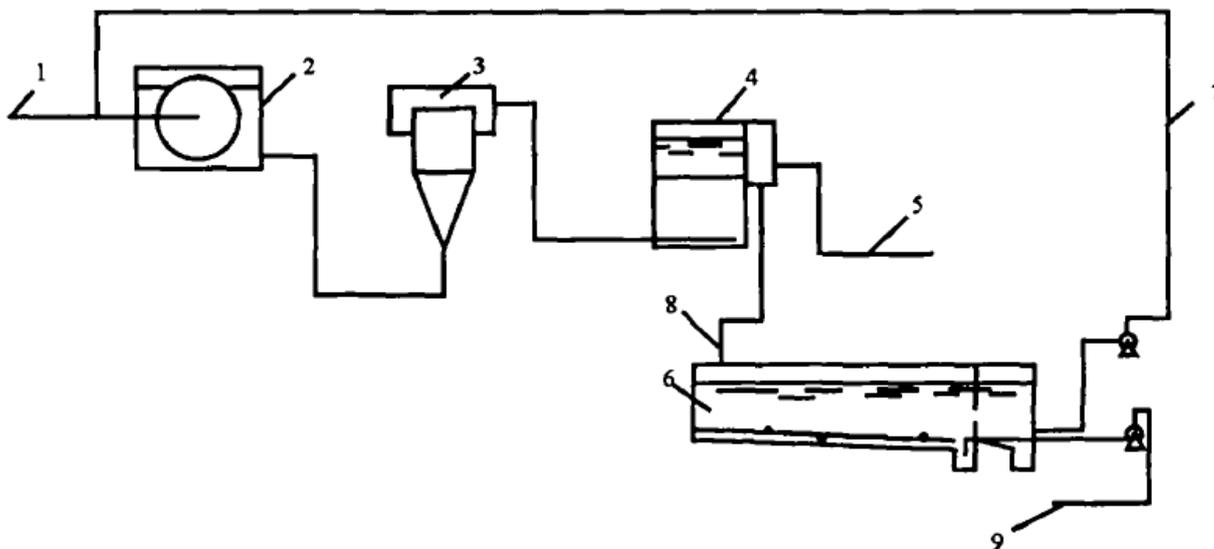


Рис.12.1.2. Технологическая схема обработки воды с отстойником промывных вод периодического действия.

1,5 - подача исходной и отвод очищенной промывкой воды; 2 - барабанная сетка; 3 - смеситель; 4 - контактный осветлитель; 6 - отстойник промывных вод периодического действия со встроенной песколовкой; 7 - подача очищенной воды в «голову» сооружений; 8 - сброс промывной воды; 9 - осадок на дальнейшую обработку

## 12.2. Методика выбора НДТ обработки и утилизации осадков водопроводных станций.

На очистных сооружениях по подготовке питьевой воды образуются концентрированные сильно влажные осадки. Это осадки из отстойников и осветлителей со взвешенным слоем, скорых фильтров, контактных осветлителей и осадки из растворных баков с реагентами. Исследование состава водопроводных осадков указывает на высокое содержание в них

оксида алюминия и значительного количества высокомолекулярных органических веществ от использования флокулянтов.

В общем виде осадки вод поверхностных источников представляют собой сложную многокомпонентную пространственную систему с сильно развитой поверхностью, объединяющую в единое целое большой комплекс различных по происхождению, качеству и свойствам веществ. Основными компонентами осадка являются продукты гидролиза химических реагентов в сочетании с минеральными веществами (глинистыми частицами, мелким песком, карбонатными породами, нерастворимыми или малорастворимыми солями металлов) и органическими веществами (иллом, фито- и зоопланктоном, различными микроорганизмами и бактериями, продуктами жизнедеятельности водных организмов и растений, коллоидами гуминовых кислот и фульво-кислот). Кроме указанных компонентов, в осадок выпадают также различные нерастворимые примеси, вносимые в воду вместе с коагулянтом.

Обычно для свежих осадков (получаемых после 45-60 мин. отстаивания) высокоцветных маломутных вод содержание сухого вещества составляет 0,3-0,4%, для осадков вод средней цветности и мутности – 0,4-0,8%, для осадков мутных вод – 0,8-3% и более.

Влажность осадков, образующихся в процессе реагентной очистки вод поверхностных источников колеблется от 92-94 до 99,5-99,8% в зависимости от качества исходной воды и технологической схемы ее обработки.

Состав и свойства осадков, зависящие от качества воды, из которой они получены, влияют на интенсивность и глубину их уплотнения. В осадке мутных вод нерастворимый осадок составляет 40-50%, в то время как в осадке цветных вод – лишь 2-15%. С увеличением в исходной воде минеральных примесей осадок получается более плотным и возрастает скорость протекания процесса уплотнения. Увеличение цветности воды и сокращение содержания в ней минеральных примесей приводит к образованию легкого (рыхлого) осадка высокой влажности, степень уплотнения которого снижается, а продолжительность уплотнения возрастает. Так, если для гравитационного уплотнения осадка вод повышенной мутности достаточно всего несколько часов, то для уплотнения осадка маломутных высокоцветных вод требуются десятки и сотни часов, при этом в первом случае в процессе уплотнения влажность осадка снижается до 92-94%, а во втором – до 98-99%.

В настоящее время основным методом обработки осадков водопроводных станций в отечественной практике является их естественная сушка, а также обезвоживание на искусственно созданных картах (площадках вымораживания). Зачастую наблюдается сброс осадков в водоисточники. Карты занимают значительные земельные участки, как

правило, в непосредственной близости к городским территориям, на которых осадки выдерживаются в течении нескольких лет. При этом органическая часть осадков загнивает, в результате чего образуются неприятные запахи, на картах развивается растительность и размножаются многочисленные виды насекомых.

В случаях, когда карты выполнены без надлежащей гидроизоляции основания и земляных откосов, указанные методы обработки приводят к загрязнению подземных и поверхностных вод. Таким образом, очевидна необходимость перехода к более совершенным методам обезвоживания водопроводных осадков - их кондиционированию (разрушению коллоидных связей) с последующим механическим обезвоживанием.

Для кондиционирования осадков применяют в основном две технологии: обработка реагентами (известь) или искусственное попеременное замораживание - оттаивание. Механическое обезвоживание может быть осуществлено на вакуум-фильтрах, фильтр-прессах или центрифугах.

Водопроводные осадки в сравнении с осадками сточных вод значительно труднее поддаются обезвоживанию. При этом требуется большое количество реагентов и снижается производительность аппаратов по механическому обезвоживанию. Водоотводящие свойства водопроводных осадков в сильной степени зависят от качества воды в природных водоисточниках, а именно от соотношения цветности (Ц) и мутности воды (М). При  $C/M > 10$  требуется внесение более 100% (от массы сухого вещества осадка) извести и вспомогательных веществ, а при  $C/M > 30$  осадки не обезвоживаются вообще (5).

Сброс осадка водопроводных станций в поверхностные воды нельзя считать приемлемым, так как он способствует большому загрязнению поверхностных вод органическими и неорганическими взвешенными веществами, оксидами металлов. В результате этого в поверхностных водах возникают иловые наносы, повышается потребность в растворенном кислороде ухудшается их качество.

Осадок из отстойников и промывную воду после фильтров и реагентного хозяйства сбрасывают в пруды-накопители.

Для уменьшения объема сбрасываемого осадка практикуют его флотационную обработку или гравитационное уплотнение.

В районах, где есть возможность промораживания осадка, применение прудов-накопителей эффективно. Замораживание как часть процесса обработки в прудах приводит к уменьшению первоначального объема осадка и, следовательно, к увеличению концентрации твердых веществ в осадке.

В качестве прудов-накопителей используются заболоченные места и озера. Этот метод также экологически неоправдан, хотя имеет низкие

капитальные и эксплуатационные затраты при наличии вблизи водопроводной станции свободных земельных угодий и может служить как временное мероприятие для удаления осадка. В целом пруды- накопители не дают окончательного решения для эффективного обезвоживания водопроводного осадка, так как на поверхности пруда образуется твердая корка, под которой осадок в тиксотропном состоянии находится многие годы. Особенно это относится к осадкам, образующимся при очистке маломутных высокоцветных вод. Добавление извести к таким осадкам практически не интенсифицирует процесс их обезвоживания на прудах-накопителях, а лишь увеличивает стоимость обработки водопроводных осадков (5).

Использование иловых площадок для обезвоживания водопроводного осадка является наиболее распространенным методом в районах с достаточным количеством свободных земельных площадей. Наибольшее применение получили иловые площадки на естественном дренирующем основании.

Обезвоживание осадка на иловых площадках осуществляется путем испарения влаги и ее фильтрации.

Несмотря на то, что на иловых площадках происходит испарение и фильтрация влаги, влажность осадка остается высокой, если за период обезвоживания не произойдет естественного замораживания и оттаивания. Без замораживания-оттаивания концентрация твердых веществ в осадке, содержащем оксид алюминия, максимально увеличивается не более чем на 10%. Процесс естественного замораживания изменяет физико-химическую структуру осадка, в результате чего увеличивается количество свободной влаги. При весеннем таянии осадок не приобретает свою первоначальную структуру, остаются чистая вода и небольшие гранулированные частицы, напоминающие коричневый песок, с объемом, сниженным до 1/6 первоначального объема (5).

В настоящее время методу «замораживание — оттаивание» придается большое значение. Еще в 1950 г. Клементс впервые исследовал процесс замораживания осадка, а рекомендации к использованию этого метода для осадков, содержащих гидроксид алюминия, разработал Палин в 1954 г. Крупные исследования по использованию данного метода были проведены Доем в Англии, которые подтвердили, что замораживание — оттаивание является наиболее эффективным методом обработки водопроводного осадка. Очистная станция в Файлде была первой водопроводной станцией, на которой применили этот метод. Разработка метода замораживания и размораживания по «принципу образования ледяных игл» позволила получить осадок после вакуум-фильтрования влажностью 50%. Этот метод уже применяется в г. Акаси (Япония).

На водопроводной станции Рюен (ФРГ) в полном автоматическом режиме эксплуатируется морозильная установка системы «Вольфсбург» производительностью 0,4 м<sup>3</sup>/ч. Концентрация твердых веществ в оттаявшем осадке увеличивается до 23 - 32%, а при последующем хранении на иловых площадках в течение 60 дней - до 85,8%. Расход электроэнергии на замораживание - оттаивание составляет 18 - 24 кВт/ч на 1 м<sup>3</sup> осадка, длительность цикла - 90 мин.

Необходимо учитывать, что метод искусственного замораживания - оттаивания весьма дорогостоящий. Поэтому применение его может быть экономически оправдано в суровых климатических зонах, где процесс замораживания - оттаивания происходит в естественных условиях.

Опыт обезвоживания осадков на иловых площадках показал низкую эффективность их работы из-за зависимости от состава водопроводного осадка, погодных факторов и изменения режима грунтовых вод на прилегающих территориях; потребности в отчуждении значительных земельных угодий; удорожании обработки осадков с течением времени; необходимости использования ручного труда. Кроме того, иловые площадки способствуют размножению насекомых, создают антисанитарные условия на прилегающей к ним территории.

В то же время в теплых климатических зонах при устройстве на площадках дренажного основания для приема фильтрата и применение капиллярно-пористых материалов, поглощающих влагу позволяют достаточно эффективно подсушивать осадок. К примеру в процессе подсушивания осадка донской воды на открытом воздухе не наблюдается формирования корки, препятствующей дальнейшему его подсыханию. Напротив, в процессе обезвоживания характерно образование трещин по всей толщине подсушиваемого слоя, а к завершению периода подсушивания крупные агломерации сухого вещества (рис.12.2.1, А) влажностью 35 - 40 % приобретают сыпучую структуру (рис.12.2.1, Б) с конечной влажностью 5 - 8 %, позволяющую облегчить механизированную или ручную уборку обезвоженного кека с поверхности иловой карты (17).

Пути интенсификации обезвоживания водопроводных осадков на иловых площадках, например добавление катионовых флокулянтов, усовершенствование дренажной системы широкого распространения не получили.

К искусственным методам обработки и удаления водопроводного осадка относятся механическое обезвоживание на вакуум-фильтрах, фильтр-прессах и центрифугах, кислотная обработка, сброс в городскую канализацию и совместная обработка с осадками канализационных станций.



А)

Б)

Рис.12.2.1. Изменение структуры осадка в процессе обезвоживания на площадке подсушивания

Механическому обезвоживанию водопроводного осадка, как правило, предшествует их кондиционирование, цель которого состоит в снижении остаточного заряда структурообразующих частиц и в качественном перераспределении различных форм связи с твердым веществом, с переводом части колоидно-связанной воды в свободное состояние. Кондиционирование может осуществляться с применением реагентов, флокулянтов, методов замораживания-оттаивания, магнитной обработки и электрокоагуляции.

Обработка реагентами является наиболее распространенным способом подготовки водопроводных осадков к механическому обезвоживанию. Использование минеральных коагулянтов - сульфата железа, хлорида железа и сульфата алюминия - практически не улучшает водоотводящую способность водопроводных осадков, содержащих в своем составе оксид алюминия. Однако введение присадочных материалов с химическими реагентами позволяет улучшить подготовку осадков к обезвоживанию. В качестве присадочных материалов используют активированный уголь, диатомит, пыль электрофильтров. Для достижения необходимой степени сопротивления фильтрации осадка требуется правильный подбор присадочных материалов и количественного отношения этого вещества и примесей, содержащихся в осадках. Среди реагентов особое место занимает известь, являющаяся одновременно реагентом и присадочным материалом. Добавление извести к осадкам в количестве 20-100% (в пересчете на СаО от массы сухого вещества осадка) значительно улучшает их фильтрующие свойства: удельное сопротивление с  $1200 \cdot 10^{10}$  -  $2000 \cdot 10^{10}$  см/г. Количество добавляемой извести для снижения удельного сопротивления фильтрации зависит от состава и начального удельного сопротивления осадка.

При добавлении флокулянтов анионного и катионного типа к водопроводному осадку происходит изменение первоначальной структуры

осадка. Надо отметить, что при введении флокулянта особое требование предъявляется к дозе и продолжительности перемешивания флокулянта с осадком. Обработка водопроводного осадка активированной кремниевой кислотой в количестве 0,06-1% (по отношению к твердому веществу осадка) не способствует сгущению и улучшению фильтрующих свойств осадка. Удельное сопротивление фильтрации во всех случаях остается высоким ( $\sim 1150 \cdot 10^{10}$  -  $2200 \cdot 10^{10}$  см/г). Добавление полиакриламида в количестве 0,05-1% также не приводит к снижению удельного сопротивления осадка. Однако при медленном перемешивании осадка с добавкой коагулянта продолжительность уплотнения осадка сокращается - в 4 раза (5).

Наиболее широкое применение получила кислотная обработка водопроводного осадка серной кислотой. Регенерируемый коагулянт состоит в основном из сернокислого алюминия, незначительного количества сульфата железа и других соединений. Этим способом удается вернуть в производство очистки воды до 80% отработанного коагулянта и снизить объем осадка в 5-20 раз. Значительно реже такие осадки обрабатывают соляной кислотой, в результате чего образуется хлорид алюминия.

Исследования кислотной обработки осадков Северной водопроводной станции Москвы показали, что количество оксида алюминия, которое удается перевести в раствор, достигает 75% при обработке осадка влажностью 99%. Основными факторами, определяющими эффективность регенерации коагулянта, являются концентрация твердых веществ в осадке, количество добавляемой кислоты (рН реакционной смеси) и продолжительность перемешивания. Обработка осадка кислотой считается экономичной при условии содержания в осадке СаО от 1 до 10% (5).

Осадки, полученные в результате регенерации коагулянта, обладают более высокой водоотдачей, чем первичные осадки. Для их обезвоживания используют механические методы обработки с добавлением извести. Метод кислотной обработки водопроводных осадков обладает рядом существенных недостатков (5):

- добавление кислоты в осадок снижает рН до 2, при этом происходит повторное растворение в жидкой фазе металлов, органических веществ, и, таким образом, эти вещества поступают опять в процесс очистки воды в ходе рециркуляции коагулянта;
- в процессе кислотной обработки увеличивается объем регенерируемого коагулянта, что требует изыскания дополнительных методов его обезвоживания;
- большой расход кислоты влечет за собой строительство кислотного хозяйства на водопроводной станции, что связано с дополнительными капитальными и эксплуатационными затратами.

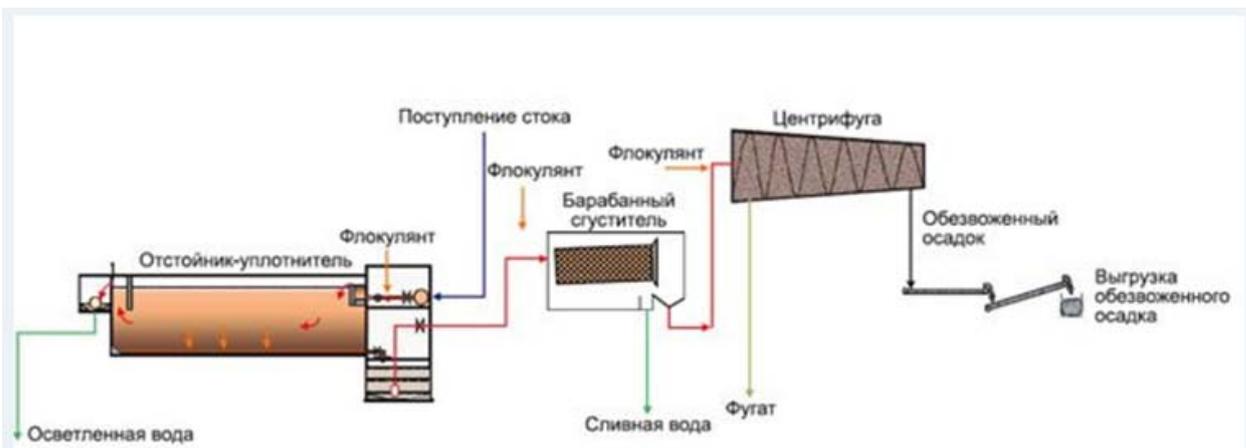
При регенерации коагулянтов из осадков водопроводных станций решается одновременно проблема сокращения объема осадка, уменьшения коагулянта, расходуемого в процессе очистки воды. Методы регенерации коагулянтов основаны на растворении продуктов их гидролиза в кислотах, щелочах или других органических растворителях.

Регенерация осадка водопроводных станций обработкой его газообразным хлором технологически и экономически оправдана. Следует отметить, что пока метод не вышел за пределы лабораторных исследований и не проверен на крупномасштабных установках из-за своей высокой стоимости (5).

Переливные центрифуги могут обезвоживать осадок водопроводных станций до концентрации твердых веществ в кэке 20 - 30%, используя современное механизированное оборудование и новые полимеры. Так, например, обезвоживание водопроводного осадка начальной влажностью 99,6%, предварительно обработанного флокулянтами (например, полиэлектролитом) на центрифуге фирмы «Крюгер», обеспечило конечную влажность осадка в пределах 75-73%. При уменьшении влажности исходного материала и обработке его флокулянтами из расчета 2,5 кг на 1т сухого вещества можно получить конечный продукт влажностью 70%. Предварительное уплотнение осадка до влажности 98,5-98% повышает производительность центрифуг до 4-10 м<sup>3</sup>/ч по влажному осадку. В других случаях влажность конечного продукта довели до 60% при использовании полимерных флокулянтов марки РМ 35000 в количестве 1-4 кг на 1 т сухого вещества осадка. При этом производительность центрифуг составляла 10-20 м<sup>3</sup>/ч по влажному осадку (5).

В последнее время зарубежными фирмами: «Гумбольт» (ФРГ), «Альфа-Лаваль» (Швеция) и др., разработаны усовершенствованные конструкции центрифуг для обезвоживания осадков с флокулянтами.

Закрытые шнековые двухфазные центрифуги «Deca Press DP 58-422 VD» фирмы «Хиллер» использованы в технологической схеме обезвоживания осадка Восточной станции водоподготовки (г. Москва), в которой осадок после уплотнения в отстойниках и сгущения на барабанных сгустителях обезвоживался на центрифугах. Сооружения обработки осадка включают: насосную станцию подкачки с приемно-регулирующим резервуаром, отстойники-уплотнители, сооружения сгущения (барабанные сгустители) и обезвоживания (центрифуги) осадка, площадку временного складирования осадка. Принципиальная схема сооружений обработки осадка представлена на рис.12.2.2. Проектная производительность сооружений составляет 25 тыс. м<sup>3</sup>/сут. (18)



mosvodokanal.ru

Рис.12.2.2. Принципиальная схема работы сооружений обработки осадка.

На сооружениях обработки осадка Восточной станции водоподготовки предусмотрено шесть отстойников-уплотнителей (рис.12.2.3, А), в которые равномерно распределяются поступающие производственные стоки. Для уплотнения поступающего осадка вводится флокулянт, доза которого зависит от его влажности. Уплотненный в отстойниках-уплотнителях осадок с влажностью 98,5–99,5% через перфорированные трубопроводы, проложенные по днищу отстойников, выпускается в резервуары сбора уплотненного осадка (рис.12.2.3, Б) и с помощью погружных насосов подается в сгустители барабанного типа «Rapidrain 70-7.0» (рис.12.2.4, А).



А)



Б)

mosvodokanal.ru

Рис.12.1.3 Отстойники – уплотнители.

А) – вид снаружи; Б) – галерея выпусков осадка из отстойников.

Сгуститель представляет собой барабан диаметром 1,2 м и длиной 3,8 м, на каркасе которого закреплена фильтрующая сетка с ячейками 70x32 мкм. Над барабаном находится промывочное устройство с форсунками, куда постоянно подается вода для промывки фильтрующей сетки. Максимальная производительность каждого сгустителя составляет 20 м<sup>3</sup>/ч.

Перед поступлением в барабанный сгуститель осадок смешивается с флокулянтom в узле смешения, оборудованном мешалкой с регулируемой скоростью вращения (рис.12.2.4, Б). Образующаяся в процессе сгущения сливная вода проходит через сетку барабанного сгустителя и отводится в канализацию. Сгущенный осадок с влажностью 95–98% от каждого сгустителя насосами перекачивается в промежуточные емкости, оборудованные механическими мешалками, и подается на обезвоживание на центрифугах (рис.12.2.5, А).



А)



Б)

mosvodokanal.ru

Рис.12.2.4 Барабанные сгустители.

А) – общий вид; Б) – узел смешения осадка с флокулянтom.

Раствор флокулянта вводится в обезвоживаемый осадок непосредственно перед входом в центрифугу. Образующийся фугат отводится в канализацию. Полученный обезвоженный осадок (кек) влажностью 82–84% выгружается с помощью транспортера в кузов автомашины и вывозится на утилизацию (рис.12.2.5, Б).



А)



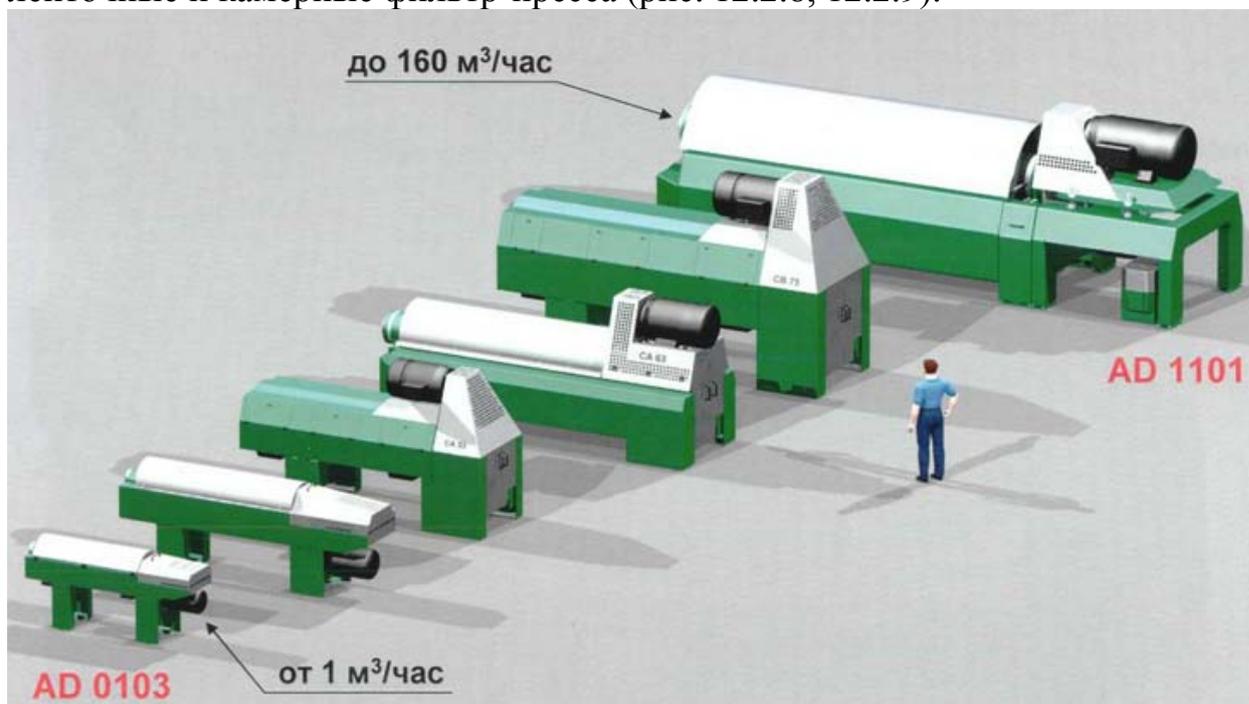
Б)

mosvodokanal.ru

Рис.12.2.5 Шнековые двухфазные центрифуги «Deca Press DP 58-422 BD» фирмы «Хиллер».

А) – центрифуги; Б) – выгрузка обезвоженного осадка.

Помимо центрифуг, которые выпускаются различной производительности и назначения (рис.12.2.6), в качестве оборудования для обезвоживания используются барабанные вакуум фильтры (рис.12.2.7), ленточные и камерные фильтр-пресса (рис. 12.2.8, 12.2.9).



google.ru

Рис.12.2.6. Типовой ряд декантеров различной производительности фирмы «Умвельттехник Гмбх»



hydrotrend.ru

Рис.12.2.7. Вакуум-фильтр БОП.



bifar.ru

Рис.12.2.8. Ленточный фильтр-пресс.



[commons.wikimedia.org](https://commons.wikimedia.org)

Рис.12.2.9. Камерный фильтр пресс.

Для предварительного сгущения осадка, перед подачей на установки обезвоживания, используют ленточные, барабанные, шнековые сгустители (рис.12.2.10, 12.2.13).

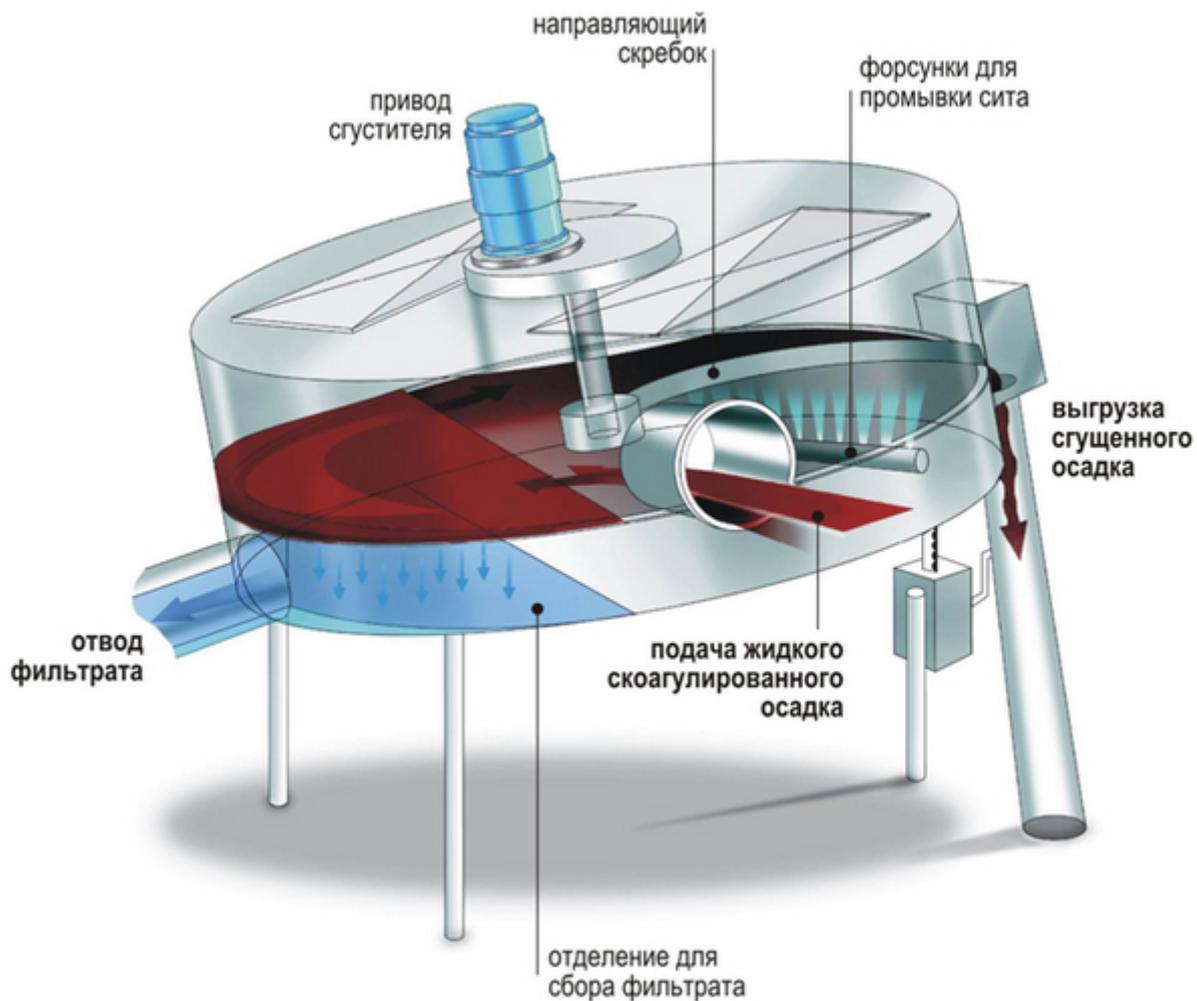


[live-ecology.ru](http://live-ecology.ru)

Рис.12.2.10. Ленточный сгуститель.



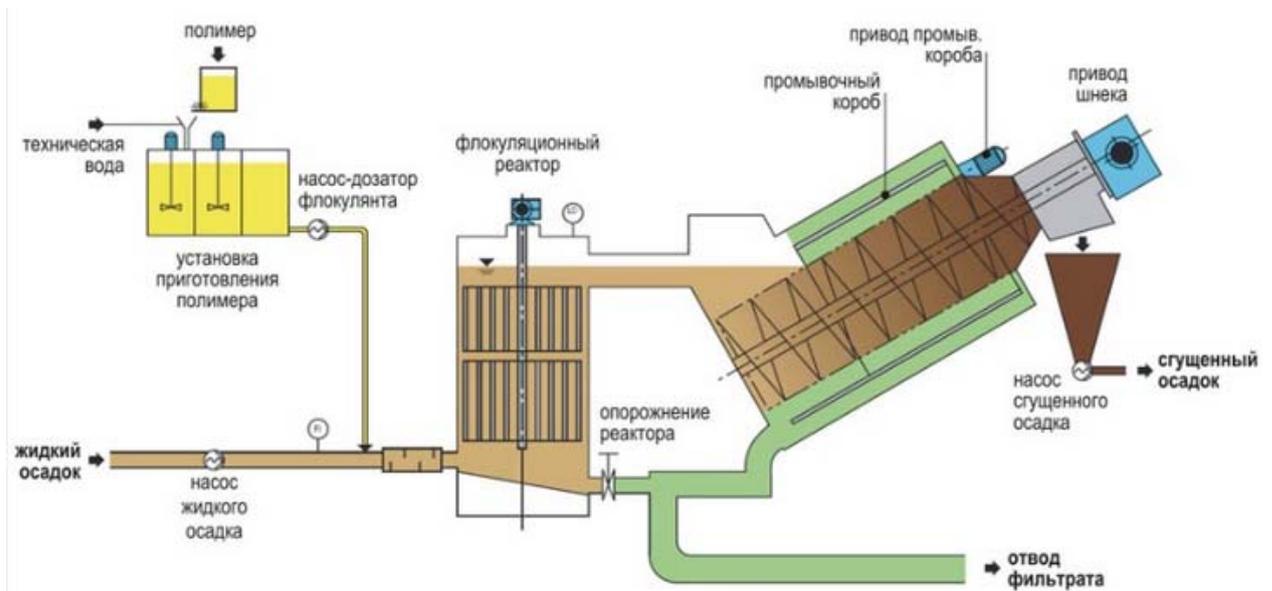
aquaecology.by  
Рис.12.2.11. Барабанные сгустители.



swedepump.by

Рис. 12.2.12. Дискový сгуститель осадка Huber RoS 2S.

Оборудование для механического обезвоживания осадка водопроводных станций подбирается по паспортным характеристикам фирм поставщиков и производителей аппаратов. Подбор вида и дозы коагулянтов и флокулянтов осуществляется представителями фирм поставщиков оборудования по качественным показателям исходной воды и осадка.



swederpump.by

Рис.12.2.13. Принципиальная схема работы шнекового сгустителя Huber RoS 2

Для крупных станций водоподготовки приоритетными являются методы механического обезвоживания осадка; для сооружений небольшой производительности и наличия свободных площадей вблизи станций водоподготовки могут использоваться сооружения естественной сушки – иловые площадки оборудованные системой дренажа и противоточными экранами для защиты от загрязнений грунтовых вод. При выборе метода обезвоживания необходимо учитывать, что любое оборудование и сооружения требуют постоянного эксплуатационного обслуживания. Особенно это относится к иловым площадкам, которые, как правило, практически не обслуживаются.

Параметры технико-экономического сравнения различных технологий обезвоживания и финансовые возможности Заказчика определяют НДТ обезвоживания водопроводного осадка.

Обезвоженный осадок складывается на специально оборудованных площадках временного складирования или полигонах депонирования. Дальнейшая утилизация осадка зависит от химико-минералогического и физико-химического состава, содержания в нем ценных веществ и компонентов, а также от водоодающей способности осадков.

Формирование водопроводного осадка, его характеристики и химический состав непосредственно связаны с качеством исходной воды. Если исходная вода сильно загрязнена (например, при разливах рек), то содержание сухого вещества в осадке может достигать 100 г/л, в обычных условиях оно не превышает 15 г/л. Осадок после очистки воды часто

содержит значительное количество органических веществ ( $BPK_{20}=400-2000$  мг/л, ХПК = 500-1000 мг/л) и гидроксидов металлов. После прокаливания осадка в его составе могут содержаться:  $SiO_2$  - до 45%,  $Al_2O_3$  - до 40%,  $Fe_2O_3$  - до 5%,  $CaO$  - до 3%,  $MgO$  - до 2%. Химический состав указывает на возможность его применения в качестве добавок к сырью стройматериалов. Наличие в осадке до 40% оксида алюминия позволяет рассматривать его не как отход, а как исходное сырье для получения сорбента и регенерированного коагулянта (регенерата после кислотной обработки осадка). Некоторые направления утилизации водопроводных осадков представлены на рис.12.2.4. После обработки осадка щелочью, газообразным хлором или, что наиболее эффективно, кислотой можно получить эффективный коагулянт (регенерат) для неоднократного использования в технологии очистки воды. Для очистки сточных вод от фосфатов и некоторых органических загрязнений можно использовать сорбент, полученный термообработкой (при температуре  $160^\circ C$  в течение 24 часов) водопроводного осадка. Последовательная обработка воды на загрузке из сорбента (оксида алюминия) и активированного угля обеспечивает снижение концентрации общего органического углерода на 95% (5). Получение сорбента основано на термообработке в 2 этапа:

- испарение свободной воды при  $120^\circ - 150^\circ C$ ;
- удаление связанной воды при  $160^\circ - 200^\circ C$ .



Рис.12.2.4. . Направления утилизации водопроводных осадков.

Исследования проведенные рядом организаций показали возможность использования водопроводного осадка в качестве добавок к сырью стройматериалов в производствах керамического сырья, компонентов

строительных материалов, в том числе цемента, бетонов, защитных покрытий; осадки, полученные при очистке высокоцветных маломутных вод поверхностных водоисточников, использовать для получения пористых заполнителей и фильтрующих материалов (5), в производстве кирпичей, по производству пеностеклогранулята с использованием стеклобоя (19).

Сдерживающим фактором широкого внедрения предлагаемых методов утилизации осадков является отсутствием постоянно действующих цехов механического обезвоживания осадков водопроводных станций, сложностью транспортирования осадка на предприятия, которые могли бы использовать его как сырье в производстве строительных материалов. Рентабельность данных технологий утилизации возможна при условии, что плечо перевозки осадка к месту его дальнейшего использования не превышает 5 км. В противном случае все затраты по перевозке ложатся на организацию эксплуатирующую сооружения обезвоживания осадка.

Перспективным направлением утилизации осадка является использование его в качестве почвогрунта.

Проблема техногенного загрязнения и деградации почв является чрезвычайно актуальной для мегаполисов, в том числе, для Москвы. К городским почвам предъявляются специфические требования: они должны обладать повышенной буферностью, сопротивляемостью к неблагоприятным факторам. Когда плодородный слой загрязнен необратимо, необходимо полностью его заменить естественными или искусственными почвами. Одним из путей решения проблемы загрязненных и деградированных городских почв применение в зеленом строительстве города почвогрунтов с использованием осадков станций водоподготовки (19).

Исследования, проведенные МГУП «Мосводоканал» в разные периоды времени, показали, что обезвоженный водопроводный осадок имеет благоприятные агрохимические свойства и может быть использован в качестве компонента почвогрунта. По оценке специалистов ВИУА им. Д. Н. Прянишникова, водопроводные осадки по составу аналогичны сапропелям повышенной зольности, средней удобрительной ценности. Состав осадков по всем показателям соответствует нормативным требованиям к сапропелевым удобрениям. Обезвоженный осадок станций водоподготовки является компонентом, содержащим питательные элементы для растений и создающим в почвогрунте оптимальные условия по кислотности, а также по формированию почвенной структуры и оптимальным влагоудерживающим свойствам. Готовый кондиционный почвогрунт содержит азот, фосфор и калий в доступных для растений формах в массовом соотношении 7:4:1, имеет зольность 45÷55% и рН 7,5÷8,5. Почвогрунт может применяться для выращивания растений и озеленения газонов, спортивных площадок, дорожных откосов, расширяет ассортимент растительных питательных

смесей и обладает высокими противоэрозийными свойствами, а также высокой буферностью по отношению к неблагоприятным условиям городской среды. Ни песок, ни торф, которые являются компонентами почвогрунта, не могут создать прочную почвенную структуру. Эту функцию выполняет осадок, объединяя частицы песка и торфа. Осадок, являясь источником доступного для растений питания, стимулирует также микробиологическое разложение торфа, что увеличивает содержание питательных веществ в почвогрунте, поддерживая его на необходимом уровне несколько лет без добавления минеральных удобрений. Поскольку осадок ВСВ содержит значительное количество солей и гидроксидов алюминия, обладающих амфотерными свойствами, это позволяет почвогрунту проявлять высокую буферность по отношению к высококислотным или высокощелочным поверхностным водам городской среды. Опыты, проведенные МГУП «Мосводоканал» совместно со СГУП «Мосзеленхоз» показали, что осадок стимулирует развитие растений, увеличивает прирост и способствует раннему цветению декоративных культур. На использование осадка станций водоподготовки в качестве компонента почвогрунта получено заключение Испытательного лабораторного центра Независимого института экспертизы и сертификации (19).

Данное направление актуально в том плане, что решаются вопросы экологической безопасности окружающей среды городского хозяйства и территории прилегающей в станции водоподготовки. В данном случае затраты на перевозку почвогрунта к месту его укладки оправданы с точки зрения экологического восстановления городской природной среды.

### **13. Схемы питания и трассировки водопроводной сети.**

Схема водопроводной сети (рис.13.1) зависит от планировки объекта водоснабжения. По начертанию в плане водопроводные сети бывают разветвленные (тупиковые), кольцевые и комбинированные (смешанные).

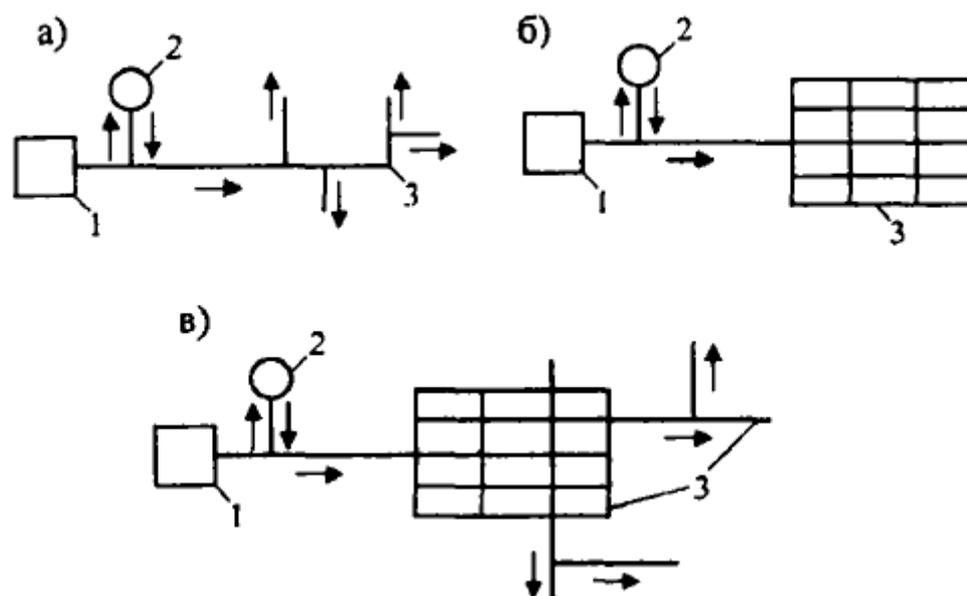


Рис.13.1. Схемы начертания распределительной сети.  
а - тупиковая; б - кольцевая; в - комбинированная: 1 - насосная станция; 2 - водонапорная башня; 3 – сеть.

Разветвленная сеть обычно дешевле, чем кольцевая, но она менее надежна в отношении снабжения водой потребителей. В таких сетях чаще замерзает вода, сильнее проявляется разрушающее действие гидравлических ударов, наблюдается ухудшение качества воды в конечных участках. Кольцевые сети обеспечивают бесперебойную подачу воды потребителям, меньше подвержены авариям, так как в них не возникает сильных гидравлических ударов. Вода в сети не замерзает, так как даже при небольшом водоразборе она циркулирует по всем линиям, неся с собой тепло. Кольцевые сети обычно длиннее тупиковых, но устроены из труб меньшего диаметра (на начальных участках). Они полностью отвечают требованиям противопожарного водоснабжения.

В городских и производственных водопроводах сети, как правило, проектируют кольцевыми.

Разветвленные сети допускается проектировать в небольших поселках при диаметре труб не более 100 мм, если в случае аварии можно допустить перерыв в водоснабжении, и при устройстве специальных противопожарных и аварийных (запасных) емкостей. Длина тупиков в водопроводных сетях не должна превышать 200 м. Если это условие не соблюдается, то в конце тупика необходимо устанавливать регулирующую напор и расход емкость.

Тупиковая схема удобна для водоснабжения небольших объектов (поселков), растянутых в плане в одном направлении. Кольцевая сеть обеспечивает большую надежность и бесперебойность подведения воды к

потребителям. Очень часто кольцевая сеть охватывает районы наибольшего водопотребления, а к отдаленным водопотребителям прокладывают от кольца тупики, которые при расширении населенного пункта в дальнейшем могут быть закольцованы прокладкой дополнительных водопроводных линий.

Разработка схемы водопроводной сети и сооружений производится в следующей последовательности (5):

- на плане населенного пункта наносится разводящая водопроводная сеть;
- производится выбор схемы питания сети с учетом рельефа и местных условий, а также типа источника водоснабжения и его месторасположения;
- на ситуационном плане размещения объекта водоснабжения намечается месторасположение всех основных элементов системы водоснабжения: водозаборных и водоочистных сооружений, насосных станций, водоводов, напорно-регулирующих емкостей, водопроводных сетей.

Водопроводная сеть обычно проектируется кольцевой и состоит из магистральных и распределительных линий. Магистральные линии для обеспечения достаточных на-пором должны прокладываться по наиболее возвышенным отметкам местности (как правило, по обочинам дорог параллельно линиям застройки), пересекать различные преграды под прямым углом.

С целью обеспечения надежности системы водоснабжения основных магистралей должно быть не менее двух (расположенных на расстоянии 400-600 м друг от друга); они должны соединяться перемычками, расположенными по длине магистрали на расстоянии 500-800 м друг от друга. Перемычки служат для выравнивания загрузки основных магистралей и переброски воды из одной магистрали в другую в случае аварии на одном из ее участков.

На сети хозяйственно-противопожарного водопровода устанавливаются пожарные гидранты не реже чем через 150 м по длине участков сети, задвижки для отключения отдельных участков (причем на любом отключаемом участке должно быть не более 5 пожарных гидрантов), воздушные вантузы, водовыпуски и т.п.

Глубина заложения водопроводных труб зависит от глубины промерзания почвы, температуры воды и режима ее подачи. Она должна обеспечивать незамерзание воды в трубах при самых больших морозах, не допускать нагрева ее в летнее время и предохранять трубы от динамических нагрузок.

Системы подачи и распределения воды должны отвечать следующим основным требованиям:

- обеспечивать потребителей расчетным количеством воды;
- создавать в распределительных сетях требуемые напоры;
- сохранять качество воды в процессе ее транспортирования;
- обеспечивать надежность и бесперебойность водоснабжения.

При этом сеть должна быть наиболее экономична, т.е. иметь наименьшую величину приведенных затрат на строительство и эксплуатацию как самой сети, так и технологически связанных с ней в работе других сооружений системы водоснабжения: водоводов, насосных станций, запасных и регулирующих емкостей.

Схема питания водопроводной сети определяется также количеством и местоположением насосных станций и напорно-регулирующих сооружений. Наиболее распространены системы водоснабжения, в которых сеть питается от одной насосной станции второго подъема.

По характеру взаимного расположения насосной станции, водонапорной башни и сети различают схемы с односторонним (сеть с проходной башней), двусторонним (сеть с контррезервуаром) и комбинированным питанием сети (рис.13.2). Кроме таких схем питания водопроводной сети возможны и другие более сложные схемы, характерные для крупных населенных пунктов. В частности, водопроводная сеть может питаться от нескольких насосных станций, подающих воду в различные ее точки; на сети может быть рассредоточено несколько напорно-регулирующих сооружений; сеть может быть безбашенной или вместо башни могут применяться другие напорно-регулирующие сооружения (5).

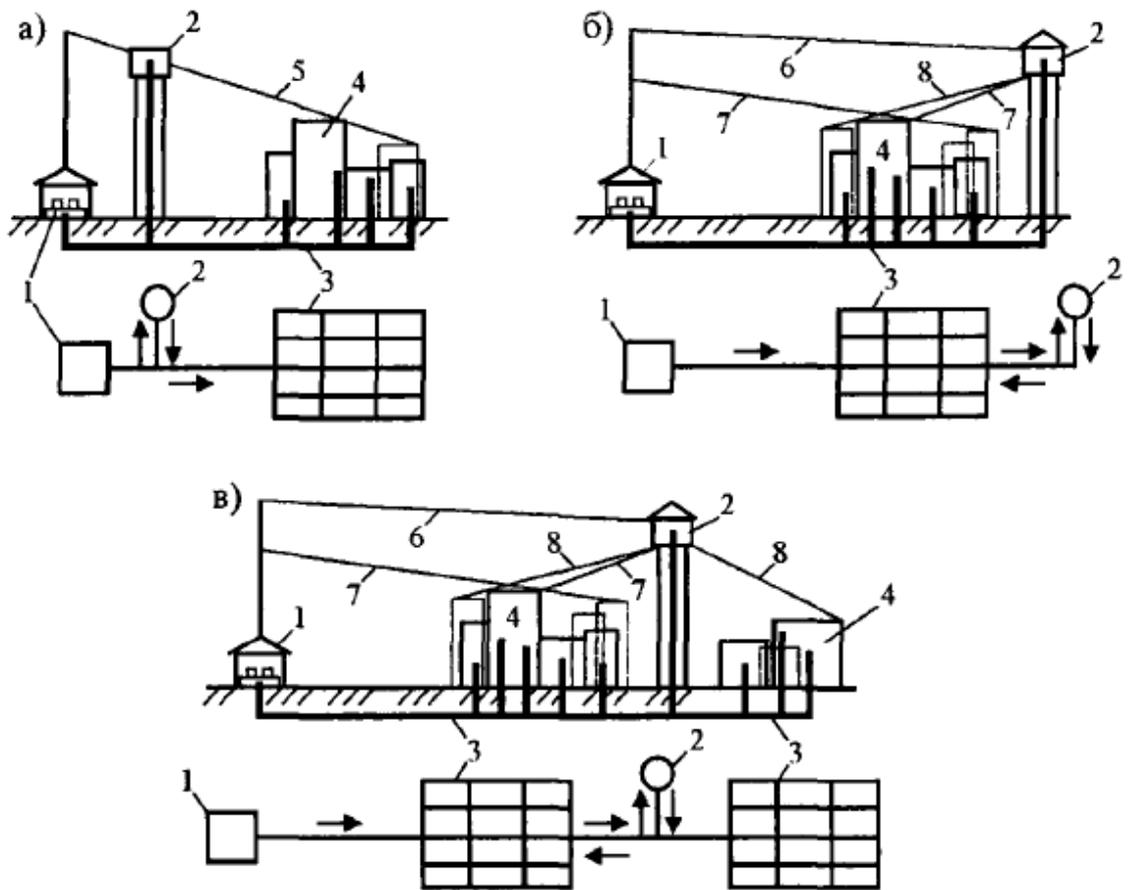
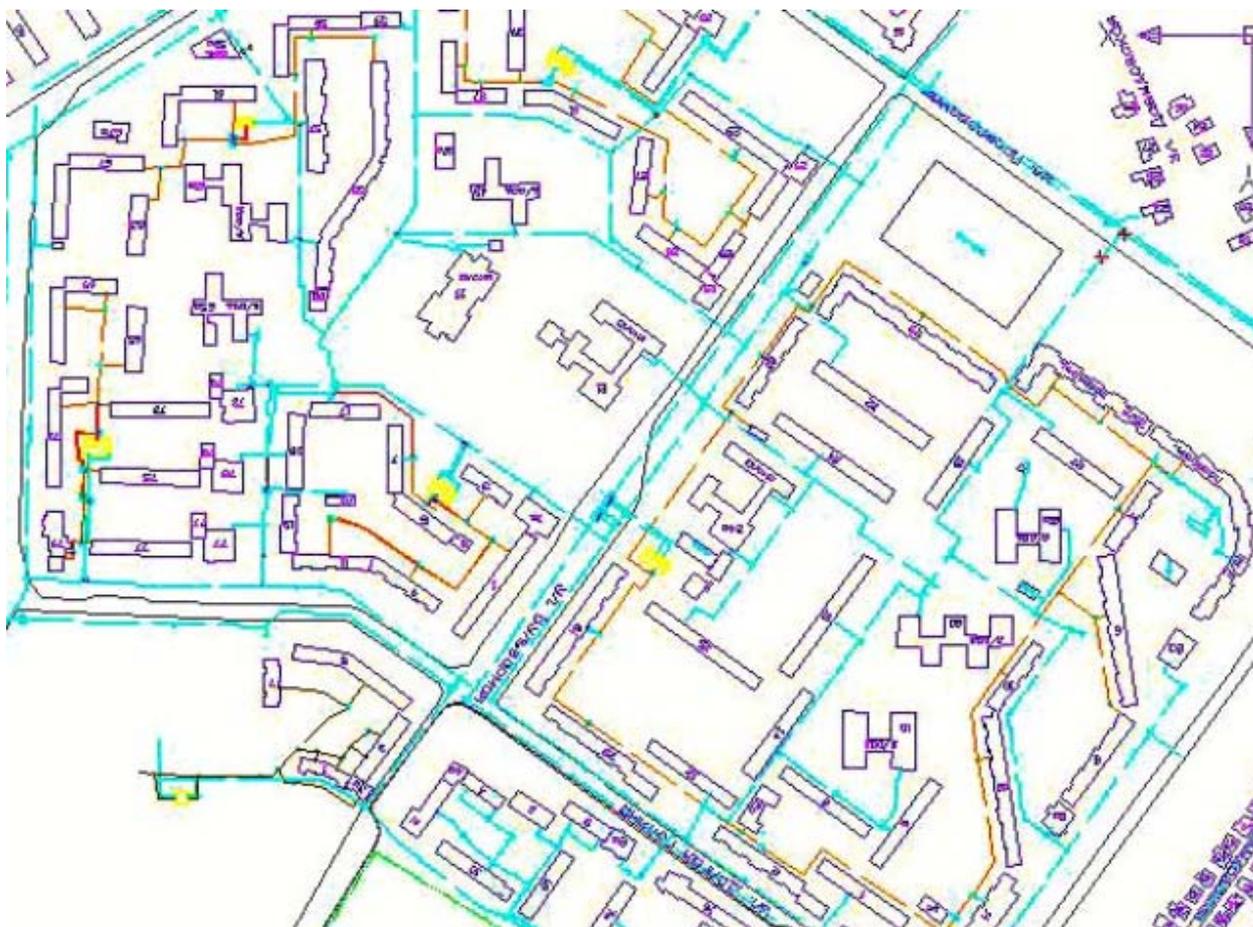


Рис.13.2. Схемы питания разводящих сетей.

а - односторонняя через башню; б - сеть с контррезервуаром; в - комбинированная; 1 - насосная станция НС-II; 2 - водонапорная башня; 3 - разводящая сеть труб; 4 - объект водоснабжения; 5 - линия пьезометрического напора в сети; 6 - то же при транзите воды в башню; 7 - то же при питании сети от НС-II и от башни; 8 - то же при питании только от башни.

Выбор той или иной схемы питания водопроводной сети зависит от рельефа местности, типа водоисточника и места его расположения, величин отборов воды из водопроводной сети и величин требуемых свободных напоров в различных районах объекта водоснабжения.

Трассировка водопроводной сети (рис.13.3), т.е. геометрическое начертание ее в плане, выполняется в зависимости от планировки объекта водоснабжения и размещения на его территории отдельных водопотребителей, рельефа местности, наличия естественных и искусственных препятствий для прокладки труб (реки, каналы, балки, овраги, автомобильные или железные дороги и т.п.).



utechkinet.ru

Рис.13.3. Трассировка водопроводной сети населенного пункта.

При трассировке сети должны учитываться перспективы развития объекта водоснабжения, возможности снижения строительных и эксплуатационных затрат (например, кооперирование).

При трассировке сети необходимо руководствоваться следующими рекомендациями:

- главные магистральные линии необходимо направлять по кратчайшему расстоянию к наиболее крупным водопотребителям, а также к водонапорной башне или от нее;
- с целью обеспечения надежности водоснабжения основных магистралей должно быть не менее двух, соединенных перемычками, позволяющими в случае аварии выключать на ремонт какой-либо участок;
- водопроводные линии должны быть расположены равномерно по всей территории объекта водоснабжения;
- для обеспечения достаточных напоров в распределительной сети магистральные линии следует прокладывать, по возможности, на наиболее возвышенных отметках местности;

- водопроводные линии следует располагать по проездам или обочинам дорог, параллельно линиям застройки и, по возможности, вне асфальтовых или бетонных покрытий, чтобы они были доступны для эксплуатации и проведения ремонтных работ;

- трассы трубопроводов, как правило, следует проектировать подземными вблизи автодорог и проездов (при теплотехническом и технико-экономическом обосновании допускается наземная и надземная прокладка в туннелях, обычно параллельно с другими коммуникациями);

- автомобильные или железные дороги трубопроводы должны пересекать под прямым углом;

- на территории объекта водоснабжения следует учитывать наличие подземных коммуникаций, отдельные элементы которых должны быть расположены от наружной поверхности водопроводных труб, укладываемых в траншеях, на определенных расстояниях в соответствии с нормативными требованиями (6).

При расчете кольцевой или тупиковой водопроводной сети выполняют плановую трассировку, выбор схемы питания (от насосной станции и проходной башни или контррезервуара), определяют удельные, путевые и узловые расходы, намечают начальное потокораспределение и расчетные расходы на случай: максимального водопотребления, водопотребления в периоды пожаров, максимального транзита воды в контррезервуар при минимальном водопотреблении. После этого приступают к увязке кольцевой сети.

В наиболее общем виде задача расчета систем подачи и распределения воды в водопроводной сети может быть сформулирована как задача о нахождении такого распределения расходов и таких диаметров, которые обеспечивали бы наибольшую экономичность самой сети и связанных с ней сооружений по подаче и аккумулированию воды (т.е. насосных станций и напорных регулирующих емкостей). При этом, разумеется, должны также удовлетворяться требования надежности. Экономичность системы оценивается по величине приведенных затрат ( $W$ ) на ее строительство и эксплуатацию. Если выразить величину  $W$  в функции расходов и диаметров участков, то, очевидно, те расходы и диаметры будут экономически наивыгоднейшими, при которых  $W$  будет иметь наименьшее значение (3).

Расчет многокольцевых сетей (больше трех колец) в настоящее время производят с помощью современных компьютерных программ, которые позволяют произвести увязку многокольцевой разветвленной водопроводной сети с несколькими точками ввода, рассчитать ответвления (тупики) и построить пьезометрические графики на все расчетные режимы работы водопроводной сети («внутреннюю увязку»), а также осуществить «внешнюю увязку» водопроводной сети - определить фактические подачи и напор

насосных станций, напор и сработку регулирующих емкостей, фактические отборы и напоры в узлах нефиксированных отборов, напоры в различных узлах сети и т.д.

#### **14. Безнапорные и напорные регулирующие и запасные резервуары.**

Емкости в системах водоснабжения предназначены для хранения запасов воды, регулирования подачи и расхода воды и обеспечения необходимых напоров. В соответствии со схемой водоснабжения и расположением емкостей они могут выполнять одно или несколько назначений.

К регулирующим и запасным сооружениям в системах водоснабжения относят водонапорные башни, водонапорные колонны, резервуары и гидропневматические установки (воздушно-водяные котлы), содержащие объемы воды для регулирования работы системы водоснабжения, а также запасы на случай пожара или аварии. Регулирование заключается в согласовании различных режимов подачи и потребления воды при помощи аккумулирующих емкостей. При подаче воды в избытке она накапливается в емкостях, а при недостатке - забирается из них. Регулирование обеспечивает сравнительно равномерную работу водозаборов, очистных сооружений и насосных станций (5).

Емкости, используемые в системах водоснабжения классифицируются:

- по функциональному назначению на: регулирующие; запасные; запасно- регулирующие;
- по способу отвода воды на: безнапорные (пассивные); напорные (активные);
- по конструктивным признакам (напорные емкости) на: водонапорные башни; напорные резервуары; водонапорные колонны; гидропневматические установки;
- по степени заглубления (резервуары) на: заглубленные или подземные (резер-вуары чистой воды - РЧВ); незаглубленные или наземные; полузаглубленные.

Безнапорные сооружения (резервуары) устраивают у насосных станций. Они служат для регулирования работы водозаборов, очистных сооружений и насосных станций. В этих резервуарах часто содержатся также запасные воды различного назначения.

Объем воды в емкостях перед насосными станциями, работающими равномерно (например, подкачки при последовательном зонировании

системы водоснабжения или оборотного водоснабжения предприятий), следует принимать из расчета 5-10- минутной продолжительности работы насоса большей производительности.

Запасные резервуары, предназначенные для хранения аварийного или противопожарного запасов воды, как самостоятельные сооружения строят сравнительно редко. Чаще всего их совмещают с регулирующими емкостями. Это не только выгодно экономически, но и позволяет избегать снижения качества воды при ее длительном хранении.

Объем, количество и расположение резервуаров определяется проектом в зависимости от совокупности диктующих условий. Во всех случаях должна быть обеспечена бесперебойная работа системы водоснабжения при выключении отдельных резервуаров как при нормальной эксплуатации, так и в случае аварии. Резервуаров в одном узле одного назначения, как правило, должно быть не менее двух, причем в каждом из них должно быть не менее 50 % противопожарного объема воды. При этом распределять запасные и регулируемые объемы воды следует пропорционально числу или объему резервуаров.

Пожарный объем воды надлежит предусматривать в случаях, когда получение необходимого количества воды для тушения пожара непосредственно из источника водоснабжения технически невозможно или экономически нецелесообразно. Пожарный объем воды в резервуарах определяется из условия обеспечения: пожаротушения из наружных гидрантов и внутренних пожарных кранов; специальных средств пожаротушения (спринклеров, дренчеров и др.), не имеющих собственных резервуаров; максимальных хозяйственно-питьевых и производственных нужд на весь период пожаротушения. При этом для систем водоснабжения I и II категории допускается учитывать пополнение резервуара водой во время пожара.

Неприкосновенный противопожарный объем рассчитывается из условия тушения расчетного количества одновременных пожаров в течение всего нормативного времени тушения пожара.

К напорно-регулирующим сооружениям относятся водонапорные башни, высоко расположенные наземные напорные резервуары, а также воздушно-водяные (гидропневматические) котлы. Эти сооружения располагаются на высоких отметках местности в непосредственной близости к распределительной сети населенного пункта.

Напорные сооружения (башня, резервуар) имеют высоко расположенную емкость, благодаря которой создается необходимый напор в водопроводной сети. В гидропневматических установках заданный напор в сети поддерживается в результате давления сжатого воздуха на свободную поверхность воды в воздушно-водяном баке (котле). Помимо регулирования,

башни и резервуары, имея свободный уровень воды, выравнивают напор в сети; изменения напора центробежных насосов не передаются в сеть.

Водонапорные колонны предназначены для тех же целей, что и водонапорные башни. Они широко распространены на небольших объектах водоснабжения и в системах промышленного водоснабжения. Они дешевле водонапорных башен, проще в изготовлении и эксплуатации, могут использоваться как средство борьбы с гидравлическими ударами в трубопроводах и выполнять роль промежуточного резервуара между последовательно работающими насосными станциями. Недостатком колонн является возможность застоя воды в них, что может приводить к ухудшению качества воды.

Башни-колонны можно применять и на сравнительно крупных водопроводах при совмещении их с насосными станциями подкачки по схеме, представленной на рис.14.1.

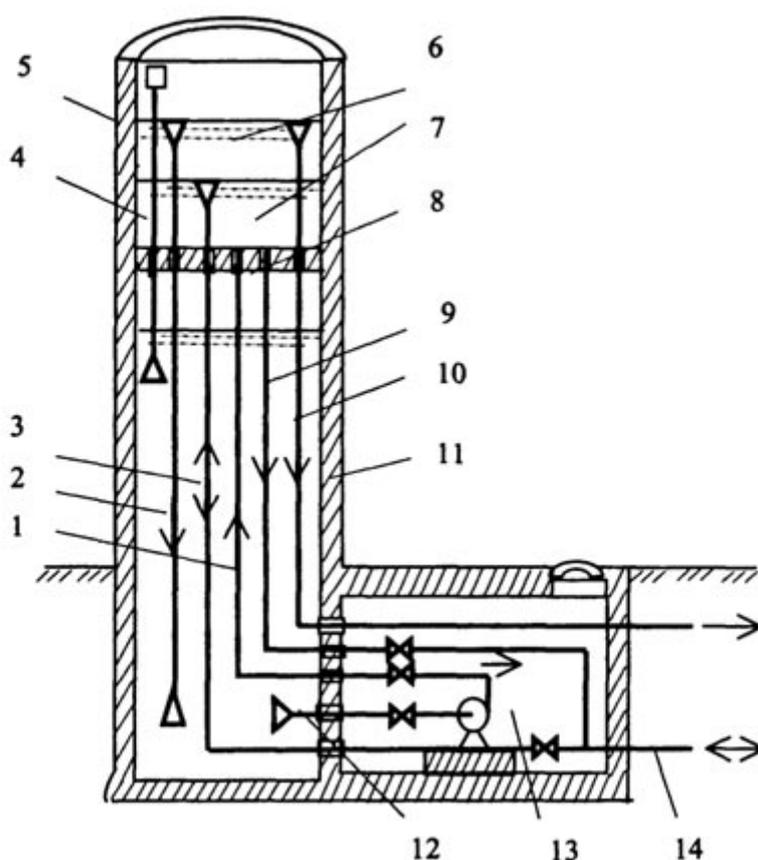


Рис.14.1. Схема оборудования водонапорной башни-колонны:

1 - напорная труба для подачи воды из колонны в бак; 2 - рабочая переливная труба; 3 - подающе-отводящая труба; 4 - воздушная труба; 5 - бак; 6 - регулирующий объем; 7 - неприкосновенный противопожарный объем; 8 - дно бака; 9 - труба для подачи воды в сеть при тушении пожара; 10 -

предохранительная переливная труба; 11 - колонна; 12 - всасывающая труба насосов; 13 - насосная станция подкачки; 14 - труба к водопроводной сети.

В системах водоснабжения небольших объектов находят также применение гидропневматические установки. Они выполняют роль водонапорной башни. Требуемый напор в них создается давлением сжатого воздуха. Эти установки бывают переменного и постоянного давления.

Гидропневматическое водоснабжение целесообразно применять в тех случаях, когда недопустимо устройство водонапорной башни из-за большой ее стоимости или вследствие недостаточно устойчивых фундаментов основания, а также при устройстве небольших систем водоснабжения со сравнительно высоким давлением. Весьма выгодно гидропневматическое водоснабжение отдельных зданий.

## **15. Насосные станции.**

По своему назначению и расположению в общей схеме водоснабжения водопроводные насосные станции подразделяются на станции I подъема, II и последующих подъемов, повысительные и циркуляционные.

Насосные станции I подъема забирают воду из источника и подают ее на очистные сооружения или, если не требуется очистка воды, в аккумулирующие емкости (резервуары чистой воды, водонапорные башни, гидропневматические баки), а в некоторых случаях непосредственно в распределительную сеть.

Насосные станции II подъема подают воду потребителям из резервуаров чистой воды, которые позволяют регулировать подачу.

Повысительные насосные станции предназначены для повышения напора на участке сети или в водоводе.

Циркуляционные насосные станции входят в замкнутые системы технического водоснабжения промышленных предприятий и тепловых электростанций.

По степени обеспеченности подачи воды насосные станции подразделяются на три категории.

I категория допускает перерыв в подаче только на время (не более 10 мин), необходимое для выключения поврежденного и включения резервных элементов (оборудования, арматуры, трубопроводов), и снижение подачи на хозяйственно-питьевые нужды не более 30% расчетного расхода и на производственные нужды до предела, установленного аварийным графиком работы предприятий.

II категория допускает перерыв в подаче для проведения ремонта не более чем на 6 ч.

III категория допускает перерыв в подаче не более чем на 24 ч и соответствующее снижение подачи не более чем на 15 сут.

К I категории относятся насосные станции, обслуживающие технический водопровод; системы водоснабжения населенных пунктов с числом жителей свыше 50000 чел, подающие воду непосредственно в сеть противопожарного и объединенного хозяйственно-противопожарного водопровода.

Ко II категории относятся насосные станции, обслуживающие водопровод населенных пунктов с числом жителей от 5000 до 50000 чел., если подача воды на пожаротушение возможна и при временной остановке этих станций; насосные станции водопроводов населенных пунктов с числом жителей до 500 чел. и других объектов (6).

К III категории относятся насосные станции поливочных водопроводов.

При проектировании режим работы насосных станций I подъема увязывают с работой водозаборных сооружений и камер переключений, а НС II - с резервуарами чистой воды и системой их обслуживания.

Насосные станции I подъема бывают отдельного типа, когда водозаборное сооружение отделено от здания насосной станции, и совмещенного типа, когда машинный зал насосной станции объединяется в одну конструкцию с водоприемником.

В зависимости от типа насосного оборудования различают насосные станции с горизонтальными и вертикальными центробежными и осевыми насосами.

По расположению насосов относительно уровня воды в водоеме, приемном резервуаре или резервуаре чистой воды различают станции: с насосами, установленными с положительной высотой всасывания; с насосами, установленными под напором (под залив).

По расположению машинного зала относительно поверхности земли насосные станции бывают наземные, частично заглубленные (полузаглубленные), заглубленные и подземные.

В наземных насосных станциях отметка пола машинного зала определяется планировочными отметками окружающей земли

В полузаглубленных насосных станциях пол машинного зала заглублен по отношению к поверхности окружающей земли. Особенностью таких станций является отсутствие перекрытия между первым этажом и машинным залом.

Особенностью заглубленных насосных станций является наличие перекрытия между машинным залом и первым этажом. При большом заглублении насосных станций (шахтный тип) между машинным залом и

поверхностью земли могут устраиваться дополнительные подземные этажи, на которых располагается вспомогательное оборудование.

Подземные насосные станции расположены полностью под землей и, как правило, не имеют надземной части (верхнего строения).

В общем случае глубина машинного зала зависит от расчетной отметки оси насосов.

По форме подземной части в плане насосные станции могут быть: прямоугольными, круглыми, эллиптическими.

По характеру управления насосные станции могут быть: с ручным управлением, автоматические, полуавтоматические, с дистанционным управлением.

Выбор насосных агрегатов осуществляется на основании требуемых расходов подачи и напора воды, которые определяются гидравлическим расчетом системы водоснабжения.

## **16. Автоматизация и диспетчеризация систем водоснабжения.**

**Автоматизация** - применение специальных приборов, приспособлений, устройств и систем, осуществляющих контроль и управление технологическими процессами на различных объектах систем водоснабжения.

Средствами автоматики решаются различные задачи, возникающие в процессе эксплуатации объектов систем водоснабжения (5):

- обеспечивается поддержание на заданном уровне различных технологических параметров: количественных (давление, расход, уровень, температура и проч.) и качественных (рН, концентрация остаточного хлора, щёлочность, мутность, цветность и др.);

- включаются и отключаются насосные агрегаты при достижении заданных технологических параметров (уровней воды в резервуарах, давления и расхода в трубопроводе и проч.);

- соблюдается заданная последовательность операций (включение и отключение пускателей и выключателей, открытие и закрытие задвижек и затворов, подача охлаждающей воды на подшипники и т.д.) при пуске и остановке насосных агрегатов, промывке фильтров или вращающихся сеток и прочих устройств и механизмов;

- при возникновении аварий или неисправности отключаются повреждённые агрегаты и включаются резервные;

- изменяется количество работающих насосов и регулируется их подача при изменении водопотребления или уровня воды в резервуарах;
- стабилизируется давление в системе трубопроводов и уровень воды в резервуарах;
- включаются или отключаются вспомогательные устройства, механизмы и системы (насосы технической воды, дренажные насосы, системы отопления и вентиляции, освещения и т.д.);
- осуществляется дозирование реагентов (коагулянта, хлора и т.д.).

**Диспетчеризация** - централизованный контроль и управление территориально разобщёнными объектами водоснабжения связанными общим технологическим процессом: водозабора, водоочистки, водоподачи и распределения воды между потребителями.

Диспетчеризация неавтоматизированных объектов (небольших насосных станций и очистных сооружений с дежурным персоналом) может осуществляться с помощью телефонной связи.

Диспетчеризация более крупных и автоматизированных объектов осуществляется, как правило, средствами телемеханики. Системы телемеханики (ТМ) по характеру выполняемых функций делятся на телесигнализацию (ТС), телеизмерение (ТИ) и телеуправление (ТУ).

Системы телесигнализации передают на диспетчерский пункт (ДП) сигналы о положении и состоянии оборудования и систем: работает агрегат или не работает, закрыта задвижка или открыта, находится фильтр в работе или на промывке или он пребывает в нерабочем состоянии (в ремонте).

Системы телеизмерения передают на диспетчерский пункт (ДП) информацию об измеряемых параметрах: давлении на коллекторе насосных станций, расходе воды в водоводах и магистральных, токе электродвигателей насосных агрегатов, уровне воды в резервуарах, мутности или цветности воды, дозы коагулянта и хлора и т.д.

Системы телеуправления передают с диспетчерского пункта на объекты (насосные станции, очистные сооружения) команды: остановить или пустить в работу насосный агрегат, открыть или закрыть задвижку, включить фильтр на промывку и т.д.

Для сбора информации на объектах водоснабжения и передачи её на диспетчерский пункт, а также передачи на объект команды с диспетчерского пункта оборудуются контрольные пункты (КП).

В настоящее время в системах автоматизации и диспетчеризации широкое применение находит микропроцессорная и компьютерная техника, что позволяет значительно сократить количество аппаратуры диспетчеризации (передающих, преобразующих и сигнальных устройств, в т.ч. громоздких мнемосхем, табло и проч.), что сокращает площади диспетчерских пунктов.

Применение микропроцессоров и компьютеров обеспечивает высокую гибкость систем управления при изменении режимов работы отдельных объектов и вводе в эксплуатацию новых объектов, путём перепрограммирования структуры систем управления, повышает надёжность систем управления, повышает оперативность управления, обеспечивает более чёткую визуализацию схем объектов и параметров технологических процессов.

Многообразие оборудования и технологических систем на сооружениях водоснабжения и различная роль, которую они играют в процессе водоснабжения, влияют на структуру систем автоматизации и диспетчеризации.

При создании систем автоматизации и диспетчеризации соблюдается ступенчатая иерархия (5):

- системы автоматизации, имеющие местное значение и схемы автоматизации отдельных механизмов и устройств (дренажные насосы, вращающиеся сетки, вентиляция, отопления и т.п.) строятся, как локальные, независимые друг от друга и от систем, имеющих более общее значение. В отдельных случаях из локальных систем выдаются информационные сигналы в системы автоматизации более высокого уровня;

- системы автоматизации основных насосных агрегатов, очистных сооружений и других объектов, влияющих на процесс водоснабжения в целом, строятся, как локальные системы, функционирующие самостоятельно, но в то же время они входят в автоматизированную систему технологического процесса (АСУ ТП) предприятия, например водопроводной станции.

АСУ ТП представляет высший этап автоматизации, обеспечивающий оптимальный режим работы предприятия. Локальные системы автоматизации, входящие в состав АСУ ТП, выдают необходимые информационные сигналы в АСУ ТП и получают соответствующие команды из АСУ ТП.

Команды могут выдаваться в виде задания определённых технических параметров (дозы реагента, давления, уровня, и т.д.) или команд на включение-отключение различных агрегатов или механизмов (основных насосов, затворов и задвижек и проч.), а также на включение определённых программ действия (промывка фильтров, вращающихся сеток и т.п.).

В крупных системах водоснабжения, состоящих из нескольких водопроводных станций, регулирующих узлов, станций подкачки, сложной системы водоводов, магистралей и водопроводных сетей создаются АСУ ТП города (промышленного предприятия), в состав которой входят АСУ ТП водопроводных станций и других предприятий водоканалов. АСУ ТП водоснабжения представляет собой систему, в которой диспетчер с помощью

специальных технических средств осуществляет управление процессом водоснабжения.

В условиях функционирования АСУ ТП создаётся диспетчерская служба, имеющая, в зависимости от специфики конкретной системы водоснабжения, одно- двух- или трёхступенчатую систему управления.

Верхней иерархической ступенью оперативного управления является центральный диспетчерский пункт (ЦДЛ) Управления водоканала города (промышленного объекта). ЦДЛ этого уровня предназначается для контроля и оперативного управления ходом технологического процесса всей системы водоснабжения, включая водозаборы, насосные станции, очистные сооружения, водоводы, резервуары, регулирующие узлы, магистрали и распределительные сети.

Следующая ступень управления: ЦДЛ предприятия водопроводно-канализационного хозяйства (водопроводной станции, куста артезианских скважин, каскада насосных станций территориального водопровода и проч.). ЦДЛ предприятия предназначается для контроля и управления технологическим процессом сооружений водопроводной станции (водозабора, насосных станций, водоводов, очистных и других сооружений данного предприятия).

Более низкая ступень управления - МДП цехов и отдельных производств, предназначается для контроля и оперативного управления технологическими процессами конкретных объектов: насосных станций первого подъёма, второго подъёма, очистных сооружений, здания фильтров и проч.

Нижней ступенью управления является оперативный пункт (ОП) предназначенный для управления отдельными сооружениями и процессами. ОП оснащается приборами контроля, аппаратурой дистанционного управления и сигнализации, средствами связи. Информация на ОП поступает от технологических датчиков, блок-контактов пусковой аппаратуры и воспроизводится на щитах контроля или экранах компьютеров. Информация от ОП по каналам связи передаётся на МДП и ЦДЛ, где она обрабатывается соответствующим образом и служит основой для принятия вышестоящим диспетчером решений по управлению технологическим процессом водоснабжения.

## **17. Основные методические положения для разработки реестра НДТ систем водоснабжения.**

Основой системы водоснабжения является комплекс сооружений для обеспечения объектов водой в соответствии с предъявляемыми требованиями к качеству воды.

При разработке систем водоснабжения должны быть использованы передовые НДТ, которые базируются на современном надежном оборудовании и современных системах автоматического управления технологическими процессами и работой аппаратов.

**Система водоснабжения включает:** источник водоснабжения; водозаборные и водоочистные сооружения; регулирующие резервуары; насосные станции подачи и подкачки воды; водоводы и водопроводные сети, системы автоматического контроля и управления работой оборудования.

Источник водоснабжения является основополагающим элементом в организации системы водоснабжения

**При выборе источника водоснабжения**, как объекта реализации НДТ необходимо:

- определить объем водопотребления объекта и требования потребителей к подаваемой воде;
- оценить мощность поверхностных и подземных водоисточников в регионе;
- оценить качественный состав воды в водоисточниках;
- определить местоположение водоисточника относительно объекта водопотребления исходя из наибольшего приближения водозабора к потребителю;
- осуществить архивный подбор материалов инженерных изысканий проведенных в данной местности;
- провести оценку достаточности архивных материалов инженерных изысканий для выбора источника водоснабжения или определить объем проведения дополнительных инженерных изысканий;
- провести предпроектную проработку на основе укрупненных показателей капитальных затрат объектов аналогов для сравнения вариантов: по типу водоисточника, места размещения водозабора, возможного типа водозабора, возможных методов водоподготовки и методов утилизации осадков (рассолов), образующихся при водоподготовке;
- для крупных объектов водопотребления на стадии предпроектной проработки разработать раздел ОВОС, в котором отдельно рассмотреть вопрос о влиянии отъема воды из водоисточника на его баланс и окружающую природную среду водосборного бассейна;

- для крупных объектов водопотребления выбор источника водоснабжения должен осуществляться на основе технико-экономической оценки рассматриваемых вариантов по капитальным и приведенным затратам;

Источник водоснабжения являясь первым объектом в системе водоснабжения определяет не только дальнейший характер и технологические решения системы водоснабжения, но и является основным фактором формирования экологической обстановки в регионе.

Источник водоснабжения определяет тип водозаборного сооружения. **При выборе типа водозабора** следует руководствоваться следующими принципами:

- конструкция водозабора должна быть достаточно простой и надежной при эксплуатации;
- эксплуатация водозабора не должна вызывать затруднений;
- выбор типа водозабора проводится путем сравнительного анализа различных типов на основе капитальных и эксплуатационных затрат;
- конструкция водозабора должна учитывать гидрологический режим водотока и оказывать минимальное воздействие на экологическую систему водного источника и окружающую природную среду.

Основным направлением внедрения НДТ на водозаборных сооружениях из поверхностных водоисточников в плане технологических решений является использование современного насосного оборудования с системами автоматического управления, механизированных решеток тонкой очистки. Водозаборные сооружения являются гидротехническими сооружениями, при строительстве и эксплуатации которых должны максимально соблюдаться природоохранные мероприятия.

При проектировании водозаборных узлов из подземных водоисточников необходимо учитывать природные факторы формирования водоносных горизонтов в данной местности или регионе, которые влияют на возможности применимости НДТ для данных сооружений.

Характерной особенностью водозаборных узлов из подземных горизонтов является снижение их производительности вследствие механического, химического и биологического кольяматажа. Поэтому для поддержания производительности водозаборных скважин необходимо проведение профилактических и ремонтно-восстановительных мероприятий, которые должны подбираться с учетом геолого-гидрологических условий водоносных горизонтов, литологического состава водоносных пород, химического состава кольяматанта, интенсивности кольяматажа.

Для увеличения ресурса водозаборных скважин и повышения их коррозионной стойкости, необходимо применение НДТ на основе использования более прогрессивных пластиковых фильтров и обсадных

колонн, а также фильтров, изготовленных полностью из нержавеющей стали и устанавливаемых впотай.

Необходимо учитывать, что условия работы и эксплуатации водозаборного узла, также как качественный состав воды в водоисточнике, оказывают влияние на выбор водоочистных технологий. Направление на индустриализацию технологических решений и методов при предварительном осветлении воды является приоритетным.

**Выбор водоочистных НДТ** должен проводиться на основе сопоставления качества исходной воды, требований к степени ее очистки и потенциальных возможностей включаемых в технологическую схему очистки сооружений и устройств, реагентов и материалов, а также на основании технико-экономических показателей и оптимальных режимов работы сооружений при изменяющихся показателях качества исходной воды.

В основе выбора и условий применимости НДТ водоочистки является качественный состав воды - вид и характер примесей, который определяет возможные формы и методы воздействия для удаления загрязняющих компонентов из воды. При наличии в водоисточнике взвесей минерального и органического происхождения приоритетными являются методы коагулирования воды коагулянтами и флокулянтами с последующим осветлением воды в осветлителях или отстойниках и глубоким осветлением на фильтрующих сооружениях.

Для очистки воды из поверхностных и подземных водоисточников содержащих органические вещества, обуславливающие цветность воды, трудноокисляемую органику ( $PO < 15$  мгОг/л) и отдельные ингредиенты (железа, марганца, сероводорода), болезнетворные бактерии и другие микроорганизмы, необходимо использовать НДТ на основе реагентных методов очистки воды:

1. Реагентное умягчение.
2. Обработка хлором (гипохлоритом натрия, кальция).
3. Обработка воды озоном.
4. Обработка воды УФ-облучением.
5. Стабилизационная реагентная обработка.
6. Стабилизационная фильтрационная обработка воды.
7. Обессоливание реагентное.
8. Обессоливание на ионообменных фильтрах.
9. Обессоливание и умягчение обратным осмосом.
10. Снижение солесодержания электродиализом.
11. Фторирование.

Сравнительная оценка рассматриваемых методов очистки воды должна осуществляться на основе технико-экономических показателей капитальных и эксплуатационных затрат, также как и технологии обеззараживания воды.

**Обеззараживание воды** в системах питьевого водоснабжения является обязательным и важным элементом, поскольку это последний барьер на пути возможной передачи болезнетворных микроорганизмов через воду потребителю. Эффективность обеззараживания воды зависит от концентрации и вида микробиологических загрязнений, их устойчивости к используемым обеззараживающим реагентам, качества исходной воды и технологии ее обработки. При этом для удаления всех видов микробиологических загрязнений важны не только применение эффективного обеззараживающего реагента, но и глубина очистки воды от мутности, цветности, органических и других загрязнений.

Процессы подготовки воды природных источников для питьевых и технических нужд связаны с образованием больших количеств производственных сточных вод и осадков. В связи с этим в технологии кондиционирования воды возникает проблема обработки сточных вод и осадков водопроводных станций при условии соблюдения правил охраны поверхностных и подземных вод от загрязнения и ограниченности земельных площадей для размещения осадка.

Выбор технологической схемы и состав сооружений для повторного использования промывных вод определяется составом сооружений и способом подготовки воды, качеством исходной воды, промывных вод после основных сооружений и требований к степени их очистки.

## Список литературы

1. *Федеральный закон "ОБ ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ" от 10.01.2002, N 7-ФЗ.*
2. *«ВОДНЫЙ КОДЕКС РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ» от 26 мая 2006 года* 26 мая 2006 года, N 74-ФЗ. .
3. **Абрамов Н.Н.** *Водоснабжение.* Москва : Стройиздат, 1974.
4. *СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.* Москва : Минздрав России, 2002.
5. **Журба, М. Г.** *Водоснабжение.* Москва : Издательство Ассоциации строительных вузов, 2010.
6. *СП 31.13330.2012 "Водоснабжение. Наружные сети и сооружения".* Москва : б.н., 2012.
7. **Благодарная, Г. И.** *Водоснабжение. Раздел "Водозаборные сооружения".* Харьков : ХНАГХ, 2006.
8. *СНиП 2.04.02-84 "Водоснабжение. Наружные сети и сооружения".* Москва : б.н., 1985.
9. *СанПиН 2.1.4.544-96 "Требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников.* б.м. : Государственная система санитарно-эпидемиологического нормирования Российской Федерации, 1996. №18.
10. *ГОСТ Р 51232-98 "Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества".* Москва : Госстандарт России, 1998. №449.
11. *СНиП II-90-81 "Производственные здания промышленных предприятий".* Москва : Стройиздат, 1982.
12. *«Методические рекомендации по обеспечению выполнения требований СанПиН 2.1.4.559-96 на водопроводных станциях при очистке природных вод».* Москва : ГОССТРОЙ России, НИИ КВОВ, 2000.
13. **В.Ф. Фомина, А.В. Фомин.** «Эффективность внедрения напорной флотации для подготовки питьевой воды в республике Коми». *Известия Коми научного центра УРО РАН.* г.Сыктывкар, 2013 г., 4 (16).
14. *Драгинский В.А., Алексеева Л.П. "Роль озонирования в свете новых требований к качеству питьевой воды".* Москва : б.н., 2005.
15. *"Система водоснабжения населенного пункта" Патент №1810447 .* **В.С.Алексеев, Г.М.Коммунар, В. Г,Тесля, В.Н.Макаров, Е.В.Середкина и Н.Ю.Ефимов.** 1996.
16. **Кулаков В. В., Сошников Е. В., Чайковский Г. П.** *"Обезжелезивание и деманганация подземных вод".* Хабаровск : ДВГУПС, 1998.
17. *"Процессы обезвоживания водопроводного осадка в естественных условиях".* **Ю.А., Рыльцева.** Ростов-на Дону : Материалы II Международной научно-практической конференции, 2012.
18. *«Опыт работы цеха механического обезвоживания водопроводного осадка на Восточной станции водоподготовки».* **В. П. Подковыров, К. Е. Звягин, Ю. С. Дмитриева, И. Ю. Арутюнова, С. Ю. Ягунков.** №3, Москва : ООО "Издательство ВСТ", 2011 г.
19. *"Перспективные направления утилизации осадка станций водоподготовки".* **к.т.н. С.В.Храменков, к.т.н. М.Н.Козлов, д.б.н. Н.М.Щеголькова.** Москва : Материалы Конференции Международной водной ассоциации (IWA), ЭКВАТЭК-2010, 2010. "Водоподготовка и очистка сточных вод населенных мест в XXI веке".