

Модуль 2. Технологические аспекты интегрированного управления водными ресурсами

- **Авторы:** проф. д-р Генрих Виес, Валерий Торубара, Мурат Бекниязов

Примечание

Этот документ был разработан при финансовой поддержке Совместного проекта ЕС/ПРООН/ЕЭК ООН «Поддержка Казахстана по переходу к модели зеленой экономики». Взгляды, выражения, используемые в модуля, никоим образом не отражают официальное мнение Европейского союза.

Авторские права на методическое руководство остаются за Казахстанско – Немецким университетом.

Модуль подвергался научному рецензированию, но не все комментарии смогли быть учтены в окончательном варианте модуля.

В силу большого количества технологических инноваций в сфере водных ресурсов, в модуле освещены не все разработки и методики.

©Совместный проект ЕС/ПРООН/ЕЭК ООН «Поддержка Казахстана по переходу к модели зеленой экономики», 2017

Учреждение образования «Казахстанско – Немецкий университет в Алматы»,
Кафедра ЮНЕСКО по
Интегрированному Управлению
Водными Ресурсами при Казахстанско –
Немецком Университете.

Содержание

Введение (Торубара В.)	4
1. Схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов – основные положения, цели, задачи (Бекниязов М.).....	6
1.1. Основы законодательства для разработки Схем комплексного использования и охраны водных ресурсов и их основные виды	6
1.2. Разработка и утверждение генеральных схем комплексного использования и охраны водных ресурсов.....	7
1.3. Разработка и утверждение бассейновых схем комплексного использования и охраны водных ресурсов.....	7
1.4. Разработка и утверждение водохозяйственных балансов	8
1.5. Генеральная схема комплексного использования и охраны водных ресурсов.....	8
1.6. Состав схем комплексного использования и охраны водных ресурсов.....	9
1.7. Основные положения Генеральной схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов 2013 года	9
1.8. Основные выводы генеральной схемы	15
2. ИУВР и основы современного проектирования водохозяйственных систем (орошение, гидротехническое строительство, водоснабжение, экология) (Бекниязов М.)	16
2.1 Интегрированное управление водными ресурсами – основные положения, принципы и современное состояние	16
2.2. Интегрированное управление водными ресурсами в Казахстане.....	18
2.3. Перспективы и необходимость перехода к ИУВР в Казахстане.....	20
2.4 Основы проектирования в Республике Казахстан в сфере гидротехники, мелиорации земель, водоснабжения и водоотведения	20
2.5. Основные особенности проектирования мелиоративных систем и сооружений.....	23
2.6. Основные особенности проектирования гидротехнических сооружений	25
2.7. Основы проектирования систем водоснабжения и канализации.....	26
3. Водоснабжение и водоотведение – важнейшие элементы жизнеобеспечения как составные части ИУВР (Виес Х., Торубара В.)	29
3.1. Общие вопросы водоснабжения и водоотведения	30
3.2. Цели и требования к снабжению чистой питьевой водой	35
3.3. Процессы в снабжении питьевой водой	41
3.4. Передовые технологии обработки питьевой воды	50
3.5. Водопроводные сооружения в Германии	61
3.6. Технологии очистки природных вод в Казахстане.....	71
3.6.1. Осветление воды	74
3.6.2. Обеззараживание воды	77
3.6.3. Удаление из воды железа и марганца	79
3.6.4. Умягчение воды.....	80
3.6.5. Обессоливание воды	80
3.7. Методы очистки сточных вод и обработки осадков	82
3.7.1. Цели и принципы современных технологий очистки сточных вод.....	82
3.7.2. Концептуальные основы очистки сточных вод в Казахстане.....	89
3.7.3. Процессы в обработке сточных вод	93
3.7.4. Сооружения по очистке сточных вод в Германии	107
3.7.5 Методы и сооружения очистки сточных вод в Казахстане.....	115

3.8. Очистные комплексы в системах водоснабжения (ВОС) и водоотведения (КОС) городов Казахстана	129
---	-----

4. Водосберегающие технологии как важный элемент ИУВР (адаптация передового отечественного и зарубежного опыта) (Бекниязов М)134

4.1. Значение мелиорации для сельскохозяйственного производства в условиях засушливого климата	134
--	-----

4.2. Общие сведения о современных водосберегающих технологиях при орошении сельскохозяйственных культур	134
---	-----

4.2.1. Широкозахватная дождевальная машина кругового действия	134
---	-----

4.2.2. Дождевальная машина барабанного типа	135
---	-----

4.2.3. Дождевальная машина фронтального типа	136
--	-----

4.2.4. Дождевальная машина ипподромного типа	137
--	-----

4.2.5. Капельное орошение	138
---------------------------------	-----

4.2.6. Мелкодисперсное орошение	139
---------------------------------------	-----

4.2.7. Комбинированное орошение	139
---------------------------------------	-----

4.2.8. Дискретный полив по бороздам	140
---	-----

4.2.9. Подпочвенное орошение	141
------------------------------------	-----

Список основной литературы	131
---	------------

Список иллюстраций	131
---------------------------------	------------

Список аббревиатур

- БПК** – Биологическое потребление кислорода
ВХС – Водохозяйственная Система
ГТС – Гидротехнические Сооружения
ГЭС – Гидроэлектростанция
МСХ – Министерство сельского Хозяйства
МФСА – Международный фонд спасения Арала
ООН – Организация Объединенных Наций
ПИЗ – Поверхностные Источники Загрязнения
ПРООН - Программа развития Организации Объединенных Наций
ФАО – Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН
IFAS – (International Fund for saving the Aral Sea) Международный фонд спасения Арала
SFCW – (Sustainable Forestry Certification Watch) Устойчивое лесное хозяйство и сертификация

Биография авторов

Торубара Валерий Николаевич



Менеджер-координатор Ассоциации предприятий по водоснабжению и водоотведению РК «Казахстан Су Арнасы».

С 1971г. по 1997 работал старшим преподавателем, доцентом, заведующим кафедры, деканом факультета Целиноградского инженерно - строительного института. С 1997 по 2011 гг. был доцентом кафедры в Евразийском национальном университете им. Л.Н.Гумилева, г. Астана. С 2011 г. по настоящее время является менеджером – координатором Ассоциации предприятий по водоснабжению и водоотведению Республики Казахстан «Казахстан Су Арнасы».

Участвовал в разработке проекта «Детальное проектирование систем водоснабжения и водоотведения в городе Астане»; в проекте «Участие частного сектора в развитии водоснабжения и канализации малых и средних городов РК» (тематика КВР МСХ РК).

Принимал участие в разработке проекта «Состояние систем водоснабжения и водоотведения города Шымкента» для определения возможности выделения ЕБРР инвестиций для их реконструкции и развития. Участвовал в разработке нормативной документации для сферы ЖКХ РК.

Бекниязов Мурат Кабыкенович



Директор Института устойчивого развития РК.

- Закончи Джамбулский гидромелиоративно-строительный институт в 1982г. В период с 1982 по 1988 гг. и с 1991 по 1992 гг. работал в проектном институте Казгипроводхоз, Министерства мелиорации и водного хозяйства Казахской ССР. С 1997 по 2009 г. работал главным специалистом отдела регулирования использования и охраны водных ресурсов, затем начальником отдела мелиорации и сельскохозяйственного водоснабжения, начальником отдела эксплуатации водохозяйственных сооружений, начальником отдела межгосударственного и межобластного вододеления. Был полномочным представителем Республики Казахстан в Исполнительном комитете Международного фонда спасения Арала (2009-2013). В период с 2013 по 2016 гг. являлся главным менеджером – начальником отдела Производственного кооператива «Институт Казгипроводхоз».

Виес Хенри



Заместитель Исполнительного директора
Центральноазиатского регионального экологического центра
(РЕЦЦА).

Имея более чем 30-летний опыт работы, в том числе со Всемирной организацией здравоохранения и Программой Организации Объединенных Наций по окружающей среде, он координировал и реализовывал проекты, ориентированные на управление окружающей средой, изменение климата, энергетику и низкоуглеродное развитие, управление водными ресурсами, биоразнообразие, финансы и инвестиции, здоровье.

В настоящее время он читает лекции по управлению водными ресурсами и окружающей среде в Казахстано - Немецком университете (КНУ).

В проекте PRIZE он уделяет особое внимание Таджикистану с особым вкладом в экономическое развитие, финансы и рынки.

Введение

Раздел подготовил: Валерий Торубара

Анализ и оценка многофакторного влияния водных ресурсов на различные аспекты человеческого развития и воздействия человечества на доступность показывает, что водные ресурсы – основа *устойчивого развития* любой страны. При сохранении сегодняшних тенденций потребления, низкой эффективности управления и действующих экономических механизмов регулирования водных ресурсов большинство стран мира может столкнуться с серьезным кризисом в этой сфере. Угрожающими при этом являются последствия влияния данного кризиса на повседневную жизнь (прежде всего на бедные слои населения) и на существование будущих поколений.

В целом мировые тенденции использования водных ресурсов свидетельствуют о том, что пресная вода в ближайшие десятилетия станет важнейшим и дефицитнейшим стратегическим природным ресурсом. Поэтому перед странами стоит задача разработки стратегии устойчивого водопользования для человеческого развития. Обеспечение устойчивого водопользования будет определять перспективы социально-экономического развития стран и их возможности в создании достойных условий жизни нынешнего и будущих поколений.

Основные проблемы использования водных ресурсов, свойственные многим государствам, также характерны и для Казахстана. Неравномерность распределения водных ресурсов по территории страны, высокая доля расхода воды на нужды сельского хозяйства, большая часть водных ресурсов, формирующаяся вне территории Казахстана, обуславливает зависимость страны от решения проблем водопотребления и рационального использования водных ресурсов. Также существуют значительные сезонные колебания в объемах водных ресурсов, как по годам, так и внутри одного года. В силу климатических особенностей республики до 90% стока поверхностных источников проходит в весенний период в условиях недостаточных мощностей действующих водохранилищ. Сопоставление объемов водных ресурсов в разные по водности годы с потребностью экономики и населения Казахстана свидетельствует о наличии дефицита воды и в целом по республике, и в отдельных регионах. Дефицит водных ресурсов приходится в основном на орошаемое земледелие, тогда как промышленные предприятия практически не страдают от дефицита воды, располагаясь преимущественно на берегах рек и водоемов и сбрасывая в поверхностные водные источники неочищенные или недостаточно очищенные сточные воды.

В отдельных регионах страны дефицит водных ресурсов не позволяет полностью реализовать природный потенциал для развития добывающих отраслей экономики, что обусловлено запасами полезных ископаемых, а также развитием отдельных городов и промышленных комплексов. Дисбаланс между потребностями и наличием воды ограничивает эффективное решение социально-экономических задач, нормализацию экологической обстановки в бассейнах Аральского моря и озера Балхаш.

Национальная политика управления водными ресурсами должна обеспечить достижение долгосрочной цели сохранения и рационального использования водных ресурсов для здоровья и благополучия населения страны. Поэтому основными приоритетами для достижения цели должны являться обеспечение населения питьевой водой в необходимом количестве и гарантированного качества, обеспечение экономики водными ресурсами в достаточном количестве и надлежащего качества, рациональное использование и охрана водных ресурсов. Для достижения этих задач политику стабильного водопотребления целесообразно основывать на принципах, принятых во многих странах с положительным опытом решения проблем использования и охраны водных ресурсов. В настоящее время таким принципам удовлетворяет система или элементы системы действенного интегрированного управления водными ресурсами. В программах ООН и Глобального Водного Партнерства (ГВП) под термином «действенное, интегрированное управление» понимается управление водными ресурсами, которое базируется на принципах:

- открытости;

- прозрачности;
- партнерства;
- подотчетности (при четком разделении ролей, ответственности всех участников процесса);
- результативности (на основе ясных целей);
- логической последовательности (для понимания и поддержки на всех уровнях);
- эффективности (в первую очередь экономической);
- коммуникабельности;
- справедливости;
- интегрированности;
- устойчивости;
- нравственности.

Под устойчивым развитием следует понимать такое развитие, которое удовлетворяет потребности общества сегодняшнего дня без ущемления возможностей будущих поколений удовлетворять их собственные нужды.

Устойчивое развитие направлено на рациональное использование природных ресурсов, для того чтобы сохранить их во всем богатстве и целостности. Оно означает комплексный подход к проблемам человеческого развития, учитывая ряд проблем: здоровье, бедность, питание, занятость, экологию и другие.

Вместе с тем в последние десятилетия во всем мире растет беспокойство о состоянии водных ресурсов. Так как численность населения продолжает расти, индустриализация расширяется, потребность в воде также возрастает. Запасы пресной воды в мире являются ограниченными, во всех странах линии между обеспечением и потреблением сужаются, а во многих случаях они уже пересеклись. В то же время продолжается широкое и неконтролируемое загрязнение рек и других водных объектов, что делает воду, в лучшем случае, более дорогой для использования, в худшем случае – непригодной или даже опасной для использования. Загрязненные реки пересекают национальные границы и являются одним из основных источников различных заболеваний и смертности.

Единственным способом улучшить данную ситуацию является эффективное рациональное управление балансом между ресурсом и потреблением, а также управление качеством воды. Мировой опыт управления в этой сфере человеческого развития в качестве наиболее эффективного выделяет именно такой сбалансированный комплексный подход к управлению использованием и охраной водных ресурсов, известный как Интегрированное Управление Водными Ресурсами (ИУВР).

В целях решения водохозяйственных задач с учетом прогнозов развития страны и отдельных регионов, гарантированного обеспечения отраслей экономики водными ресурсами и сохранения равновесия природных экосистем в РК разработаны Генеральная схема и бассейновые схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов (СКИиОВР). Эти документы разработаны на основе системного подхода и анализа состояния водных ресурсов и их использования. В них определены основные водохозяйственные и другие мероприятия в целом по стране, и по основным бассейнам водных объектов и охватываемым ими территориям. Они позволяют выявить широкий круг технологических аспектов, составляющих основу интегрированного управления водными ресурсами.

Технологические аспекты управления водными ресурсами, несомненно, являются наиболее важной составляющей при разработке планов и мероприятий по интегрированному управлению водными ресурсами. Как будет показано ниже, эта задача очень сложна, разнообразна и многопланова.

В качестве примера в данном методическом руководстве рассмотрены лишь некоторые из технологических аспектов, учитываемых при планировании и осуществлении практической водохозяйственной деятельности в таких важных ее секторах, как **орошение, водоснабжение и водоотведение**.

Первый (орошение) - характерен тем, что это наиболее водоемкий сектор (около 55% забора свежей воды). Сокращение водопотребления в этом секторе, в значительной мере, позволяет **уменьшить расходную часть общего водного баланса, как в стране, так и по отдельным водным бассейнам.**

Эффективное решение технологических проблем в секторе водоснабжения и водоотведения, прежде всего в области очистки природных и сточных вод, является гарантией **повышения устойчивости систем водоснабжения и водоотведения в целом, повышения качества жизни и здоровья населения, в частности.**

Оба эти сектора, к тому же, оказывают значительное влияние на экологическую составляющую водохозяйственного комплекса страны. Все это и предопределило выбор секторов орошения, водоснабжения и водоотведения в качестве примера для рассмотрения в этом методическом руководстве.

1 Схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов – основные положения, цели, задачи

Раздел подготовил: Мурат Бекниязов

1.1. Основы законодательства для разработки схем комплексного использования и охраны водных ресурсов и их основные виды

Документом, закладывающим основы для реформирования основных секторов экономики, поднимающим вопросы эффективного использования природных ресурсов, включая водные, является концепция по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике», утвержденная Указом Президента Республики Казахстан от 30 мая 2013 года №577. Намеченные СКИОВР мероприятия полностью соответствуют общим подходам по переходу к «зеленой экономике» в водном секторе, сельском хозяйстве и других отраслях применительно к целевым ориентирам, намеченным концепцией.

В соответствии со Статьей 46 *Водного кодекса Республики Казахстан* от 9 июля 2003 года:

1. Схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов разрабатываются в целях принятия решений по вопросам интегрированного управления водными ресурсами.
2. Схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов разрабатываются уполномоченным органом с привлечением научных и специализированных проектных организаций при участии заинтересованных государственных органов.
3. Намечаемые в схемах комплексного использования мероприятия должны быть направлены на:
 - рациональное и экономное использование водных ресурсов на основе совершенствования технологии производства;
 - применение маловодных и безводных процессов;
 - сокращение безвозвратных потерь водных ресурсов в оросительных системах и системах водоснабжения;
 - максимально возможное использование местных водных ресурсов за счет их регулирования, межбассейнового перераспределения речного стока, сокращения объемов сброса неочищенных сточных вод;
 - предупреждение затопления и подтопления городов, населенных пунктов, сельскохозяйственных угодий и других объектов.
4. Схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов разрабатываются в порядке, установленном уполномоченным органом, и финансируются за счет бюджетных средств.

Приказом Министра сельского хозяйства Республики Казахстан от 30 марта 2015 года № 19–1/277 утверждены «*Правила разработки и утверждения генеральных и бассейновых схем комплексного использования и охраны водных ресурсов и водохозяйственных балансов*»,

зарегистрированные в Министерстве юстиции Республики Казахстан 1 июля 2015 года №11524. В соответствии с ними различаются:

– *Генеральная схема комплексного использования и охраны водных ресурсов* (далее – генеральная СКИОВР) – документ, определяющий основные водохозяйственные и другие мероприятия в целом по стране, подлежащие осуществлению для удовлетворения перспективных потребностей в воде населения и отраслей экономики, а также для охраны водных ресурсов или предотвращения их вредного воздействия.

– *Бассейновая схема комплексного использования и охраны водных ресурсов* (далее – бассейновая СКИОВР) – документ, определяющий мероприятия в целях обеспечения рационального использования и охраны водных ресурсов в целом по бассейну водного объекта или рассматриваемой территории.

Разработка генеральной и бассейновой СКИОВР основывается на программных документах, направленных на решение экономических и социальных задач на длительную перспективу. В них указываются количественные показатели водных ресурсов по рассматриваемым территориям и основным бассейнам рек, устанавливаются лимиты водопотребления, водоотведения с учетом экологического и санитарно-эпидемиологического состояния водных объектов. Оценка показателей вод и перспективных потребностей в воде осуществляется на основе данных государственного учета, водного кадастра и мониторинга водных объектов.

Генеральная и бассейновая СКИОВР разрабатываются на долгосрочный период не менее чем на пятнадцать лет с выделением показателей среднесрочных трехлетних этапов.

1.2. Разработка и утверждение генеральных схем комплексного использования и охраны водных ресурсов

Генеральная СКИОВР разрабатывается в целях решения комплексных задач водохозяйственных проблем на базе детальных исследований и в сравнении вариантов технико-экономических данных с учетом прогноза социально-экономического развития региона/бассейна и сохранения равновесия природных факторов.

Проект генеральной СКИОВР разрабатывается и утверждается уполномоченным органом по согласованию с уполномоченными органами в сфере государственного планирования, индустриально-инновационной деятельности, транспорта и коммуникаций, государственного геологического изучения, рационального и комплексного использования недр, санитарно-эпидемиологического благополучия населения, регионального развития, управления земельными ресурсами и охраны окружающей среды. Проект генеральной СКИОВР в случае необходимости согласовывается с другими заинтересованными государственными органами и организациями.

Уполномоченный орган обеспечивает вынесение проекта генеральной СКИОВР до его утверждения на обсуждение общественности. Срок разработки генеральной СКИОВР не превышает трех лет. Генеральная СКИОВР проходит процедуру уточнения и дополнения не реже, чем каждые три года после их утверждения.

1.3. Разработка и утверждение бассейновых схем комплексного использования и охраны водных ресурсов

Бассейновые водохозяйственные управления представляют ведомство уполномоченного органа предложения по разработке бассейновых СКИОВР, в которых отражаются рекомендации участников Бассейнового совета и общественности. Проект бассейновой СКИОВР разрабатывается и утверждается ведомством уполномоченного органа по согласованию с местными исполнительными органами, территориальными подразделениями уполномоченных органов в сфере государственного планирования, индустриально-инновационной деятельности, транспорта и коммуникаций, государственного геологического изучения, рационального и комплексного использования недр, санитарно-эпидемиологического благополучия населения,

регионального развития, управления земельными ресурсами и охраны окружающей среды, подконтрольные территории которых входят в рассматриваемый бассейн.

Срок разработки бассейновых СКИОВР не превышает двух лет. Бассейновые СКИОВР проходят процедуру уточнения и дополнения не реже, чем каждые три года после их утверждения. Бассейновая СКИОВР для трансграничных водных объектов разрабатывается с учетом требований международных договоров, участницей которых является Республика Казахстан.

1.4. Разработка и утверждение водохозяйственных балансов

Водохозяйственные балансы разрабатываются с целью оценки наличия и возможности использования водных ресурсов по бассейнам водных объектов, экономическим районам и республике в целом. Водохозяйственные балансы подразделяются на оперативные и перспективные. Оперативные водохозяйственные балансы по бассейнам водных объектов разрабатываются по итогам каждого года бассейновыми водохозяйственными управлениями и не позднее апреля месяца следующего года принимаются ведомством уполномоченного органа в составе их годовых отчетов.

Перспективный водохозяйственный баланс в целом по республике является составной частью генеральной СКИОВР и утверждается в ее составе. В случае неблагоприятной обстановки в отдельном бассейне водного объекта уполномоченный орган, в целях перераспределения водных ресурсов между водопотребителями и выявления возможности размещения новых производительных сил, принимает решение о разработке перспективного водохозяйственного баланса по соответствующему бассейну водного объекта.

1.5. Генеральная схема комплексного использования и охраны водных ресурсов

Цели Генсхемы:

1. Разработка мероприятий, обеспечивающих: (1) удовлетворение потребностей в воде отраслей экономики; (2) эффективную защиту водных систем бассейнов от деградации; (3) устойчивое обеспечение населения питьевой водой; (4) предотвращение вредного воздействия вод.

2. Обеспечение отраслей экономики и широкой общественности необходимой информацией о наличии и состоянии водных ресурсов, их использовании на текущий, ближайший и долгосрочный периоды.

Основные задачи Генсхемы:

1. Уточнение имеющихся ресурсов поверхностных и подземных вод в целом по стране;

2. Оценка уровня использования вод;

3. Определение требований на воду отраслей экономики на расчетные уровни;

4. Получение надежной гидрологической информации необходимо для проведения водохозяйственных расчетов и балансов;

5. Выполнение водохозяйственных расчетов и балансов с целью выявления возможностей удовлетворения потребности в воде, возникновения рисков в водообеспечении потребителей;

6. Определение ориентировочных капитальных вложений на реализацию целей Генеральной схемы.

В целом Генсхема является Генеральным планом развития водной отрасли на перспективу. Мероприятия, оптимальный состав которых определяется в Генсхеме для различных сценарных условий экономического развития, в дальнейшем могут конкретизироваться и детализироваться в территориальных и ведомственных целевых программах.

Разработке Генсхемы всегда предшествует разработка бассейновых схем по основным бассейнам рек. В Казахстане это: Ертис, Есиль, Нура и Сарысу, Тобыл и Торгай - Иргиз, Жайык, Шу, Сырдарья, Иле и Балкаш - Алакольский бассейн. Все бассейновые СКИОВР проходят экологическую экспертизу, рассматриваются всеми заинтересованными областными и республиканскими ведомствами и утверждаются приказом уполномоченного органа в области использования и охраны водного фонда, водоснабжения, водоотведения (Комитета по водным ресурсам МСХ РК).

1.6. Состав схем комплексного использования и охраны водных ресурсов

Конспект.

Основные положения.

Том I.

Книга 1. Сводная записка.

Книга 2. База данных (Табличные приложения).

Книга 3. Атлас картографических материалов.

Том II. Природные условия, водные ресурсы и качество водных объектов.

Книга 1. Природные условия и ресурсы.

Раздел 1. Климат и поверхностные водные ресурсы.

Раздел 2. Подземные водные ресурсы.

Раздел 3. Геолого-литологические и почвенные условия. Опустынивание.

Книга 2. Характеристика современного состояния экосистем и состояние лесов.

Книга 3. Качество вод и экологическое состояние водных объектов.

Том III. Использование водных ресурсов, водные балансы и водохозяйственные мероприятия.

Книга 1. Социально-экономические условия и прогноз развития водохозяйственного комплекса. Здравоохранение.

Книга 2. Развитие электроэнергетики.

Книга 3. Городское и промышленное водоснабжение и канализация.

Книга 4. Сельскохозяйственное производство, водоснабжение и обводнение пастбищ.

Книга 5. Орошаемое земледелие.

Книга 6. Рыбное хозяйство.

Книга 7. Водный транспорт, рекреация и особо охраняемые природные территории.

Книга 8. Пойма, дельты, объекты сохранения экосистем.

Книга 9. Требования на воду отраслей экономики. Водохозяйственные расчеты и балансы.

Том IV. Комплексные водохозяйственные и природоохранные мероприятия.

Книга 1. Предупреждение вредного воздействия вод. Мероприятия.

Книга 2. Развитие системы мониторинга водных объектов. Водоохранные зоны и полосы.

Книга 3. Водохозяйственные и природоохранные мероприятия. Потребность в капитальных вложениях.

Книга 4. Интегрированное управление водными ресурсами. Трансграничные водные объекты.

Материалы согласований.

1.7. Основные положения Генеральной схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов 2013 года

Водохозяйственно - административное районирование территории Республики Казахстан

На территории республики осуществляют свою деятельность 8 бассейновых инспекций по регулированию использования и охране водных ресурсов КВР МСХ РК: Арало - Сырдарьинская, Балкаш - Алакольская, Ертисская, Есильская, Жайык - Каспийская, Нура-Сарысуская, Тобол - Торгайская и Шу - Таласская. В пределах границ зоны деятельности каждой бассейновой инспекции выделены водохозяйственные районы, включающие

имеют расходы 100 – 1000 м³/с; 7 рек – 50 – 100 м³/с и 40 рек – 5 – 50 м³/с, остальные – менее 5 м³/с. Наиболее значительными и крупными реками Казахстана являются Ертис, Иле, Сырдарья, Жайык.

Озера. В Казахстане насчитывается более 40 тысяч озер, в основном бессточных. Выделяются два основных вида озерных котловин: тектонического и экзогенного происхождения. В тектонических впадинах расположены такие крупные озера, как Каспийское и Аральское моря, Балкаш, Тениз, Алаколь, Сасыкколь, Маркаколь и другие. Ко второму типу озер относятся: Селетытениз, Теке, Жалаулы, Улькен-Карой и др. Больше всего озер в лесостепи и северной части степной зоны. Общий объем воды в озерах около 190 км³.

Водохранилища. Регулирование стока рек в РК имеет большое водохозяйственное значение. Строительство водохранилищ позволяет аккумулировать весенний сток, составляющий большую часть годового объема стока рек, и повышать водообеспеченность различных отраслей экономики. В настоящее время в республике функционирует около 220 водохранилищ, больших и малых с суммарной полезной емкостью 48,9 км³ и площадью зеркала около 9251 км². Самыми крупными водохранилищами в республике являются: Бухтарма (оз. Зайсан) (Vполез = 30810 млн м³), Капшагайское (Vполез = 6640 млн м³), Шардара (Vполез = 4230 млн м³), Шульбинское (Vполез = 1470 млн м³), Верхнетобольское (Vполез = 780,9 млн м³), Сергеевское (Vполез = 635 млн м³) и Тасоткельское (Vполез = 551 млн м³). Крупные водохранилища имеют комплексное назначение. Мелкие водохранилища полезной емкостью от 0,3 млн м³ и выше используются, главным образом, для орошения. В республике построено множество прудов, размеры которых не превышают 0,01 км².

Доступные ресурсы поверхностных вод РК определены с учетом уменьшения притока воды из КНР по трансграничным рекам Ертис и Иле (примерно на 5,8 км³ в современных условиях), с учетом повышенного притока по р. Сырдарье за последние годы, а также при соблюдении вододелиния по остальным трансграничным рекам. Приток в РК по р. Сырдарье за последние годы обусловлен повышенной естественной водностью и значительными сбросами из Токтогульского водохранилища в зимний период с целью увеличения выработки электроэнергии. Таким образом, доступные водные ресурсы РК на текущее состояние оценены в 100,6 км³ в год. Доступные поверхностные водные ресурсы на текущее состояние снижаются в маловодные годы (P = 75%) до 75,0 км³, (P = 95%) – до 53,9 км³. Из общего количества в 100,6 км³ – 55,94 км³ формируется на территории РК, остальной объем речного стока – 44,64 км³ – поступает из сопредельных стран.

Подземные водные ресурсы. Пресные подземные воды являются наиболее дефицитной частью водных ресурсов в условиях ограниченности поверхностного стока и его подверженности загрязнению. В таких условиях целесообразно использовать пресные подземные воды в первую очередь для хозяйственно-питьевого водоснабжения, а для целей производственного водоснабжения и орошения земель использовать по возможности поверхностные воды. Достаточно отметить, что 80% хозяйственно-питьевого водоснабжения всех городов республики основаны на использовании подземных вод. Поэтому планомерное обеспечение пресными подземными водами населения республики следует рассматривать как важнейшую социальную проблему нашего общества.

Суммарная величина прогнозных ресурсов подземных вод в целом по Республике Казахстан с учетом проведенного их уточнения составляет 64,28 км³/год, в том числе с минерализацией до 1 г/л – 40,44 км³/год; 1–3 г/л – 16,40 км³/год; 3–10 г/л – 7,44 км³/год.

Общие эксплуатационные запасы подземных вод равны 15,34 км³/год или около 24% от прогнозных ресурсов. Среди эксплуатационных запасов пресные воды составляют 13,19 км³/год или около 86%. Это свидетельствует о сравнительно невысокой степени разведанности подземных вод на территории Казахстана и вместе с тем о значительных потенциальных возможностях обеспечения населения республики подземными водами, в том числе и питьевого качества.

При **численности населения** в 17 млн чел. и территории 2724,9 тыс. км² Казахстан остается одной из малонаселенных стран мира с удельной численностью 6,2 чел/км².

Более 50% населения Казахстана сосредоточено в самом благоприятном для проживания регионе, на территории 4 областей – Южно-Казахстанской (15,6%), Алматинской (11,0%), Восточно-Казахстанской (9,5%), Карагандинской (9%) и города Алматы (8,9%). По разработанным АО «Институт экономических исследований» МЭРТ РК прогнозам, ожидаемая численность населения Казахстана к концу 2020 года составит 17,98 млн, а к 2040 году – 22,46 млн человек.

Промышленность республики представлена предприятиями по добыче и переработке нефти и газа, черной металлургии, химической и фармацевтической промышленности, строительной индустрии и производства строительных материалов, машиностроения и отраслей обрабатывающей промышленности.

Электроэнергетика – одна из важнейших отраслей республики, от производственной деятельности которой в немалой степени зависит развитие других производств и экономики в целом. Наибольшее количество электроэнергии производится в Павлодарской и Карагандинской областях. Крупные предприятия-производители электроэнергии – АО «ЕЭК», ТОО «AES Экибастуз», АО «Станция Экибастузская ГРЭС-2», АО «Корпорация Казахмыс»; теплоэнергии – АО «Алюминий Казахстана», АО «Миттал Стил Темиртау», ТОО «Караганды жылу», АО «Корпорация Казахмыс».

По данным Агентства Республики Казахстан по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства на 2011 г., уровень **централизованного водоснабжения** в городах составлял 82%, а в сельских населенных пунктах – 42,5%.

Сельское хозяйство является важным сектором экономики страны. Климатические условия на севере Казахстана благоприятствуют выращиванию яровой пшеницы, овса, ячменя и других зерновых культур, а также позволяют развивать овощеводство, бахчеводство и возделывать ряд технических культур – подсолнечника, льна-кудряша, табака и др. На юге республики в предгорной полосе и в долинах рек, где много тепла, при искусственном орошении высокие урожаи дают хлопчатник, сахарная свекла, желтые табак, рис, плодоносят сады и виноградники. По производству зерна Казахстан занимает третье место в СНГ после России и Украины.

Использование водных ресурсов отраслями экономики. Коммунальное и промышленное водоснабжение и водоотведение

В 2012 году было забрано из природных водных объектов 883,7 млн м³. По сравнению с 1990 годом водопотребление сократилось в 1,7 раза. В перспективе до 2040 г. ожидается рост водопотребления и забор воды составит 1276,4 млн м³.

Удельный расход воды колеблется в очень широких пределах от 40 – 60 л/сутки на жителя до 250 и выше, что связано с уровнем благоустройства жилой застройки и техническим состоянием систем водоснабжения.

В промышленном производстве в 2012 году всего забрано 5 277,3 млн м³, а использовано 5240 млн м³ воды, из них 962 млн м³ – безвозвратное водопотребление, остальная вода – 4278 млн м³ – это оборотное и повторно-последовательное водоснабжение. В перспективе к 2040 году забор воды из природных водных объектов ожидается в объеме 5210 млн м³, т. е. произойдет уменьшение, несмотря на развитие промышленного производства. По сравнению с современным состоянием объем оборотного и повторно-последовательного водоснабжения увеличится в 1,2 раза на 2040 год и ожидается в объеме 9760 млн м³, в том числе оборотное – 8896 млн м³, повторное – 865 млн м³.

Орошаемое земледелие в бассейне является одним из важнейших условий снижения зависимости от неблагоприятных условий погоды и стабильности в производстве

овощебахчевых, технических, зерновых, кормовых сельскохозяйственных культур, а следовательно, и продуктов животноводства.

Всего в республике сельскохозяйственные угодья составляют 222242,5 тыс. га или 81,55% от всей территории. Орошаемые площади составляют 1,31% от всех сельскохозяйственных угодий или 2909,59 тыс. га по земельному балансу, при этом в 2012 году фактически было полито всего 1294,9 тыс. га (или 45% от всех орошаемых земель).

Орошаемое земледелие в Казахстане является наиболее крупным водопотребителем. Использование воды в орошаемом земледелии включает потребности регулярного и лиманного орошения. На его долю приходится около 53% забора свежей воды (21 595 млн м³) или 11 372,5 млн м³ (2012 год). Регулярное орошение получило достаточное развитие на юге республики в Южно-Казахстанской, Алматинской, Жамбылской и Кызылординской областях.

Кроме регулярного и лиманного орошения вода используется на залив сенокосов, объем которого в 2012 г. составил 1 704 млн м³.

Сельскохозяйственное водоснабжение и обводнение пастбищ, потребителями которых являются сельское население, животноводство, предприятия по первичной переработке сельскохозяйственной продукции, приусадебные участки населения для ведения личного подсобного хозяйства, использовало в 2012 году 303,9 млн м³ воды.

Заборы воды на **прочие отрасли – это рыбное хозяйство, рекреационная сфера, водный транспорт и др.** в 2012 году составили 2 067 млн м³.

Особенностью поверхностных вод Казахстана является необходимость **расходования почти половины ограниченных ресурсов речного стока на поддержание уровня и солености внутренних водоемов (Балхаша, Арала, Каспия), а также на обводнение природных систем речных пойм и дельт.**

Оценка использования водных ресурсов отраслями экономики

По данным Комитета по водным ресурсам, общий забор воды на нужды отраслей экономики республики в 2012 г. составил 19,5 км³, а с учетом других нужд – 21,6 км³.

В перспективе ожидается значительный рост численности населения, поголовья животных и подъем промышленного производства в республике, в связи с чем увеличиваются объемы забора и использования воды. Забор свежей воды отраслями экономики на перспективные уровни до 2040 года определен на основании удельных объемов водопотребления отраслями экономики республики с учетом внедрения оборотных систем водоснабжения, экономии воды за счет снижения потерь в сети, повышения КПД и внедрения водосберегающих технологий и составит 23,26 км³.

Требования на воду отраслей экономики

Из анализа многочисленных материалов по водному хозяйству республики, выполненного в Генсхеме, установлено, что на современном уровне в стране имеется достаточное количество поверхностных и подземных водных ресурсов, которые удовлетворяют практически все потребности отраслей экономики, однако в перспективе имеющихся водных ресурсов может быть недостаточно, потребуется их перерегулирование и внутрибассейновая переброска.

В этой связи основными проблемами, стоящими перед водохозяйственным комплексом республики в современных условиях, являются:

- неудовлетворительное состояние хозяйственно-питьевого водоснабжения;
- расточительное водопользование с высоким удельным расходом воды;
- неудовлетворительное качество воды в водных объектах;
- значительный материальный ущерб от негативного воздействия вод;
- низкая эффективность системы государственного управления водным хозяйством;
- значительное сокращение финансирования научных исследований и проектных работ;
- плохое техническое состояние основных фондов водохозяйственного комплекса;

- несовершенство законодательной базы;
- отсутствие полноценного экономического механизма рационального водопользования.

К 2040 году требования на воду по основным отраслям экономики составят 23 260 млн м³, в том числе:

- коммунальное хозяйство – 1 282 млн м³;
- промышленность – 5 231 млн м³;
- сельское хозяйство – 16 263 млн м³, в т.ч. регулярное орошение – 12 283 млн м³, лиманное орошение – 1 343 млн м³, заливные сенокосы – 1 062 млн м³, сельхозводоснабжение – 667 млн м³, обводнение пастбищ – 153 млн м³;
- поддержание пластового давления – 54, 5 млн м³;
- рыбное хозяйство – 242 млн м³;
- рекреация и прочие нужды – 68,6 млн м³.

Водохозяйственные расчеты и балансы

В основу водохозяйственных балансов положено сопоставление располагаемых водных ресурсов с потребностями в воде отраслей экономики, водопользователей, потерь стока на различных этапах развития отраслей экономики (2015 – 2040 гг.).

Из располагаемых водных ресурсов (поверхностный сток, подземные воды и др.) наибольший интерес представляют поверхностные воды (включая речной сток, водоотведение в реки, выклинивание в русла рек, высвобождение речного стока при экономии водных ресурсов и др.). На долю поверхностных вод приходится около 98% всей приходной и всей расходной частей баланса. Именно поверхностные воды определяют дефицитность или благополучие в водообеспечении водой территории бассейнов. По остальным водоисточникам принято, что они участвуют в водохозяйственных балансах в объемах, равных их использованию (в пределах прогнозных и прочих запасов).

При снижении нормативного водопотребления (водопользования) в напряженные периоды установлена иерархия удовлетворения потребностей в воде в зависимости от заданной расчетной обеспеченности. В качестве основного критерия гарантии водообеспечения потребителей принята обеспеченность по числу бесперебойных лет. Норматив надежности хозяйственно-питьевых и производственных нужд составляет 95%, регулярного орошения и рыбного хозяйства – 75%, лиманного орошения – 30–50%. Допустимая урезка водопотребления в перебойные годы – 20% (кроме лиманного орошения). В маловодные годы при недостатке водных ресурсов лиманное орошение исключается из состава потребителей.

Согласно перспективному водохозяйственному балансу Казахстана до 2040 года суммарная приходная и расходная части составят в среднемноголетние годы 114,2 км³, в годы 75% обеспеченности – 92,3 км³, а в маловодные годы 95% обеспеченности – 68,2 км³. В том числе поверхностный сток: среднемноголетний – 110,3 км³; 75% обеспеченности – 88,5 км³; маловодный 95% обеспеченности – 64,3 км³ воды. В период 2020 – 2040 годы незначительно увеличится поверхностный сток до 1 км³, при этом возрастет поступление волжской воды, использование подземных и шахтно-рудничных вод, использование сточных и коллекторно-дренажных вод, а также использование вод Каспийского моря и озер. Прогнозируется увеличение объема воды с КНР с 6,7 до 9,4 км³.

Намечаемые мероприятия для стабилизации экологической и социально-экономической обстановки в республике

1. Государственный учет использования и охраны вод с созданием единой системы мониторинга за поверхностными и подземными водами, увеличением количества гидропостов на водотоках, а также установка гидропостов на накопителях сточных вод.

2. Улучшение обеспечения населения питьевой водой гарантированного качества с модернизацией инфраструктуры коммунального хозяйства, с повсеместным внедрением систем повторного и оборотного водоснабжения в промышленности.

3. Предупреждение последствий вредного воздействия вод с принятием Закона о безопасности ГТС, строительством сооружений защиты объектов экономики и социальной инфраструктуры от затопления паводковыми водами и от подтопления, укрепления береговой полосы рек и др.

4. Строительство и реконструкция гидротехнических сооружений.

5. Восстановление площадей орошаемого земледелия с разработкой региональных программ орошения, внедрением водосберегающих технологий при поливе, с подачей очищенных сточных вод на орошение технических культур, с организацией центров сервисного обслуживания мелиоративной техники и сельхозтоваропроизводителей.

6. Обеспечение водно-энергетической безопасности регионов путем строительства новых средних и малых ГЭС и каскадов ГЭС.

7. Охрана окружающей среды, ограничение антропогенного воздействия на водные объекты, сохранение и поддержание здоровой экологической обстановки путем реконструкции и строительства канализационных систем в населенных пунктах, строительства систем ливневой канализации в крупных промышленных центрах, установления водоохраных зон и полос на водных объектах. А также посредством усовершенствования технологий очистки сточных вод, проведения обследования состояния естественных природных объектов (морей, озер, водно-болотных угодий).

1.8. Основные выводы Генеральной схемы

Составленные водохозяйственные балансы показали, что в современных условиях (2012 г.) обеспечение водой отраслей экономики и водопользователей в целом по республике вполне удовлетворительное. Однако относительно благоприятные условия 2012 года, связанные с достаточной водностью большинства рек, не снимают с повестки дня проблемные вопросы водного хозяйства в обеспечении водой в современных условиях, особенно в тех регионах, водные ресурсы которых зависят от поступающего на их территорию стока из соседних стран. Необходимо отметить, что, несмотря на большую работу, проводимую в республике по обеспечению населения и промышленности водой, водное благоустройство городов и поселков остается еще недостаточным. Не лучше обстоит дело с использованием воды в сельском хозяйстве и в первую очередь при орошении земель.

Многие проблемы водообеспечения в современных условиях обусловлены плохим качеством воды некоторых рек (Илек, Кара-Кенгир и др.), финансово-техническими трудностями за счет введения тарифов за услуги по подаче поливной воды, низким техническим состоянием гидротехнических сооружений, каналов, трубопроводов и др.

Если не будет достигнут достаточно высокий уровень выполнения обязательств по международным договорам о водodelении с сопредельными государствами, то уже к 2015 – 2020 гг. возникнут реальные угрозы для развития экономики, экологической устойчивости РК в результате нехватки водных ресурсов. В самом Казахстане требуется сбалансированный подход к потреблению и экономии водных ресурсов. Системы водоснабжения должны основываться на использовании современных технологий водоочистки, комплексном использовании водных ресурсов, а также должны обеспечивать сокращение транспортных потерь воды. Необходимо внедрение водосберегающих технологий во всех отраслях экономики, вплоть до перехода на маловодную или сухую технологию.

Учитывая неопределенность как по ожидаемым водозаборам за пределами РК, так и возможных изменений стока, вызванных глобальными изменениями климата, следует рекомендовать пересмотр и корректировку водохозяйственных балансов не реже, чем каждые три года.

Намечаемые к реализации мероприятия по сути дела отражают соответствующие преобразования в отраслях экономики для перехода на «зеленый» путь развития. Концепция рассчитана на горизонт планирования до 2050 года и поднимает вопросы эффективного использования природных ресурсов, обеспечения национальной безопасности за счет повышения эффективности управления водными ресурсами.

К наиболее острым водным проблемам можно отнести:

- обеспечение населения питьевой водой;
- нарастающий дефицит и нерациональное использование водных ресурсов;
- загрязнение поверхностных и подземных вод;
- устаревшие технологии водопользования в различных отраслях экономики;
- антропогенные воздействия на водные объекты;
- угроза истощения водных ресурсов;
- угроза возрастающего риска вредного воздействия вод;
- проблемы межгосударственного водораздела и др.

2. ИУВР и основы современного проектирования водохозяйственных систем (орошение, гидротехническое строительство, водоснабжение, экология)

Раздел подготовил: Мурат Бекниязов

2.1. Интегрированное управление водными ресурсами – основные положения, принципы и современное состояние

Основы современной концепции интегрированного управления водными ресурсами были выдвинуты на известной конференции в Дублине в 1992 году в виде четырех принципов, которые должны стать базисом для последующих глобальных реформ водного хозяйства.

Принцип 1. Пресная вода – исчерпаемый и уязвимый ресурс, важный для поддержания жизни, развития и окружающей среды.

Пресная вода является ограниченным ресурсом, и этот факт подтверждается количественным анализом глобального гидрологического цикла, из которого следует, что в среднем в годовом разрезе имеется фиксированный объем воды. Этот объем не может быть значительно увеличен в результате деятельности людей, хотя он может быть (и часто это происходит) сокращен в результате антропогенного загрязнения. Запасы пресной воды – природный ресурс, который необходимо поддерживать, гарантируя необходимые водохозяйственные услуги, которые обеспечиваются за счет него. Данный принцип говорит также о том, что вода необходима для различных целей, функций и услуг, поэтому управление должно быть целостным (интегрированным) и должно учитывать как возможности удовлетворения спроса на ресурс, так и угрозы его сохранности или излишнего изъятия. Согласно этому принципу, логично, что бассейн реки или его водосборная площадь должны служить единицей управления водными ресурсами. Отсюда вытекает так называемый гидрографический подход к организационному построению системы управления водой.

Принцип 2. Развитие и управление водным хозяйством должны базироваться на всестороннем подходе, вовлекающем пользователей, работников планирующих организаций и лиц, принимающих политические решения на всех уровнях.

Вода – ресурс, в отношении которого каждый субъект является заинтересованной стороной. Реальное участие только тогда имеет место, когда заинтересованные стороны вовлекаются в процесс принятия решений и его осуществление или, по крайней мере, контроль над ним. Подход с участием всех заинтересованных сторон – лучшее средство для достижения долгосрочного согласия и общей корпоративной договоренности. Участие означает принятие ответственности, признание воздействий мероприятий данного сектора экономики на других водопользователей и водные экосистемы, а также принятие обязательств по повышению эффективности водопользования и устойчивому развитию ресурса. Однако возможность всеобщего участия – это абсурд в прямом смысле, реализация этого принципа возможна лишь через формирование представительных неправительственных, местных и производственных организаций, создаваемых на демократической основе, выражающих групповые, территориальные или другие общественные интересы. Следует отметить, что участие не всегда приводит к консенсусу, поэтому также необходимы арбитраж или другие механизмы решения возможных конфликтов.

Правительства должны оказывать помощь в создании возможностей для участия всех заинтересованных сторон, особенно уязвимых социальных групп общества. Необходимо признать, что в настоящее время простое создание условий для участия ничего не даст группам беднейшего населения, если их возможности участвовать не обеспечены реальными механизмами, структурами и системой социальной мобилизации. Децентрализация принятия решений до самого низкого уровня конечных водопользователей является единственной стратегией для усиления участия общества в решении проблем вокруг воды. Участие всех заинтересованных субъектов является путём, способствующим развитию бедных стран, так как недостаток информации или ограниченный доступ к необходимой информации в этих странах является сдерживающим

фактором развития. Возможности, потенциал и мотивы участия общественности требуют дальнейших исследований и поддержки.

Принцип 3. Женщины играют центральную роль в обеспечении, управлении и охране водных ресурсов.

Роль женщин как основных поставщиков и пользователей воды в домохозяйствах и защитников среды обитания широко используется в средствах массовой информации для демонстрации тех тягот и забот, которые они несут при низком уровне обеспечения. Однако эта роль редко отражалась в организационных мероприятиях, направленных на развитие и управление водными ресурсами. Общеизвестно, что женщины играют ключевую роль в сборе и охране воды для коммунальных целей и во многих случаях они, выполняя наиболее тяжёлую физическую работу в сельскохозяйственном использовании, больше всех страдают от недополучения продукции вследствие перебоев в орошении или дренаже. Но в то же время они, по сравнению с мужчинами, играют намного менее влиятельную роль в управлении, анализе проблем и процессах принятия решений, связанных с водными ресурсами. Концепция ИУВР требует признания роли женщин. Для обеспечения полного и эффективного участия женщин на всех уровнях принятия решений необходимо учесть подходы, с помощью которых различные общественные формации распределяют между мужчинами и женщинами их социальные, экономические и культурные роли. Есть важная взаимосвязь между равноправным положением мужчин и женщин, правильным использованием их различных гендерных особенностей и устойчивым управлением водными ресурсами. Участие мужчин и женщин, играющих влиятельные роли на всех уровнях управления водными ресурсами, может ускорить достижение устойчивости; а управление водными ресурсами интегрированным и устойчивым способом вносит свой значительный вклад в достижение равноправия полов, улучшая доступ женщин и мужчин к воде и связанным с водой услугам, отвечая их насущным потребностям.

Принцип 4. Вода имеет экономическую стоимость при всех конкурирующих видах ее использования и должна быть признана экономическим, а также социальным товаром.

В рамках этого принципа прежде всего важно признать основное право всех людей иметь доступ к чистой воде и нормальным санитарным условиям при приемлемых ценах. Управление водой как экономическим товаром – важный способ достижения социальных целей, таких как эффективное и равноправное водопользование и поощрение экономии и охраны водных ресурсов. Вода, как только забирается из источника, приобретает стоимостные показатели как экономическая, экологическая, а также как социальная субстанция. *Большинство прошлых неудач в управлении водными ресурсами связано с тем фактом, что в условиях административной системы прошлого экономические категории использовались в искажённом виде, в частности, не признавалась ценовая характеристика воды как ресурса, не рассматривалась структура полной стоимости воды и источники её покрытия.* Это, в конечном счёте, в эпоху перехода к рыночной экономике бросило водное хозяйство и его финансовую устойчивость в состояние потери потенциала и повсеместной деградации.

Стоимость и оплата – две разные вещи, и мы должны проводить четкие различия между ними. Стоимость воды при альтернативных использованиях важна для рационального распределения воды как недостаточного ресурса, являясь либо регулирующим, либо экономическим средством. Плата за воду в сочетании с государственным участием и системой субсидий применяется как экономический инструмент покрытия необходимых затрат для устойчивого функционирования, а также для поддержки уязвимых групп.

2.2. Интегрированное управление водными ресурсами в Казахстане

Между Правительством Республики Казахстан и Программой Развития ООН в 2006 году было подписано Соглашение о разработке Национального плана по интегрированному управлению водными ресурсами и водосбережению для Республики Казахстан на 2009 – 2025 годы, которое одобрено соответствующим постановлением Правительства Республики Казахстан от 11 декабря 2006 года № 978.

Для перехода к более устойчивым методам развития и управления водными ресурсами Всемирный саммит по устойчивому развитию (Йоханнесбург, 2002 год) призвал все страны разработать планы интегрированного управления водными ресурсами. Национальный план соответствовал казахстанской модели развития, которая определена в Стратегии развития Казахстана до 2030 года, и помимо решения водохозяйственных задач способствовал достижению таких целей развития, как **снижение бедности, повышение уровня продовольственной безопасности, ускорение экономического роста и сохранение экосистем.**

Необходимость внедрения принципов интегрированного управления водными ресурсами в Республике Казахстан была обусловлена рядом причин:

- Одной из значительных проблем в Казахстане является низкая эффективность водопользования, особенно в орошаемой земледелии, потребляющей свыше 70% водных ресурсов Казахстана. Сверхнормативный полив наносит необратимый ущерб сельскохозяйственным землям, приводит к высокой минерализации подземных вод, экологической деградации рек и других водных объектов, расположенных ниже по течению, а также ухудшению здоровья населения.

- Серьезную озабоченность вызывает качество водных ресурсов и состояние водохозяйственных систем и сооружений. Качество поверхностных вод практически по всем водным объектам не соответствует установленным стандартам.

- Снижение управленческого, проектно-строительного, эксплуатационного и научно-технического потенциала водохозяйственного комплекса повлияло на ухудшение состояния водных ресурсов и системы водопользования.

В среднесрочной и долгосрочной перспективе с учетом глобального потепления климата, укрупнения фермерских хозяйств и развития производств проблемы в вопросах водообеспечения будут прогрессировать. Существующая система управления в области использования и охраны водного фонда не обеспечивает целостный и устойчивый подход к управлению бассейнами рек. Совершенствование системы управления водными ресурсами с целью достижения принципов устойчивого развития в Казахстане является длительным и сложным процессом.

Вопросы водообеспечения страны имеют стратегический, многоотраслевой характер, социальную, экономическую, экологическую и политическую значимость, что требует совершенствования структуры государственного управления с институциональным усилением государственного органа управления водными ресурсами.

Целью Национального плана является формирование и развитие межведомственной скоординированной системы управления водными, земельными и связанными с ними ресурсами для обеспечения устойчивого развития Республики Казахстан.

Задачи Национального плана:

- совершенствование законодательства в области управления водными ресурсами;
- совершенствование организационной структуры, повышение потенциала и формирование межсекторного партнерства в области использования и охраны водных объектов;
- внедрение экологического компонента в управлении водными ресурсами;
- предупреждение и ликвидация последствий вредного воздействия вод;
- повышение эффективности водопользования;
- формирование информационно-аналитической системы управления водными ресурсами;
- развитие международного сотрудничества в вопросах управления трансграничными водными объектами.

Предполагалось, что реализация Национального плана позволит создать эффективную систему государственного управления в области использования и охраны водного фонда, способную обеспечить необходимые потребности в воде население и отрасли экономики, воспроизводство природных вод и охрану их качественного состояния для благополучия граждан Республики Казахстан, устойчивого развития страны в целом.

Ожидаемые результаты от реализации Национального плана:

Реализация Национального плана обеспечит Казахстану эффективное вложение в водный сектор инвестиций, экологически устойчивое экономическое развитие.

В результате реализации Национального плана будет:

1) на первом этапе (2009 – 2011гг.):

- определено основное направление институционального усиления уполномоченного органа в области использования и охраны водного фонда;
- укреплена роль бассейновых советов как основного органа взаимодействия органов управления водными ресурсами, водопользователей и общественности в целях эффективного использования водных ресурсов;
- обеспечена разработка новых и совершенствование имеющихся методик, стандартов и нормативов в целях совершенствования системы управления водными ресурсами;
- обеспечено создание научно обоснованной базы для продвижения интересов Казахстана в вопросах управления трансграничными водными ресурсами;
- проведено исследование в части разработки оптимальной модели межгосударственной переброски части стока рек в целях увеличения располагаемых водных ресурсов;
- сокращен к 2011 году объем непродуктивных потерь воды на 15% от существующего уровня;
- разработана пилотная версия Единой информационно-аналитической системы по управлению водными ресурсами с охватом территории двух речных бассейнов.

2) на втором и последующем этапах (2012 – 2025 гг.):

- создана нормативная правовая база для эффективного водопользования посредством улучшения некоторых норм законодательства Республики Казахстан;
- сокращен к 2025 году объем непродуктивных потерь воды на 30% от существующего уровня;
- создана система оперативного учета использования водных ресурсов с охватом всех стационарных водозаборных сооружений;
- создана интегрированная система мониторинга поверхностных, подземных вод и связанных с ними земельных ресурсов;
- создан устойчивый механизм сотрудничества с сопредельными государствами в области использования и охраны водных ресурсов;
- внедрена Единая информационно-аналитическая система по управлению водными ресурсами на территории всех речных бассейнов;
- создан Информационно-аналитический центр водного хозяйства;
- на основе усовершенствованных стандартов определения качества водных объектов к 2025 году обеспечена экологическая устойчивость и надлежащее состояние водного фонда страны.

Источником финансирования Национального плана определялись средства республиканского и местных бюджетов, хозяйствующих субъектов, природопользователей, гранты международных организаций и стран доноров, иные источники, не запрещенные законодательством Республики Казахстан.

Однако до настоящего времени Национальный план ИУВР в Казахстане так и не был принят и не утвержден в законодательном порядке. Правительство Казахстана такое решение обосновывает принятием Государственной программы управления водными ресурсами Казахстана на 2014 – 2020 годы.

2.3. Перспективы и необходимость перехода к ИУВР в Казахстане

Необходимость внедрения ИУВР обусловлена рядом водно-экологических проблем в Казахстане, основными причинами которых являются прежде всего проблемы в системе управления водными ресурсами и водопользованием. Во многих регионах страны складывается напряженная водохозяйственная обстановка, обусловленная рядом объективных и субъективных проблем.

Согласно принятой международной классификации регионы с водообеспеченностью 1,7 тыс. м³ воды в год на человека относятся к испытывающим нехватку воды. Удельное распределение поверхностных водных ресурсов на душу населения Казахстана составляет по разным оценкам от 5,0 до 6,0 тыс. м³/чел.

В то же время в разрезе отдельных речных бассейнов ниже среднего республиканского показателя имеют Нура - Сарысуский (Карагандинская и Акмолинская области) – 1,1 тыс. м³/чел., Есильский – 1,4 тыс. м³/чел. (Астана, Акмолинская, Северо-Казахстанская области), Тобол - Торгайский бассейн (Костанайская, Актюбинская области) – 2,1 тыс. м³/чел., Шу - Таласский (Жамбылская область) – 3,9 тыс. м³/чел., Жаик-Каспийский – 4,7 тыс. м³/чел. Единственный речной бассейн, который имеет неиспользуемый речной сток, – это Ертисский (Восточно-Казахстанская, Павлодарская обл.), на который приходится 16,7 тыс. м³/чел. воды.

Наша страна в силу своего географического положения во многом зависит от водообеспеченности, которая связана с притоком воды из сопредельных государств: Китая, Узбекистана, Кыргызстана и России. Так, на территории этих государств формируется 44% поверхностного стока Казахстана, поэтому 7 из 8 бассейнов Казахстана, кроме Нура - Сарысуского, являются трансграничными.

Кроме проблем с нехваткой воды, очень большими проблемами остаются низкое качество воды, нарастающая деградация водных экосистем и лесов, опустынивание, загрязнение и деградация почв, их водная и ветровая эрозия.

Глобальное изменение климата на сегодняшний день становится объективной реальностью, что уже подтверждается усилением и учащением ураганов, обилием осадков, аномально жарким летним периодом, быстрым таянием ледников и снежников и другими климатическими факторами.

Рост промышленного и сельскохозяйственного производства, рост населения, увеличение потребления водных ресурсов на человека требует все большего количества водных ресурсов.

Для решения этих естественных и антропогенных вызовов в Казахстане остро назрела необходимость совершенствования управления водными и земельными ресурсами и внедрения для этого принципов и основ ИУВР. Если мы и дальше будем относиться к нашим природным ресурсам с чисто потребительских позиций, не принимая действенных мер для их сохранения и улучшения, то к 2050 году может наступить необратимый процесс потери основных природных ресурсов.

2.4. Основы проектирования в Республике Казахстан в сфере гидротехники, мелиорации земель, водоснабжения и водоотведения

В Казахстане в настоящее время имеются все основы для современной и качественной системы проектирования в различных отраслях экономики. Это касается также и сферы водохозяйственного и гидротехнического проектирования. Постепенно обновляются его нормативные и правовые основы. До недавнего времени действовали строительные нормы и правила (СНиП) и строительные нормы (СН), разработанные в советский период. На сегодняшний день идет полное обновление этих документов. Казахским научно-исследовательским институтом строительства и архитектуры (КазНИИСА) по согласованию с проектными организациями на системной основе обновлена основная нормативная база проектирования для строительства.

Необходимость переработки государственных нормативов и внесения изменений и дополнений вызвана объективными факторами, обусловленными реформой системы технического регулирования строительной отрасли в Республике Казахстан в целом, а также потребностью в упорядочении отдельных нормативных положений, регулирующих особые вопросы, возникающие в современной практике разработки, согласования и утверждения проектной документации на строительство объектов.

Порядок разработки, согласования, утверждения и состав проектной документации на строительство регламентируется строительными нормами **СН РК 1.02-03-2011**.

Стадийность проектирования

При строительстве объектов, отнесенных в установленном порядке к технически сложным объектам, должна предусматриваться **разработка предпроектной документации – Технико-экономического обоснования (ТЭО) и проектной документации в две стадии – Проекта (П) и Рабочей документации (РД)**.

Стадийность проектирования устанавливается заданием на разработку проектной документации для строительства (заданием на проектирование) в соответствии с нормативными требованиями.

В две стадии разрабатывается проектная документация по крупным объектам жилищно-гражданского или производственного назначения (зданиям, сооружениям, комплексам, транспортным и инженерным коммуникациям, иным объектам жизнеобеспечения) с нормативной продолжительностью строительства более 24 месяцев:

- первая стадия – **Проект (П)**, разрабатывается, как правило, на основании выводов и показателей предпроектной документации (ТЭО) и подлежит утверждению в порядке, установленном законодательством;

- вторая стадия – **Рабочая документация (РД)**, разрабатывается на основании проекта, утвержденного на первой стадии.

В две стадии также разрабатывается проектная документация на строительство особо важных объектов, затрагивающих государственные или общественные интересы и осуществляемая с участием государственных инвестиций.

Проектная документация для строительства объектов жилищно-гражданского и производственного назначения (зданий, сооружений, комплексов, коммуникаций) с нормативной продолжительностью строительства до 24 месяцев и не требующих продолжительного срока проектирования разрабатывается **в одну стадию – рабочий проект (РП)**, который подлежит утверждению в порядке, установленном законодательством.

В одну стадию также разрабатывается проектная документация:

- по объектам, строительство которых предполагается выполнять на основе действующих типовых проектов (при привязке типового проекта) либо с применением отдельных типовых проектных решений (типовых строительных конструкций, изделий, узлов);

- при оформлении ранее разработанного индивидуального проекта для повторного или многократного применения в строительстве (при привязке индивидуального проекта);

- по реконструкции (модернизации, техническому перевооружению капитальному ремонту) существующих объектов.

Порядок разработки проектной документации

Разработка проектной документации (проектирование) может осуществляться физическими и юридическими лицами, имеющими лицензии на соответствующие виды (подвиды) изыскательской и проектной деятельности в сфере архитектуры, градостроительства и строительства. Разработка проектной документации осуществляется на основании: договора подряда (контракта) на выполнение проектных (проектно-изыскательских) работ, заключаемого между заказчиком строительства и исполнителем (подрядчиком, генеральным проектировщиком). Утвержденное задание на проектирование является неотъемлемой частью договора. Вместе с заданием на проектирование заказчик выдает подрядной проектной организации (генеральному проектировщику) исходные материалы (данные) для разработки проектной документации, которые включают:

- решение местных исполнительных органов районов (городов) о предоставлении соответствующего права на землю;

- материалы инженерных изысканий площадки строительства, включая материалы топографической съемки и данные геологических и гидрогеологических изысканий, необходимые для проектирования и строительства;

- технические условия на подключение к источникам инженерного и коммунального обеспечения;

- архитектурно-планировочное задание, выданное местным (города, района) органом архитектуры и градостроительства, включая условия инженерной подготовки территории, благоустройства и озеленения;

В случаях когда по объекту не требуется разработка предпроектной документации, то заданием на проектирование при необходимости может предусматриваться разработка

вариантов проектных предложений (эскизов, схем, расчетов, обоснований), требующих выбора наиболее оптимального решения.

При наличии утвержденной предпроектной документации (технико-экономического обоснования и др.) в процессе разработки (согласования, утверждения) проектной документации по данному объекту не допускается увеличение расчетной стоимости, строительства без соответствующего обоснования, а также ухудшение других основных технико-экономических показателей объекта, достигнутых на предпроектном этапе.

В процессе разработки проектной документации на строительство детализируются общие планировочные и объёмно-пространственные решения, принятые в утвержденных градостроительных проектах (генеральных планах населенных пунктов, проектах детальной планировки, проектах застройки), уточняются заданные для проектируемого объекта параметры, характеристики, технические и технологические решения.

Началом проектирования считается дата вступления в силу договора на разработку проектно-сметной документации, заключенного между заказчиком и исполнителем (подрядчиком, генеральным проектировщиком). При этом заказчик должен передать подрядчику утвержденное задание на проектирование, а также другие исходные данные, необходимые для разработки проектно-сметной документации.

Порядок утверждения проектной документации

Разработка проектной документации считается законченной с момента ее утверждения в порядке, установленном законодательством. По проектной документации до ее утверждения проводится экспертиза в порядке, установленном Правительством Республики Казахстан. Обязательная государственная экспертиза осуществляется юридическим лицом, уполномоченным Правительством Республики Казахстан. Проектная документация на строительство объектов должна быть представлена на утверждение не позднее трех месяцев после получения положительного заключения государственной экспертизы. При этом утверждению подлежит:

- при одностадийном проектировании – рабочий проект (РП);
- при двустадийном проектировании – проект (П), разрабатываемый на первой стадии.

Рабочая документация (РД), выполненная на второй стадии, не подлежит экспертизе и утверждается заказчиком.

Разработанная и утвержденная в соответствии с законодательством проектная документация действительна в течение трех лет (36 месяцев) с даты ее утверждения. Проектная документация, по которой в течение трех и более лет после ее утверждения не начато строительство, считается устаревшей, и она может быть использована после приведения ее в соответствие с действующими государственными нормативами и переутверждения в порядке, установленном законодательством.

Общий состав и содержание проектной документации

В состав проектной документации на стадии проект (П) включаются следующие разделы проектной документации:

- паспорт проекта;
- энергетический паспорт проекта (согласно заданию на проектирование);
- общая пояснительная записка;
- генеральный план объекта и организация транспорта;
- инженерная защита территории;
- технологические решения;
- управление производством, предприятием, организация условий и охраны труда работников;
- архитектурно-строительные решения;
- инженерные сети, системы и оборудование;
- инженерно-технические мероприятия по гражданской обороне и мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;

- автоматизированная система мониторинга зданий и сооружений;
- система обеспечения комплексной безопасности и антитеррористической защищенности для особо важных объектов, большепролетных сооружений и высотных зданий, их комплексов;
- организация строительства в объеме, определенном заданием на проектирование;
- охрана окружающей среды;
- сметная документация;
- эффективность инвестиций (в соответствии с условиями, определенными заданием на проектирование) и технико-экономические показатели;
- сводная ведомость потребности основных строительных материалов, изделий и конструкций и оборудования с учетом казахстанского содержания.

2.5. Основные особенности проектирования мелиоративных систем и сооружений

Строительные нормы РК: СН РК 3.04-11-2013 «Мелиоративные системы и сооружения»:

- устанавливают цели нормативных требований;
- формулируют функциональные требования;
- задают минимальный уровень рабочих характеристик мелиоративных систем и сооружений.

Мелиоративные системы и сооружения по техническим, технологическим и экологическим параметрам следует проектировать таким образом, чтобы при их строительстве и эксплуатации обеспечивались следующие функциональные требования:

- а) механическая прочность и устойчивость сооружений, чтобы при эксплуатации выдерживали все виды механических и технологических воздействий, предусмотренных проектом без повреждений и разрушений;
- б) пожарная безопасность объектов гидротехнических сооружений: головного водозабора и насосных станций;
- в) обеспечение оптимального водного режима почв для получения высоких и гарантированных урожаев сельскохозяйственных культур;
- г) эффективное использование природных ресурсов;
- д) экономное использование энергетических ресурсов;
- е) предотвращение отрицательного влияния на окружающую среду.

Гидротехнические сооружения в зависимости от их назначения подразделяются на основные и второстепенные:

- а) **к основным** следует относить гидротехнические сооружения, повреждение или разрушение которых приводит к прекращению или уменьшению подачи воды для водоснабжения и орошения, к затоплению и подтоплению защищаемой территории;
- б) **к второстепенным** следует относить гидротехнические сооружения, разрушение или повреждение которых не влечет за собой указанных последствий.

Основными гидротехническими сооружениями в составе оросительных систем являются:

- а) водозаборные сооружения на открытых источниках (реки, озера, пруды и др.), где должны предусматриваться рыбозащитные и рыбопропускные устройства;
- б) каналы, лотковая сеть, открытые коллектора, искусственные водоемы с плотинами, оградительные дамбы;
- в) насосные станции, водозаборные и водовыпускные сооружения;
- г) закрытая трубопроводная сеть, сеть дренажа и закрытых коллекторов;
- д) тоннели и акведуки.

К второстепенным гидротехническим сооружениям относятся:

- а) ледозащитные сооружения;
- б) разделительные стенки;
- в) устои и подпорные стены, не входящие в состав напорного фронта;
- г) берегоукрепительные сооружения земляных плотин, каналов и др.;

д) рыбозащитные сооружения.

Критерии безопасности гидротехнического сооружения. Гидротехнические сооружения следует проектировать исходя из требований комплексного использования водных ресурсов и схем территориального планирования, разработанных в соответствии с Водным кодексом и Законом «Охраны окружающей среды» Республики Казахстан и требованиями строительных норм.

Типы сооружений, их параметры и компоновку следует выбирать на основании сравнения технико-экономических показателей вариантов.

При проектировании гидротехнических сооружений надлежит обеспечивать и предусматривать:

- а) безопасность и надежность сооружений на всех стадиях их строительства и эксплуатации;
- б) максимально возможную экономическую эффективность строительства;
- в) постоянный инструментальный и визуальный контроль за состоянием гидротехнического сооружения и природными и техногенными воздействиями на них;
- г) подготовку ложа водохранилища и хранилищ жидких отходов промышленных предприятий и прилегающей территории;
- д) охрану месторождений полезных ископаемых;
- е) сохранность животного и растительного мира, в частности, организацию рыбоохранных мероприятий;
- ж) минимально необходимые расходы воды, а также благоприятные уровенный и скоростной режимы в бьефах с учетом интересов водопотребителей и водопользователей, а также благоприятный режим уровня грунтовых вод для освоенных земель и природных экосистем.

Требования к мелиоративным сетям. Оросительная система должна включать комплекс взаимосвязанных сооружений, зданий и устройств, обеспечивающих в условиях недостаточного естественного увлажнения поддержание в корнеобитаемом слое почвы орошаемого массива оптимального водно-солевого режима для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

В состав оросительной системы входят: водозаборные и рыбозащитные сооружения на естественных или искусственных водоисточниках, отстойники, насосные станции, оросительная, коллекторно-дренажная сети, нагорные каналы, сооружения на сети, поливные и дождевальные машины, установки и устройства, средства управления и автоматизации контроля за мелиоративным состоянием земель, объекты электроснабжения и связи, противозерозионные сооружения, производственные и жилые здания эксплуатационной службы, дороги, лесозащитные насаждения, дамбы.

Классы сооружений мелиоративной системы следует определять по обслуживаемой ими площади орошения или осушения:

- а) свыше 300 тыс. га I класс
- б) свыше 100 тыс. га до 300 тыс. га II класс
- в) свыше 50 тыс. га до 100 тыс. га III класс
- г) 50 тыс. га и менее IV класс

2.6. Основные особенности проектирования гидротехнических сооружений

Проектирование гидротехнических сооружений в Республике Казахстан необходимо осуществлять, руководствуясь **СНиП РК 3.04-01-2008 «Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования»** и другими нормативно-техническими документами, такими как:

СНиП РК 1.01-01-2001 Государственные нормы в области архитектуры, градостроительства и строительства. Основные положения.

СНиП РК 2.03-10-2002* Инженерная защита в зонах затопления и подтопления.

СНиП РК 2.03-30-2006 Строительство в сейсмических районах.

СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия.

СНиП 2.05.03-84* Мосты и трубы.

СНиП 2.06.07-87 Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения.

МСП 3.04-101-2005 Определение основных расчетных гидрологических характеристик.

ГОСТ 19185-73 Гидротехника. Основные понятия. Термины и определения.

ГОСТ 26775-97 Габариты подмостовые судоходных пролетов мостов на внутренних водных путях.

Нормы и правила распространяются на вновь строящиеся и реконструируемые речные и морские гидротехнические сооружения всех видов и классов. Гидротехнические сооружения следует проектировать исходя, как правило, из требований комплексного использования водных ресурсов, схем использования водотоков, с учетом данных и положений, содержащихся в программах совершенствования структуры хозяйства, развития и размещения производственных сил и промышленных объектов, градостроительной документации и иных обязательных для использования материалов.

Типы сооружений, их параметры и компоновку следует выбирать на основании сравнения технико-экономических показателей вариантов и с учетом:

- функционального назначения сооружений;
- места возведения сооружений, природных условий района (топографических, гидрологических, климатических, инженерно-геологических, гидрогеологических, сейсмических, биологических и др.);
- условий и методов производства работ, наличия трудовых ресурсов;
- развития и размещения отраслей хозяйства, в том числе развития энергопотребления, изменения и развития транспортных потоков и роста грузооборота, развития объектов орошения и осушения, обводнения, водоснабжения, судостроения и судоремонта, комплексного освоения участков морских побережий, включая разработку месторождений нефти и газа на шельфе;
- водохозяйственного прогноза изменения гидрологического, в том числе ледового и термического, режима рек в верхнем и нижнем бьефах; заиления наносами и переформирования русла и берегов рек, водохранилищ и морей; затопления и подтопления территорий и инженерной защиты расположенных на них зданий и сооружений;
- воздействия на окружающую среду;
- влияния строительства и эксплуатации объекта на социальные условия и здоровье населения;
- изменения условий и задач судоходства, лесосплава, рыбного хозяйства, водоснабжения и режима работы мелиоративных систем;
- установленного режима природопользования (сельхозугодья, заповедники и т. п.);
- условий быта и отдыха населения (пляжи, курортно-санаторные зоны и т. п.);
- мероприятий, обеспечивающих требуемое качество воды: подготовки ложа водохранилища, соблюдения надлежащего санитарного режима в водоохранной зоне, ограничения поступления биогенных элементов (азотосодержащих веществ, фосфора и др.) с обеспечением их количества в воде не выше предельно допустимых концентраций (ПДК);
- условий постоянной и временной эксплуатации сооружений;
- требований экономного расходования основных строительных материалов;
- возможности разработки полезных ископаемых, местных строительных материалов и т.п.;
- технологии разработки нефтегазопромысловых месторождений в акватории морских шельфов, сбора, хранения и транспортировки нефти и газа; технологии демонтажа конструкций при завершении эксплуатации и ликвидации промысла;
- обеспечения эстетических и архитектурных требований к сооружениям, расположенным на берегах водотоков, водоемов и морей.

При проектировании гидротехнических сооружений надлежит обеспечивать и предусматривать:

- надежность сооружений на всех стадиях их строительства и эксплуатации;
- максимальную экономическую эффективность строительства;
- постоянный инструментальный и визуальный контроль за состоянием гидротехнического сооружения и вмещающего массива горных пород, а также природными и техногенными воздействиями на них;
- подготовку ложа водохранилища и хранилищ жидких отходов промышленных предприятий и прилегающей территории;
- охрану месторождений полезных ископаемых;
- необходимые условия судоходства;
- сохранность животного и растительного мира, в частности, организацию рыбоохранных мероприятий;
- минимально необходимые расходы воды, а также благоприятный уровненный и скоростной режимы в бьефах с учетом интересов водопотребителей и водопользователей, а также благоприятный режим уровня грунтовых вод для освоенных земель и природных экосистем.

При проектировании гидротехнических сооружений надлежит рассматривать возможность и технико-экономическую целесообразность:

- совмещения сооружений, выполняющих различные эксплуатационные функции;
- возведения сооружений и ввода их в эксплуатацию отдельными пусковыми комплексами;
- унификации компоновки оборудования, конструкций и их размеров и методов производства строительно-монтажных работ;
- использования напора, создаваемого на гидроузлах транспортного, мелиоративного, рыбохозяйственного и другого назначения, для целей энергетики.

При проектировании гидротехнических сооружений на скальных грунтах и внутри скального массива необходимо учитывать структуру скального массива, его обводненность, газоносность и естественное напряженное состояние.

2.7. Основы проектирования систем водоснабжения и канализации

Источники водоснабжения. В качестве источника водоснабжения следует рассматривать поверхностные водные объекты (моря, реки и приравненные к ним каналы, озера, водохранилища, пруды и другие внутренние водоемы) и подземные водные объекты (водоносные зоны, горизонты, бассейны подземных вод и другие). В качестве источника водоснабжения могут быть использованы наливные водохранилища с подводом к ним воды из естественных поверхностных источников. Допускается использование нескольких источников с различными гидрологическими и гидрогеологическими характеристиками. Для водоснабжения производственных предприятий надлежит рассматривать возможность повторного использования сточных вод. Для питьевых водопроводов должны максимально использоваться имеющиеся ресурсы подземных вод, удовлетворяющих санитарно-гигиеническим требованиям. Использование подземных вод питьевого качества для нужд, не связанных с питьевым водоснабжением, как правило, не допускается. Обеспеченность среднемесячных расходов воды поверхностных источников должна приниматься в зависимости от категории системы водоснабжения, определяемой согласно нижеприведенной таблице 1.

Таблица 1. – Категории системы водоснабжения и обеспеченность минимальных средних месячных расходов воды поверхностных источников [7].

Категория системы водоснабжения	Обеспеченность минимальных среднемесячных расходов воды поверхностных источников, %
I	95

II	90
III	85

При оценке использования водных ресурсов для целей водоснабжения надлежит учитывать:

- расходный режим и водохозяйственный баланс по источнику с прогнозом на 15 – 20 лет;
- требования к качеству воды, предъявляемые потребителями;
- возможность промерзания и пересыхания источника, наличие снежных лавин и селевых явлений (на горных водотоках), а также других стихийных природных явлений в водосборном бассейне источника;
- осенне-зимний режим источника и характер льдо - шуговых явлений в нем;
- запасы и условия питания подземных вод, а также возможное их нарушение в результате изменения природных условий, устройства водохранилищ или дренажа, искусственной откачки воды и т. п.;
- качество и температуру подземных вод; возможность искусственного пополнения и образования запасов подземных вод.

При оценке достаточности водных ресурсов поверхностных источников водоснабжения необходимо ниже места водоотбора обеспечивать гарантированный расход воды, необходимый в каждом сезоне года для удовлетворения потребностей в воде расположенных ниже по течению населенных пунктов, производственных предприятий, сельского хозяйства, рыбного хозяйства, судоходства и других видов водопользования, а также для обеспечения санитарных требований по охране источников водоснабжения.

В случае недостаточного расхода воды в поверхностном источнике надлежит предусматривать регулирование естественного стока воды в пределах одного гидрологического года (сезонное регулирование) или многолетнего периода (многолетнее регулирование), а также переброску воды из других, более многоводных поверхностных источников.

При расположении источников водоснабжения на территории особо охраняемых природных зон (природные парки, заповедники и т. д.) добыча и забор воды разрешается в объемах, устанавливаемых местными исполнительными и контролирующими органами, а платежи за недропользование регулируются законодательством Республики Казахстан.

Проект добычи (забора) воды должен включать специальные экологические требования.

Степень обеспечения отдельных водопотребителей при недостаточности имеющихся расходов воды в источнике и затруднительности или высокой стоимости их увеличения определяется по согласованию с Уполномоченным органом в области использования и охраны водного фонда.

Схемы и системы водоснабжения. Выбор схемы и системы водоснабжения следует производить на основании сопоставления возможных вариантов ее осуществления с учетом особенностей объекта или группы объектов, требуемых расходов воды на различных этапах их развития, источников водоснабжения, требований к напорам, качеству воды и обеспеченности ее подачи.

Сопоставлением вариантов должны быть обоснованы:

- источники водоснабжения и использование их для тех или иных потребителей;
- степень централизации системы и целесообразность выделения локальных систем водоснабжения;
- объединение или разделение сооружений, водоводов и сетей различного назначения;
- зонирование системы водоснабжения, использование регулирующих емкостей, применение станций регулирования и насосных станций подкачки;
- целесообразность организации замкнутых циклов или создания замкнутых систем водопользования.

Централизованная система водоснабжения населенных пунктов в зависимости от местных условий и принятой схемы водоснабжения должна обеспечивать:

- питьевое водопотребление в жилых и общественных зданиях, нужды коммунально-бытовых предприятий;
- питьевое водопотребление на предприятиях;
- нужды производственных и сельскохозяйственных предприятий – тушение пожаров, собственные нужды станций водоподготовки, промывку водопроводных сетей и сетей водоотведения и т. п.

Централизованные системы водоснабжения по степени обеспеченности подачи воды подразделяются на три категории:

I – Допускается снижение подачи воды на питьевые нужды в объеме не более 30% расчетного расхода и на производственные нужды до предела, устанавливаемого аварийным графиком работы предприятий; длительность снижения подачи не должна превышать 3 сут. Перерыв в подаче воды или снижение подачи ниже указанного предела допускаются на время выключения поврежденных и включения резервных элементов системы (оборудования, арматуры, сооружений, трубопроводов и др.), но не более чем на 10 мин.

II – Величина допускаемого снижения подачи воды та же, что при I категории; длительность снижения подачи не должна превышать 10 сут. Перерыв в подаче воды или снижение подачи ниже указанного предела допускаются на время выключения поврежденных и включения резервных элементов или проведения ремонта, но не более чем на 6 ч.

III – Величина допускаемого снижения подачи воды та же, что при I категории; длительность снижения подачи не должна превышать 15 сут. Перерыв в подаче воды или снижение подачи ниже указанного предела допускается на время проведения ремонта, но не более чем на 24 ч.

Объединенные питьевые и производственные водопроводы населенных пунктов при числе жителей в них более 50 тыс. чел. следует относить к I категории; от 5 до 50 тыс. чел. – ко II категории; менее 5 тыс. чел. – к III категории.

Категорию сельскохозяйственных групповых водопроводов следует принимать по населенному пункту с наибольшим числом жителей.

Водозаборные сооружения, водоводы, станции водоподготовки должны, как правило, рассчитываться на средний часовой расход в сутки максимального водопотребления.

Для систем водоснабжения населенных пунктов расчеты совместной работы водоводов, водопроводных сетей, насосных станций и регулирующих емкостей следует, как правило, выполнять для следующих характерных режимов подачи воды:

- в сутки максимального водопотребления – максимального, среднего и минимального часовых расходов, а также максимального часового расхода и расчетного расхода воды на пожаротушение;
- в сутки среднего водопотребления – среднего часового расхода;
- в сутки минимального водопотребления – минимального часового расхода.

3. Водоснабжение и водоотведение – важнейшие элементы жизнеобеспечения как составные части ИУВР

Раздел подготовил: Хенри Виес, Валерий Торубара

Бесперебойное водоснабжение всех отраслей экономики и населенных мест достигается путем создания устойчивых во времени запасов водных ресурсов (на основе регулирования или перераспределения стока и т. д.) и централизованной подачи воды потребителям. Оно связано с огромными и все возрастающими объемами гидротехнического, мелиоративного и других видов строительства, требует больших капиталовложений и эксплуатационных затрат.

Совокупность различных отраслей экономики, совместно использующих водные ресурсы одного водного бассейна, следует рассматривать как водохозяйственную систему (ВХС) участниками которой являются различные водопотребители и водопользователи (рис. 2).

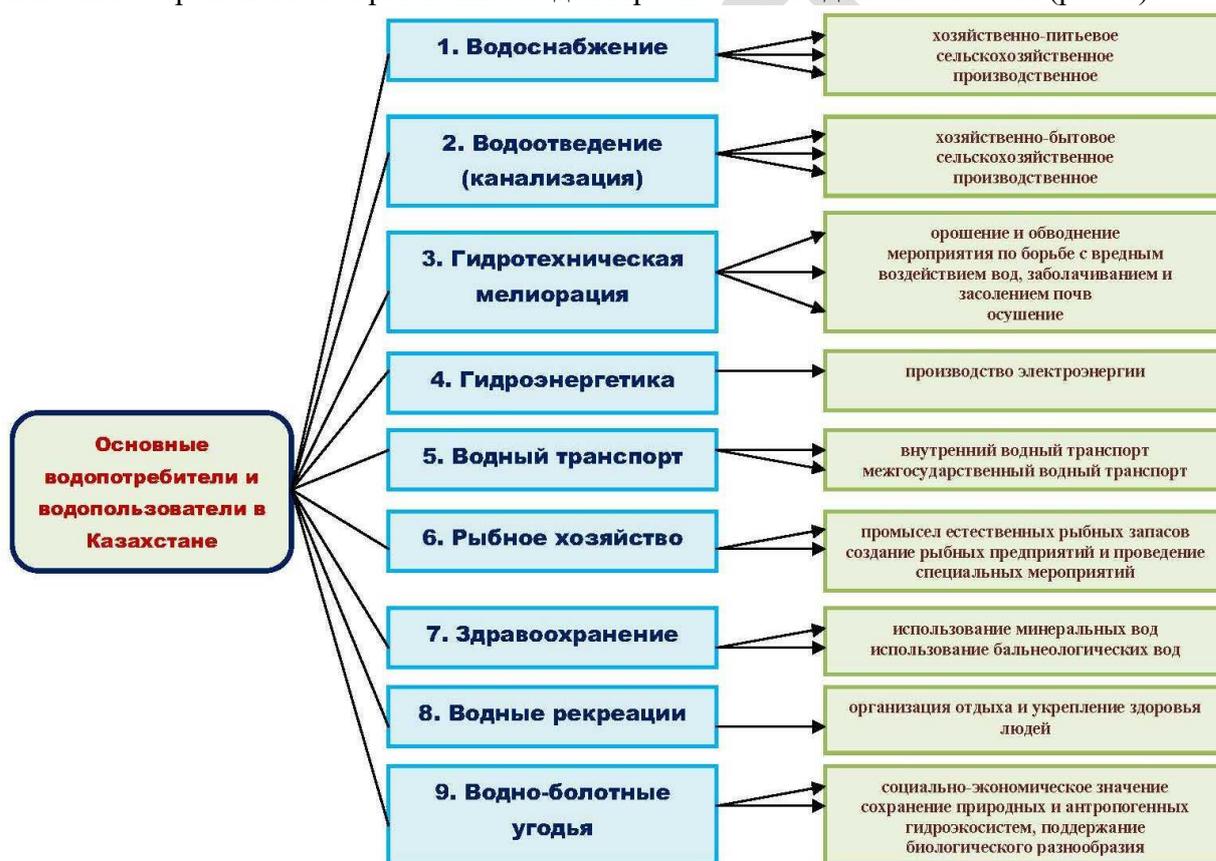


Рисунок 2 – Участники водохозяйственной системы [2]

По характеру использования водных ресурсов с известной степенью условности потребители воды делятся на водопользователей и водопотребителей.

Характерной особенностью водопользователей является то, что потребляемая ими вода не изымается из водотока, а используется в качестве источника энергии или как среда. Это приводит к тому, что одно и то же количество воды могут одновременно или последовательно использовать несколько водопользователей – гидроэнергетика, водный транспорт, лесосплав, рыбное хозяйство, отдых населения.

Иное влияние на использование водных ресурсов оказывают отрасли – водопотребители, применяющие воду в своих технологических процессах и часто безвозвратно изымающие ее из водотоков. Кроме того, эти отрасли хозяйства, являясь часто источниками возвратных вод в реки, способствуют их загрязнению. Крупными водопотребителями в промышленном производстве являются тепловые электростанции, металлургические, нефтеперерабатывающие и химические заводы, предприятия добывающей промышленности, применяющие воду для

обогащения минерального сырья, предприятия некоторых отраслей пищевой промышленности (консервной, сахарной и т. д.). Самым крупным водопотребителем в нашей стране (как и в других странах Центральной Азии) является не промышленность, а сельское хозяйство, однако это деление очень условное.

К ВХС должны предъявляться следующие требования:

- рациональное обеспечение потребителей водой в достаточном количестве, соответствующего качества и под требуемым напором;
- сохранение природных условий и гарантия охраны воды от загрязнения, засорения, истощения;
- получение наибольшей социальной эффективности при реализации целей водопользователей и водопотребителей;
- гарантии надежной и безопасной работы.

Расширение использования водных ресурсов страны приводит к возникновению различных и все более сложных водохозяйственных проблем, которые требуют решения. Важнейшей является проблема интегрированного управления водными ресурсами.

В основу интегрированного управления водными ресурсами заложены принципы сбалансированного, рационального комплексного использования и охраны водных ресурсов, при которых все потребители и пользователи воды являются заинтересованными участниками сложной водохозяйственной системы.

Начало третьего тысячелетия ознаменовано коренными изменениями в подходах к вопросам производства питьевой воды, очистки сточных вод и обработки осадков с учетом происходящих глобальных социально-экономических, экологических и других процессов:

- повышения требований к качеству жизни населения в большинстве развитых стран;
- дефицита водных ресурсов в отдельных регионах планеты;
- постоянно возрастающего уровня загрязнения водных ресурсов;
- ухудшающегося состояния окружающей среды;
- напряжения в условиях общественного социально-экономического развития и других факторов.

От решения этих проблем зависит будущее развития современной цивилизации людей и ее перспективы.

В Республике Казахстан с момента обретения им суверенитета вопросы повышения качества и эффективности систем жизнеобеспечения, в том числе систем водоснабжения и водоотведения, всегда были и остаются в числе приоритетных.

В этой связи жизненно необходимым представляется обращение к проблемам повышения качества и эффективности систем водоснабжения и водоотведения всех заинтересованных и обладающих профессиональными знаниями специалистов, к участию в их обсуждении и реализации на доступном уровне.

Важными элементами этих систем являются водоочистные комплексы (ВОС – водопроводные очистные сооружения и КОС – канализационные очистные сооружения), представляющие собой разнообразный набор технологических приемов, оборудования, средств автоматического контроля и управления, который позволяет решать поставленные задачи на современном уровне научно-технического развития.

Проблемы производства питьевой воды, очистки сточных вод в соответствии с современными стандартами, обработки, использования и утилизации осадков сточных вод в последние годы являются приоритетными во всех странах мирового сообщества.

3.1. Общие вопросы водоснабжения и водоотведения

Обеспечение населения качественными услугами водоснабжения и канализации – первостепенная задача водохозяйственной отрасли. Решение этой проблемы обеспечивается путем строительства и надежной эксплуатации, соответственно, систем водоснабжения и

водоотведения. Системы водоснабжения и водоотведения относятся к особо важным объектам жизнеобеспечения населённых пунктов.

Схемы и состав систем водоснабжения и водоотведения населённых пунктов разрабатываются местным исполнительным органом (собственником систем) на основании схем комплексного развития территорий, схем комплексного использования и охраны водных ресурсов соответствующего водного бассейна.

Составляющими элементами систем водоснабжения являются: водозаборные сооружения из поверхностных или подземных источников; очистные сооружения водоподготовки; регулирующие ёмкости; насосные станции первого и второго подъема; магистральные водопроводы (водоводы); водораспределительные сети населённого пункта; вводы в здания; системы внутреннего водоснабжения зданий; приборы учёта воды.

На рис. 3 приведена принципиальная схема централизованной системы водоснабжения из поверхностного источника водоснабжения.

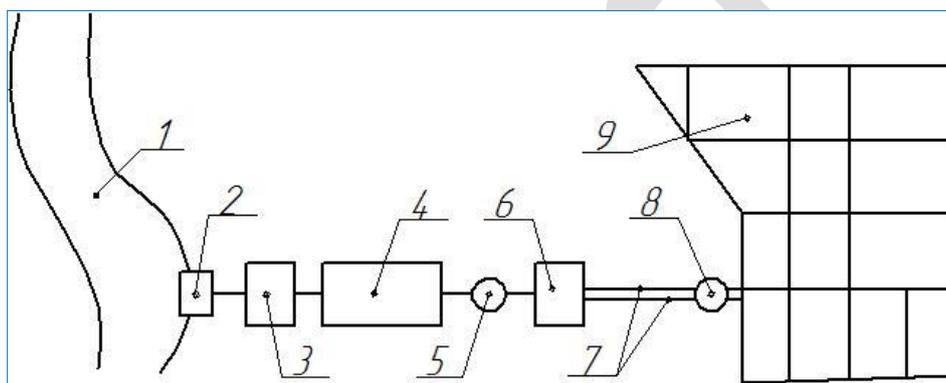


Рисунок 3. – Принципиальная схема централизованной системы водоснабжения [3]

1 – источник водоснабжения, 2 – водозаборное сооружение, 3 – насосная станция I подъема, 4 – очистные сооружения водоподготовки, 5 – резервуар чистой воды, 6 – насосная станция II подъема, 7 – водоводы, 8 – водонапорная башня, 9 – водораспределительная сеть

Система водоотведения – это технологический прием объединения или разъединения потоков сточных вод различного происхождения. Выбор наиболее эффективной системы водоотведения зависит от технологических показателей приемлемой безопасности, предъявляемой в конкретной ситуации. Обоснование применения определенной системы водоотведения должно быть комплексным.

В связи с региональным дефицитом природной воды возникает задача эффективного использования очищенных сточных вод во всех отраслях экономики. Важная задача – высокоэффективное повторно-оборотное использование воды в промышленности и применение в целях мелиорации очищенных сточных вод бытового и производственного происхождения. Разработка новых высокоэффективных ресурсосберегающих водных технологий – приоритетная задача водохозяйственной отрасли экономики. Сдерживающий фактор ее решения – отсутствие стимулирующих экономических методик, побуждающих к развитию повторно-оборотных технологий. Недостаток действовавших ранее методик заключается в том, что цена на воду была слишком занижена, но поднять ее одновременно невозможно без пагубных социально-экономических последствий. Научно-обоснованная аналитическая оценка водных ресурсов в различных регионах при разработке ТЭО вариантов технологий должна способствовать рациональному использованию ценного природного ресурса воды и его сбережению.

Составляющими элементами систем водоотведения являются: системы внутреннего водоотведения потребителей; канализационные выпуски из зданий; уличные канализационные сети населённого пункта; коллекторы; канализационные насосные станции; канализационные

очистные сооружения (аэротенки, биофильтры, пруды-накопители, пруды-испарители, биологические пруды, поля фильтрации, испарительные площадки, сооружения по обработке и утилизации осадков сточных вод и др.); сооружения для сброса очищенных сточных вод в водные объекты (водовыпуски).

На рис. 4 приведена принципиальная схема общесплавной системы водоотведения.

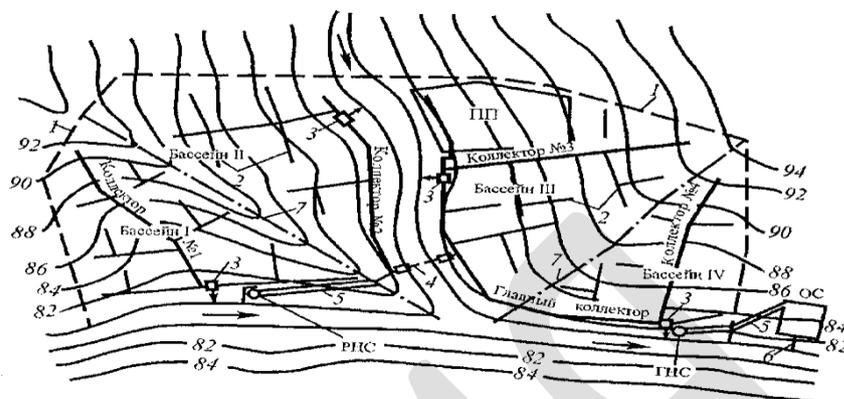


Рисунок 4. – Схема общесплавной системы водоотведения [4]

РНС – районная насосная станция; ГНС – главная насосная станция; ОС – канализационные очистные сооружения; ПП – промышленное предприятие; 1- граница города; 2 – наружная водоотводящая сеть трубопроводов (самотечная); 3 – ливнеспуски; 4 – дюкер; 5 – напорные трубопроводы; 6 – выпуск очищенных сточных вод; 7 – линии водоразделов.

Проектирование и эксплуатация современных водопроводных сооружений

Оптимизация сети водоснабжения. Производительность системы можно измерить с помощью ее цены или чистой выгоды. Для системы водоснабжения фактическая цена или чистая выгода – это надежное обеспечение водоснабжения в соответствующем количестве и с высоким качеством продукта. Например, если существующее водоснабжение города необходимо расширить для обеспечения водой нового района, воздействие новой магистрали системы должно быть спроектировано таким образом, чтобы удовлетворить новые потребности, в то же время поддерживая снабжение старой системы.

Однокритериальная оптимизация. На проектирование системы влияет множество критериев, одним из которых являются издержки. Если выгода *фиксирована*, проектирование с меньшими издержками приводит к максимальной выгоде. Несмотря на это, подход с меньшими издержками обычно влечет за собой *минимальную производительность* сети водоснабжения. Целью модели с минимальными издержками обычно является выбор решения с минимальными расходами (в размерах труб), в то же время с соответствием гидравлическим ограничениям, таким как: требуемое выходное давление, максимальная пропускная способность трубы и скорость потока трубы. Издержки напрямую зависят от диаметра трубы; следовательно, проблема оптимизации состоит в поиске решения с минимальными затратами путем оптимизации размеров трубы для обеспечения минимально приемлемой производительности.

Многокритериальная оптимизация. В то же время малая производительность не является предпочтительным решением для стабильной сети водоснабжения в долгосрочной перспективе ввиду неуверенности в будущем спросе. Желательно обеспечивать дополнительную производительность трубопровода, чтобы справиться с непредвиденным ростом спроса и прекращением подачи воды. Задача переходит от однокритериальной (снижение издержек) к многокритериальной оптимизации (снижение издержек и повышение пропускной способности).

Метод взвешенной суммы. Для решения задачи многокритериальной оптимизации необходимо перевести ее в задачу однокритериальной оптимизации, используя корректировки, такие как взвешенная сумма критериев или метод ε -условия. Подход со взвешенной суммой наделяет различные критерии определенным весом, и затем коэффициенты такого веса формируют однокритериальную функцию, которую можно решить с помощью однофакторной оптимизации. Данный метод дает не полностью удовлетворительный результат, поскольку вес невозможно выбрать правильно, поэтому с таким подходом невозможно найти оптимальное решение для всех исходных критериев.

Метод условия. Во втором подходе (метод условия) в качестве одного критерия выбирается одна из функций критерия, а другие функции критерия принимаются за условия с ограниченным значением. Несмотря на это, оптимальное решение зависит от заранее определенных ограничений условия.

Анализ чувствительности. Задачи многокритериальной оптимизации включают расчет оптимального соотношения между затратами и выгодой, что приводит к ряду решений, которые могут использоваться для анализа чувствительности и тестироваться в различных сценариях. Однако не существует единого оптимального решения, которое будет удовлетворять общим требованиям оптимальности для обоих критериев. Поскольку оба критерия в некоторой степени противоречивы, невозможно оптимизировать один критерий, не жертвуя другим. Необходимо в некоторых случаях использовать другой подход и выбирать лучшее сочетание.

Эксплуатационные ограничения. Возвращаясь к функции критерия издержек, следует отметить, что она не может нарушать ни одно из эксплуатационных ограничений. В целом, в данных издержках преобладают энергетические затраты на перекачку. Эксплуатационные ограничения включают стандарты клиентского обслуживания, а именно: минимальное выходное давление, помимо физических ограничений, таких как максимальные и минимальные уровни воды в резервуарах для хранения, чтобы предотвратить переполнение и опустошение соответственно.

Чтобы оптимизировать эксплуатационные характеристики сети водоснабжения и в то же время снизить энергозатраты, необходимо спрогнозировать влияние различных конфигураций насоса и клапанов на функционирование сети.

Помимо линейного и нелинейного программирования, существуют другие методы и подходы к проектированию, управлению и эксплуатации сети водоснабжения, чтобы достичь устойчивости: например, адаптация подходящей технологии в сочетании с эффективными стратегиями в сфере эксплуатации и техобслуживания. Такие стратегии должны включать модели эффективного управления, техническую поддержку домовладельцев и отраслей промышленности, механизмы стабильного финансирования, а также разработку надежных каналов снабжения. Все вышеуказанные меры должны гарантировать следующее: срок службы системы, цикл технического обслуживания, продолжительность функционирования, время простоя для ремонта, производительность водоснабжения и качество воды.

Цели системы водоснабжения:

- снабжение безопасной, привлекательной с эстетической точки зрения водой;
- надежное пространство для водоснабжения и соответствующее время;
- эффективное использование и защита вод;
- баланс между водозабором и водоотдачей.

Сферы деятельности водоснабжающих компаний:

- определение водопотребности;
- добыча сырой воды;
- перекачка воды;

- очистка воды;
- хранение воды;
- распределение воды.

Снабжение по запросу:

- Часовые отклонения зависят от :
 - распорядка дня;
 - структуры и размера местности (сельской, городской).
- Ежегодные расхождения зависят от
 - времени года;
 - климата;
 - времени отдыха (выходные, праздники).

Потребители воды

Потребителями воды являются (рис. 5):

- домохозяйства: питьевая вода, приготовление пищи, смыв в туалете, душ, гигиенические процедуры, мытье посуды, уборка, определение числа жителей;
- сельское хозяйство: орошение, пищевое производство, кормление животных;
- коммерция и промышленность: водопотребление зависит от производственных процессов, объем производства меняется, как и водопотребление;
- государственные учреждения: школы, больницы, административные здания, кладбища.



Рисунок 5. – Основные потребители системы водоснабжения [5]

3.2. Цели и требования к снабжению чистой питьевой водой

Вода принципиально важна для жизни. Объем требуемой питьевой воды различен. Он зависит от физической деятельности, возраста, проблем со здоровьем и экологических условий.

Питьевая вода – это вода, уровень безопасности которой достаточен для питья и приготовления пищи. Обычно в развитых странах водопроводная вода соответствует стандартам качества питьевой воды, даже если потребляется или используется для приготовления пищи лишь незначительная ее часть. Другие распространенные цели использования включают мытье, гигиенические процедуры и орошение.

В 2014 г. у 89% населения Земли был доступ к воде, подходящей для питья. Приблизительно у 4 млрд человек был доступ к водопроводной воде, в то время как у еще 2,3 млрд – к колодцам и общественной водопроводной магистрали. 1,8 млрд человек все еще используют небезопасные источники питьевой воды, которые могут быть заражены. Снижение уровня заболеваний, передаваемых через воду, а также разработка безопасных источников

снабжения водой – основная цель в сфере общественного здравоохранения в развивающихся странах.

Водоснабжение – подача воды через коммунальные сооружения, коммерческие организации, благодаря усилиям сообщества или отдельных лиц, обычно с помощью насосных и трубопроводных систем. Орошения рассматриваются отдельно. За водоснабжение отвечает целый ряд учреждений. Основное различие проводится между учреждениями, ответственными за политику и правовое регулирование, – с одной стороны, и учреждениями, ответственными за предоставление услуг, – с другой.

Цели по снабжению питьевой водой включают три составляющих, а именно:

- Водоснабжение в достаточном количестве, с достаточным качеством и давлением: снабжение чистой водой, в частности водой, очищенной от фекалий из-за недостаточной санитарной обработки, – единственный, наиболее важный показатель общественного здоровья.

- Поддержание стоимости подачи достаточного количества безопасной питьевой воды для общества на минимальном уровне. Стоимость подачи воды состоит в значительной степени из фиксированных издержек (капитальные затраты и затраты на персонал) и лишь в незначительной степени – из различных издержек, зависящих от объема потребляемой воды (в основном – энергии и химических веществ). Полная стоимость водоснабжения в городских районах развитых стран составляет приблизительно 1–2 долл. США за куб. метр в зависимости от местных издержек и уровня местного водопотребления. Стоимость санитарной обработки (канализационно-очистные сооружения) – еще 1–2 долл. США за куб. метр. Данная стоимость незначительно ниже в развивающихся странах. Во всем мире лишь часть данной стоимости обычно включается в счета потребителей на оплату, остаток покрывается за счет прямых и косвенных субсидий со стороны местных, региональных и национальных органов управления.

- Защита природы и окружающей среды, а также гарантии устойчивого управления водными ресурсами. Определение и измерение устойчивости является основной задачей. Постоянной задачей лиц и руководителей в сфере планирования ресурсов является выявление многочисленных факторов воздействия и ситуаций выбора, появляющихся в результате понимания того, что мы, живущие сегодня, можем захотеть сделать для самих себя и своих потомков следующего поколения. А также предположить то, что еще не родившиеся потомки захотели бы, чтобы мы сделали (или не сделали) для них в определенном отдаленном будущем. Данная задача может требовать участия специалистов из других областей в более широком контексте, а не просто в отношении управления водными ресурсами. После выявления таких факторов воздействия и ситуаций выбора лишь через политический процесс можно решить, когда они находятся в противоречии. Каждый из нас должен стать частью этого процесса принятия решения.

Требования к питьевой воде. В стандартах качества для питьевой воды описываются параметры качества, установленные для питьевой воды. Для питьевой воды общепризнанных и принятых международных стандартов нет. Даже когда стандарты существуют и применяются, допустимая концентрация отдельных составляющих элементов может варьироваться вплоть до десяти раз в зависимости от комплекса стандартов. В идеале – вода должна быть бесцветной, чистой, охлажденной, без запаха, безопасной и иметь соответствующие вкусовые качества.

Источники питьевой воды. Вопрос выбора. Практически у каждого сообщества есть ряд источников чистой воды. Большинство источников различаются по типам технологий, требуемых для доставки воды людям, и с каждым из таких вариантов технологий связаны различные издержки. Оптимальная ситуация – это когда общество через органы исполнительной власти полностью проинформировано о вариантах, знает о сопутствующих издержках и преимуществах, а также желает управлять своими источниками питьевой воды.

Задачей управляющего водными ресурсами является определение ряда вариантов, а также предоставление лицам, принимающим решение, возможности выбрать различные источники, которые делают данный выбор подходящим для ситуации.

Любая оценка должна проводиться на основании точных инвентарных ведомостей. Местные лица, принимающие решение, должны быть осведомлены о потенциальных источниках, должны понимать уровень издержек и преимуществ из всех доступных технологических вариантов, оценивать все доступные (финансовые и нефинансовые) ресурсы, а также принимать управленческие решения, поддерживающие баланс издержек и преимуществ различных стратегий.

Система водоснабжения, или сеть водоснабжения, – система сконструированных гидрологических и гидравлических компонентов, обеспечивающих подачу воды. Система водоснабжения обычно включает:

- дренажный бассейн;
- точки сбора сырой воды (подземной или надземной), где собирается вода, такие как озеро, река или подземная вода из подземного водоносного пласта. Сырая вода может переноситься к водоочистным сооружениям с помощью открытых наземных акведуков, закрытых гидроканалов или подземного водопровода.
- водоочистные сооружения. Очищенная вода перекачивается с помощью водопровода (обычно – подземного);
- резервуары для хранения воды, такие как контейнеры, баки для воды или водонапорные башни. Меньшие водопроводные системы могут хранить воду в цистернах или сосудах давления. Могут также понадобиться высокие здания для локального хранения воды в сосудах давления, чтобы вода достигла верхних уровней;
- размещение (при необходимости) дополнительных компонентов по повышению давления воды, таких как насосные станции на выходе из подземных или надземных резервуаров или цистерн (если гравитационное течение труднореализуемо);
- сеть водопроводов для распределения воды к потребителям (в виде частных домов или промышленных, коммерческих или административных учреждений) и другим точкам потребления (таким как пожарные колонки).

Ресурсы питьевой воды. Общественные водопроводные системы получают воду из двух источников: поверхностная и грунтовая воды. Люди ежедневно используют поверхностную и подземную воду для различных целей, включая приготовление пищи, употребление и в гигиенических целях.

Поверхностная вода. Поверхностная вода – вода, собирающаяся на поверхности или в потоке, реке, озере, пруду или океане. Поверхностная вода постоянно пополняется благодаря осадкам, убывает из-за испарения и проникновения в водоснабжение на базе грунтовых вод.

Грунтовая вода. Грунтовая вода, которую можно получить посредством бурения скважин, – это вода, находящаяся под земной поверхностью, в порах и промежутках горных пород. Ее качество находится в прямой зависимости от геологических условий и характеризуется низким содержанием кислорода, органических веществ, бактерий и патогенных организмов, высокой концентрацией растворенного углекислого газа, растворенного железа и/или марганца.

Выкачивание грунтовых вод – это процесс получения воды из подземного источника, временный или постоянный. Большая часть воды используется для орошения или очистки с целью получения питьевой. В зависимости от законодательства по охране окружающей среды соответствующей страны, выкачивание грунтовых вод может контролироваться для ограничения объема воды, который можно извлечь. Избыточное выкачивание может привести к высыханию рек или неприемлемому снижению уровня грунтовых вод.

Наука **гидрогеология** используется для оценки безопасных уровней выкачивания, которое осуществляется из мелких или глубоких скважин, пробуренных в водоносном пласте (рис. 6).

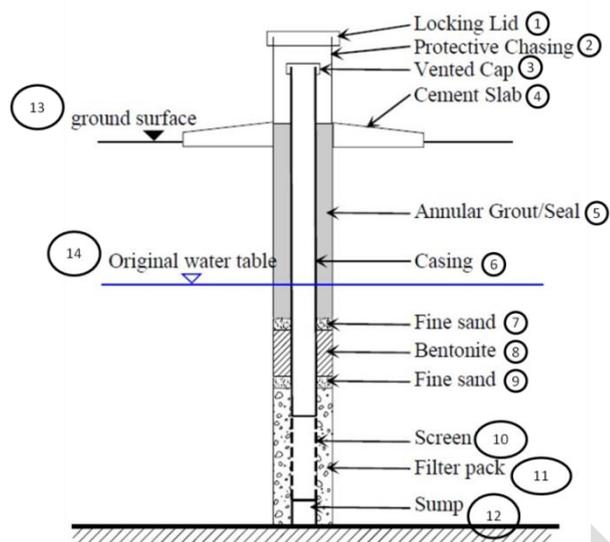


Рисунок 6. – Скважина выкачивания грунтовых вод [6]

1. Запирающий колпау; 2. Защитная резьба; 3. Крышка с отверстием; 4. Цементная плитка; 5. Кольцевое уплотнение; 6. Обшивка; 7. Мелкий песок; 8. Bentonite; 9. Мелкий песок; 10. Экран; 11. Фильтрующий элемент; 12. Поддон; 13. Поверхность воды; 14. Изначальный уровень воды.

Преимущества грунтовых вод – это их безопасность с гигиенической точки зрения; могут наблюдаться лишь незначительные колебания в качестве и температуре; в основном, процессы высококачественного естественного самоочищения приводят к меньшим затратам на очистку.

Недостатки – это их часто ограниченная доступность, высокие затраты, связанные с разработкой и эксплуатацией ресурсов грунтовых вод; более глубокие безопасные и дорогостоящие, а также требуемые навыки по планированию, бурению и эксплуатации.

Весенняя вода. Весенняя вода (родниковая вода) – это грунтовая вода, поднимающаяся на поверхность грунта, естественный сброс грунтовых вод. Такая вода – из подземного источника и может не проходить очистку или обработку, несмотря на то что «весенняя вода» звучит более привлекательно. Ее качество зависит от геологии, через которую она проходит, и, поскольку вода движется через подземные породы, она может содержать растворенные минералы (рис. 7).

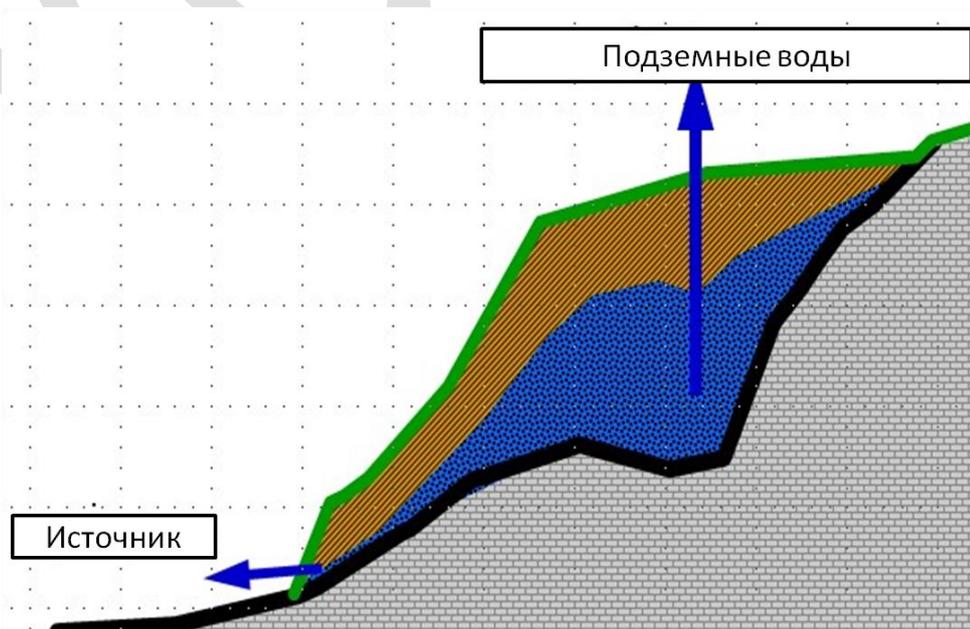


Рисунок 7. – Выкачивание родниковой воды [7]

Береговая фильтрация. Береговая фильтрация – это тип фильтрации, когда вода, проходящая очистку для потребления в качестве питьевой, пропускается через берега реки или озера. Затем она отводится с помощью добывающих скважин, находящихся на определенном расстоянии от водного резервуара. Благодаря данному процессу можно напрямую получить питьевую воду, или этот процесс может стать относительно простым способом предварительной обработки питьевой воды для дальнейшей очистки (рис. 8).

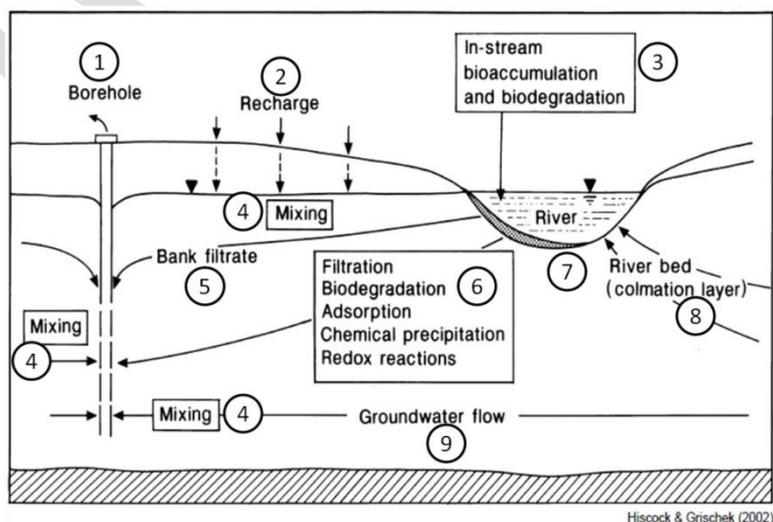
Возможны три механизма фильтрации. **Физическая фильтрация**, или **фильтрация под давлением**, проводится, когда взвешенные частицы слишком крупны, чтобы пройти через поровое пространство между частицами аллювиальной почвы. **Биологическая фильтрация** проводится, когда почвенные микроорганизмы удаляют или поглощают растворенный или взвешенный органический материал и химические биогенные элементы. **Химическая фильтрация** или ионный обмен может происходить, когда грунты водоносного пласта вступают в реакцию с растворимыми химическими веществами в воде.

Грунтовая вода, очищенная с помощью береговой фильтрации, – это поверхностная вода, которая проникла в грунт и имеет подобные свойства, как и поверхностные воды. На ее *качество* влияет поверхностная вода, из которой она появилась, и ее качество представляет собой нечто среднее между качеством поверхностной и грунтовой вод. Загрязняющие вещества удаляются благодаря биогеохимическим взаимосвязям в почве, и такая вода отводится с помощью добывающих скважин, находящихся на определенном расстоянии от водного резервуара.

Большая часть «обычных» загрязняющих веществ (микробиальные организмы или органические загрязнители) удаляется с помощью **береговой фильтрации** потому, что они отфильтровываются береговым песком/землей или потому, что времени прохождения (которое исчисляется днями или, теоретически, неделями) достаточно, чтобы сделать их неактивными. Результаты исследования также доказали, что эффективность их удаления зависит не только от загрязняющего вещества, но также и от гидравлических и химических характеристик донных осадков и водоносного пласта, локальных условий впуска-выпуска, биохимических процессов.

Также были признаки того, что некоторые фармацевтические вещества (следы медицинских препаратов, использованных человеком) могут не всегда в достаточной мере удаляться с помощью береговой фильтрации и что в зонах со значительным уровнем загрязнения данного типа требуется дополнительная очистка.

По сравнению с непосредственным выкачиванием весенней воды, существующая защита от загрязнения с помощью удаления патогенов – это более надежный источник воды, независимо от прогнозируемых климатических изменений.



Hiscock & Grischek (2002)

Рисунок 8. – Выкачивание берегового фильтрата [8]

1. Буровая скважина; 2. Пополнение грунтовых вод; 3. Внутренняя биоаккумуляция и биodeградация; 4. Смешивание; 5. Береговой фильтрат; 6. Фильтрация, биodeградация, поглощение, химические осадки, окислительно-восстановительные реакции; 7. Река; 8. Устье реки (слой коагулирования); 9. Поток грунтовых вод.

Поверхностная вода – это общий термин, описывающий любой водный резервуар, который протекает или неподвижно находится на поверхности, пополняемый естественным образом благодаря осадкам (река, озеро, заболоченные земли или океан).

Незасоленная поверхностная вода пополняется благодаря осадкам и грунтовым водам. Она убывает из-за испарения, проникновения в почву, где становится грунтовыми водами, используется растениями для транспирации, добывается людьми в сельскохозяйственных, промышленных, хозяйственных и других целях и сбрасывается в море, где становится соленой.

Качество напрямую зависит от временных и пространственных вариаций (температура, кислород), зачастую содержит высокий уровень взвешенного вещества и большую концентрацию органического материала, патогенов, нутриентов (воздействие землепользования, сброса отходов, удобрения) (рис.9, рис. 10).



Рисунок 9. - Водозаборная плотина башенного водовыпуска [9]

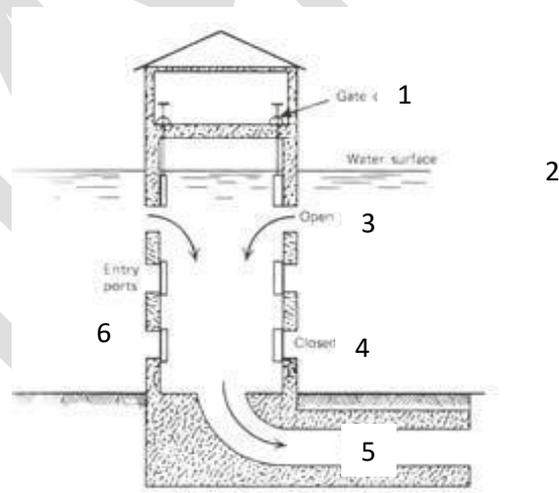


Рисунок 10 – Башенный водозабор поверхностных вод [10]

1. Контроль ворот; 2. Поверхность воды; 3. Открытый вход; 4. Закрытый вход; 5. Выход; 6. Точки входа

Преимущества поверхностных вод – доступность в большом количестве, легкая возможность их получения и низкие затраты, связанные со строительством и выкачиванием. В то же время имеются недостатки: временные и пространственные вариации в качестве и температуре; биохимические свойства требуют защиты и контроля; уязвимость к форс-мажорным обстоятельствам, потопам, падениям давления.

Защита заборной воды. Даже при том что большая часть общественной питьевой воды (особенно из источников поверхностной воды) очищается перед поступлением в дом, стоимость такой очистки и риски для общественного здравоохранения можно минимизировать, защищая заборную воду от загрязнения.

3.3. Процессы в снабжении питьевой водой

Загрязнение воды – загрязнение водных резервуаров (озер, рек, океанов, водоносных пластов и грунтовых вод). Эта форма экологической деградации наблюдается, когда загрязняющие вещества напрямую или косвенно сбрасываются в водные резервуары без соответствующей очистки для удаления вредных веществ. Вода обычно считается загрязненной, когда на ее свойства воздействуют антропогенные загрязняющие вещества и

когда она не предназначена для потребления человеком, как например питьевая вода, или проходит через значительные преобразования в своей способности поддерживать биотические сообщества, живущие в ней, такие как рыба. Природные явления, такие как вулканы, рост уровня морских водорослей, штормы и землетрясения приводят к сильным изменениям качества и экологического состояния воды.

Загрязнение воды – основная глобальная проблема, требующая постоянной оценки и анализа политики использования водных ресурсов на всех уровнях (международных, вплоть до отдельных водоносных пластов и скважин). Предполагается, что загрязнение воды – лидирующая во всем мире причина смертей и заболеваемости, обуславливающая смертельные случаи – более 14 000 человек ежедневно. Помимо острых проблем с загрязнением воды в развивающихся странах, развитые страны также продолжают бороться с проблемами загрязнения.

Загрязнение воды сказывается на целых популяциях растений и организмов биосферы, живущих в данных водных резервуарах. Практически во всех случаях воздействие оказывается не только на отдельные виды и популяции, но также на природный биоценоз. Обычными загрязняющими веществами являются нутриенты (азот, фосфор и др.), наносы, химические токсичные вещества (пестициды, промышленный углеводород и др.), патогены (заболевания, переносимые водой) и тепловое загрязнение (тепло).

Местные источники. Местные источники загрязнения воды – загрязняющие вещества, проникающие в проток через единичный, легко определимый источник, например трубу или желоб. Примеры источников данной категории включают выброс из очистных канализационных сооружений, заводов или городской ливневой канализации.

Поверхностные источники загрязнения (ПИЗ) – рассеянное загрязнение, которое происходит не от одного единого явного источника. ПИЗ – зачастую совокупный эффект небольшого количества загрязняющих веществ, собранных с большого участка. Типичным примером является вымывание азотных соединений из удобряемых сельскохозяйственных земель. Сток нутриентов из поверхностного течения в дождевую воду на сельскохозяйственное поле или лес также считается примером загрязнения ПИЗ.

Загрязненная **дождевая вода**, которая вымывается из мест парковки, дорог и магистралей, называемая городским стоком, иногда включается в данную категорию загрязнения ПИЗ. Несмотря на это, поскольку данный сток обычно попадает в ливнеприемную систему и сбрасывается через выпуск в местные поверхностные воды, он становится местным источником.

Загрязнение грунтовых вод. Взаимосвязи между грунтовыми водами и поверхностной водой сложны. Следовательно, загрязнение грунтовых вод, также называемое загрязнением подземных вод, сложно классифицировать как загрязнение поверхностных вод. По своей природе пласты грунтовых вод подвержены загрязнениям из источников, которые могут косвенно влиять на резервуары поверхностных вод, и разделение поверхностных источников от местных может быть нецелесообразным. Разлив или постоянный выброс химических веществ или радионуклидов в почву (находящуюся далеко от резервуара поверхностных вод) может не создавать поверхностного или местного источника загрязнения, а загрязнять водоносный пласт ниже, создавая токсичный факел. Движение факела, называемое фасом факела, можно анализировать с помощью гидрологической транспортной модели или модели грунтовых вод. Анализ загрязнения грунтовых вод может быть сосредоточен на характеристиках грунта и геологии, гидрогеологии, гидрологии и природе загрязняющих веществ площадки.

Причины. Особые загрязняющие вещества, приводящие к загрязнению воды, включают широкий спектр химических агентов, патогенов и физические изменения, такие как повышение температуры и обесцвечивание. В то время как многие регулируемые химические вещества и соединения могут появляться природным образом (кальций, натрий, железо, марганец и пр.), концентрация зачастую является ключевой в определении природных компонентов воды и того, что является загрязняющим веществом. Высокие концентрации встречающихся в природе веществ могут отрицательно воздействовать на водную флору и фауну.

Вещества, потребляющие кислород, могут являться как природными материалами, к примеру, растительное вещество (листья и трава), так и искусственными веществами. Прочие естественные и антропогенные вещества могут вызывать мутность (непрозрачность), которая препятствует свету и нарушает рост растений, а также закупоривает жабры рыб некоторых видов.

Многие из химических веществ токсичны. Патогенные организмы могут вызывать заболевания, передающиеся через воду, как у животных, так и у их владельцев. Изменениями в физической химии воды являются изменения кислотности (изменение pH), электропроводности, температуры и эвтрофикация. Эвтрофикация – это повышение концентрации питательных химических веществ в экосистеме в достаточной степени для повышения первичной продуктивности экосистемы. В зависимости от степени эвтрофикации могут иметь место последующие отрицательные воздействия на окружающую среду, такие как аноксия (кислородное обеднение) и резкое снижение качества воды, влияющие на рыбу и популяции других животных.

Патогенные организмы. Микроорганизмы – возбудители болезней – называются патогенными организмами. Хотя подавляющее большинство бактерий либо безвредны, либо полезны, некоторые патогенные бактерии способны вызывать заболевания. В качестве бактериального показателя загрязнения воды повсеместно используются колиподобные бактерии, которые на самом деле не являются причиной заболевания. Среди других микроорганизмов, которые иногда находятся в поверхностных водах, вызывающих у людей проблемы со здоровьем, следующие:

- бактерии рода буркхольдерий;
- криптоспоридии парвум;
- лямблия кишечная;
- сальмонелла;
- норовирус и другие вирусы;
- паразитические черви, в том числе род Шистосомы.

Высокое содержание патогенных организмов может быть связано с местными санитарными системами (септическими резервуарами, выгребными ямами) или недостаточно обрабатываемыми сбросами сточных вод. Это может быть вызвано установкой для очистки сточных вод, сконструированной без вторичной очистки (что больше типично для менее развитых стран). В развитых странах в сравнительно старых городах с ветшающей инфраструктурой могут иметься дающие утечку канализационные системы (трубы, насосы, клапаны), которые вызывают переполнение канализационных труб. В некоторых городах также существуют общесплавные коллекторы, которые могут выпускать необработанные стоки во время ливней с ураганами. Патогенные стоки также могут быть связаны с плохо управляемыми животноводческими хозяйствами.

Органические загрязнители воды – это:

- моющие средства;
- побочные продукты дезинфекции, имеющиеся в химически дезинфицированной питьевой воде, к примеру, хлороформ;
- отходы пищевой промышленности, среди которых могут находиться вещества с высоким БПК и жиры;
- инсектициды и гербициды, огромный диапазон органогалидов и других химических соединений;
- нефтяные углеводороды, в том числе топливо (бензин, дизельное топливо, реактивное топливо и топливная нефть) и смазочные материалы (моторное масло), а также побочные продукты сгорания топлива из ливневой канализации;
- летучие органические соединения, такие как промышленные растворители, связанные с ненадлежащим хранением;

- хлорированные растворители, которые являются плотными жидкостями не в водной фазе, могут оседать на дне водоемов, так как плохо смешиваются с водой и являются более плотными: полихлорированный бифенил (ПХБ), трихлорэтилен;
- перхлорат;
- различные химические соединения, имеющиеся в средствах личной гигиены и косметических средствах;
- лекарственное загрязнение, связанное с лекарственными препаратами и их метаболитами.

Неорганические загрязнители воды – это:

- кислотность, связанная с промышленными сбросами (в особенности двуокиси серы с электростанций);
- аммиак из отходов пищевой промышленности;
- химические отходы как побочные продукты промышленности;
- содержащие питательные вещества (нитраты и фосфаты) удобрения, которые имеются в ливневом стоке сельского хозяйства, а также коммерческого и жилого сектора;
- тяжелые металлы из автомобильного транспорта (через городской ливневый сток) и отвод кислотных шахтных вод;
- ил (осадок) в стоке со строительных площадок, лесозаготовок, связанных с подсечно-огневым земледелием или местами расчистки местности.

Макроскопическое загрязнение, к примеру, крупные видимые предметы, загрязняющие воду, в контексте городской ливневой воды можно назвать «плавающими твердыми частицами», а в открытом море – морским мусором; оно может включать следующее:

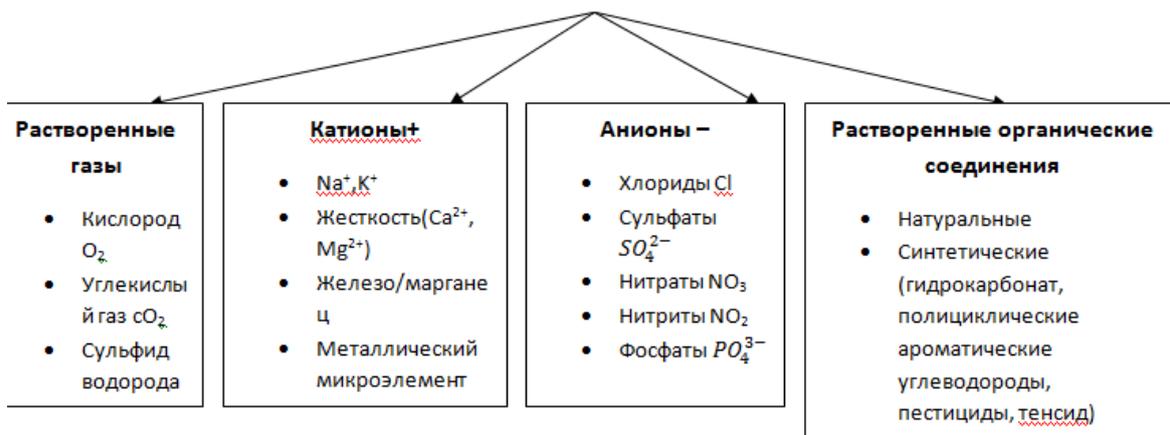
- отбросы или мусор (к примеру, бумагу, пластик или пищевые отходы), выбрасываемые людьми на земле, наряду со случайным или намеренным выбросом мусора смываемые дождем в ливневые стоки и в итоге выбрасываемые в поверхностные воды;
- пластмассовые гранулы, небольшие встречающиеся повсюду гранулы пластмассы в воде.

Тепловое загрязнение. Тепловое загрязнение – это повышение или снижение температуры естественного водоема, вызванное влиянием человека. Тепловое загрязнение, в отличие от химического, приводит к изменению физических свойств воды. Распространенной причиной теплового загрязнения является использование воды в качестве охладителя на электростанциях и промышленными производителями. Повышенная температура воды снижает содержание кислорода, что может приводить к гибели рыбы и менять состав пищевой цепочки, снижать биоразнообразие видов, а также содействовать инвазии новых теплолюбивых видов. Сток с городской территории также может повышать температуру поверхностных вод.

Тепловое загрязнение также может быть вызвано выбросом очень холодной воды из основания водоемов в более теплые реки.

Качество воды – это химические, физические, биологические и радиологические характеристики воды (таблица 2). Это мера состояния воды относительно требований одного или нескольких биотических видов, а также любой потребности или цели человека. Чаще всего термин «качество воды» используется с учетом комплекса стандартов, относительно которых можно оценить соответствие. Наиболее распространенные стандарты, используемые для оценки качества воды, связаны со здоровьем экосистем, безопасностью соприкосновения для человека и питьевой водой.

Таблица 2 – Параметры качества воды [16].



Стандарты. В процессе установления стандартов органы принимают политические и технические/научные решения о том, как будет использоваться вода. В случае природных водоемов они также выполняют реальную оценку идеальных условий. С различными способами использования связаны разные проблемы, а следовательно, рассматриваются и разные стандарты. Природные водоемы не одинаково реагируют на условия окружающей среды.

подавляющее большинство поверхностных вод на планете не является ни питьевым, ни токсичным. Это утверждение остается верным и без учета морской воды в океанах (слишком соленой для питья). Другим общепринятым представлением о качестве воды является представление о простом свойстве, указывающем на то, загрязнена вода или нет. На самом деле качество воды – это сложная тема отчасти потому, что вода – это сложная среда, по сути своей связанная с экологией Земли. Промышленная и коммерческая деятельность (производство, горные работы, строительство, транспорт) является важнейшей причиной загрязнения воды наряду со стоками из сельскохозяйственных районов, городскими стоками и сбросом обработанных и необработанных сточных вод.

Категории. Параметры качества воды определяются ее назначением. Работа в области качества воды, как правило, сосредоточена на воде, обрабатываемой с целью потребления человеком, использования в промышленности или в окружающей среде.

Потребление человеком. Среди загрязняющих веществ в необработанной воде могут находиться: микроорганизмы, к примеру, вирусы, простейшие и бактерии; неорганические загрязнители, к примеру, соли и металлы; органические химические загрязнители, связанные с промышленными технологиями и использованием нефти; пестициды и гербициды, а также радиоактивные загрязнители. Качество воды зависит от местной геологии и экосистемы, а также использования человеком, например, рассредоточения канализации, промышленного загрязнения, использования водоемов в качестве теплопоглотителей и чрезмерного использования (которое может снижать уровень воды).

В городских массивах по всему миру технология очищения воды используется в городских водопроводах для удаления загрязнителей из воды источников (поверхностных или грунтовых вод) до отправки в дома, на предприятия, в школы и другим получателям. Вода, извлекаемая непосредственно из ручья, озера или водоносного пласта и не проходящая обработку, будет обладать сомнительным качеством.

Производственное и бытовое потребление. Растворенные вещества могут повлиять на пригодность воды для целого ряда производственных и бытовых назначений. Наиболее известным из них, вероятно, является наличие ионов кальция и магния, которые препятствуют очищающему действию мыла, а также могут образовывать твердые сульфатные и мягкие карбонатные отложения в водонагревателях или бойлерах. Для удаления этих ионов жесткую воду можно смягчить. Процесс смягчения часто заменяют катионы натрия. Жесткая вода может быть предпочтительнее мягкой в случае потребления человеком, так как с избытком натрия и дефицитом кальция и магния связывают проблемы со здоровьем. Смягчение снижает питательность и может повысить эффективность очистки.

Качество природных вод, также известное как **качество воды в водных объектах,** относится к таким водоемам, как озера, реки и океаны. Стандарты качества воды для поверхностных вод значительно отличаются в зависимости от условий окружающей среды, экосистем и предполагаемого использования человеком. Токсичные вещества и значительные популяции определенных микроорганизмов могут представлять собой риск для здоровья при использовании не для питья – к примеру, для орошения, плавания, рыбной ловли, сплава, лодочного спорта и в производственных целях. Эти условия также могут воздействовать на фауну, пользующуюся водой для питья или в качестве среды обитания. Современное законодательство о качестве воды в целом особо оговаривает защиту рыбных хозяйств и использование в рекреационных целях и требует как минимум поддержания текущих стандартов качества.

Исключения для указаний по качеству воды таковы:

- Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ): Указания по качеству питьевой воды;
- Европейская директива 98/83/EG по качеству питьевой воды (таблица 3);
- Постановление Германии о качестве питьевой воды.

Они определяют микробиологические, токсикологические, эстетические и/или эксплуатационные стандарты.

Таблица 3. – Европейские стандарты питьевой воды [16].

Параметры	Измерение	Европейские стандарты питьевой воды
Температура	$^{\circ}\text{C}$	
Удельная электропроводность	μ	2500
pH	–	6,5...9,5
Кислород (O_2)	Мг/л	
Натрий(Na^+)	Мг/л	200
Калий(K^+)	Мг/л	12
Хлор(Cl^-)	Мг/л	250
Нитрат(NO_3^-)	Мг/л	50
Нитрит(NO_2^-)	Мг/л	0,1
Сульфат(SO_4^{2-})	Мг/л	240
Кальций(Ca^{2+})	Мг/л	400
Магний(Mg^{2+})	Мг/л	50

Железо(Fe²⁺)	Мг/л	0,2
Марганец(Mn²⁺)	Мг/л	0,05
Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ)(С)	Мг/л	0,0002
Фосфат(PO₄³⁻)	Мг/л	6,7
COD_{Mn}	Мг/л O ₂	5
Растворённый органический углерод	Мг/л	

Технологии водообработки. Водообработка – это любой процесс, делающий воду более приемлемой для определенного конечного использования. Это конечное использование может являться питьем, производственным водоснабжением, орошением, поддержанием течения реки, водной рекреацией или любым из множества других использований, среди которых безопасное возвращение в окружающую среду. Водообработка удаляет загрязнители или снижает их концентрацию, благодаря чему вода становится пригодной для желаемого конечного использования.

Процесс водообработки может незначительно отличаться в различных местах в зависимости от технологии установки и воды, которую следует обрабатывать, но основные принципы в целом одинаковы. Технология и степень обработки зависит от источника и качества воды, структуры и качества системы распределения, методики, основанной на физико-химических законах и биологическом метаболизме, а также устранении органических и неорганических веществ (таблица 4).

Примеры технологий водообработки:

- дезинфекция (уничтожение патогенных организмов);
- аэрация / газообмен;
- коагуляция (добавление химических веществ для увеличения массы твердых частиц);
- флокуляция (группирование твердых веществ в воде);
- осаждение;
- фильтрация (устранение твердых веществ);
- мембранная фильтрация (наночелювчатая, обратный осмос);
- устранение железа и марганца;
- денитрификация;
- смягчение;
- химическая стабилизация;
- адсорбция активированным углем.

Выбор метода очистки от загрязнителей зависит от качества сырой воды и решения о наличии или отсутствии необходимости предварительной обработки в случае низкого качества воды. Более подробно рассмотрены следующие методы.

Коагуляция / Флокуляция. В процессе коагуляции к необработанной (сырой) воде добавляется коагулянт жидкий сульфат алюминия (квасцы) и/или полимер. При смешении с водой это приводит к коагуляции или склеиванию крошечных взвешенных частиц в воде. Далее группы взвешенных частиц склеиваются, образуя более крупные и тяжелые частицы под названием «флок», которые легче поддаются удалению из воды посредством отстаивания или фильтрации.

Осаждение. По мере прохождения процесса обработки вода и частицы «флока» переходят в отстойники, в которых вода движется медленно, из-за чего тяжелые частицы «флока» оседают на дне. «Флок», собирающийся на дне отстойника, называется осадком и отводится по трубам в сушильные отстойники. При прямой фильтрации этап осаждения отсутствует и «флок» удаляется только посредством фильтрации.

Фильтрация. Вода протекает через фильтр, предназначенный для устранения частиц в воде. Фильтры создаются из слоев песка и гравия, в некоторых случаях – из измельченного антрацита. В процессе фильтрации собираются взвешенные примеси в воде и повышается эффективность дезинфекции. Фильтры регулярно очищаются посредством обратной промывки.

Дезинфекция. Вода проходит дезинфекцию перед входом в распределительную систему, чтобы обеспечить уничтожение любых болезнетворных бактерий, вирусов и паразитов. Хлор используется потому, что является крайне эффективным дезинфицирующим средством и для защиты от возможного биологического загрязнения в водораспределительной системе можно поддерживать остаточные его концентрации.

Обезвоживание осадка. Твердые вещества, которые собираются и выводятся из воды посредством осаждения и фильтрации, отводятся в сушильные отстойники.

Фторирование. Фторирование воды – это обработка коммунальных водных ресурсов с целью приведения концентрации свободного иона фтора к оптимальному уровню для снижения частоты зубного кариеса.

Коррекция рН. К фильтрованной воде добавляется известь для регулирования рН и стабилизации естественно мягкой воды с целью сведения к минимуму коррозии в распределительной системе, а также в пределах водопровода заказчиков.

Таблица 4. – Основные типовые процессы обработки воды [17].

Категория очистки	Процесс	Параметры
Забор	Пропуск через крупную решётку	Плавающие вещества Fe, Mn
	Закачка	Грубодисперсные примеси
	Хранение	Сероводородная кислота
Предочистка	Пропуск воды через микрорешётку	Запах и вкус
	Усреднение состава сточных вод	
	Обеззараживание	
	Аэрация	
	Химическая предочистка	
Первичная очистка	Коагуляция	Цвет, мутность
	Флокуляция	Жесткость
	Отложение осадка	Fe, Mn
Вторичная очистка	Быстрое фильтрование через песок;	Удаление водорослей
	Медленное фильтрование через песок	Fe, Mn
Дезинфекция	Адсорбация	
Глубокая очистка	Активированный уголь	
	Удаление железа и магния	
	Мембранные процессы	
Обработка фтором		
Распределение		

Возможные схемы обработки грунтовых вод (рис. 11)

- Простая: Грунтовые воды – Аэрация – Дезинфекция – Хранение – Распределение

- Сложная: Грунтовые воды – Аэрация – Смягчение – Осветление – Фильтрация – Дезинфекция – Хранение – Распределение

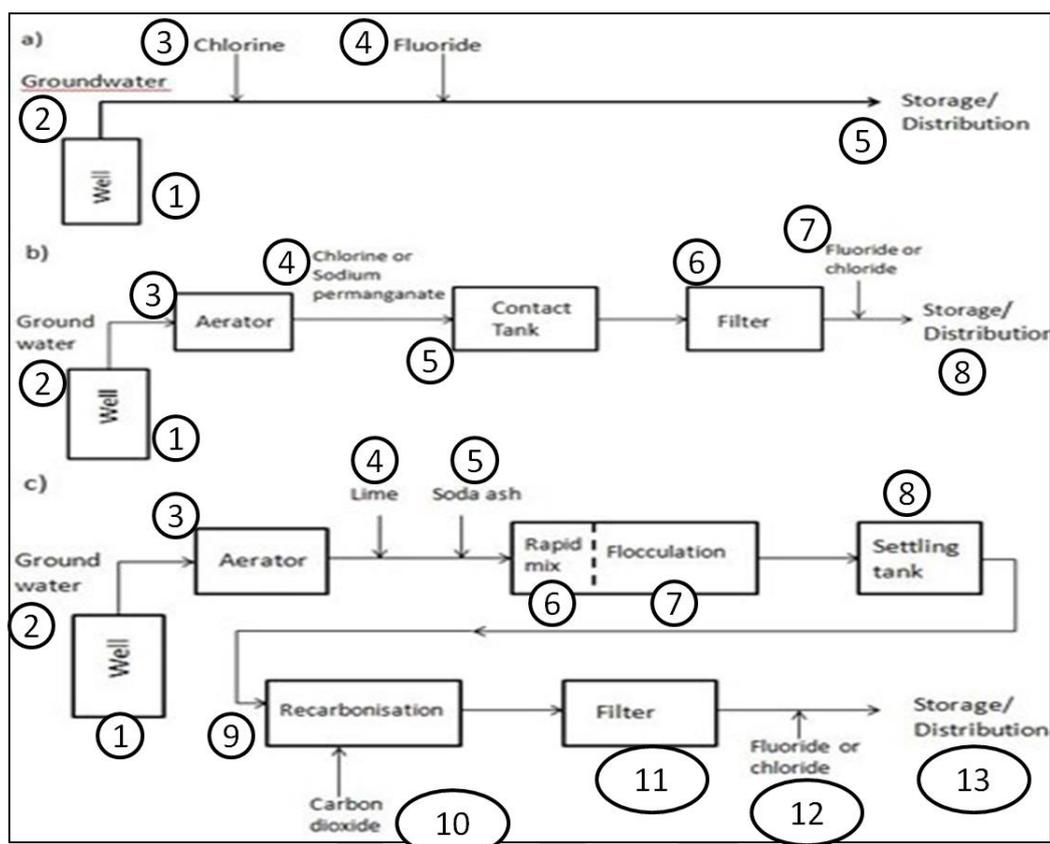


Рисунок 11. – Возможные схемы обработки грунтовых вод [11]

- | | | |
|---------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| a) | b) | c) |
| 1. Скважина | 1. Скважина | 1. Скважина |
| 2. Подземные воды | 2. Подземные воды | 2. Подземные воды |
| 3. Хлор | 3. Аэратор | 3. Аэратор |
| 4. Фторид | 4. Хлор или перманганат натрия | 4. Известь |
| 5. Хранение/распределение | 5. Контактный резервуар | 5. Кальцинированная сода |
| | 6. Фильтр | 6. Быстрое смешивание |
| | 7. Фторид или хлор | 7. Флокуляция |
| | 8. Хранение/распределение | 8. Осадочный резервуар |
| | | 9. Рекарбонизация |
| | | 10. Углекислый газ |
| | | 11. Фильтр |
| | | 12. Фторид или хлор |
| | | 13. Хранение/распределение |

Обработка с целью производства питьевой воды (рис. 12). В процесс обработки с целью производства питьевой воды входит устранение загрязнителей из сырой воды для получения воды, достаточно чистой для потребления человеком без кратковременного или долговременного риска какого-либо отрицательного воздействия на здоровье. Среди веществ, удаляемых в процессе обработки питьевой воды, взвешенные твердые вещества, бактерии, водоросли, вирусы, грибок, а также минералы, такие как железо и марганец.

Среди процессов, входящих в устранение загрязнителей, – физические процессы, как то: отстаивание и фильтрация; химические процессы, к примеру, дезинфекция и коагуляция; и биологические процессы, например, медленная фильтрация через песок.

Меры, принимаемые для обеспечения качества воды, связаны не только с обработкой воды, но и с ее передачей и распределением после обработки. В связи с этим распространенной

практикой является наличие остаточных дезинфицирующих средств в обработанной воде для уничтожения любого бактериологического загрязнения в процессе распределения.

Указания Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) – это общий комплекс стандартов, предназначенный для применения в тех случаях, когда не реализуются более совершенные местные стандарты. В Европе, США и большинстве других развитых стран действуют более строгие стандарты, которым в части требований к качеству питьевой воды следуют во всем мире.

Для обработки водопроводной питьевой воды во всем мире используется сочетание, отобранное из следующих технологий:

- предварительное хлорирование для борьбы с водорослями и остановки биологического обрастания;
- аэрация, наряду с предварительным хлорированием, для устранения растворенного железа и марганца;
- коагуляция для флокуляции или медленной фильтрации через песок;
- коагулянты, также известные как полиэлектролиты, для улучшения коагуляции, а также более плотного образования флока;
- отстаивание для отделения твердых веществ, то есть устранения взвешенных твердых веществ, попавших во флок;
- фильтрация для устранения частиц из воды;
- дезинфекция для уничтожения бактерий, вирусов и других патогенных организмов.

Технологии для обработки питьевой воды хорошо развиты, и существуют обобщенные схемы, используемые множеством водопроводных хозяйств (как государственных, так и частных). Кроме того, целый ряд частных компаний предлагает запатентованные технические решения. В развитых странах распространена автоматизация обработки воды и сточных вод. Принимаемый уровень автоматизации, как правило, диктуют капитальные затраты, эксплуатационные затраты, доступные технологии контроля качества и доступные на местном уровне навыки.

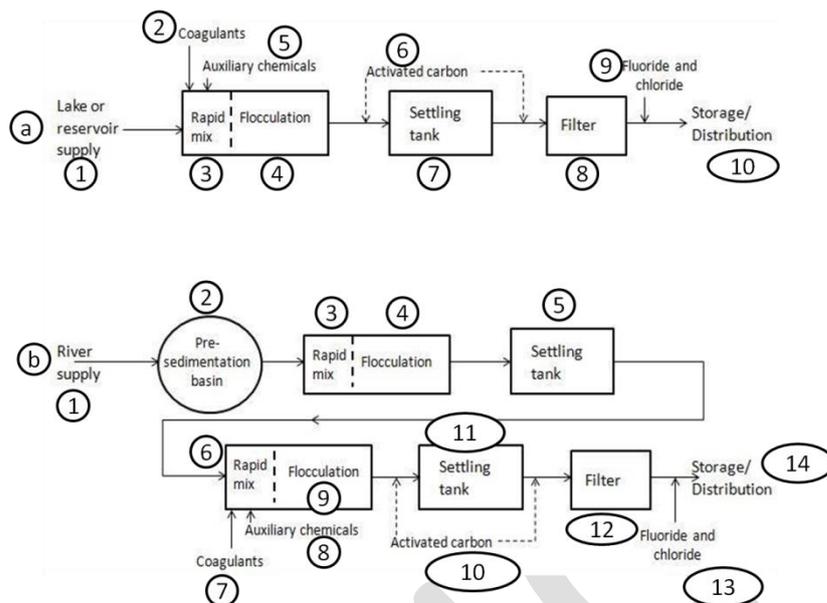


Рисунок 12. – Технологические процессы обработки питьевой воды [12]

а.

1. Поступление из озера или резервуара
2. Коагулянты
3. Быстрое смешивание
4. Флокуляция
5. Вспомогательные химикаты
6. Активированный уголь
7. Осадочный резервуар
8. Фильтр
9. Фторид и хлор
10. Хранение и распространение

б.

1. Поступление из реки
2. Резервуар предварительного отстаивания
3. Быстрое смешивание
4. Флокуляция
5. Осадочный резервуар
6. Быстрое смешивание
7. Коагулянты
8. Вспомогательные химикаты
9. Флокуляция
10. Активированный уголь
11. Осадочный резервуар
12. Фильтр
13. Фторид и хлор
14. Хранение и распространение

3.4. Передовые технологии обработки питьевой воды

В прошлом водное хозяйство адаптировалось к новым технологиям медленно и постепенно. За последние 20 лет произошел быстрый рост новых технологий, которые и дальше развиваются, испытываются, демонстрируются и вводятся на рынок обработки водопроводной воды. Среди этих технологий – мембранная фильтрация, УФ-облучение, усовершенствованное окисление, ионный обмен и биологическая фильтрация. Разумеется, это не единственные технологии, рассматриваемые отраслью водообработки. Тем не менее они прошли долгий путь к демонстрации своей надежности и применимости к масштабным установкам обработки водопроводной воды. По мере дальнейшего снижения стоимости этих технологий их применимость будет неуклонно возрастать.

Новые и перспективные технологии обработки питьевой воды. Разработка и внедрение технологий водообработки в основном стимулировались тремя важнейшими факторами: открытием новых и более редких загрязнителей, введением новых стандартов качества воды и стоимостью. Первые 75 лет прошлого века химическое осветление, фильтрация сыпучих сред и хлорирование являлись практически единственными технологиями обработки, использовавшимися в обработке водопроводной воды. Однако за последние 20 лет подход водного хозяйства к водообработке претерпел разительные изменения. Водопроводные хозяйства начали всерьез рассматривать технологии обработки воды, альтернативные по отношению к традиционному подходу, подразумевавшему фильтрацию/хлорирование. В данной работе определяются и обсуждаются некоторые из этих «перспективных» технологий.

Процесс разработки и внедрения технологий. Для рассмотрения новая технология должна обладать преимуществами перед традиционными технологиями обработки. Среди них могут быть более низкие капитальные, эксплуатационные затраты и затраты на техническое обслуживание, более высокая эффективность, большая простота эксплуатации, более высокое качество сточных вод и меньший объем образования отходов. Тем не менее для принятия и внедрения в муниципальном масштабе технология водообработки должна быть продемонстрирована поэтапно. Понимание этого процесса необходимо для надлежащего планирования и введения новой технологии в обработку водопроводной воды. Типовую последовательность этих этапов можно обобщенно представить следующим образом:

1 этап – Успешная демонстрация в другой области.

2 этап – Испытание и разработка на стендовом и полупромышленном уровнях (от 1 до 50 гал/мин).

3 этап – Проверка на демонстрационном уровне (> 100 гал/мин).

4 этап – Многократная успешная установка и эксплуатация на полноценном уровне в мелком масштабе (от 0,5 до 5 млн гал/сутки).

5 этап – Внедрение на крупной установке обработки водопроводной воды.

Параллельно с вышеописанными этапами необходимо достичь двух важных ключевых моментов: получения разрешения надзорных органов и снижения затрат до конкурентоспособного уровня. Как правило, разрешение надзорных органов требуется к концу демонстрации.

Примечание:

** Галлон - мера объёма в английской системе мер, соответствующая от 3,79 до 4,55 литра (в зависимости от страны употребления). Обычно используется для жидкостей, в редких случаях - для твёрдых тел. Дольные единицы галлона - пинта и унция. Американский галлон равен примерно 3,785 литра, английский галлон ≈ 4,546 литра.*

Оцениваемые технологии. Целый ряд технологий водообработки разработан или находится в разработке. В центре внимания настоящей работы – технологии, которые могут применяться на установках обработки водопроводной воды. Такая технология должна отвечать следующим критериям:

- Технология может быть отмасштабирована для крупных применений (т.е. > 5 млн гал/сутки).
- Технология может обладать конкурентоспособной ценой по сравнению с существующими технологиями в крупном масштабе.
- Технология может генерировать воду, соответствующую нормативным требованиям.
- Технология обладает высокой степенью надежности.

Проверке и оценке подвергаются следующие технологии: мембранная фильтрация (низкого и высокого давления), ультрафиолетовое облучение, усовершенствованное окисление, ионный обмен и биологическая фильтрация. Многие из этих технологий, разумеется, не новы для водного хозяйства. Однако либо их применение было ограничено, либо они были введены в водное хозяйство настолько недавно, что многие вопросы об их применении в крупном масштабе остаются без ответа.

Технология мембранной фильтрации. Существуют два класса подлежащих обсуждению систем мембранной обработки – мембранные системы низкого давления (к примеру, микрофильтрация и ультрафильтрация) и мембранные системы высокого давления (например, нанофильтрация и обратный осмос). Мембраны низкого давления, в том числе микрофильтрация (МФ) и ультрафильтрация (УФ), используются в диапазоне давления от 10 до 30 фунтов/кв. дюйм, в то время как мембраны высокого давления, в том числе нанофильтрация (НФ) и обратный осмос (ОО), используются в диапазоне давления от 75 до 250 фунтов/кв. дюйм.

Мембраны низкого давления. Идея использования мембранной фильтрации низкого давления для обработки поверхностных вод начала развиваться в начале 1980-х годов. В то

время мембраны низкого давления уже давно использовались в пищевой промышленности в качестве нехимических дезинфицирующих средств. Исследования ясно показали, что как мембраны МФ (с номинальным размером пор 0,2 мкм), так и мембраны УФ (с номинальным размером пор 0,01 мкм) обладают высокой способностью к устранению взвешенных частиц (мутности) и микроорганизмов. По сути, результаты исследований продемонстрировали, что в отношении этих загрязнителей качество воды, прошедшей мембранную обработку, гораздо выше, чем у воды, полученной лучшими традиционными установками фильтрации. Большая часть образцов обработанной воды обладала уровнем мутности около границы мутномера на линии (менее 0,05 нефелометрической единицы мутности – НЕМ). Кроме того, оказалось, что мембранная фильтрация (как МФ, так и УФ) является «абсолютным барьером» для *лямблий* и *криптоспоридий* при целостности мембранных фильтров и приспособлений. Наконец, определенные мембраны УФ также действуют как абсолютные барьеры для вирусов, так как номинальный размер их пор равен 0,01 мкм.

Мембранная фильтрация низкого давления как технология обработки поверхностных вод обладает несколькими преимуществами перед традиционной фильтрацией и хлорированием. Среди них – меньший поток отходов, более низкий уровень использования химических веществ, более серьезное устранение патогенных организмов, отсутствие образования побочных продуктов дезинфекции, а также большая автоматизация. Некоторое время также считалось, что мембранная фильтрация низкого давления крайне восприимчива к колебаниям мутности сырой воды. Однако данные об эксплуатации в полупромышленном и полном масштабе показали, что мембраны низкого давления могут справляться с колебаниями мутности до нескольких сотен НЕМ с контролируемым воздействием на технологический процесс и эффективность. Все вышеуказанные преимущества говорят в пользу мембранной фильтрации по сравнению с обычной фильтрацией хлором.

С другой стороны, из-за своей пористой структуры мембраны низкого давления неэффективны в устранении растворенного органического вещества. Поэтому окрашивающее органическое вещество, соединения, обеспечивающие вкус и запах, к примеру, геосмин и метилизоборнеол, а также антропогенные химические вещества могут проходить сквозь мембраны в обработанную воду. Это ограничивает применимость мембранной фильтрации низкого давления к источникам поверхностных вод, не требующим устранения органического вещества. Одна система мембран УФ преодолела данное ограничение посредством ввода в систему порошкообразного активированного угля (ПАУ). ПАУ, впрыснутый в поступившую на мембрану воду, сохраняется с концентратной стороны мембраны и выводится вместе с потоком отходов. Этот подход однозначно расширит область применений мембран низкого давления в обработке поверхностных вод, особенно на объектах, на которых устранение органических веществ требуется редко.

При всех этих положительных аспектах существует несколько препятствий, которые пришлось преодолеть мембранной фильтрации низкого давления. Во-первых, стоимость систем мембранной фильтрации в «муниципальных» масштабах (т. е. свыше 1 млн гал/сутки) несколько лет оставалась непомерно высокой. Во-вторых, мембранная фильтрация не имела административно-правового признания и требовала обширной оценки в каждом отдельном случае. В-третьих, информация о ее надежности при крупномасштабных муниципальных применениях недоступна.

Однако с начала 1990-х годов стоимость мембран низкого давления резко снизилась, что сделало ее более привлекательной для полномасштабного внедрения водопроводными хозяйствами. Кроме того, ряд водопроводных хозяйств осознал всю пользу, обеспечиваемую системами мембран низкого давления, и принял решение пройти процесс разрешения надзорных органов для установки данных систем в относительно небольшом и рентабельном масштабе. Это открыло возможность для установки все более крупных мембранных установок низкого давления. Сегодня мембранная фильтрация быстро получает признание как надежная технология водообработки.

Мембраны высокого давления. Как было отмечено выше, в данную категорию входят мембраны нанофильтрации (НФ) и обратного осмоса (ОО). Мембраны НФ – это на самом деле тонкопленочные композиционные мембраны Re, разработанные специально для обеспечения размера пор между мембранами Re (< 1 нм) и мембранами УФ (> 2 нм), откуда и произошло название «нанофильтрация». Тонкопленочные композиционные (ТПК) мембраны рассматриваются далее в настоящей работе. Результатом стал тип мембран, работающий при более мощном потоке и более низком давлении, чем традиционные мембраны ОО из ацетилцеллюлозы (АЦ). Мембраны НФ рассматриваются водным хозяйством как класс мембран, отдельный от мембран ОО. Мембраны НФ повсеместно используются в диапазоне давления от 75 до 150 фунтов/кв. дюйм. Мембраны НФ успешно применялись для смягчения грунтовых вод, так как обеспечивают задержание более 90 процентов двухвалентных ионов, к примеру, кальция и магния.

В настоящее время **мембраны НФ** рассматриваются как технология устранения общего органического углерода (ООУ) в процессе обработки поверхностных вод. Идея состоит в установке мембран НФ ниже фильтрации сред для поддержания крайне низкого уровня нагрузки по твердым веществам на мембраны. В полном масштабе для обработки поверхностных вод они не применялись. К настоящему времени проведены ориентировочные исследования для оценки применимости фильтрации с помощью мембран НФ ниже фильтрации сред в процессе обработки поверхностных вод, давшие неоднозначные результаты.

Мембраны ОО. Долгое время они использовались во всем мире для опреснения морской воды. Эти мембраны могут систематически устранять около 99% общего содержания растворенных твердых веществ (ОСРТВ), имеющих в воде, в том числе одновалентных ионов, к примеру, хлоридов, бромидов и натрия. Однако эти мембраны долгое время в основном изготавливались из СА и требовали рабочего давления не менее 250 фунтов/кв. дюйм. Недавние новшества в производстве мембран из Re позволили разработать новый класс мембран из Re под названием «ТПК мембраны», способные обеспечивать более высокий уровень задерживания неорганических и органических загрязнителей, чем мембраны из СА Re, при этом работая при значительно более низком давлении (от 100 до 150 фунтов/кв. дюйм). Кроме того, мембраны из СА Re обычно требуют добавления кислот для снижения pH воды до уровня 5,5–6,0 во избежание гидролиза материала мембран. ТПК мембраны ОО не подвергаются гидролизу при нейтральном или высоком pH и поэтому не требуют подавления pH посредством добавления кислоты. Следует отметить, что в некоторых случаях в зависимости от качества обрабатываемой воды и доступности подходящих антинакипинов может сохраняться необходимость в подавлении pH во избежание выпадения солей на поверхность мембраны (к примеру, CaCO_3).

Двухступенчатая мембранная фильтрация. Очевидно, что мембраны низкого давления крайне эффективны в устранении твердых частиц, в то время как мембраны высокого давления эффективны в устранении растворенного вещества (как органического, так и неорганического).

Теоретически последовательное сочетание двух мембранных систем (МФ или УФ, а затем НФ или ОО) обеспечило бы комплексную технологическую линию обработки, способную к устранению подавляющего большинства присутствующего в воде растворенного и взвешенного вещества. Такая линия обработки обычно называется «двухступенчатая мембранная фильтрация». Среди других ее названий – «интегрированные мембранные системы» или «двухэтапная мембранная фильтрация». Считается, что единственные вещества, проходящие сквозь такую линию обработки, – это низкомолекулярные органические вещества. Однако по сравнению с существующей обработкой, технология двухэтапной мембранной фильтрации (возможно, в сочетании с добавлением ПАУ) обеспечила бы гораздо более высокое качество воды. Основной проблемой воды, прошедшей такую строгую обработку, является то, что она может быть более коррозионной. Требуют дальнейшей разработки особые меры по замедлению коррозии для подобных вод с низким ОСРТВ. Основным препятствием, которое нужно преодолеть системе двухэтапной мембранной обработки, является ее стоимость.

Итак, технология мембранной фильтрации быстро принимается в отрасли водообработки. Мембранная фильтрация низкого давления (МФ и УФ) в настоящее время заменяет собой обычную фильтрацию в обработке поверхностных вод. Мембранная фильтрация высокого давления (как НФ, так и ОО) используется прежде всего для смягчения и снижения ОСРТВ, но оценивается на предмет устранения природного органического вещества в процессе водообработки. Основным препятствием для масштабного внедрения мембранной фильтрации являются капитальные затраты на нее. Продолжающиеся новшества в конструкции масштабных мембранных систем непрерывно снижают капитальные затраты на них и делают их стоимость все более конкурентоспособной по сравнению с обычными процессами обработки.

Технология ультрафиолетового облучения. Технология ультрафиолетового (УФ) облучения прежде всего используется в отрасли водообработки и обработки сточных вод в качестве технологии дезинфекции, основывающейся на бактерицидном воздействии УФ-излучения в диапазоне длины волн от 250 до 270 нм. Данный процесс обычно проектируется так, что вода течет в узкой области вокруг ряда УФ-ламп. Микроорганизмы в воде инактивируются воздействием УФ-света. Данный процесс компактен, так как время воздействия (которое преобразовывается во время гидравлического удержания) обычно измеряется секундами. Работа данной технологии основывается на принципе, согласно которому УФ-энергия разрушает ДНК микроорганизмов и предотвращает ее воспроизведение. Технология УФ-облучения используется с 1950-х годов на более 1500 установках в Европе. Технология УФ-дезинфекции в процессе обработки питьевой воды в настоящее время рекомендуется только для мелкомасштабных систем грунтовых вод. Однако эту технологию, разумеется, можно масштабировать под крупные применения, так как в настоящее время она применяется на масштабных установках обработки сточных вод для окончательной дезинфекции стоков.

Существует четыре типа УФ-технологий, представляющих интерес для водного хозяйства: УФ-технология низкого давления и низкой интенсивности (LP-LI), УФ-технология низкого давления и средней интенсивности (LP-MI), УФ-технология среднего давления и высокой интенсивности (MP-HI) и технология импульсного УФ (PUV).

Основным преимуществом УФ-ламп LP-LI является их высокая эффективность. Основным недостатком является их низкая мощность, которая приводит к потребности в значительном количестве ламп для небольшой установки. Учитывая, что для чистки и технического обслуживания УФ-ламп необходимы значительные трудозатраты, применение УФ-технологии LP-LI в крупном масштабе нежелательно. УФ-технологии низкого и среднего давления уже прошли этап исследования и приняты как надежные технологии дезинфекции. Стоимость УФ-систем также не является чрезмерно высокой, так как данная технология менее дорога, чем озоновая и многие другие технологии дезинфекции. Новой УФ-технологией, находящейся в процессе разработки, является технология импульсного УФ. В данной технологии энергия хранится в конденсаторе, а затем выпускается в лампу кратким импульсом высокой интенсивности.

Отсутствие значительной окислительной способности. Одним из дополнительных преимуществ дезинфекции с помощью озона, хлора или двуокиси хлора является способность каждого из этих веществ также выступать в роли окислителя для контроля цвета, вкуса и запаха. К сожалению, дезинфекция УФ-облучением не обеспечивает этого дополнительного преимущества, так как УФ-излучение даже при добавлении перекиси водорода не является сильным окислителем. По сути, даже если инактивация *лямблий* посредством УФ-излучения окажется оправданной, технология будет ограничена водными системами, в которых окисление цвета, вкуса или запаха не зависит от дезинфицирующего вещества.

Эксплуатационные проблемы. Процесс УФ обработки состоит из ряда УФ-ламп, заключенных в кварцевый рукав. УФ-излучение проходит сквозь кварц в воду. Из-за высокого значения энергии, излучаемой УФ-лампами, температура кварцевого рукава может значительно повышаться, приводя к образованию различных отложений на поверхности рукава, что препятствует прохождению УФ-света в воду и резко снижает эффективность процесса.

Отложения обычно связаны с осаждением солей кальция, железа или магния. Ряд производителей УФ-ламп разработали механизмы непрерывной очистки для предотвращения образования отложений. Однако данная проблема до сих пор преследует большинство УФ-систем.

Сильные нарушения из-за взвешенных частиц. Системы УФ-обработки используются на способности УФ-света достигать целевого микроорганизма и инактивировать его. Однако при наличии в воде взвешенных частиц таковые могут защитить микроорганизм от УФ-облучения, тем самым сделав процесс неэффективным. Применение УФ в обработке поверхностных вод ограничивается вторичной фильтрацией, при которой содержание твердых веществ ничтожно мало.

Ограниченная надежность процесса. Несмотря на заявления производителей УФ, эксплуатационные УФ-системы обычно подвержены отказам различных деталей. Высокая зависимость от чувствительных электрических деталей, к примеру, конденсаторов и ПРА, делает их уязвимыми, что ведет к отказам.

Итак, УФ-облучение – это многообещающая технология дезинфекции для масштабного применения в водообработке. Она компактна и рентабельна.

Технология усовершенствованного окисления. Термин «процессы усовершенствованного окисления» относится к процессу выработки гидроксильных радикалов (ОН) для окисления органических и неорганических примесей в воде. В число ПУО входит целый ряд процессов. Однако три основных ПУО таковы: **озоновое, озоновое с добавлением перекиси водорода и УФ-облучение с добавлением перекиси водорода.** ПУО могут иметь целый ряд применений в водообработке. Среди примеров – окисление синтетических органических веществ, соединений, придающих цвет, вкус и запах, сульфида, железа и марганца, а также уничтожение прекурсоров ДБФ до добавления хлора.

Озон. С начала 1980-х годов участилось применение озона в водообработке, особенно с целью устранения цвета, борьбы со вкусом и запахом и/или с целью дезинфекции. В связи с появлением острой необходимости сократить образование побочных продуктов хлорирования и потребности в инактивации все более стойких патогенных организмов, многие хозяйства возлагают надежду на озоновую дезинфекцию как на основную технологию дезинфекции. Озон также обладает уникальными преимуществами по сравнению с большинством других дезинфицирующих средств, включая борьбу со вкусом и запахом и способность к инактивации *криптоспоридий*. Введение Требований к обработке поверхностных вод привело к резкому росту разработки, проектирования и конструирования процессов озонирования на новых и существующих установках.

Озон уже не считается «перспективной» технологией водообработки, так как применяется на крупных муниципальных установках обработки. Однако конструкция озонных систем дезинфекции воды в настоящее время претерпевает заметные изменения. Последние 10 лет системы озонной дезинфекции проектировались так, чтобы достичь низких уровней инактивации *лямблий*.

Озон с добавлением перекиси водорода. При добавлении перекиси водорода (H_2O_2) к озонированной воде происходит реакция с молекулярным озоном, который ускоряет формирование гидроксильных радикалов. Следовательно, в реакции озона – H_2O_2 целью является повысить концентрацию гидроксильных радикалов, являющихся более сильным окислителем, чем молекулярный озон, и впоследствии быстро снизить концентрацию молекулярного озона. Таким образом, перекись водорода добавляется к озонной реакции, если она используется для окислительного процесса, а не как процесс дезинфекции, зависящий от преобладания высокой концентрации молекулярного озона.

Реакция озона – H_2O_2 используется для разрушения соединений, порождающих запах и вкус, обесцвечивания, а также разрушения микрозагрязнений, таких как летучие органические соединения, пестициды и гербициды. В настоящее время традиционной формой процесса очистки с помощью озона – H_2O_2 является та, в которой перекись водорода подается в качестве

жидкости к проточной воде, а обогащенный озоном газ – к нижней части контактного фильтра через диффузоры для мелких пузырьков.

Учитывая сложность химической реакции между озоном, перекисью водорода, природным органическим веществом и другими водными элементами, неясно, является ли такая традиционная форма оптимальной для системы очистки озоном – H_2O_2 . Инновации в инженерной конструкции могут повысить эффективность процесса при более низких дозах озона и/или перекиси водорода.

УФ-облучение с добавлением перекиси водорода. В присутствии УФ-излучения перекись водорода разлагается, формируя гидроксильные радикалы. Добавление перекиси водорода к проточной воде, проходящей через процесс УФ-облучения, в настоящее время используется для разрушения микрозагрязнений из грунтовых вод, однако может также использоваться в тех же целях, что и другие усовершенствованные процессы окисления (УПО), включающие разрушение соединений, порождающих запах и вкус, а также обесцвечивание. Реакция между УФ-излучением и перекисью водорода, в которой формируются гидроксильные радикалы, значительно медленнее по сравнению с реакцией между озоном и перекисью водорода. Несмотря на это, в большинстве инициатив по восстановлению качества грунтовых вод простота системы УФ-облучения предпочтительнее, чем сложность системы генерации и подачи озона. В то же время, благодаря медленной реакции формирования гидроксильных радикалов в системах $УФ-H_2O_2$, процесс должен выполняться с избыточно высокой концентрацией перекиси водорода (5 – 20 мг/л остатка перекиси водорода).

Технология ионообмена. Технология ионообмена (IX) использовалась в сферах химической и экологической инженерии продолжительное время. Несмотря на это, ее использование в большей мере ограничено до смягчения воды (удаление Ca^{2+} и Mg^{2+}), либо в водоочистных сооружениях или в качестве процесса очистки в месте использования и в промышленных целях, таких как производство полностью деминерализованной воды. В то же время, ввиду введения новых ограничений на некоторые неорганические химические вещества, технология IX находит новое применение в сфере очистки воды. Некоторыми из главных элементов, подлежащих удалению с помощью IX, являются нитраты, мышьяк, селен, барий, радий, свинец, фториды и хроматы.

Биологическая фильтрация. Все описанные выше технологии являются физическими и/или химическими процессами. По сути, сфера очистки воды полагается лишь на физические и/или химические процессы для достижения целей, связанных с качеством воды. Использование биологических процессов при очистке воды не одобряется в данной сфере по причине обеспокоенности относительно проникновения микроорганизмов в воду. Несмотря на это, данный барьер был снят благодаря введению биологической фильтрации как наиболее эффективного процесса производства биологически стабильной воды. В частности, это в большой мере было обусловлено обеспокоенностью, связанной с повышением концентрации биоразлагаемого органического вещества (БОВ) в результате озонирования природных вод. Существует обеспокоенность в отношении того, что высокие уровни БОВ могут привести к повышению потенциала разрастания биоорганизмов в распределительной системе. Следовательно, введение биологической фильтрации в водоочистные сооружения снижает концентрации БОВ в воде до ее подачи в распределительную систему. Несколькими сооружениями в США в настоящее время используется биологическая фильтрация после озонирования.

Биофильтрация может использоваться для биологического снижения уровня различных неорганических загрязнителей, таких как нитраты, броматы, перхлорат, хлораты и селенаты. В то же время использование такой фильтрации в данных целях все еще требует тщательного анализа и разработки, и она еще совсем не готова к внедрению в общегородских масштабах.

Нехватка запасов пресной воды – дополнительные водные ресурсы – опреснение морской воды:

- Опреснение: одна из самых начальных форм очистки воды

- Гидрологический цикл: под воздействием солнечных лучей вода испаряется с поверхности источника – водный пар + охлаждающий воздух – повторная конденсация – конденсат или дождь

- Методы:

- мембранные процессы (обратный осмос, нанофильтрация),
- дистилляция (многоэтапная мгновенная дистилляция, пароконпрессия),
- ионообмен,
- солнечное опреснение.

Самые главные потребители опресненной воды: Ближний Восток – Саудовская Аравия, ОАЭ; Северная Африка – Ливия, Алжир.

В 2002 г. по всему миру насчитывалось около 12 500 опреснительных установок в 120 странах мира, 14 млн м³/день пресной воды (менее 1 % общего объема потребления во всем мире).

Техника мембранной фильтрации (рис. 13)

- Традиционная фильтрация: удаление частиц > 10⁻²мм
- Мембраны: удаление частиц любого размера вплоть до 10⁻⁷ мм
- Подача давления на соленую воду, молекулы воды проходят через мембраны

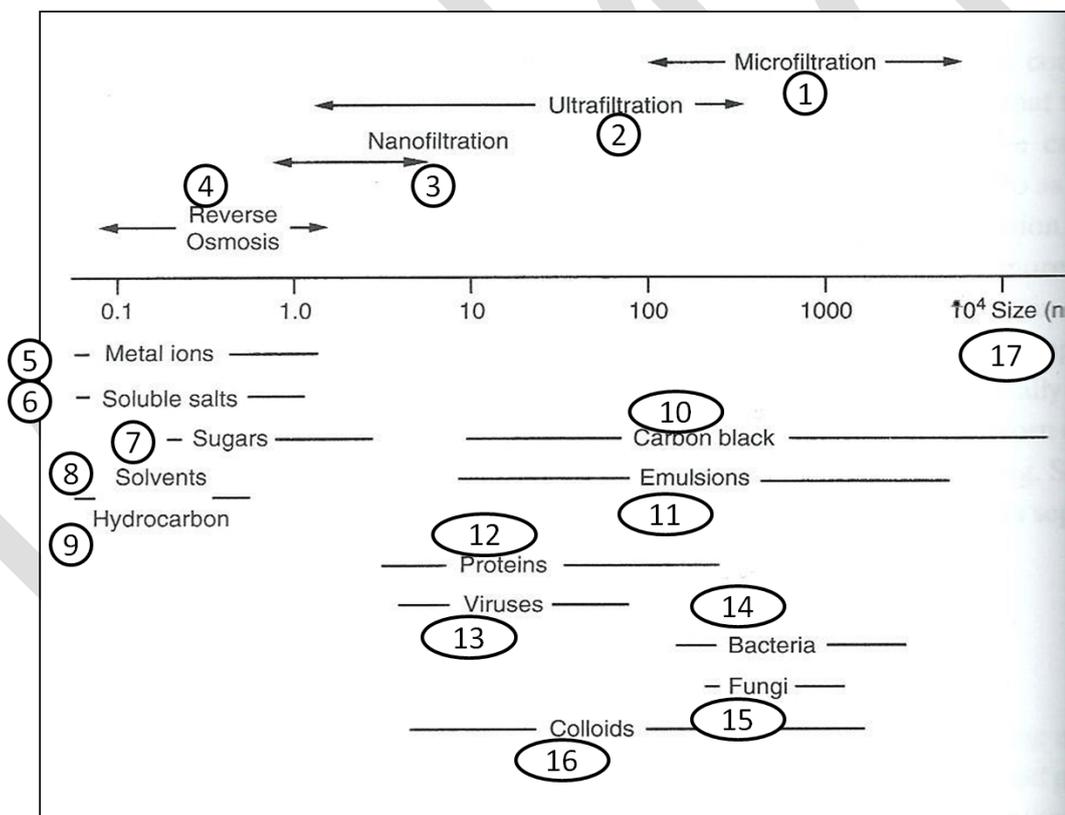


Рисунок 13. – Техника мембранной фильтрации [13]

1. микрофильтрация; 2. ультрафильтрация; 3. нанофильтрация; 4. обратный осмос; 5. ионы металлов; 6. растворимые соли; 7. сахара; 8. растворители; 9. углеводород; 10. углеродная сажа; 11. эмульсии; 12. белки; 13. вирусы; 14. бактерии; 15. водоросли; 16. коллоиды.

Диапазон применимых размеров процесса мембранной фильтрации (рис. 14)

- *Микрофильтрация*
- Удаляет загрязняющие вещества благодаря прохождению через микропористую мембрану
- Для удаления взвешенных твердых частиц с размером вплоть до 0,1 микрон

- Патогены, устойчивые к хлору
- Бактерии, зависящие от их размера
- Клетки микроорганизмов
- Крупные коллоиды и маленькие частицы
- Для использования вместо традиционного очистителя

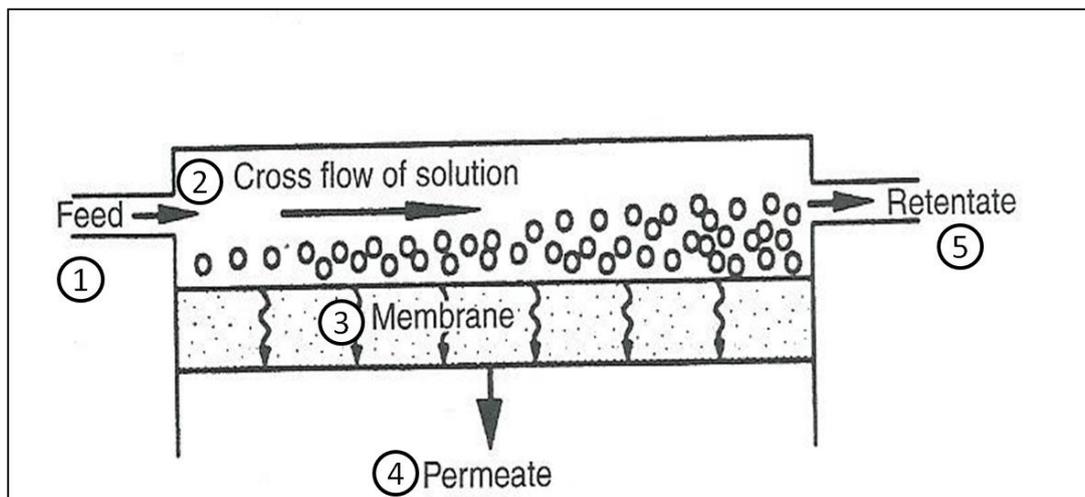


Рисунок 14. – Диапазон применимых размеров процесса мембранной фильтрации [14]

1. поступление воды; 2. пересекающийся ход раствора; 3. мембрана; 4. пермеат; 5. ретентат.

Сепарация через полупроницаемую мембрану

Дистилляция (осмос)

- Обратный осмос (рис. 15)
- Обычный осмос: вода проходит от слабого к сильному раствору
- Осмотическое равновесие: давление в обоих растворах равно, движение через мембрану отсутствует – обратный осмос: вода проходит от сильного к слабому раствору, когда прилагается давление $P - P > \text{осмотическое давление}$
- Идеально подходит для удаления большей части неорганических и органических соединений с частицами 0,0001 – 0,003 μm
- Удаляет вирусы, соли и растворенные органические соединения
- Подходит для опреснения морской воды

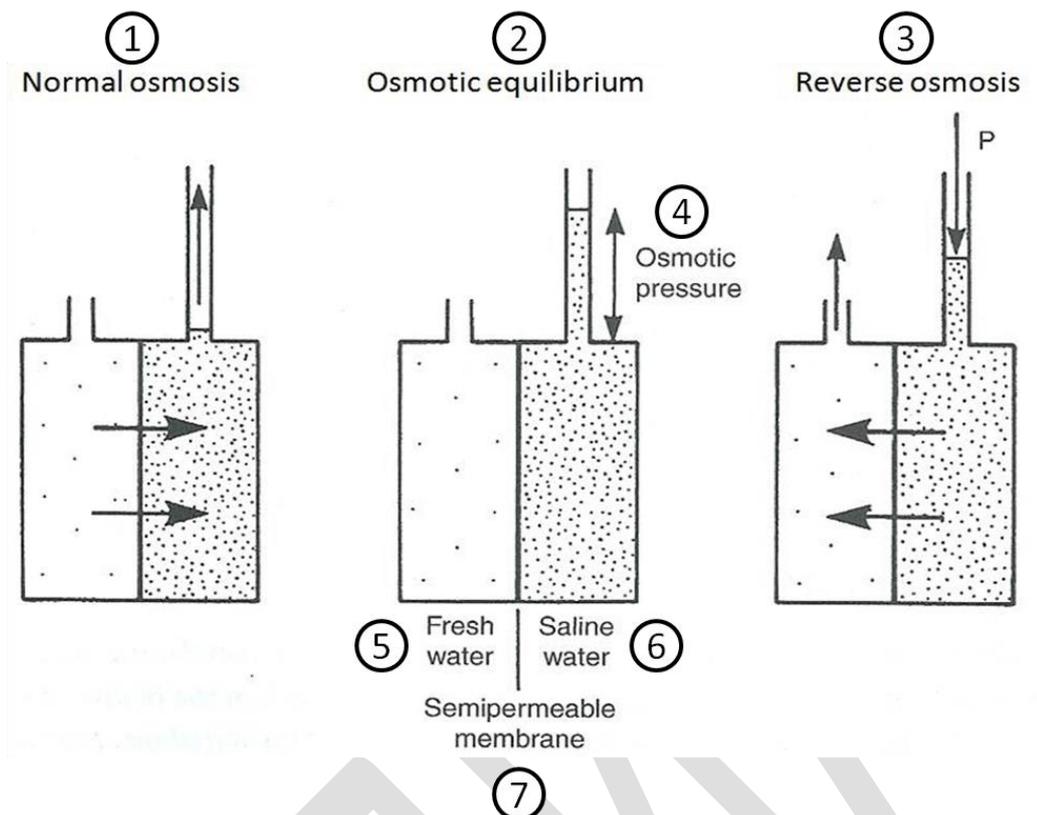


Рисунок 15. – Принцип процесса обратного осмоса [15]

1. нормальный осмос; 2. осмотическое равновесие; 3. обратный осмос; 4. осмотическое давление; 5. пресная вода; 6. соленая вода; 7. полупроницаемая мембрана.

Электродиализ (рис. 16)

- Перенос ионов соли через ионообменные мембраны с помощью разности электрических потенциалов
- Возможно формирование соли
- Широко используется для очистки соленой воды
- Не подходит для сильных соляных растворов
- Если используется в качестве процесса очистки морской воды, требуется предварительная очистка

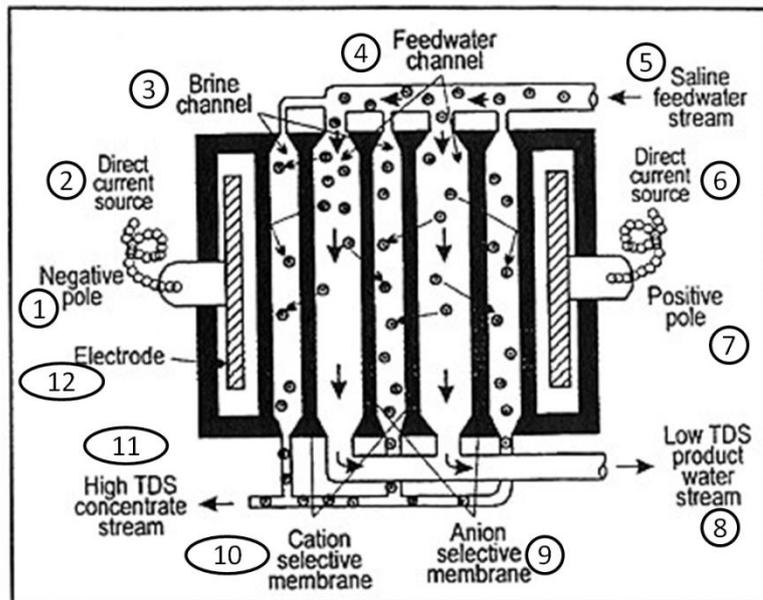


Рисунок 16. – Движение ионов в процессе электродиализа [16]

1. негативный полюс; 2. источник постоянного тока; 3. канал для солевого раствора; 4. канал питания воды; 5. канал питания соленой воды; 6. источник постоянного тока; 7. положительный полюс; 8. поток воды с низким содержанием растворенных солей; 9. анионообменная мембрана; 10. катионообменная мембрана; 11. поток высокого содержания растворенных солей; 12. электроды.

Дистилляция (фильтрация)

Многоэтапная мгновенная дистилляция (рис. 17)

- Воспроизводит природный водный цикл
- Нагрев
- Парообразование
- Конденсация чистой воды

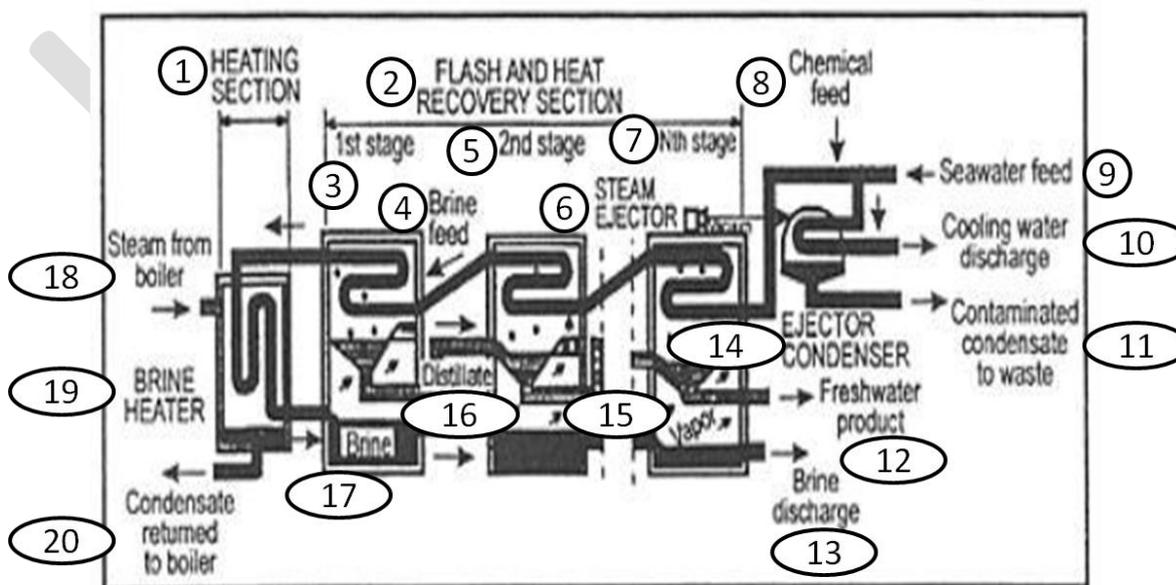


Рисунок 17. – Схема установки многоэтапной мгновенной дистилляции [17]

- | | |
|----------------------------------|--|
| 1. Нагревательная секция | 11. Загрязненный конденсат попадает в отходы |
| 2. Секция восстановления света и | |

- | | |
|----------------------------------|-------------------------------------|
| нагрева | 12. Получение пресной воды |
| 3. 1-я стадия | 13. Выход солевого раствора |
| 4. Поступление солевого раствора | 14. Эжекционный конденсатор |
| 5. 2-я стадия | 15. Пар |
| 6. Выпускание пара | 16. Дистиллят |
| 7. Стадия № N | 17. Солевой раствор |
| 8. Поступление химикатов | 18. Пар из нагревателя |
| 9. Поступление соленой воды | 19. Нагреватель солевого раствора |
| 10. Выход воды для охлаждения | 20. Конденсат возвращается в бойлер |

Краткий обзор

Опреснение морской воды требует намного больше энергии:

- Дистилляция: 10 кВт.ч/м³ очищенной воды
- Обратный осмос: 4 кВт.ч/м³ очищенной воды
- В основном для эксплуатации высоконапорных насосов, выталкивающих воду через мембранные фильтры

Преимущества:

- Проверенная технология для обеспечения высококачественной очищенной воды
- Дистилляция: более устойчива к низкокачественной питающей воде по сравнению с другими
- Обратный осмос: простая конструкция

Недостатки:

- Высокие производственные расходы
- Требуется надежный источник электроснабжения
- Обратный поток солевого концентрата (ущерб океану)
- Обратный осмос: мембраны очень восприимчивы к взвешенным твердым частицам (требуется предварительная очистка)

3.5. Водопроводные сооружения в Германии

Пример: Берлин, Германия

- Снабжение 3,4 млн человек питьевой водой – жители
- 1856 г. – дата ввода в эксплуатацию первого водохозяйственного объекта
- Сегодня: 9 водохозяйственных объектов
- Приблизительно 585 000 м³ в день

Получение грунтовых вод

- Приблизительно 800 глубоких скважин перекачивают грунтовые воды в водопроводные сооружения Преимущественно – вертикальные скважины, перекачивающие около 40 м³ и 400 м³ воды в час. Две горизонтальные фильтрационные скважины могут перекачивать 1 600 м³ воды в час каждая.

Вертикальная фильтрационная скважина

- Одна из наиболее часто используемых водозаборных систем для водоснабжения
- Для выпуска из большой глубины
- Не зависит от глубины или характера водоносного пласта
- Скорость потока: 20–150 м³/ч

Горизонтальная фильтрационная скважина

- Для больших объемов выпуска

- Если водоносный пласт обладает хорошей проходимостью, но имеет маленькую глубину

- ГФС состоит из:
 - бетонного кольца с бетонным дном;
 - горизонтальных фильтровых труб (5–12) для водозабора.

Зона защиты воды

- В зависимости от расстояния от скважины
- Запрет на водопотребление или осуществление подобной деятельности в данных зонах
- Более широкая зона защиты (Зона III)
- Более узкая зона защиты (Зона II)
- «Зона защиты оголовка скважины» (Зона I)

Зона I: Зона защиты оголовка скважины

- Размер: зона шириной в 10 метров с обеих сторон батареи скважины.
- Запрещено:
 - любая форма использования или вмешательства в верхний почвенный слой;
 - любое загрязнение в непосредственной близости от установки для добычи грунтовых вод;
 - исключения: работы по техобслуживанию скважин или их замене.

Зона II: Более узкая зона защиты

- Размер: диаметр приблизительно 100 м вокруг скважин
- Для защиты санитарного состояния грунтовых вод, защита против патогенов.
- Запрещено:
 - любая форма использования, требующая постоянного присутствия лиц и животных, или если в результате этого присутствия снимается или разрушается верхний почвенный слой;
 - земляные работы;
 - перевозка и хранение загрязняющих воду жидкостей.

Зона III: Более широкая зона защиты

- Размер: территория с радиусом в 2,5 км от скважин
- Запрещено:
 - любые действия, которые могут привести к загрязнению или ухудшению вкусовых качеств грунтовых вод;
 - выброс сточных вод, охладителей или конденсата, а также дождевой воды (за исключением дождевой воды с крыш) в подпочву.

Шаг «Аэрация»

- Первый шаг в очистке
- Сырая вода не содержит свободного кислорода
- В камерах аэрации она разбрызгивается с помощью распылительных наконечников
- Вода может поглощать кислород в воздухе и самостоятельно пополняться

Каскадная система

- «Каскадный принцип»
- Прохождение жидкости через воздух
- Вертикальный стояк сбрасывает воду, падающую свободно, в бассейн

- Повышение эффективности
- Увеличение расстояния падения
- Увеличение времени контакта (добавляя шаги или выступы)

Аэраторы для диффузии воздуха (рис. 18)

)Прохождение воздуха через жидкость

- Перекачка воздуха в воду без перфорированных труб, фильтров, пористых пластинок или трубок
- Максимальная поверхность воды на единичный объем воздуха

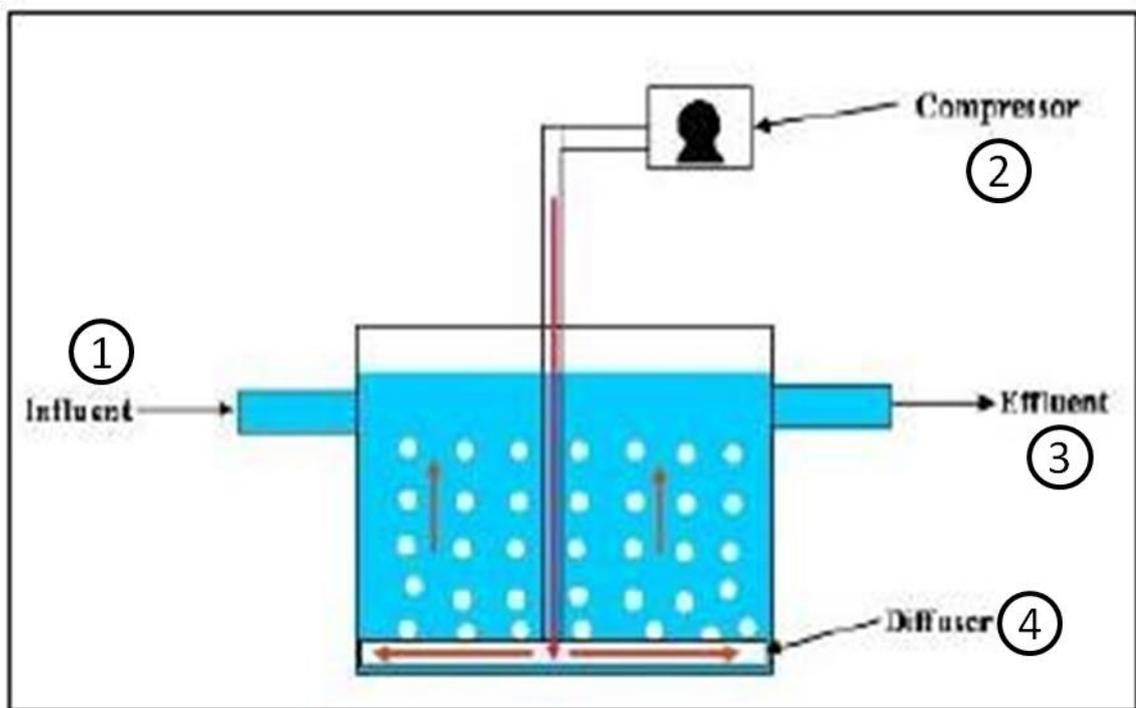


Рисунок 18. – Диффузионный аэратор [18]

1. приток; 2. компрессор; 3. отток; 4. диффузер

Реакционные резервуары

- Резервуары для флокуляции и осаждения
- Сырая вода содержит растворенное железо и марганец
- После аэрации данные элементы вступают в реакцию с кислородом в воде и формируют флокулированный осадок. В реакционных резервуарах этот флокулированный осадок может откладываться на дне.

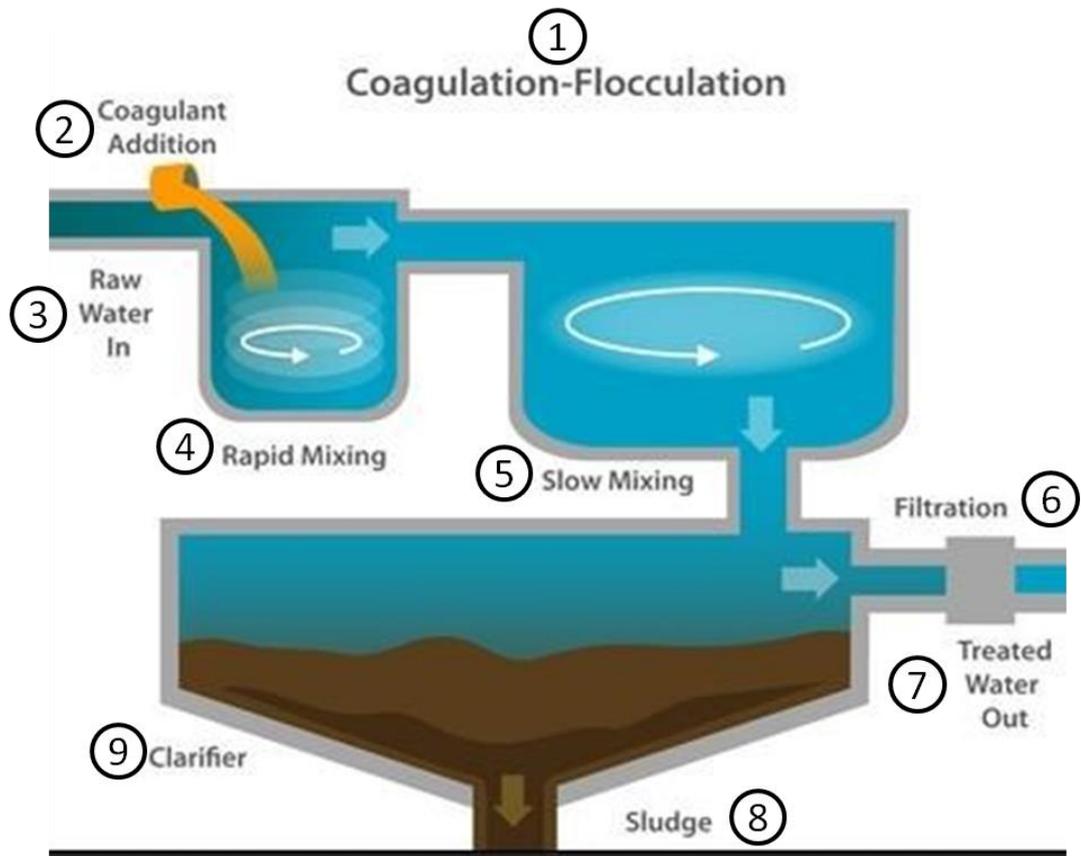


Рисунок 19. – Процесс флокуляции – коагуляции [19]

1. коагуляция-флокуляция; 2. добавление коагулянта; 3. добавление необработанной воды; 4. быстрое смешивание; 5. медленное смешивание; 6. фильтрация; 7. выход обработанной воды; 8. отстой

Коагуляция (рис. 20)

- Взвешенные коллоиды невероятно малы и обладают ничтожно малыми скоростями осаждения
- Все из них, как правило, принимают отрицательный заряд и отталкивают друг друга
- Коагулянты меняют заряд данных частиц, в результате чего они соединяются и осаждаются
- Наиболее распространенные коагулянты: сульфат алюминия ($AlSO_4$), алюминий, гидроксид, хлорид железа

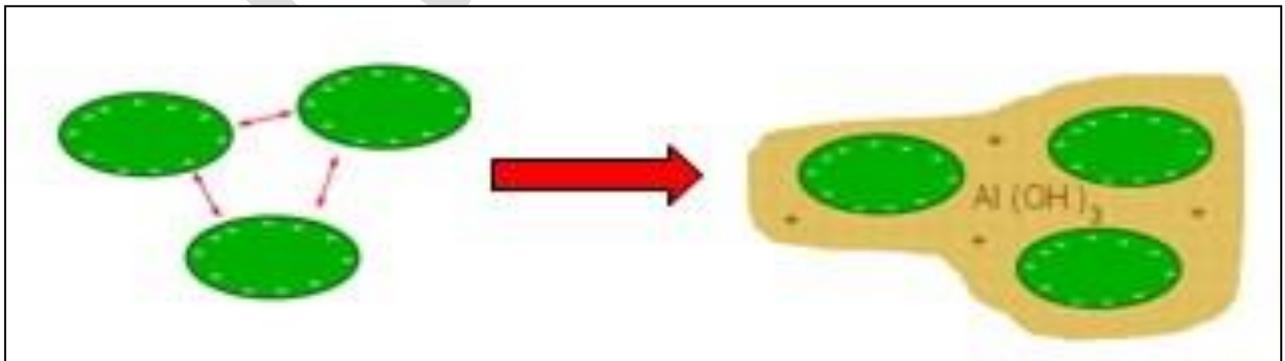


Рисунок 20. – Коагуляция [20]

Фильтрация

- Самый распространенный процесс очистки воды
- Вода проходит через пористый пласт инертной среды, обычно – кремний или кварцевый песок, из которого извлекается малое количество твердых примесей
- Принадлежит к классу медленных или скорых фильтров
- Эксплуатация: безнапорные или под давлением

Скорый безнапорный фильтр (рис. 21)

- Содержит крупнозернистый песок – вода проходит через песок
- Глубинное фильтрование: увеличение глубины, качество воды повышается, если среда засорена удерживаемыми твердыми частицами, очистка (обратная промывка)
- Недостатки:
 - Вырабатывает большой объем твердого осадка
 - Не удаляет бактерии

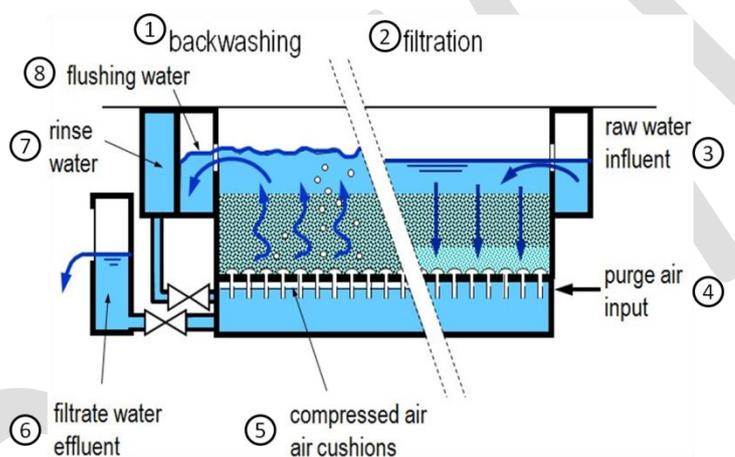


Рисунок 21. – Скорый безнапорный фильтр [21]

1. обратная промывка; 2. фильтрация; 3. ввод необработанной воды; 4. ввод очищающего воздуха; 5. подушки из сжатого воздуха; 6. отток обработанной воды; 7. вода для смыва

Медленные песчаные фильтры (рис. 22)

- Гораздо более мелкий песок
- Слой песка на слое просеянного крупного песка и гравия
- На поверхности песка лежит желатинозный слой
- Богат микроорганизмами
- Место для физического устранения и биологической обработки
- Недостатки:
 - Низкая скорость фильтрации
 - Необходимость в крупных фильтрах

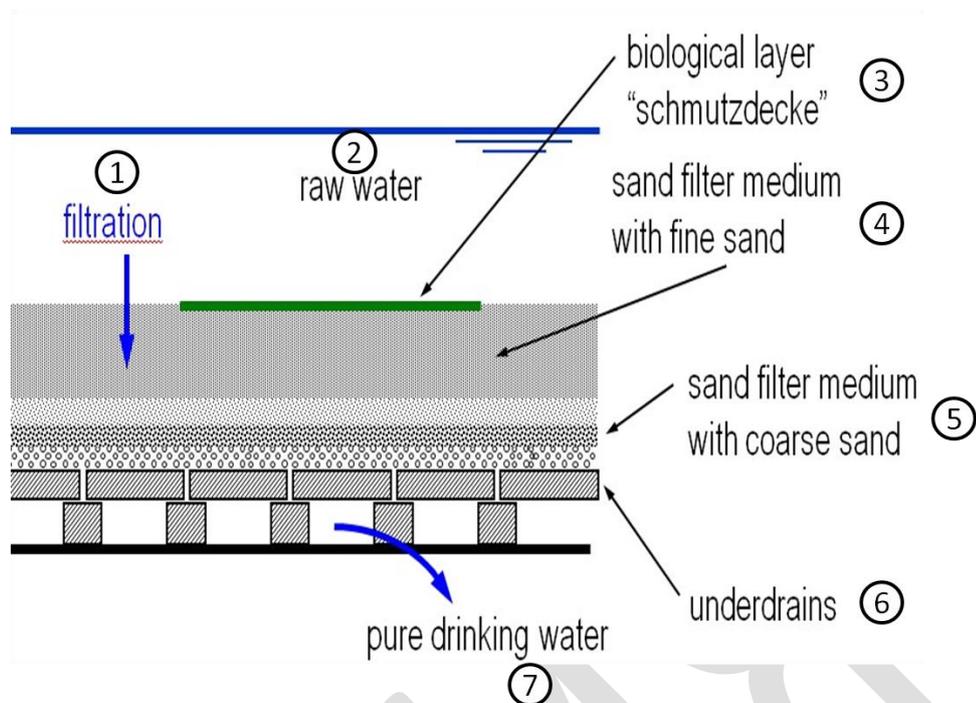


Рисунок 22. – Медленные песчаные фильтры [22]

1. фильтрация; 2. необработанная вода; 3. биологический слой «слой грязи»; 4. песочный фильтр с тонким песком; 5. песочный фильтр с крупным песком; 6. дрена 7. чистая питьевая вода

Хранение

Резервуар для чистой воды В случае отказа установки для обработки предоставить резервную мощность

- Резервуар для воды для пожарных нужд
- Равновесие различий/колебаний в водопотребности и получении воды
- Обеспечение надлежащего давления подачи
- В зависимости от потребности вода выкачивается из резервуаров в сеть трубопроводов

Насосная станция Содержит насосы для чистой воды, которые перекачивают питьевую воду по трубам к потребителю.

- Насосы работают от электрических или дизельных двигателей.
- Для того чтобы гарантировать стабильную подачу воды даже в случае отключения электроэнергии.
- Давление и скорости течения подвергаются постоянному контролю во множестве точек сети.
- Среднее давление: от 4,5 до 5,5 бар.
- Чтобы гарантировать подачу воды на верх 5-этажного здания.
- Здания, расположенные выше, имеют собственные дожимные станции.

Центральная система дистанционного управления

- анализ гидравлической сети системы подачи, хранения, перекачки и распределения
- «узкие места» пикового потребления в подаче избегаются благодаря дистанционному управлению
- центральная система дистанционного управления расположена на водопроводной станции Фридрихсхаген
- обслуживает весь регион

3.6. Методы очистки и водоподготовки природных вод в Казахстане

Не вдаваясь в глубокие научно-теоретические нюансы проблем очистки и водоподготовки природных вод с целью производства питьевой воды, можно выделить основные методы, технологические приемы, которые используются на водопроводных очистных сооружениях в системах водоснабжения городов Казахстана и имеют перспективы применения в будущем при реконструкции, модернизации и новом строительстве.

Природные воды (поверхностные, подземные) по своему составу весьма разнообразны, изменчивы во времени и зависят от различных обстоятельств (по сезонам года, в зависимости от климатических факторов, в зависимости от экологической ситуации и других факторов).

В состав природных вод входят:

- соли (преимущественно в виде ионов, молекул и комплексов);
- органические вещества (в молекулярных соединениях и в коллоидном состоянии);
- газы (в виде молекул и гидратированных соединений);
- диспергированные примеси (взвешенные и плавающие вещества);
- гидробионты (планктон, бентос, нейстон, нагон), бактерии, вирусы.

Проблемы очистки природных вод охватывают вопросы их физических, химических и биологических изменений в процессе обработки, которые позволяют сделать воду пригодной для хозяйственно-питьевых целей. При этом речь идет не только об устранении нежелательных и вредных свойств воды (очистка), но и об изменении ее химического состава, иногда путем обогащения недостающими ингредиентами (водоподготовка).

Основными (традиционными, классическими) процессами очистки воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения являются **осветление** (снижение мутности воды – удаление взвешенных частиц), **обесцвечивание** (снижение цветности воды – удаление минеральных и органических загрязнений, придающих воде цветность) и **обеззараживание**. Эти процессы применяют практически все водопроводные очистные комплексы, использующие воды поверхностных источников (рек, озер, водохранилищ, каналов – рис. 23).

Осветление воды, т. е. удаление из нее взвешенных веществ, достигается:

- отстаиванием воды в **отстойниках** (рис. 23а);
- центрифугированием в **гидроциклонах**;
- путем пропуска воды через слой ранее образованного взвешенного осадка в **осветлителях** (рис. 23б);
- путем всплытия взвешенных частиц при искусственно созданных условиях во **флотаторах**;
- фильтрованием воды через слой зернистого или порошкообразного фильтрующего материала в **фильтрах**;
- фильтрованием воды через сетки в **микрофильтрах** и **барабанных ситах**.

Для очистки маломутных вод (осветления и обесцвечивания) из поверхностных источников (как правило, это водохранилища, сами являющиеся своеобразными отстойниками) часто применяется технологическая схема с одной ступенью осветления – только фильтрование (как правило, на контактных осветлителях). Такая схема позволяет отказаться от материалоёмких, занимающих большие площади сооружений (отстойники или осветлители со взвешенным слоем осадка). Вместе с тем вода в водохранилищах в теплые периоды года зачастую подвергается «цветению» (зарождению и развитию в водном источнике планктонных микроорганизмов). Для борьбы с планктоном в технологическую схему вводят микрофильтры (рис.23в). Со временем такая технологическая схема также стала «классической».

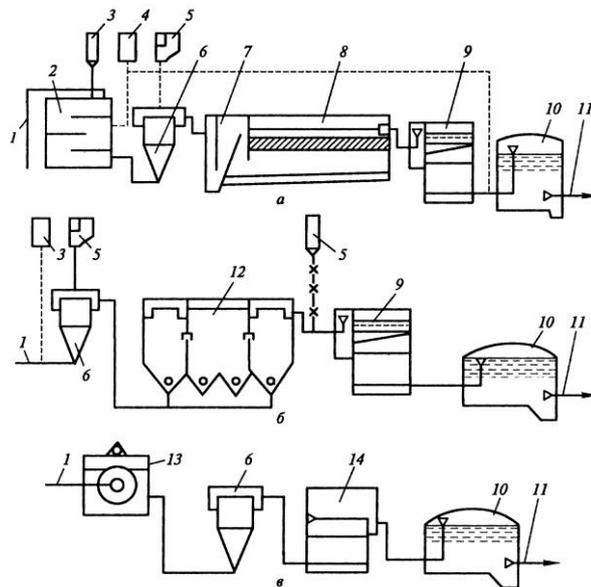


Рисунок 23. – «Классические» технологические схемы очистки воды [23]

а) с отстойниками; б) с осветлителями со взвешенным слоем осадка; в) с контактными осветлителями:

1, 11 – подача исходной и отвод обработанной воды; 2 – контактная камера; 3 – установка для углеродирования и фторирования; 4 – узел хлорирования; 5 – узел приготовления коагулянта; 6 – смеситель (чаще вихревого типа); 7 – камера реакции (хлопьеобразования); 8 горизонтальный отстойник (возможен с тонкослойными модулями); 9 – скорый фильтр (с разными типами зернистой загрузки); 10 – РЧВ; 12 – осветлитель со взвешенным слоем осадка (чаще коридорного типа); 13 – микрофильтр; 14 – контактный осветлитель.

Примечание: в схеме «б» предусмотрена возможность введения коагулянта перед фильтрами. Такой вариант имеет место в случае устройства контактных (многослойных – 3 и более фильтрующих слоев) фильтров. В этом случае реализуется принцип контактной коагуляции на поверхности фильтрующей загрузки.

Для достижения требуемого эффекта осветления воды в отстойниках, осветлителях и на фильтровальных сооружениях с зернистой фильтрующей загрузкой взвешенные примеси воды подвергаются **коагулированию**, т. е. воздействию солей многовалентных металлов с целью укрупнения мелкодисперсной взвеси в крупные агрегаты для их интенсивного отделения от жидкой фазы. При этом происходит также частичное обесцвечивание воды. Осуществление процесса коагулирования примесей воды предполагает наличие целого комплекса мероприятий и сооружений, установок, оборудования, способствующих эффективному протеканию технологических процессов, это **смесители, камеры реакции, дозирующие устройства, растворные и расходные емкости и др.**

Обесцвечивание воды, т. е. устранение или обесцвечивание различных окрашенных коллоидов или истинно растворенных веществ, достигается **коагулированием, применением различных окислителей** (хлор и его производные, озон, перманганат калия) и **сорбентов** (активный уголь, искусственные смолы и др.).

Сегодня широкое применение получило, наряду с традиционными методами очистки воды (предварительное хлорирование, коагулирование, отстаивание, фильтрование), применение **озоно-сорбционной** технологии (озонирование предварительно осветленной в отстойниках воды и дополнительное фильтрование через угольные фильтры). Сущность такой технологии демонстрирует схема, приведенная на рис. 24.

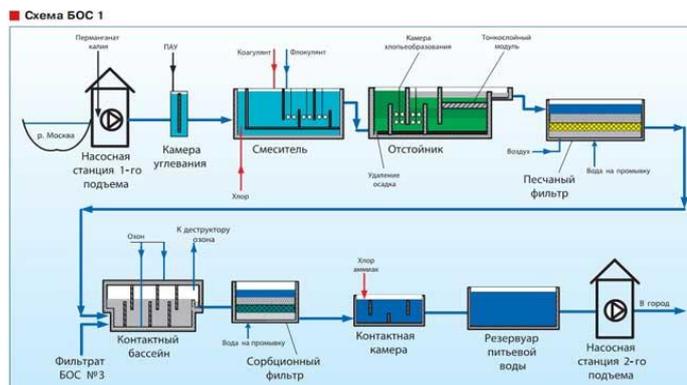


Рисунок 24. – Технологическая схема озono-сорбционной очистки воды [24]

На протяжении последних десятилетий практический интерес, благодаря созданию конкурентоспособного оборудования, вызывают мембранные технологии очистки воды, основанные на использовании синтетических полимерных мембран, способных пропускать воду, но не пропускать, точнее говоря, задерживать некоторые примеси. Если обычное фильтрование применяют для удаления из воды относительно крупных образований – дисперсных и крупных коллоидных примесей, то мембранные технологии – для извлечения мелких коллоидных частиц, а также растворенных соединений. Для этого мембраны имеют поры очень малого размера.

Ультрафильтрационные мембраны имеют наиболее крупные поры диаметром от 1 до 0,05 микрон ($1 \text{ мкм} = 10^{-6} \text{ м}$) и работают обычно при давлениях 2–5 бар. В технологии получения питьевой воды из поверхностной природной практическое значение имеет **ультрафильтрация** как метод доочистки воды от коллоидных и высокомолекулярных загрязнений, если не требуется корректировка ее солевого состава.

Обеззараживание воды производится для уничтожения содержащихся в ней болезнетворных бактерий и вирусов. Для этого чаще всего применяют **сильные окислители** (хлор, диоксид хлора, гипохлорит натрия и кальция, смешанные оксиданты, озон и др.), **УФ-облучение**. Проблемы обеззараживания воды привлекают повышенное внимание как специалистов, так и, прежде всего, рядовых потребителей питьевой воды. Поскольку вопрос не имеет однозначного решения, рассмотрим его отдельные аспекты в ходе дальнейшего изложения материала.

Вода, используемая для хозяйственно-питьевых нужд, должна иметь высокие органолептические показатели (отсутствие окраски, мутности, привкусов и запахов, вредных минеральных и органических примесей и пр.). Вода питьевого качества должна иметь регламентируемые физико-химические параметры, которые не всегда возможно получить с помощью классических методов очистки. Для получения воды с нормативными свойствами применяются различные способы кондиционирования ее состава (водоподготовка). Согласно санитарным нормам, питьевая вода должна быть безопасной в эпидемиологическом и радиационном отношении.

Для этого, в зависимости от качества исходной (природной) воды, помимо выше рассмотренных основных (классических) методов очистки воды применяются специальные методы водоподготовки, направленные на регулирование физико-химического состава воды по компонентам, регулируемым санитарными нормативами. Этими методами, как правило, пользуются в случае обработки **подземных вод** с целью получения воды хозяйственно-питьевого назначения. Следует считать ошибочными представления о том, что подземные воды – это воды питьевого качества. В лучшем случае, они приближаются к требованиям, предъявляемым к ним санитарными нормами, и поэтому водоподготовка, как правило, ограничивается только ее обеззараживанием. Чаще приходится подвергать кондиционированию по физико-химическим показателям состав подземных вод, хотя не исключена такая необходимость и при очистке поверхностных вод.

Наиболее часто приходится регулировать состав подземных и поверхностных вод:

- по общей минерализации – путем **опреснения** или **обессоливания**;
- по содержанию железа, марганца – путем **обезжелезивания, деманганации**;
- по содержанию фтора – путем **фторирования, дефторирования**;
- по содержанию солей жесткости – путем **умягчения**;
- по содержанию растворенных газов – путем **дегазации**.

Назначение водопроводных очистных сооружений – *получение воды, отвечающей требованиям потребителей по ее качественным показателям.*

Вода, подаваемая в системы водоснабжения населенных мест, *должна быть по своим физико-химическим и бактериологическим свойствам безопасной и безвредной для потребления.* Она не должна иметь цвета, запаха, неприятного вкуса, а также быть мутной.

Требования, предъявляемые к качеству воды, которая используется для производственного назначения, часто бывают более строгими, чем к качеству воды, используемой для хозяйственно -питьевого назначения.

Технологические процессы и методы очистки воды зависят от качества воды в источнике, требований к качеству воды потребителей.

Все многообразие методов обработки воды можно подразделить на следующие основные группы:

1. улучшение органолептических свойств воды;
2. обеспечение эпидемиологической безопасности;
3. кондиционирование минералогического состава.

3.6.1. Осветление воды

Наиболее применяемые приемы снижения содержащейся в воде взвеси – *седиментация, фильтрование.*

Для ускорения процессов осаждения, фильтрования, флотации и повышения их эффективности применяют *коагулирование* примесей.

Коагуляция примесей воды – процесс укрупнения коллоидных и взвешенных частичек дисперсной системы, происходящий в результате их взаимодействия и объединения в агрегаты. Процесс завершается их отделением от жидкой фазы.

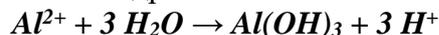
Диспергированные, коллоидные и взвешенные частички примесей воды имеют одинаковые заряды, что обуславливает возникновение межмолекулярных сил отталкивания и их *агрегативную устойчивость.*

Физико-химическая сущность коагулирования примесей воды на примере использования в качестве коагулянта сернокислого алюминия – $Al_2(SO_4)_3$.

При введении в обрабатываемую воду коагулянта происходит диссоциация его молекул



Ионы алюминия частично адсорбируются коллоидными и взвешенными частицами, а частично гидролизуются с образованием гидроокиси алюминия



Первый процесс приводит к нарушению агрегативной устойчивости примесей воды, к их взаимному слипанию при контакте друг с другом или частицами контактной массы.

Второй процесс связан с формированием агрегатов (хлопьев) гидроокиси, на поверхности которых сорбируются коллоидные и взвешенные частицы примесей.

Отдельные хлопья при контакте укрупняются, а затем выпадают в осадок или задерживаются в толще фильтрующей загрузки.

Отстаивание представляет собой процесс удаления взвешенных частиц, коагулированных хлопьев и осадков из воды посредством гравитационного осаждения.

Отстаивание осуществляется в сооружениях проточного типа, называемых *отстойниками*, которые по направлениям движения воды в них подразделяются на: *горизонтальные, вертикальные, радиальные* (рис. 25).

Скорости движения воды в отстойниках малы; они измеряются десятными долями мм/с – в горизонтальных и радиальных.

Осаждение взвеси в отстойниках подчиняется с известным приближением законам осаждения в неподвижном объеме жидкости.

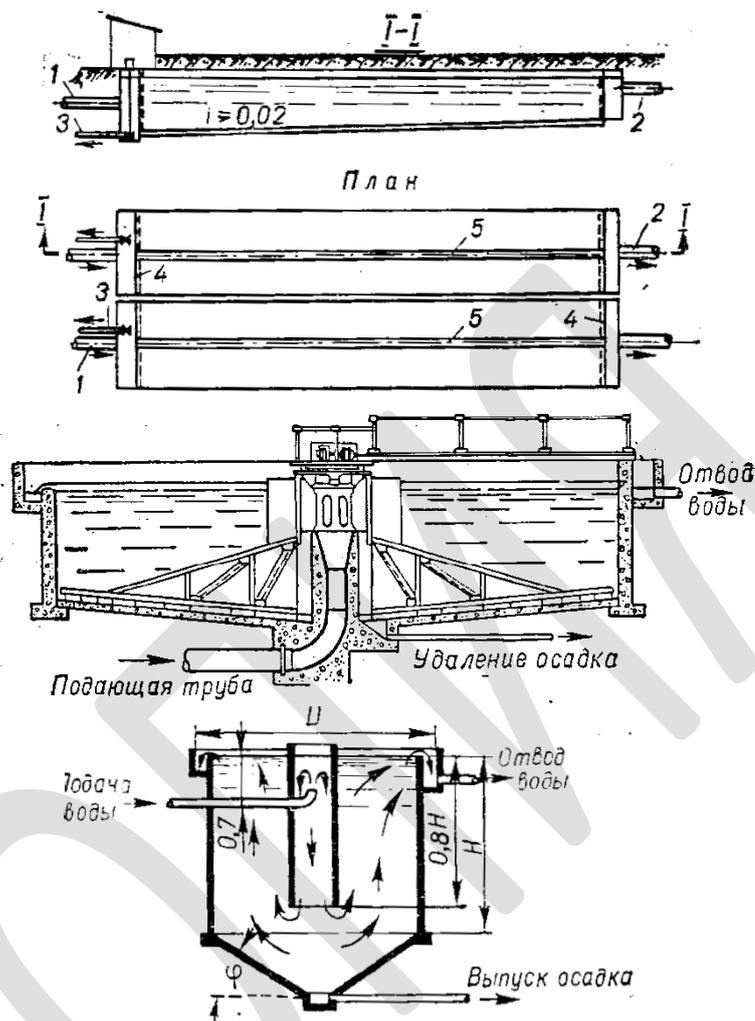


Рисунок 25. – Схемы устройства горизонтального, радиального, вертикального отстойников [25]

Контактная коагуляция в отличие от коагуляции, происходящей в камерах реакции (хлопьеобразования) и носящей название коагуляции в объеме, протекает на поверхности фильтрующего материала или ранее сформированного осадка, находящегося во взвешенном состоянии.

Процесс осветления воды в слое взвешенного осадка осуществляется в *осветлителях со взвешенным осадком*, получившим другие названия в зарубежной практике (акселейторы, пресипитаторы, пульсаторы и пр.).

Осветлители со взвешенным слоем осадка (рис. 26) обеспечивают более высокий эффект осветления воды, имеют более высокую производительность, чем отстойники. Однако их конструкция и эксплуатация более сложны. Эффективная работа сооружений может быть обеспечена только при условии поддержания гидравлических и технологических параметров.

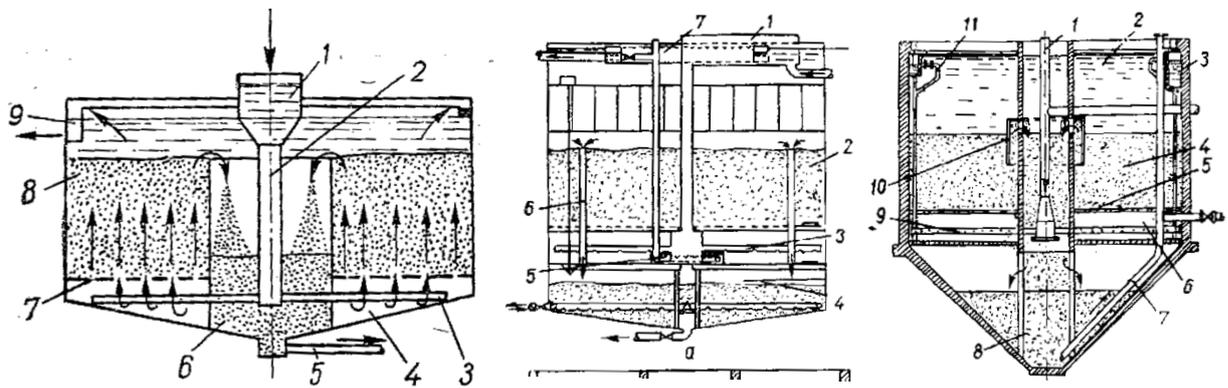


Рисунок 26. – Схемы осветлителей и принцип работы [26]

Сущность *фильтрации* заключается в пропуске жидкости через фильтрующий материал, проницаемый для воды и не проницаемый для твердых частиц.

Водоочистные сооружения, на которых осуществляется процесс фильтрации, называются *фильтрами*.

Фильтры по виду фильтрующей среды делятся на: *тканевые или сетчатые, каркасные или намывные (диатомовые), зернистые (песчаные, антрацитовые и т. п.)*.

Наибольшее применение в водоподготовке получили зернистые фильтры.

По механизму задержания взвеси зернистой загрузкой различают фильтры:

- 1) с *пленочным фильтрованием* – задержание примесей на поверхности фильтрующего слоя; при этом образуется пленка из биологических организмов и тонкодисперсной взвеси.
- 2) с *объемным фильтрованием* – задержание примесей в толще фильтрующей загрузки в порах загрузочного материала;
- 3) с *одновременным образованием примесями пленки и их отложение в порах загрузки*

Осветление воды в зернистой загрузке – результат двух противоположных процессов: *адгезии и суффозии*.

В результате действия первого (*адгезии*) происходит *прилипание частиц к зернам загрузки*, в результате второго (*суффозии*) – *отрыв прилипших частиц и перенос их в последующие слои*.

Время, в течение которого загрузка способна осветлять воду до требуемой степени, называется *временем защитного действия загрузки*, по истечении которого качество фильтрата начинает быстро ухудшаться.

Фильтрующая загрузка – основной рабочий элемент фильтра.

Основные требования, предъявляемые к фильтрующему материалу:

- *надлежащий фракционный состав загрузки;*
- *определенная степень однородности размеров зерен;*
- *механическая прочность;*
- *химическая стойкость по отношению к фильтруемой воде.*

В качестве фильтрующего материала используются: *кварцевый песок, керамзит, антрацит, шунгизит, аглопорит, гранодиорит, доменные шлаки, пенополистирол и др. материалы*, отвечающие вышеперечисленным свойствам и прошедшие освидетельствование в органах здравоохранения.

В современных условиях конструктивное исполнение сооружений по осветлению воды (отстойники, фильтры) можно увидеть на примере водопроводных очистных сооружений города Астаны (рис. 27).

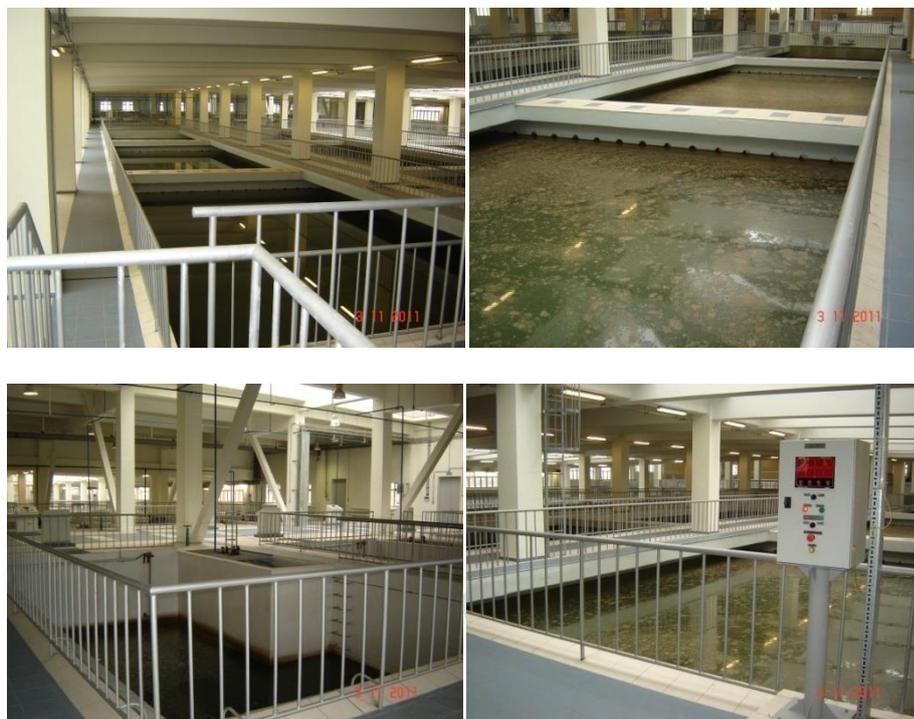


Рисунок 27. – Внутренний вид зала основных сооружений ВОС г. Астаны [27]

3.6.2. Обеззараживания воды

Для уничтожения патогенных бактерий в питьевой воде производят ее *обеззараживание*, являющееся заключительным этапом обработки.

Основные методы обеззараживания воды, используемые в технологии водоподготовки:

- термический;
- с помощью сильных окислителей;
- олигодинамия (воздействие ионов благородных металлов);
- физический (с помощью ультразвука, радиоактивного излучения, ультрафиолетовых лучей).

Наиболее широко используется второй метод обеззараживания.

Из окислителей предпочтения получили *хлор, озон, гипохлорит натрия или кальция*.

Хлор – токсичный газ зеленовато-желтого цвета, под давлением он превращается в жидкость.

Гипохлориты – соли хлорноватистой кислоты $HOCl$.

При введении хлора в воду:

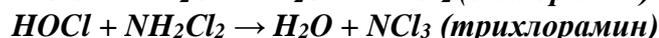
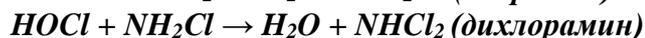
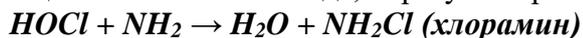


При растворении в воде гипохлоритов



Хлор, находящийся в виде хлорноватистой кислоты и иона гипохлорита называют *активным хлором*.

Хлор легко вступает в реакцию с аммиаком в воде, образуя хлорамины:



Хлор, находящийся в химическом соединении с аммиачным азотом или с органическими азотными соединениями, называют *связанным активным хлором*.

Одним из наиболее сильных окислителей, уничтожающих бактерии, является озон (O_3) (рис. 28).

Одновременно с обеззараживанием происходит обесцвечивание воды, ее дезодорация и улучшение вкусовых качеств.

Озон вырабатывается из атмосферного воздуха непосредственно на водоочистных сооружениях.

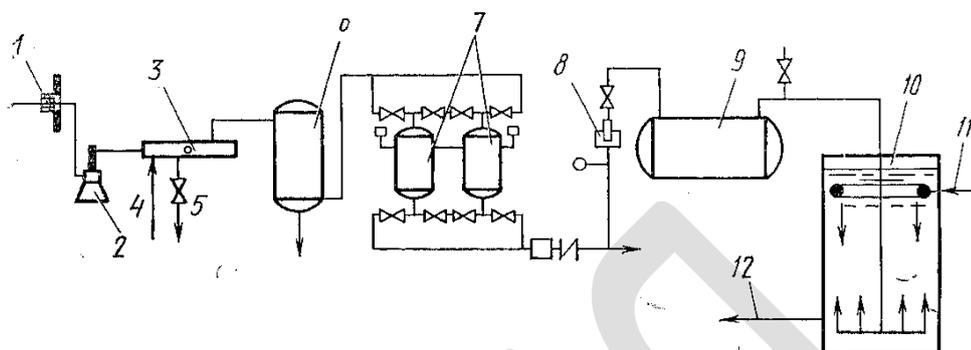
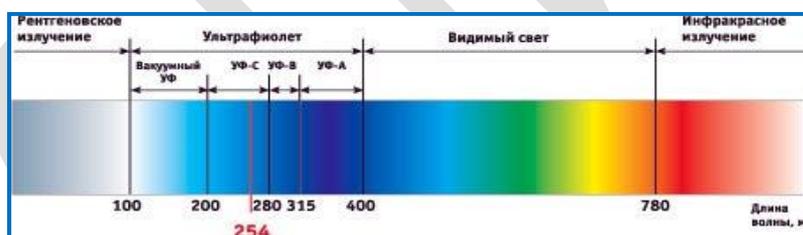


Рисунок 28. – Схема озонаторной установки [28]

Для выполнения нормативных требований неизбежным является разработка новых методов и оборудования по обеззараживанию воды, обеспечивающих высокоэффективное удаление микроорганизмов, отсутствие опасных побочных продуктов и имеющих удовлетворительные технико-эксплуатационные и экономические показатели.

Одним из таких методов является обеззараживание воды ультрафиолетовым излучением (рис. 29).



УФ излучение – это физический метод обеззараживания, основанный на фотохимических реакциях, которые приводят к необратимым повреждениям ДНК и РНК микроорганизмов. В результате микроорганизм теряет способность к размножению (инактивируется).

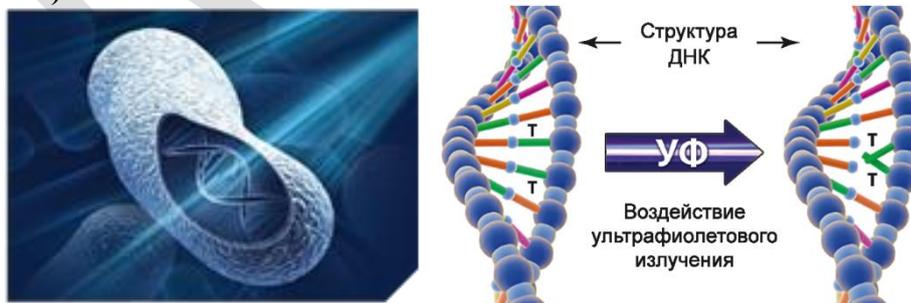


Рисунок 29. – Механизм действия УФ излучения [29]

Основной характеристикой процесса УФ-обеззараживания, определяющей степень снижения количества микроорганизмов данного типа в процессе облучения, является произведение интенсивности излучения – I [мВт/см²] и времени облучения – t [с]. Произведение

$I \times t$ называется дозой облучения – D [мДж/см²]. Доза облучения определяет количество энергии ультрафиолетового излучения, сообщаемое микроорганизмам.

Обеззараживание подземных вод является традиционной областью применения ультрафиолетового излучения. Применение УФ-излучения в схемах подготовки питьевой воды из поверхностных водоисточников – относительно новое направление. Опыт эксплуатации показывает, что применение ультрафиолета в практике водоподготовки позволяет успешно решать проблемы и в этой области.

3.6.3. Удаление из воды железа и марганца

Повышенное содержание железа и марганца в воде придает ей буроватую окраску, неприятный металлический привкус, вызывает зарастание водопроводных сетей и арматуры, является причиной брака в текстильной, пищевой, бумажной, химической и других отраслях промышленности.

Повышенное содержание железа в питьевой воде вредно для здоровья человека, вызывает отрицательное воздействие на функционирование печени.

Многообразие форм и концентраций железа и марганца, встречающихся в природных и сточных водах, вызвало необходимость разработки целого ряда методов, технологических схем и сооружений по их удалению из воды.

В подземных водах при наличии уголекислоты и отсутствии растворенного кислорода железо и марганец присутствует в виде двухвалентных ионов Fe^{2+} и Mn^{2+} .

В поверхностных водах железо и марганец обычно встречается в виде органических и минеральных комплексных соединений, либо коллоидных и тонкодисперсных взвесей.

Для удаления железа (*деферризация воды*) следует использовать несколько методов адекватно формам, количеству железа и буферным свойствам воды.

Все многообразие методов можно свести к основным типам: *реагентные* и *безреагентные*.

Из *безреагентных методов* перспективными являются:

- а) вакуумно-эжекционная аэрация и фильтрование;
- б) упрощенная аэрация и фильтрование;
- в) сухая фильтрация;
- г) фильтрование на каркасных фильтрах;
- д) фильтрование в подземных условиях с предварительной подачей в пласт окисленной воды или воздуха.

К *реагентным* относятся следующие методы:

- а) упрощенная аэрация, окисление, фильтрование;
- б) напорная флотация с известкованием и последующим фильтрованием;
- в) известкование, отстаивание в тонкослойном отстойнике и фильтрование;
- г) фильтрование через модифицированную загрузку;
- д) электрокоагуляция;
- е) катионирование.

Известные в технологии улучшения качества воды методы ее *деманганации* (удаление марганца) можно классифицировать на *безреагентные* и *реагентные*; на *окислительные*, *сорбционные*, *ионообменные*, *биохимические*.

К числу *безреагентных* методов удаления марганца из воды следует отнести:

- а) глубокую аэрацию с последующим отстаиванием (вариант) и фильтрованием;
- б) метод “Виредокс”.

К *реагентным* методам относятся:

- а) окислительные с использованием хлора и его производных;
- б) окислительные с использованием озона;
- в) окислительные с использованием перманганата калия.

3.6.4. Умягчение воды

Процесс удаления из воды катионов жесткости (кальция и магния) – это *умягчение воды*.

По отечественным стандартам жесткость воды питьевого качества не должна превышать 7 мг- экв/л.

Отдельные виды производства предъявляют требования глубокого умягчения технологической воды, т. е. до 0,05–0,01 мг-экв/л.

Жесткость воды, идущей на питание паровых котлов высокого давления, – не больше 0,005 мг- экв/л.

Выбор метода умягчения воды определяется ее качеством, необходимой глубиной умягчения, технико-экономическими соображениями.

Применяются реагентные, ионообменные и комбинированные методы умягчения воды.

Суть реагентных методов состоит в связывании катионов жесткости в нерастворимые в воде соединения, которые удаляются последующим отстаиванием и фильтрованием.

Суть ионообменных методов – в способности ионообменных материалов поглощать из воды ионы жесткости в обмен на эквивалентное количество ионов других химических элементов.

3.6.5. Обессоливание воды

Снижение солесодержания воды до требований, предъявляемых к воде питьевого качества или до концентрации близкой к содержанию солей в дистиллированной воде, называют соответственно *опреснением* или *обессоливанием*.

Существующие методы опреснения и обессоливания воды подразделяются на две группы:

□ с изменением агрегатного состояния воды – *дистилляция, нагрев до сверхкритических температур (350 °C), замораживание, газогидратный метод*;

□ без изменения агрегатного состояния воды – *ионообмен, электродиализ, обратный осмос, ультрафильтрация, экстракция и др.*

Опреснение воды *электродиализом* (рис. 30, рис. 31) основано на том, что в электрическом поле катионы растворенных в воде солей движутся к погруженному в опресняемую воду катоду, а анионы – к аноду. При этом электрический ток в растворе переносится ионами, которые разряжаются на аноде и катоде.

Важнейшая составляющая электродиализной установки – *ионитовые мембраны (катионо- и анионоактивные)*.

Первые пропускают в электрическом поле катионы, но практически не пропускают анионов, вторые пропускают анионы, но не пропускают катионов.

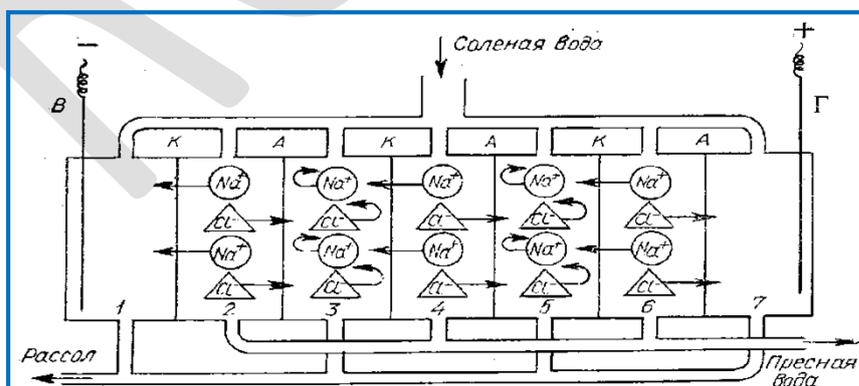


Рисунок 30. – Принципиальная схема установки для опреснения или обессоливания воды методом электродиализа [30]



Рисунок 31. – Электродиализные установки ТОО «Мембранные технологии, С.А.» (Казахстан, Алматы) [31]

Обратный осмос – гиперфльтрация (рис. 32, рис. 33) представляет собой процесс разделения растворов фильтрованием через мембраны с порами, примерно 10 \AA , которые проницаемы для молекул воды, но непроницаемы для гидратированных ионов или молекул недиссоциированных соединений.

Ультрафильтрация – разделение растворов веществ, состоящих из низко- и высокомолекулярных соединений, с помощью мембран (размер пор от 50 \AA до 2000 \AA), которые непроницаемы только для высокомолекулярных соединений, коллоидных частиц и взвесей.

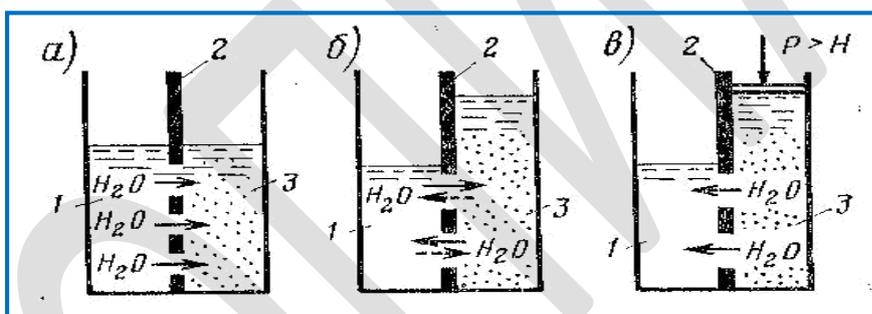


Рисунок 32. – Схема возникновения обратного осмоса [32]

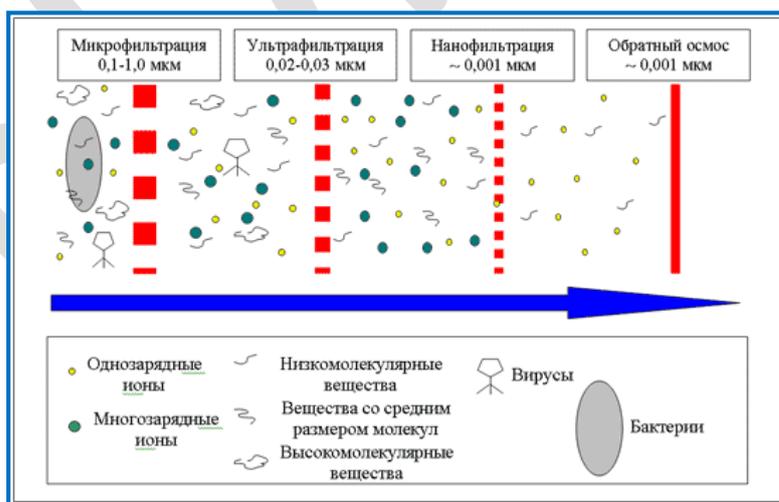


Рисунок 33. – Классификация мембранных технологий [33]

Ультрафильтрация относится к *баромембранным процессам*, движущей силой которых является разность давлений по обе стороны мембраны.

Ультрафильтрационная мембрана задерживает коллоидные частицы, бактерии, вирусы и высокомолекулярные органические соединения с молекулярной массой более $100\,000$ дальтон.

Осмотическое давление этих веществ значительно ниже при одной и той же концентрации (г/л) вследствие высокой молекулярной массы.

Способные проникать через мембрану частицы и молекулы воды проходят через стенки капилляра, а более крупные частицы остаются внутри капилляра.

Основным преимуществом капиллярных мембранных модулей по сравнению, например, с рулонными, является возможность промывки мембран обратным током для удаления накопленных внутри капилляров загрязнений. При использовании капиллярных мембранных модулей требуется значительно меньшая предварительная очистка исходной воды. *Капиллярные модули могут работать при мутности исходной воды до 100 мг/л.*

На рис. 34 и рис. 35 показаны конструкция капиллярного модуля и общий вид ультрафильтрационной установки.



Рисунок 34. – Капиллярный модуль [34]

Рисунок 35. – Ультрафильтрационная установка [35]



Рисунок 36. – Обратноосмотические установки [36]

3.7. Методы очистки сточных вод и обработки осадков

Как отмечалось ранее, комплекс очистных сооружений сточных вод (*сооружения по очистке сточных вод, пруды-накопители, пруды-испарители, биологические пруды, поля фильтрации, испарительные площадки, сооружения по обработке и утилизации осадков сточных вод*) является одним из главных элементов системы водоотведения.

3.7.1 Цели и принципы современных технологий очистки сточных вод

Обработка сточных вод – это реакция на экологические проблемы. Обработка сточных вод и их повторное использование обладают двумя преимуществами: они не только позволяют избегать расходования природных ресурсов, но и дают возможность значительного сокращения количества сточных вод, выпускаемых в природную среду. По сути, с учетом демографического взрыва и постоянно повышающихся требований к воде эти новые технологии, известные как **повторное использование**, предлагают настоящие решения. После обработки сточные воды также могут использоваться в различных целях там, где качество

питьевой воды не является обязательным, в том числе для сельскохозяйственного орошения, очистки промышленного оборудования, поливки озелененных зон и благоустройства улиц и т.п. Повторное использование стало необходимым во всех уголках мира, страдающих от **дефицита воды**, таких как США (особенно в Калифорнии), Мексика, Австралия и Азия, а также страны Персидского залива.

В настоящее время на сельское хозяйство приходится 70% водопотребления в мире. Это сектор экономики, использующий больше всего воды. Для снижения давления, оказываемого сельским хозяйством на водные ресурсы, во все большем количестве стран **сточные воды используются повторно для орошения посевов**. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО), в 2010 году необработанные или частично обработанные сточные воды использовались на 20 млн гектаров земли во всем мире, что составляет 10% от площади мировых орошаемых земель.

Сточные воды также могут подлежать **повторному использованию в рамках промышленной деятельности**. По данным Французского агентства по развитию (AFD), на эту деятельность приходится 22% от 3,8 триллионов кубических метров воды, ежегодно потребляемых в мире. Это значит, что вода является основным фактором промышленного производства. В среде с нарастающим дефицитом водных ресурсов и ужесточением законодательства этот сектор бизнеса все чаще прибегает к переработке сточных вод. Воды могут использоваться в котлах и градирнях или в качестве воды для стирки, чистки и технологических процессов.

Наконец, переработанная вода также отправляется для **использования в городской местности в непищевых целях**, в том числе для орошения озелененных зон (парков, полей для гольфа и спортивных полей), благоустройства (водопадов, фонтанов и элементов гидрографии), уборки улиц и очистки транспортных средств, а также профилактики пожаров.

Для получения питьевой воды обработка сточных вод используется достаточно редко, исключения составляют: космические полеты, станция «Конкордия» в Антарктиде, некоторые театры боевых действий, а также – в меньшей степени – страны, страдающие от дефицита воды. По сути, в настоящее время питьевую воду из сточных вод в крупных масштабах получают всего два города – Виндхук (Намибия) и Сингапур.

Различные нормативные и технологические подходы. Нормы, управляющие восстановлением сточных вод, разнятся от страны к стране. Однако данная вода должна обладать **реальными гарантиями для здоровья**. Выбранные критерии в основном зависят от вида орошения (опрыскивание или микроорошение и т. п.), а также от качества используемой воды. Нормы в других странах мира, как правило, зависят от **рекомендаций Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ)**.

Переработка сточных вод требует определенного **технологического ноу-хау**. Выбранные процессы сочетают **традиционные методы обработки** (активированный ил, а также использование способностей водных экосистем к самоочищению) с **более передовыми методами обработки** (фильтрацией, микрофильтрацией или ультрафильтрацией в зависимости от использования). За этими процессами, как правило, следует дезинфекция ультрафиолетовым излучением или обработкой в искусственной заболоченной местности. Полученная таким образом вода может впоследствии повторно использоваться в сельскохозяйственных и промышленных целях.

Цели обработки сточных вод

- преобразование отходов, находящихся в сточных водах, в стабильные окисленные вещества, которые можно безопасно вывести во внутренние воды без неблагоприятного экологического эффекта
- здравоохранение
- обеспечение эффективной, регулярной и надежной утилизации сточных вод без проблем или нарушений
- переработка и восстановление ценных составляющих сточных вод
- обеспечение экономичного метода утилизации

- выполнение законодательных стандартов и условий согласия для предприятий, сбрасывающих отходы

Состав сточных вод. Состав сточных вод сильно варьируется. Вот неполный список того, что они могут содержать:

- вода (более 95 процентов), которая нередко добавляется в процессе промывки с целью переноса отходов по сточным трубам;
- патогенные организмы, такие как бактерии, вирусы, прионы и паразитические черви;
- непатогенные бактерии;
- органические частицы, такие как фекалии, волосы, пища, рвота, бумажные волокна, растительное вещество, гумус и т. п.;
- растворимое органическое вещество, как мочевины, фруктовые сахара, растворимые белки, лекарственные препараты, фармацевтическая продукция и т. п.;
- неорганические частицы, как песок, гравий, металлические частицы, керамика и т.п.;
- растворимое неорганическое вещество, например, аммиак, дорожная соль, морская соль, цианид, сероводород, тиоцианаты, тиосульфаты и т. п.;
- животные, такие как простейшие, насекомые, членистоногие, мелкая рыба и т. п.;
- макрочастицы твердых веществ, как гигиенические салфетки, «памперсы»/подгузники, детские игрушки, мертвые животные или растения и т. п.;
- газы, такие как сероводород, углекислый газ, метан и т. п.;
- эмульсии, например, краски, адгезивы, майонез, красители для волос, эмульсированные масла и т. п.;
- токсины, такие как пестициды, яды, гербициды и т. п.;
- фармацевтическая продукция и гормоны, а также другие опасные вещества.

Типы канализационных вод

- Сточные воды – Бытовые – Производственные – Ливневые воды – Посторонняя вода (инфильтрационные канализационные воды)

Бытовые сточные воды

- Появляются в результате стирки, принятия душа, ванны, готовки, уборки, туалета
- Обычная нагрузка и концентрации: в основном органические загрязнители (таблица 5).

Таблица 5. – Обычные концентрации веществ в бытовых сточных водах [14].

	Загрязненный остаток			Концентрация		
	Итого	Органическое	Неорганическое(минеральное)	Итого	Органическое	Неорганическое (минеральное)
	g/P.d	g/P.d	g/P.d	Мг/л	Мг/л	Мг/л
Итого загрязненных веществ	190	110	80	12	73	530
Растворенные вещества	100	50	50	66	33	330
Нерастворенные вещества	90	60	30	0	0	200
...из них осадок	60	40	20	60	40	130
...из них без осадка	30	20	10	0	0	70
				20	13	
				0	0	

Составляющие

- Фекальные воды: бытовые сточные воды от смыва туалета, содержащие мочу и фекалии
- Хозяйственные стоки: от домашней работы, например, стирки, мытья посуды и купания; не содержат мочи или фекалий
- Желтые воды: моча из отдельных туалетов
- Коричневые воды: фекальные воды без мочи

Производственные сточные воды

- Вырабатываются сельскохозяйственными и промышленными производственными предприятиями
- Тип и концентрация соединений в сточных водах отличаются от бытовых канализационных вод, крайне высокая или низкая органическая нагрузка
- Токсичные вещества
- Высокостойкие соединения

Ливневые воды

- Появляются на улицах, площадях и крышах
- Составляющие, в основном, неорганические: частицы почвы, тяжелые металлы; но также присутствуют и органические соединения, отходы животного происхождения, нефть
- Можно разделять загрязненные и незагрязненные ливневые воды. Крайне высокая или низкая органическая нагрузка
- Незагрязненные ливневые воды могут на локальном уровне проникать в грунтовые воды

Посторонние воды

- Источник появления
 - Грунтовые воды
 - Родниковые воды
 - Дренажные системы
- Вода, не предназначенная для конечной отправки в канализацию
- Объем неизвестен
- Качество сточных вод зависит от происхождения

Химический состав сточных вод

Антропогенные загрязнители

- Органическое вещество
- Соединения азота
- Фосфаты
- Фармацевтическая продукция, эндокринные вещества
- Поверхностно-активные вещества
- Пестициды
- Растворители и другая промышленная продукция

Загрязнители воды в зависимости от воздействия

- Вещества, использующие кислород, доноры электронов
- Простые в биологическом разложении, в процессе получения токсичных веществ посредством анаэробного разложения
 - Питательные вещества
 - Продукты микробов, водорослей (эвтрофикация)

- Вредоносные вещества
- Токсичные вещества, патогенные организмы
- Прочие загрязнители
- Соли, частицы, нефть и жир

Органические соединения

- Основные группы: белки, сахара, липиды, растворители
- Основные проблемы
 - Потребность в кислороде, питательные вещества для бактерий
 - Создают анаэробные условия в поверхностных и грунтовых водах
- Происхождение
 - Бытовое: мытье посуды, остатки пищи
 - Промышленное: производство продуктов питания
 - Сельское хозяйство: кормление животных, поливка овощей
- Определение: обобщение параметров (РОУ, ООУ, БПК)

Соединения азота

- Органические соединения азота: $C_nH_nN_n$
- Неорганические соединения: NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^-
 - Белки, сахара, липиды, растворители
- Основная проблема
 - Потребление кислорода, питательные вещества для бактерий, токсичные воздействия
- Происхождение
 - Бытовое: моча, остатки пищи, фекалии
 - Промышленное: производство продуктов питания
 - Сельское хозяйство: удобрение
- Определение: анализ отдельного субстрата

Фосфаты

- Основные группы
 - Алифатические фосфаты, фосфорорганические соединения
- Основные проблемы
 - питательные вещества для бактерий и водорослей (эвтрофикация)
 - создает анаэробные условия в поверхностных и грунтовых водах
- Происхождение
 - Бытовое: мытье посуды, остатки пищи, фекалии
 - Промышленность: производство продуктов питания, химическое производство
 - Сельское хозяйство: удобрение
- Определение: анализ неорганических фосфатов и $P_{общ}$

Параметры сточных вод

- Определение органического содержимого сточных вод
- Измерение общего количества органического вещества:
 - БПК: биохимическое потребление кислорода
 - ХПК: химическое потребление кислорода
 - ООУ: общий органический углерод
 - РОУ: растворенный органический углерод
 - Общий азот аммиака NH_4-N
 - Общий азот $N_{общ}$
 - Общий фосфор $P_{общ}$

Принципы обработки сточных вод. Реализация установок обработки сточных вод на данный момент является вызовом для большинства стран. Экономические ресурсы, политическая воля, сила организационных структур и культурный фон являются важными элементами, определяющими траекторию контроля над загрязнением во многих странах. Среди причин, тормозящих дальнейшее развитие, иногда упоминают технические аспекты. Однако, как показано в настоящей серии книг, широчайший диапазон доступных технологий обработки сточных вод следует рассматривать как стимул, дающий возможность выбора решения, наиболее подходящего с технической и экономической точки зрения каждому сообществу или зоне обслуживания. Почти для всех сочетаний требований в плане качества стоков, доступности земель, затрат на строительство и эксплуатацию, уровня механизации и простоты эксплуатации можно подобрать одну или несколько подходящих технологий обработки. Биологическая обработка сточных вод подвержена сильнейшему влиянию климата. В некоторых процессах обработки, особенно естественных и немеханизированных, решающую роль играет температура. Высокие температуры снижают потребность в земле, усиливают процессы преобразования, повышают эффективность устранения и обеспечивают целесообразность применения определенных технологий обработки. Некоторые технологии обработки, к примеру, анаэробные реакторы, можно использовать для разбавленных сточных вод, к примеру, бытовых стоков, исключительно в районах с теплым климатом. Другие технологии, к примеру, пруды-усреднители, могут применяться в регионах с более низкими температурами, но занимать гораздо более крупные площади и претерпевать снижение производительности в зимний период. Иные технологии, к примеру, реакторы с активным илом и биопленочные реакторы, в меньшей степени зависят от температуры благодаря более значительной технической составляющей и более высокому уровню механизации.

Другим важным моментом является то, что большая часть регионов с теплым климатом расположена в развивающихся странах. Поэтому книги особо рассматривают реалии этих стран, в которых крайне востребованы простые, экономичные и устойчивые решения. Все технологии, представленные в книгах, могут применяться в развивающихся странах, но, разумеется, подразумевают различные требования в плане энергии, оборудования и рабочих навыков.

- От естественной обработки стоков до установки технической обработки
- Основной принцип: процесс самоочищения (наподобие того, который имеет место в реках и верхних слоях почвы)
 - Адсорбция (привязка молекул или частиц к поверхности)
 - Ресорбция (поглощение веществ организмом)
 - Диссимиляция/ассимиляция (генерирование/накопление энергии)
- Естественные процессы самоочищения проходят медленно из-за:
 - низкой концентрации питательных веществ;
 - низкой концентрации МО;
 - ограничения в связи с доступным кислородом и соотношения МО и питательных веществ.
- На технической установке обработки – интенсифицирующей естественный процесс
- Перевод естественных процессов самоочищения из реки на установку обработки сточных вод
 - МО встречается в виде тонкой пленки, растущей на камнях – биопленочный реактор / реактор с неподвижным слоем (капельный фильтр) – МО встречается во взвешенном состоянии в воде – резервуар для аэрации / процессы очистки активным илом (рис. 37).

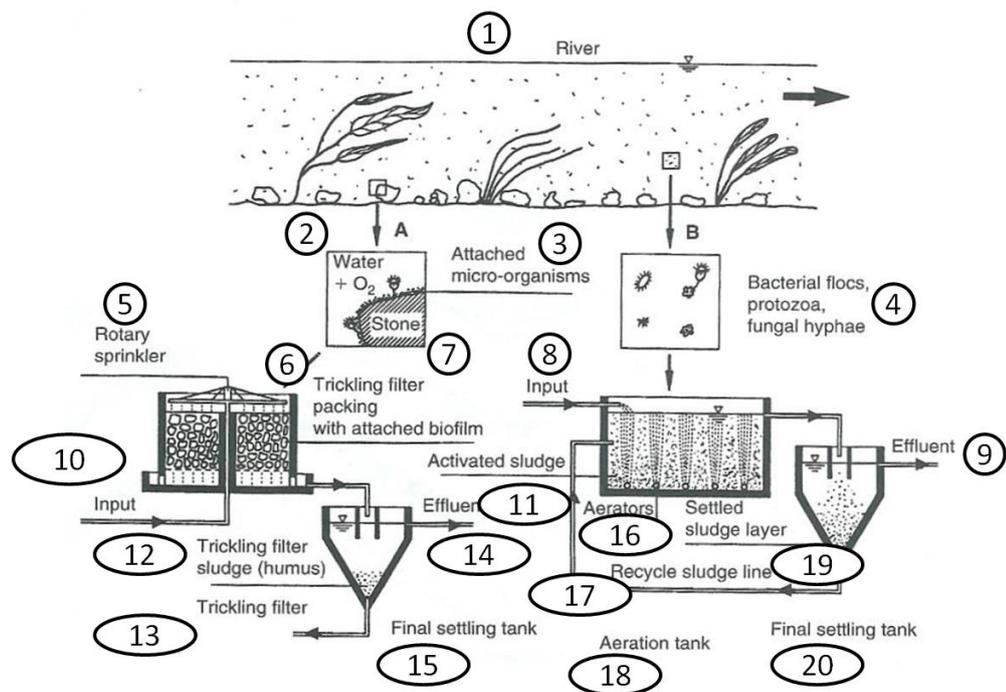


Рисунок 37. – Связь между естественными микробными сообществами в реках и развитием (А) перколяционных капельных фильтров и (В) процессов очистки активным илом [37]

1. река; 2. вода; 3. прикрепленные микроорганизмы; 4. бактерии, водоросли и т.д.; 5. круговой дождевальная аппарат; 6. бактериальный фильтр с прикрепленной биопленкой; 7. камень; 8. подача; 9. выход; 10. подача; 11. выход; 12. биологический фильтр, глина (гумус); 13. биологический фильтр; 14. выход; 15. финальный осадочный резервуар; 16. аэраторы; 17. возвратный активный ил; 18. резервуар для аэрации; 19. слой ила; 20. финальный осадочный резервуар

Технологии обработки сточных вод. Обработка сточных вод тесно связана со стандартами и/или ожиданиями, установленными для качества стоков. Технологии обработки сточных вод предназначены для достижения улучшений качества сточных вод. Различные технологии обработки могут снижать количество:

- **взвешенных твердых веществ** (физических частиц, которые могут засорять реки или каналы, оседая под действием силы притяжения);
- **биоразлагаемой органики** (к примеру, БПК), способной служить «пищей» для микроорганизмов в принимающем организме. Микроорганизмы сочетают это вещество с кислородом из воды для получения энергии, необходимой им для роста и размножения; к сожалению, этот кислород также нужен рыбам и другим организмам в реке. Сильное органическое загрязнение может приводить к появлению «мертвых зон», в которых нет рыбы; внезапные выбросы сильных органических нагрузок могут приводить к массовой гибели рыбы;
- **патогенных бактерий** и других болезнетворных организмов. Наиболее значимы в тех случаях, когда принимаемая вода используется для питья или люди могут иначе вступать с ней в тесный контакт;
- **питательных веществ**, в том числе нитратов и фосфатов. Эти питательные вещества могут обеспечивать высокую концентрацию нежелательных водорослей, которые, в свою очередь, могут обеспечивать значительное количество биоразлагаемой органической нагрузки. Технологии обработки также могут нейтрализовать или устранять промышленные отходы и токсичные химические вещества. Обработка данного типа в идеале должна происходить на самом промышленном предприятии перед сбросом его стоков в городскую сеть канализации или водотоки.

Широко используемая терминология относится к трем уровням обработки сточных вод: первичному, вторичному и третичному (или глубокому).

Первичная (механическая) обработка предназначена для устранения общих, взвешенных и плавающих твердых веществ из сырых сточных вод. В нее входят экранирование для захвата твердых тел и осаждение с помощью силы притяжения для устранения взвешенных твердых веществ. Этот уровень иногда называют «механической обработкой», хотя для ускорения процесса осаждения часто используются химические вещества. Первичная обработка может снижать БПК входящих сточных вод на 20–30%, а общее содержание взвешенных твердых веществ – примерно на 50–60%. Первичная обработка обычно является первым этапом обработки сточных вод. Многие установки глубокой обработки сточных вод в промышленно развитых странах начали с первичной обработки, а затем добавили другие этапы обработки по мере роста нагрузки сточных вод, повышения потребности в обработке и появления ресурсов.

Вторичная (биологическая) обработка устраняет растворенное органическое вещество, не удаленное первичной обработкой. Это достигается за счет того, что микробы поглощают органическое вещество в качестве пищи и преобразуют его в углекислый газ, воду и энергию для собственного роста и размножения. После этого за биологическим процессом следуют дополнительные резервуары для отстаивания («вторичное осаждение») для дальнейшего устранения взвешенных твердых веществ. Хорошо работающая установка со вторичной обработкой может устранять около 85% взвешенных твердых веществ и БПК. Среди технологий вторичной обработки – базовый процесс очистки активным илом, варианты систем прудов и искусственных заболоченных местностей, капельные фильтры и другие формы обработки, использующие биологическую активность для разложения органического вещества.

Третичная обработка – это просто дополнительная обработка, не входящая в объем вторичной! Третичная обработка может устранять более 99% всех примесей из канализационных вод, что дает сток, почти аналогичный по качеству питьевой воде. Связанные технологии могут быть очень дороги, зачастую требуют высокого уровня технического ноу-хау и наличия хорошо подготовленных операторов установки обработки, стабильного источника энергии, а также химических веществ и определенного оборудования, которые могут быть труднодоступными. Примером типичной технологии третичной обработки является модификация обычной установки вторичной очистки с целью устранения дополнительного фосфора и азота.

Дезинфекция, как правило, с помощью хлора может являться последним этапом перед сбросом стока. Однако некоторые природоохранные органы обеспокоены тем, что остатки хлора в стоке могут являться отдельной проблемой, и отказались от этого процесса. Дезинфекция часто входит в конструкцию установок обработки, но не практикуется на самом деле из-за высокой стоимости хлора или пониженной эффективности ультрафиолетового излучения в том случае, когда вода недостаточно прозрачна или свободна от частиц.

3.7.2 Концептуальные основы очистки сточных вод в Казахстане

В современной практике очистка сточных вод осуществляется *механическими, физико-химическими, биохимическими (биологическими)* методами. Если по условиям сброса сточных вод в водоемы после полной биологической очистки по отдельным показателям качества воды требуется более высокая степень очистки, сточные воды подвергаются *глубокой* очистке. Заключительным этапом обработки сточных вод перед сбросом их в водный объект является их обеззараживание (дезинфекция).

В процессе очистки сточных вод образуются осадки сточных вод, которые подвергаются *обезвреживанию, обеззараживанию, обезвоживанию, сушке* с последующей *переработкой* или *утилизацией* осадков.

Все эти методы известны уже много лет и широко используются на практике. В ближайшие годы трудно ожидать, что произойдут какие-то кардинальные изменения в практике применения этих методов для очистки сточных вод и обработки осадков. Тем не менее, мы

сегодня говорим о революционном характере развития технологий очистки сточных вод и их осадков. При этом под *технологиями* подразумевается *совокупность методов, организационных мероприятий, процессов, приемов, сооружений, оборудования, материалов, направленных на получение очищенной сточной воды установленного качества.*

А. Основные сооружения и оборудование, обеспечивающие механическую очистку, предназначены для задержания нерастворенных в воде примесей. К ним относятся *решетки, сита, песколовки, отстойники, фильтры различных конструкций.* Сооружения механической очистки сточных вод являются предварительной стадией перед биологической очисткой. При *эффективной механической* очистке городских сточных вод удается задержать до 60% нерастворенных загрязнений, что позволяет снизить также БПК до 20%. Для интенсификации процесса механической очистки городских сточных вод возможно применение их предварительной аэрации до направления в отстойники или предварительная аэрация в сочетании с отстаиванием в одном сооружении (биокоагулятор, осветлитель). Таким образом эффект механической очистки сточных вод *можно* довести до 75%, а БПК *можно* снизить на 40–45%.

Б. Физико-химические методы очистки городских сточных вод с учетом технико-экономических показателей используются относительно редко. К физико-химической очистке *городских сточных вод* можно отнести реагентную (химическую) очистку. Суть ее заключается во введении в сточную воду химических реагентов, способствующих выпадению нерастворенных коллоидных и частично растворенных веществ в осадок; некоторые нерастворенные вещества переводятся в безвредные растворенные вещества. При их использовании необходимы дополнительные сооружения и устройства: реагентное хозяйство, камеры реакции, смесители. При этом, однако, образуется значительное количество осадков трудно поддающихся обработке и утилизации. Такой метод очистки позволяет уменьшить количество загрязнений сточных вод: нерастворенных – до 95%, растворенных – до 25%. При этом показатель БПК сточных вод может быть снижен до 80%.

К методам физико-химической очистки *производственных сточных вод* (перед спуском их в систему водоотведения населенного пункта) относятся: *сорбция, экстракция, эвапорация, ионный обмен, электролиз, электрофлотация и др.*

В. Сущность биологической очистки заключается в минерализации органических загрязнений сточных вод, находящихся в виде тонко диспергированных нерастворенных и коллоидных веществ, а также в растворенном состоянии при помощи аэробных процессов. Биологические методы очистки сточных вод основываются на естественных процессах жизнедеятельности *гетеротрофных* (питаются готовыми органическими веществами) микроорганизмов. При очистке сточных вод, содержащих смесь разнообразных по химическому составу загрязнений, которые иногда даже трудно идентифицировать аналитическими методами, *биомасса, осуществляющая очистку*, также представляет собой смесь, а точнее, сообщество различных видов микроорганизмов и простейших со сложными между ними отношениями.

В зависимости от условий, в которых происходит очистка сточных вод, сооружения биологической очистки могут быть разделены на два вида. К первому виду относятся сооружения, в которых очистка происходит *в условиях, близких к естественным.* К таким сооружениям относятся: **1) поля орошения, 2) поля фильтрации и 3) биологические пруды.** Ко второму виду относятся сооружения, в которых биологическая очистка осуществляется *в искусственно созданных условиях.* К ним относятся: **1) биологические фильтры (биофильтры), 2) аэротенки.** Биологической очистке предшествует механическая очистка. Биологическая очистка сточных вод в искусственно созданных условиях может быть полной, когда показатель БПК сточных вод снижается на 90–95%, и неполной, когда показатель БПК снижается на 40–80%.

Сооружения «традиционной» биологической очистки *при эффективной работе* обеспечивают снижение показателей загрязнений (после аэротенков или биофильтров и вторичных отстойников) по взвешенным веществам и по БПК до 15–20 мг/л.

В практике биологической очистки сточных вод, помимо аэротенков и биофильтров, получили применение **комбинированные сооружения**, имеющие признаки как аэротенков, так и биофильтров. Процесс биологической очистки в любом конструктивном оформлении зависит от двух основополагающих факторов: благоприятных условий жизнедеятельности биоценозов, а также развитой поверхности для их прикрепления. В этой связи создано несколько конструктивных направлений оформления технологических схем биологической очистки, например, такие как:

1. Аэротенки с наполнителями (стационарными; блочными; свободноплавающими и др.);
2. Аэротенки, заблокированные с погружными биофильтрами;
3. Биореакторы (затопленные биофильтры);
4. Биотенки с секционированными емкостями (со сплошным днищем, с перфорированным днищем) и другие комбинированные сооружения.

Наиболее широко используются аэротенки с наполнителями, биореакторы, биотенки.

В соответствии с вышеприведенным определением *понятия технология* в современной практике различными компаниями, фирмами предлагается широкий ассортимент продукции, в котором ее потребителям предоставляется возможность выбора наиболее эффективного варианта, исходя из своих экономических возможностей, практической целесообразности и необходимости.

Одной из динамично развивающихся областей науки и техники на современном этапе является **технология мембранного биореактора (МБР)**. Об этом свидетельствует увеличивающееся число установок по очистке сточных вод с использованием этой технологии. Мембранный биореактор – сооружение комбинированного процесса, объединяющего **биологическую очистку и мембранную фильтрацию (ультра- или микрофильтрацию)**.

Принцип биологической очистки сточных вод в МБР состоит в следующем. Сточная вода, прошедшая механическую или физико-химическую очистку, поступает в биореактор, который представляет собой аэротенк с погружным или выносным мембранным блоком. Доза ила в аэротенках увеличивается в разы. Процесс илоразделения осуществляется с использованием мембран, через которые фильтруется иловая смесь. Пермеат отводится, активный ил направляется в аэротенк. МБР обладает высокой окислительной мощностью, что позволяет отказаться от вторичных отстойников.

«Традиционная» схема очистки хозяйственно-бытовых сточных вод включает в себя следующие стадии:

- усреднение стока;
- механическую очистку;
- биологическую очистку;
- вторичное отстаивание;
- стабилизацию и обезвоживание избыточного ила;
- доочистку на фильтрах;
- обеззараживание очищенного стока.

В свою очередь технологическая схема очистки хозяйственно-бытовых сточных вод с использованием технологии МБР включает в себя следующие стадии:

- усреднение стока;
- механическую очистку;
- биологическую очистку;
- мембранную доочистку;
- стабилизацию и обезвоживание избыточного ила.

Г. Если расчет **необходимой степени очистки сточных вод** определяет более высокий эффект, чем могут обеспечить «традиционные» сооружения биологической очистки, то возникает необходимость **глубокой очистки** сточных вод. Это может быть, например, глубокая

очистка от взвешенных веществ, растворенных органических веществ, биогенных элементов – азота, фосфора. Сооружения глубокой очистки должны соответствовать характеру загрязнений, которые необходимо удалить из сточных вод перед выпуском их в водный объект.

Д. Биологической очисткой нельзя добиться полного удаления из сточных вод всех бактерий, в том числе болезнетворных (патогенных). Поэтому после биологической очистки сточные воды **обеззараживают (дезинфицируют)**. Применяют УФ-облучение, обеззараживание жидким хлором, гипохлоритом натрия, озоном. Обеззараживание сточных вод может осуществляться и после механической очистки, если этим ограничивается их очистка до выпуска в водный объект.

Е. Технология обработки осадков, образующихся в процессах очистки, определяется в зависимости от их свойств, объемов, наличия площадей, экологических условий в регионе и др.

На очистных сооружениях образуется большое количество осадков, содержащих органические и минеральные компоненты. В составе осадков городских сточных вод в зависимости от примесей производственных сточных вод содержится 65–85% органических веществ, представляющих серьезную санитарно-гигиеническую и экологическую опасность. В зависимости от условий формирования и особенностей отделения осадки подразделяются на **первичные и вторичные**.

Осадки **первичные**: *грубые отбросы, тяжелые, плавающие, сырые* выделяются на решетках, на ситах, в жироловках, в нефтеловушках, в первичных отстойниках, в осветлителях.

Осадки **вторичные**: активный ил, шламы, осадки, сброженные в анаэробных условиях, осадки из аэробных стабилизаторов, осадки уплотненные, осадки обезвоженные, осадки сухие образуются во вторичных отстойниках, септиках, в двухъярусных отстойниках, в осветлителях-перегнивателях, в метантенках, в уплотнителях, на иловых площадках, на вакуум-фильтрах, в сушилках.

Ж. Выбор методов очистки сточных вод, обработки осадков и определение состава сооружений, технологической схемы (технологии) представляет собой сложную технико-экономическую задачу. Решение задачи зависит от многих факторов:

- расхода сточных вод;
- наличия водного объекта – приемника сточных вод и его мощности;
- необходимой степени очистки;
- рельефа местности, характера грунтов, энергетических затрат и др.

Немаловажное значение имеет значимость объекта, для которого разрабатывается технологическая схема очистки сточных вод, его финансово-экономическое положение и состояние, приверженность к инновационному развитию и профессионализм работников предприятия и многие другие факторы. При выборе методов обработки осадков необходимо учитывать перспективы в изменениях технологии очистки сточных вод в будущем. При этом необходимо ориентироваться на государственную политику как в области водоснабжения и водоотведения, так и в области экологического законодательства.

После соответствующей обработки сточные воды сбрасываются в водотоки, водоемы или на поверхность. От качества работы очистных сооружений зависит состояние водных объектов и экологическая ситуация в рассматриваемом регионе.

В результате сброса недостаточно очищенных сточных вод в водный источник в нем можно установить следующие характерные признаки:

1. Появление плавающих веществ на поверхности воды и отложение на дне осадка;
2. Изменение физических свойств воды, а именно прозрачности и цветности, появление запахов и привкусов;
3. Изменение химического состава воды (реакции, количества органических и минеральных примесей, появление ядовитых веществ и др.);
4. Уменьшение количества растворенного в воде кислорода, расходуемого на окисление поступивших органических загрязнений;
5. Изменения видов и количества бактерий и появление болезнетворных бактерий за счет поступления их со сточными водами.

Количество загрязнений, вносимых в водоем или водоток вместе со спускаемыми сточными водами, в результате сложных физических, химических и биологических превращений, происходящих в водоеме, постепенно уменьшается.

Уменьшение концентрации всех загрязнений происходит, кроме того, вследствие разбавления сточных вод водой водоема или водотока.

В результате в водоеме или водотоке происходит снижение (до определенного предела) концентрации загрязнений или даже полное их исчезновение.

Способность водоема или водотока ликвидировать поступающие в него со сточными водами загрязнения носит название самоочищения водоема или водотока.

Водоем или водоток – приемник сточных вод – можно рассматривать в определенных пределах как естественное очистное сооружение.

Для определения степени очистки сточных вод необходимо правильно оценить самоочищающуюся способность водоема или водотока.

Условия спуска сточных вод в водоемы или водотоки регламентированы «Правилами охраны поверхностных вод от загрязнений сточными водами». Этими правилами установлены нормативы качества воды:

для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования;

для водных объектов, используемых в рыбохозяйственных целях.

Категория водоемов или водотоков устанавливается в соответствии с решениями государственных и местных исполнительных органов по согласованию с органами санитарно-эпидемиологического надзора и природоохранными ведомствами.

Общие требования к составу и свойствам воды в водоемах и водотоках соответствующих категорий после выпуска в них сточных вод, подвергшихся необходимой очистке, приведены далее.

3.7.3 Процессы в обработке сточных вод

Очистка сточных вод представляет собой процесс удаления загрязняющих веществ из сточных вод, в основном из бытовых сточных вод. Она включает в себя физические, химические и биологические процессы для удаления этих загрязняющих веществ и производит, в конечном итоге, экологически безопасные очищенные сточные воды (или очищенные воды). Побочным продуктом очистки сточных вод, как правило, являются полутвердые отходы или шламообразная смесь, называемые осадком сточных вод, которые должны пройти дальнейшую обработку прежде, чем станут пригодными для утилизации или удаления сточных вод на почву.

Очистку сточных вод также можно отнести к обработке сточных вод, хотя последнее понятие имеет более широкий смысл, который также может быть применен к чисто промышленным сточным водам. Для большинства городов система канализации будет также переносить часть промышленных вод к очистным канализационным сооружениям, которые, как правило, проходят предварительную обработку на заводах, чтобы уменьшить нагрузку загрязняющими веществами. Если система канализации является комбинированной, то она также будет переносить городские сточные воды (ливневые) на станции очистные канализационные сооружения.

Термин «очистные канализационные сооружения» (или в некоторых странах – «станции по очистке сточных вод») в настоящее время часто заменяется термином «завод по очистке сточных вод».

Сточные канализационные воды могут проходить обработку близко к тому месту, где они образуются, что можно обозначить как «децентрализованная» система или даже «локальная» система (в отстойниках, биофильтрах или аэробных системах очистки). В качестве альтернативы сточные воды могут собираться и переправляться посредством труб и насосных станций на городскую очистную станцию. Это называется «централизованной» системой (см. также канализация, трубы и инфраструктура), хотя границы между децентрализованной и

централизованной системами могут быть размыты. По этой причине также используются такие понятия, как «полудецентрализованная» и «полуцентрализованная» системы.

Происхождение сточных вод. Сточные воды производятся жилыми, институциональными, коммерческими и промышленными предприятиями. Они включают в себя бытовые жидкие отходы из туалетов, ванн, душевых, кухонь и раковин, которые поступают в канализацию. Во многих областях канализация также включает в себя жидкие отходы от промышленной и торговой сфер.

Разделение и отвод бытовых отходов в нефекальные и фекальные сточные воды становится все более распространенным в развитых странах мира, когда прошедшие обработку нефекальные сточные воды разрешено использовать для полива растений или повторно использовать для смыва туалетов.

Промышленные сточные воды. В развитых странах, где высок уровень регулирования порядка утилизации сточных вод, промышленные стоки, как правило, проходят если не полную обработку на самих предприятиях, то как минимум предварительную обработку, чтобы уменьшить нагрузку загрязняющими веществами перед сбросом в канализацию. Этот процесс называется обработкой промышленных сточных вод. Такие же принципы не применимы ко многим развивающимся странам, где промышленные стоки, вероятнее всего, просто сбрасываются в канализацию, если таковая вообще существует, или даже в водный объект, принимающий возвратную воду, без предварительной обработки.

Промышленные сточные воды могут содержать загрязняющие вещества, которые не могут быть удалены с помощью традиционных методов обработки сточных вод. Кроме того, переменный поток промышленных отходов, связанный с производственными циклами, может нарушить динамику численности установок биологической обработки, такой как очистка сточных вод активным илом.

Стадии процесса. Обзор

Сбор и очистка сточных вод, как правило, обусловлена соблюдением местных, государственных и федеральных правил и стандартов. Целью процесса очистки сточных вод является получение вод, которые будут наносить как можно меньше вреда, насколько это возможно, при их выбросе в окружающую среду, тем самым предотвращая загрязнение окружающей среды по сравнению с высвобождением неочищенных сточных вод в окружающую среду.

Очистка сточных вод обычно включает в себя три этапа, называемые первичной, вторичной и третичной обработкой.

- *Первичная обработка* состоит из временного хранения сточных вод в отстойном бассейне, где тяжелые твердые частицы оседают на дно, а масло, жир и более легкие твердые частицы всплывают на поверхность. Осевшие и всплывшие вещества удаляются, а оставшаяся жидкость может быть сброшена в канализацию или подвергнута вторичной обработке. Некоторые очистные канализационные сооружения, которые связаны с комбинированной канализационной системой, имеют обходное устройство после блока первичной обработки. Это означает, что во время очень сильных ливневых осадков системы вторичной и третичной очистки можно обходить с целью защитить их от гидравлических перегрузок, и смесь сточных и ливневых вод подвергается только первичной обработке.

- *Вторичная обработка* удаляет растворенные и взвешенные биологические вещества. Вторичная обработка обычно выполняется коренными, передающимися через воду микроорганизмами в управляемой среде обитания. Вторичная обработка может потребовать процесса разделения, для того чтобы удалить микроорганизмы из обработанной воды, прежде чем сбрасывать ее в канализацию или подвергать третичной обработке.

- *Третичная обработка* иногда определяется как нечто большее, чем первичная и вторичная обработки, призванная обеспечить возможность выброса сточных вод в высокочувствительную или хрупкую экосистему (устье реки, реку со слабым течением). Очищенная вода иногда химически или физически дезинфицируется (например, посредством отстойных бассейнов и микрофльтрации) перед сбросом в ручей, реку, залив, лагуну или

водно-болотные угодья, или же она может быть использована для орошения полей для гольфа, скверов или парков. Если она достаточно чистая, то такая вода также может быть использована для пополнения запасов подземных вод или сельскохозяйственных целей.

Предварительная обработка. При предварительной обработке удаляются все предметы, которые можно легко собрать из неочищенных сточных вод, прежде чем они могут повредить или засорить насосы и канализационные линии первичных очистных отстойников. Предметы, которые обычно удаляются во время предварительной обработки, включают в себя мусор, ветки деревьев, листья и другие крупные предметы.

Сточные воды проходят через решетку, чтобы удалить все крупные объекты, такие как банки, тряпки, палки, пластиковые пакеты и т. д., переносимые в потоке сточных вод. Чаще всего это делается при помощи автоматической, механически наклоняющейся решетки на современных заводах, которые обслуживают большие группы населения, в то время как на небольших или менее современных заводах может использоваться решетка, управляемая вручную. Очистка при помощи скребка механической решетки, как правило, осуществляется по мере накопления мусора на решетке и/или в соответствии со скоростью потока. Твердые предметы собирают, а затем утилизируют на свалке или сжигают. Для оптимизации удаления твердых частиц могут использоваться решетки или сетки различных размеров. Если не удалить крупные твердые частицы, то они, попадая в трубы и движущиеся части очистительной установки, могут нанести существенный ущерб и привести к потере эффективности процесса очистки.

Удаление песка. Предварительная обработка может включать в себя канал или камеру для очистки от песка или гравия, где можно регулировать скорость поступления сточных вод, чтобы удалить песок, гравий, камни и битое стекло. Эти частицы необходимо удалять, так как они могут привести к повреждению насосов и другого оборудования. Для небольших санитарных канализационных систем такие камеры для очистки от песка могут быть необязательны, но удаление песка желательно на крупных заводах. Различают 3 типа таких наносозадерживающих устройств: горизонтальные, аэрированные и вихревые пескоуловители. Сам процесс называется седиментацией.

Уравнивание потока. Устройства для осветления воды и механизированная вторичная обработка являются более эффективными в условиях равномерного потока. Можно использовать усреднительные бассейны для временного хранения сточных вод в дневное время суток и в условиях особо влажной погоды. Эти бассейны обеспечивают место для временного удержания входящего потока сточных вод во время технического обслуживания станции и мероприятий по разбавлению и распределению выбросов токсичных или высокопрочных отходов, которые в противном случае могут препятствовать вторичной биологической обработке (включая перемещаемые фекальные отходы, отходы из баков-накопителей транспортных средств и септических насосных цистерн). Усреднительные бассейны требуют переменного контроля над выбросом, как правило, включают в себя положения по обходу и очистке, а также могут иметь установленные в них аэраторы. Очистка может быть проще, если бассейн находится ниже по течению от местонахождения решеток для удаления крупных предметов, а также песка и гравия.

Удаление жиров и смазочных веществ. На некоторых крупных заводах жиры и смазочные материалы удаляются путем прохождения сточных вод через небольшую емкость, где специальные пеноуловители собирают жиры, плавающие на поверхности. Также могут быть использованы воздуходувки в основании резервуара, чтобы помочь сделать из жиров пенообразное вещество. Однако многие очистные заводы используют первичные осветлители с механическими поверхностными пеноуловителями для удаления жира и смазки.

Первичная обработка. На стадии первичной седиментации сточные воды попадают через большие резервуары, обычно называемые «предварительными отстойниками», «первичными отстойниками» или «первичными осветлителями». Эти резервуары используются для оседания ила, в то время как смазочные вещества и масла поднимаются на поверхность и собираются

пеносборниками. Первичные отстойники обычно снабжены работающими на механическом приводе скребками, которые постоянно собирают шлам на стороне бункера в основании резервуара, где он перекачивается на осадочные очистные сооружения. Смазки и масла, собранные с поверхности сточных вод, могут иногда преобразовываться для омыления (изготовления мыла).

Вторичная обработка. Вторичная обработка предназначена для существенной деструкции биологического содержания сточных вод, которые получены из человеческих отходов, пищевых отходов, мыла и моющих средств. Большинство городских очистных заводов очищают бытовые сточные воды от щелока с использованием аэробных биологических процессов. Чтобы быть эффективной, биоте требуется как кислород, так и пища, чтобы выжить. Бактерии и простейшие одноклеточные организмы потребляют биоразлагаемые растворимые органические загрязняющие вещества (например, сахар, жиры, органические молекулы углерода с короткой цепью и т. д.) и связывают большую часть менее растворимых фракций в хлопьевидные осадки. Вторичные системы очистки классифицируются как *системы с фиксированной пленкой* или *системы взвешенного роста*.

- Системы с **фиксированной пленкой** включают в себя биофильтры, биобашни и вращающиеся биологические контакторы, где биомасса растет на среде, а сточные воды проходят по ее поверхности. Принцип фиксированной пленки усовершенствовался в дальнейшем до процессов Биопленочного реактора с плавающей загрузкой (MBBR) и Интегрированной фиксированной пленки активного ила (IFAS). Система MBBR, как правило, требует меньшего радиуса покрытия, чем система взвешенного роста.

- Система **взвешенного роста** включает активный ил, где биомасса смешивается со сточными водами и может работать в меньшем пространстве, чем капельные фильтры, которые очищают то же количество воды. Однако система с фиксированной пленкой имеет больше возможностей справиться с резкими изменениями в объеме биологического материала и может обеспечить более высокие скорости удаления органического материала и взвешенных частиц, чем система взвешенного роста.

Вторичная седиментация

Некоторые методы вторичной обработки включают в себя вторичный осветлитель, в котором оседают и отделяются биологические хлопьевидные осадки или фильтрующий материал, выращенные в биореакторе вторичной обработки (рис. 38).



Рисунок 38. – Вторичный осветлитель на сельском очистном заводе [38]

Список процессов:

- Активный ил
- Аэрируемый отстойник
- Аэробное дробление
- Сконструированная болотная экосистема

- Мембранный биореактор
- Вращающийся биологический реактор
- Последовательно-циклический реактор
- Капельный биологический фильтр

Для того чтобы использовать меньше места, обрабатывать трудные отходы, а также в условиях прерывистых потоков, был сконструирован ряд конструкций гибридных очистных сооружений. Такие заводы часто комбинируют по меньшей мере два этапа из трех основных стадий обработки в один.

Третичная обработка. Целью третичной очистки является обеспечение завершающей стадии обработки для дальнейшего улучшения качества сточных вод перед сбросом в принимающую среду (море, реку, озеро, водно-болотные угодья, землю и т. д.). На любом очистном заводе может использоваться более одного третичного процесса обработки. Если практикуется дезинфицирование, оно всегда будет конечным процессом. Его также называют «доочистка сточных вод».

Фильтрация. Фильтрация песка удаляет большую часть остаточных взвешенных веществ, фильтрация посредством активированного угля, которая также называется *адсорбцией активированным углем*, удаляет остаточные токсины.

Бассейны или пруды. Бассейны и пруды обеспечивают процессы оседания и дальнейшее биологическое улучшение за счет хранения сточных вод в крупных искусственных прудах или бассейнах. Эти отстойники весьма аэробны и часто колонизированы носителями макрофитов, особенно камышом. Малые беспозвоночные, кормящиеся остатками на фильтрах, такие как дафнии и некоторые виды коловраток, в значительной степени содействуют очистке воды, удаляя мелкие частицы.

Удаление биологических питательных веществ. Удаление биологических питательных веществ (BNR) рассматривается некоторыми специалистами как тип вторичного процесса очистки, а другими – как третичный (или «продвинутый») процесс очистки. Сточные воды могут содержать большое количество азота от питательных веществ и фосфора. Чрезмерный выброс в окружающую среду может привести к накоплению питательных веществ, называемому эвтрофикацией, которая, в свою очередь, может стимулировать чрезмерный рост сорняков, водорослей и цианобактерий (сине-зеленых водорослей). Это может вызвать цветение воды, быстрый рост популяции водорослей. Количество водорослей являются неустойчивым, и в конце концов большинство из них умирает. При разложении водорослей при помощи бактерий используется так много кислорода в воде, что большинство или все животные умирают, и это создает больше органических веществ для бактерий. В дополнение к тому, что это приводит к деоксигенации, некоторые виды водорослей выделяют токсины, которые ухудшают качество питьевой воды. Для удаления азота и фосфора требуются различные способы очистки.

Удаление азота. Азот удаляется посредством биологического окисления азота из аммиака до нитрата (нитрификации), а затем процесса денитрификации, приведения нитрата в состояние газообразного азота. Газообразный азот выбрасывается в атмосферу и таким образом удаляется из воды. Сама нитрификация является аэробным двухэтапным процессом, каждый шаг которого осуществляется при помощи разных типов бактерий. Окисление аммиака (NH_3) до нитрита (NO_2^-) чаще всего производит *нитрозомонас* («нитрозо» относится к формированию функциональной нитрозогруппы). Окисление нитрита до нитрата (NO_3^-), хотя традиционно и считается, что его производит *нитробактер* (нитро- относится к образованию функциональной нитрогруппы), в настоящее время известно, что в окружающей среде этим занимается исключительно *нитроспира*.

Денитрификация требует бескислородных условий, чтобы стимулировать формирование соответствующих биологических сообществ. Этот процесс выполняется посредством широкого разнообразия бактерий. Песчаные фильтры, отстойники и камышовые фильтры можно использовать для снижения содержания азота в воде, но очистка сточных вод активным илом

(если она хорошо организована) может сделать эту работу еще легче. Так как денитрификация – это снижение содержания нитратов до молекулярного азота, то необходим донор электронов. Это могут быть (в зависимости от того, какие сточные воды) органические вещества (из экскрементов), сульфид или метанол. Шлам в бескислородных резервуарах (резервуарах денитрификации) должен быть хорошо перемешан (смесь рециркуляционной иловой смеси, возвратного активного ила [RAS] и сырых стоков), например, с помощью погружных мешалок, для того чтобы достичь желаемого эффекта денитрификации.

Иногда само превращение токсичного аммиака в нитраты считается процессом доочистки. С течением времени возникли различные конфигурации очистки, по мере того как процесс денитрификации становился все более изощренным. Исходная схема, процесс Лудзака-Эттингера, помещает бескислородную зону очистки перед аэрационным резервуаром осветлителем, используя обратный активный ил (RAS) из осветлителя в качестве источника нитратов. Сточные воды (в сыром состоянии или в виде стоков от первичного осветления) служат в качестве источника электронов для факультативных бактерий, которые осуществляют процессы метаболизма углерода, используя при этом неорганические нитраты в качестве источника кислорода вместо растворенного молекулярного кислорода. Эта схема денитрификации естественным образом ограничена количеством растворимого нитрата, присутствующего в RAS. Снижение уровня нитрата было ограничено, поскольку значение RAS ограничивается выполнением функций осветлителя.

«Модифицированный процесс Лудзака-Эттингера» (MLE) является усовершенствованием исходной концепции, так как она перерабатывает смешанную жидкость из выпускного конца аэрационного резервуара до бескислородного резервуара, чтобы обеспечить последовательный источник растворимого нитрата для факультативных бактерий. В этом случае необработанные сточные воды по-прежнему обеспечивают источник электронов, а подповерхностное смешивание поддерживает бактерии в контакте как с источником электронов, так и с растворимым нитратом в отсутствие растворенного кислорода.

Многие очистные сооружения используют центробежные насосы для передачи нитрифицированной смешанной жидкости из зоны аэрации в бескислородную зону для денитрификации. Эти насосы часто называют *Насосами внутренней переработки иловой смеси* (IMLR). IMLR-насосы могут иметь от 200% до 400% скорости потока втекающих сточных вод (Q). Это дополнение к обратному активному илу (RAS) из отстойников, значение которого может достигать 100% от Q. (Таким образом гидравлическая вместимость баков в такой системе должна обрабатывать не менее 400% от годового среднего потока (AADF)). Иногда сырые или первичные стоки должны быть дополнены углеродом посредством добавления метанола, уксусной кислоты или простыми пищевыми отходами (патокой, сывороткой, крахмалом) для повышения эффективности очистки. Эти углеродные добавки должны быть учтены при расчете органической нагрузки очистных сооружений.

Дальнейшие модификации MLE представлены ниже. Биологические процессы по удалению азота и фосфора «Bardenpho» и «Biodeniphо» включают в себя дополнительные бескислородные и окислительные процессы для дальнейшего превращения нитрат-иона в газообразный молекулярный азот. Использование анаэробного резервуара после первоначального бескислородного процесса очистки позволяет поглощать фосфор бактериями, тем самым биологически уменьшая количество ортофосфатов ионов в очищенных сточных водах. Даже более новые усовершенствования, такие как процесс Anammox (анаэробное окисление аммония), мешают образованию нитрата на стадии нитрификации, перемещая иловую смесь из активного ила для очистки, где нитрит затем превращается в газообразный молекулярный азот, экономя энергию, щелочность и источники вторичного углерода. Процесс Anammox работает за счет искусственного увеличения времени задержания и сохранения денитрифицирующих бактерий путем использования субстрата, который добавляется к смешанной жидкости и непрерывно рециркулирует из нее до вторичного осветления. Внедряются также многие другие проприетарные схемы, в том числе DEMON, Sharon-ANAMMOX, ANITA-Mox и DeAmmon.

Анаэробная бактерия *Brocadia anammoxidans* может удалять аммоний из сточных вод путем анаэробного окисления аммония до гидразина в виде ракетного топлива.

Удаление фосфора. Каждый взрослый человек выделяет от 200 до 1000 граммов фосфора в год. Исследования, проведенные США по сточным водам в конце 1960-х годов, рассчитали процент на душу населения в 500 г в моче и кале, 1000 г в синтетических моющих средствах, а также меньшие количества, используемые в качестве коррозии и контролирующих химических веществ в системе водоснабжения. Контролирование источника посредством альтернативных моющих препаратов впоследствии уменьшило наибольший выброс фосфора, но его содержание в моче и кале будет оставаться неизменным. Удаление фосфора очень важно, поскольку он является ограничивающим питательным веществом для роста водорослей во многих системах пресной воды. (Для описания негативных последствий от роста водорослей см. удаление биогенных веществ). Это особенно важно также для повторного использования воды, когда высокие концентрации фосфора могут привести к засорению оборудования ниже по ходу водоносных систем, как например, в установке обратного осмоса.

Фосфор может быть биологически удален в процессе, называемом расширенным биологическим удалением фосфора. В этом процессе специфические бактерии, которые называются полифосфат-аккумулирующими организмами (PAOs), избирательно обогащаются и накапливают большие количества фосфора в пределах своих клеток (до 20 процентов от их массы). Когда биомассу, обогащенную посредством этих бактерий, отделяют от обработанной воды, эти твердые вещества биологического происхождения имеют высокую ценность как удобрения.

Удаление фосфора также может быть достигнуто путем химического осаждения, как правило, при помощи солей железа (например, хлорида трехвалентного железа), алюминия (например, квасцов) или извести. Это может привести к избыточному образованию ила в виде осадков гидроксидов, а добавляемые при этом химические вещества могут быть слишком дорогими. Химическое удаление фосфора требует значительно меньшего использования оборудования, чем биологическое удаление, проще в эксплуатации и часто более надежно, чем биологический метод удаления фосфора. Еще одним методом удаления фосфора является использование гранулированного латерита.

После удаления фосфор в виде сточного ила с богатым содержанием фосфата может быть сброшен на свалку или может использоваться в качестве удобрения. В последнем случае обработанный осадок сточных вод также иногда называют биологически твердыми веществами.

Дезинфицирование. Цель дезинфекции в обработке сточных вод – существенно уменьшить количество микроорганизмов в воде, сливаемой обратно в окружающую среду для последующего использования в качестве питья, купания, полива и т.п. Эффективность дезинфекции зависит от качества обрабатываемой воды (например, помутнение, рН и т.д.), типа дезинфекции, который используется, дозы дезинфицирующего средства (концентрация и время), а также других параметров окружающей среды. Мутная вода будет очищаться менее успешно, так как твердое вещество может защитить организмы, особенно от ультрафиолетовых лучей, или если время контакта является слишком низким. Как правило, слишком короткое время контакта, низкие дозы и высокие потоки препятствуют эффективной дезинфекции. Обычные методы дезинфекции включают в себя обработку озоном, хлором, ультрафиолетовым излучением или гипохлоритом натрия. Хлорамин, который используется для питьевой воды, не используется в обработке сточных вод из-за его высокой активности. После нескольких этапов дезинфекции обработанная вода готова к выбросу обратно в водный цикл с помощью ближайшего водоема или к использованию в сельском хозяйстве. После этого вода может быть передана в резервы для повседневного использования человеком.

Хлорирование остается наиболее распространенной формой дезинфекции сточных вод в Северной Америке из-за ее низкой стоимости и долгосрочной эффективности. Одним из недостатков является то, что хлорирование остаточного органического материала может привести к образованию хлорированных органических соединений, которые могут быть

канцерогенными или вредными для окружающей среды. Остаточный хлор или хлорамин также может приводить к хлорированию органического материала в естественной водной среде. Далее, по причине того что остаточный хлор является токсичным для водных видов, обработанные сточные воды должны также быть химически дехлорированы, что делает процесс очистки более сложным и дорогостоящим.

Ультрафиолетовое (УФ) излучение может быть использовано вместо хлора, йода или других химических веществ. Поскольку никакие химикаты при этом не используются, то обработанная вода не оказывает вредного влияния на живые организмы, которые впоследствии потребляют ее, как это может быть в случае с другими методами. УФ-излучение вызывает повреждение генетической структуры бактерий, вирусов и других патогенов, что делает их неспособными к воспроизводству. Основными недостатками УФ-дезинфекции является необходимость частого технического обслуживания ламп и их замены, а также необходимость тщательной очистки сточных вод перед излучением, чтобы целевые микроорганизмы не смогли защититься от УФ-излучения (то есть любые твердые вещества, присутствующие в очищенных сточных водах, могут защитить микроорганизмы от УФ-излучения). В Соединенном Королевстве УФ-излучение становится наиболее распространенным средством дезинфекции из-за опасений по поводу воздействия хлора на органические вещества в сточных водах и хлорирования органики в потребляемой воде. Некоторые системы очистки сточных вод в Канаде и США также используют ультрафиолетовое излучение для дезинфекции их сточных вод.

Озон (O_3) образуется путем пропускания кислорода (O_2) через высокий потенциал напряжения, что приводит к тому, что к нему привязывается третий атом кислорода и образует O_3 . Озон очень нестабилен и реактивен, а также окисляет большинство органических материалов, с которыми он вступает в контакт, тем самым разрушая многие патогенные микроорганизмы. Озон считается более безопасным, чем хлор, так как в отличие от хлора, который должен храниться непосредственно на месте обработки (очень ядовитый в случае случайного выброса), озон может храниться локально лишь в случае необходимости. При озонировании также производится меньшее количество побочных продуктов дезинфекции, чем при хлорировании. Недостатком дезинфекции озоном является высокая стоимость оборудования по производству озона и требования к специальным операторам.

Четвертая стадия обработки. Микрозагрязнители, такие как фармацевтические препараты, ингредиенты бытовой химии, химические вещества, используемые в малом бизнесе или промышленности, фармацевтические вещества, вредные окружающей среде (ЕРРР), или пестициды, не могут быть устранены в процессе обычной очистки (первичной, вторичной и третичной) и, следовательно, приводят к загрязнению воды. Хотя концентрации этих веществ и продуктов их разложения являются довольно низкими, есть шанс, что водные организмы могут пострадать. Для лекарственных средств следующие вещества были идентифицированы как «токсикологические»: вещества с эффектом эндокринных нарушений, генотоксические вещества и вещества, которые усиливают развитие бактериального сопротивления. В основном они относятся к группе экологически стойких фармацевтических загрязнителей. Методы устранения микрозагрязнителей посредством четвертой стадии обработки во время очистки сточных вод проходят испытания в Германии, Швейцарии и Нидерландах. Однако так как такие техники все еще являются дорогостоящими, пока что они не используются на регулярной основе. Шаги данного процесса главным образом включают в себя поглощение микрозагрязнителей фильтрами с активированным углем. Озон также может применяться в качестве окислительного метода. Также исследуется использование ферментов, например фермента лакказы. Новым способом обеспечения энергоэффективной борьбы с микрозагрязнителями может стать использование культивируемых в водоочистных сооружениях грибов, выделяющих лакказу, для расщепления микрозагрязнителей и одновременного накопления ферментов на катоде микробного биотопливного элемента. Микробные биотопливные элементы исследуются благодаря своему свойству очищения органического вещества в сточных водах.

С целью уменьшения содержания лекарственных средств в водоемах рассматриваются также такие мероприятия по «контролю поставщиков», как инновации в сфере разработки медикаментов и более ответственное обращение с ними.

Устранение запаха. Запахи, выделяемые при обработке сточных вод, как правило, указывают на анаэробную или «септическую» среду. На ранних этапах обработки чаще всего образуются зловонные газы, среди которых сероводород вызывает наибольшее количество жалоб. Крупные обрабатывающие установки в городской местности часто уничтожают запахи с помощью графитовых реакторов, контактной среды с биошламом, мелких доз хлора или циркулирующих жидкостей, чтобы удержать вредные газы биологическим путем и преобразовать их. Существуют и другие методы устранения запаха, включая добавление солей железа, пероксида водорода, нитрата кальция и т. д. для воздействия на уровни сероводорода.

Насосы для сыпучих материалов с высокой плотностью подходят для нейтрализации запахов с помощью подачи шлама по герметично закрытому трубопроводу.

Энергетические потребности. В случае традиционных водоочистных сооружений около 30 процентов годовых эксплуатационных расходов, как правило, приходится на энергозатраты. Потребность в энергии различается в зависимости от вида очистного процесса и объема сточных вод. К примеру, биоинженерные сооружения имеют более низкие энергозатраты, чем станции аэрации, так как на этапе аэрации требуется меньше энергии.

Водоочистные сооружения, производящие биогаз в процессе переработки осадков сточных вод при помощи анаэробного сбраживания, способны производить достаточное количество энергии, чтобы удовлетворить большую часть энергетических потребностей самой водоочистой установки.

В традиционных процессах вторичной очистки большая часть электроэнергии используется для аэрации, насосных систем и оборудования для обезвоживания и осушения осадков сточных вод. Установки для доочистки сточных вод, например, для удаления питательных веществ, требуют больше энергии, чем установки, выполняющие лишь первичную или вторичную очистку. Шламы, накапливаемые в процессе очистки сточных вод, необходимо обрабатывать и утилизировать безопасным и эффективным образом. Целью сбраживания является уменьшение содержания органического вещества и количества болезнетворных микроорганизмов, присутствующих в твердых телах. Наиболее распространенные варианты очистки включают анаэробное сбраживание, аэробное сбраживание и компостирование. Также используется сжигание отходов, хотя и в гораздо меньшей степени.

Обработка шлама зависит от количества образуемых твердых веществ и других условий конкретных участков. Компостирование наиболее часто применяется в мелких установках с аэробным сбраживанием для средних операций, а анаэробное сбраживание – для более масштабных операций.

Шлам иногда пропускают через так называемый предварительный загуститель, который его обезвоживает. Типы предварительных загустителей включают центробежные загустители шлама, ротационные барабанные загустители шлама и ленточные фильтр-прессы. Обезвоженный осадок может быть сожжен или вывезен с участка для утилизации на свалке или может использоваться в качестве вспомогательного сельскохозяйственного вещества для почвы.

Аспекты охраны окружающей среды. Многие процессы в водоочистных сооружениях построены таким образом, чтобы имитировать естественные процессы обработки, происходящие в окружающей среде, как в случае, когда такая окружающая среда является естественным водоемом, так и в случае, когда она является почвой. Когда органических загрязнителей не очень много, бактерии окружающей среды поглощают их, однако тем самым они приводят к снижению уровня кислорода в воде и могут существенно изменить общую экологию принимающего водного объекта. Природные популяции бактерий питаются органическими загрязнителями, в то время как количество болезнетворных микроорганизмов снижается под воздействием естественных условий окружающей среды, таких как хищничество или влияние ультрафиолетового излучения. Следовательно, в тех случаях, когда принимающая

среда обеспечивает высокий уровень разбавления, высокая степень очистки сточных вод может не потребоваться. Тем не менее, недавно полученные данные показали, что очень низкие уровни определенных загрязняющих веществ в сточных водах, в том числе гормонов (от животноводства и остатков от гормональных контрацептивов человека) и синтетических материалов, таких как фталаты, которые в своем действии имитируют гормоны, могут оказывать непредсказуемое негативное воздействие на естественную биоту и теоретически на людей, если вода повторно используется в качестве питьевой. В США и ЕС неконтролируемые сбросы сточных вод в окружающую среду запрещены законодательством, кроме того, в этих странах обязательно соблюдение строгих требований к качеству воды, так как чистая питьевая вода является необходимой. Значительную угрозу в ближайшие десятилетия представляют возрастающие неконтролируемые сбросы сточных вод в быстро развивающихся странах.

Влияние на биологию. Очистные сооружения могут оказывать различное влияние на уровни питательных веществ в воде, в которую стекают очищенные канализационные отходы. Эти питательные вещества могут оказывать большое влияние на биологическую жизнь в воде, которая контактирует с выбросами. Стабилизационные пруды (или пруды обработки сточных вод) могут включать в себя какие-либо из следующих сооружений:

- Окислительные пруды, являющиеся аэробными водоемами, как правило, 1–2 метра в глубину, которые принимают сточные воды из отстойников и других форм первичной очистки – в них преобладают водоросли.
- Пруды для доочистки сточных вод похожи на окислительные пруды, однако они принимают сточные воды из окислительного пруда или из установки с расширенной механической обработкой – в них преобладает зоопланктон.
- Факультативные лагуны, отстойники для неочищенных сточных вод или отстойные пруды – это пруды, в которые сточные воды спускаются без какой-либо первичной обработки, кроме грубого сортирования. Эти пруды обеспечивают эффективную очистку, когда поверхность остается аэробной; несмотря на это, анаэробные условия могут развиваться вблизи слоя осевшего ила на дне пруда.
- Анаэробные отстойники – это сильно насыщенные пруды, в них преобладают бактерии.
- Шламовые отстойники являются аэробными прудами, как правило, от 2 до 5 метров в глубину, которые принимают анаэробно сброженный первичный шлам или активированный вторичный шлам под водой.

Сокращение фосфора является возможным следствием очистки сточных вод и приводит к образованию планктона с преобладанием жгутиковых, особенно летом и осенью.

Повторное использование очищенных сточных вод. Применение подходящих технологий позволяет повторно использовать канализационный сток в качестве питьевой воды, хотя это, как правило, делается лишь в местах с ограниченными водными ресурсами, таких как г. Виндхук (Намибия) и Сингапур. В Израиле около 50 процентов сельскохозяйственного использования воды обеспечивается за счет очищенной канализационной воды.

Очистка сточных вод в странах с переходной экономикой. Лишь немногие надежные данные свидетельствуют о том, какая часть собранных в коллекторах сточных вод в мире проходит очистку. Глобальная оценка ПРООН и ООН-Хабитат свидетельствует, что 90% всех образующихся стоков выбрасывается в окружающую среду в неочищенном виде. Во многих развивающихся странах большая часть бытовых и промышленных сточных вод сбрасывается без какой-либо очистки или лишь после первичной очистки.

В Иране, относительно развитой ближневосточной стране, большая часть населения Тегерана пользуется городскими грунтовыми водами, в которые сбрасывается неочищенный сток в первоначальном виде. Тем не менее строительство основных частей системы канализации, сбора и обработки в Тегеране почти завершено или находится в стадии разработки. В Исфахане, третьем по величине городе в Иране, очистка сточных вод началась более 100 лет назад.

Механические и физические процессы

- Задачи:
 - устранение загрязнителей из сточных вод;
 - обработка, утилизация или переработка ила.
- Устранение взвешенных частиц осуществляется посредством:
 - осаднения или флотации (используется удельный вес твердых веществ);
 - фильтрации или экранирования (используется размер частиц твердых веществ).
- Используются следующие системы: экраны, сита, отделители гравия и жира, бассейны для отстаивания или флотации
 - Осаждение или флотация
 - Принцип отделения: плотность
 - Разделение твердой и жидкой фазы с помощью силы притяжения
 - Осаждение
 - Процесс отстаивания и отложения взвешенного вещества в воде с помощью силы притяжения
 - Флотация
 - Масла, смазочные материалы и другие вещества, которые легче воды, как правило, поднимаются на поверхность и удаляются
 - Флокуляция и осаднение
 - Флокуляция
 - Это накапливание и образование скопления коллоидного и тонко диспергированного взвешенного вещества после коагуляции (часто коагулянты добавляют в воду)
 - Отделение хлопьев от воды может быть осуществлено посредством процесса осаднения или фильтрации
 - Осаждение
 - Под воздействием добавления конкретных химических веществ, способствующих превращению растворенного вещества в нерастворимые вещества, которые, в свою очередь, осаждаются

Биологические процессы обработки

- Микробная деградация
- Биологическая деструкция загрязняющих веществ осуществляется посредством молекулярно-ориентированного метаболизма
 - Органический углерод, окисление / ферментация, $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 - Перемещение азота из аммиака (NH_4^+) посредством биологического окисления в нитрат (NO_2^-) (нитрификация) с последующим восстановлением нитрата до газообразного азота (денитрификация)
 - Органические соединения фосфора, HPO_4^{2-} , накопление (PO_4^{2-}) n
 - Процесс очистки активным илом
 - сточные воды, содержащие органические вещества, подвергаются аэрации в аэрационном бассейне
 - микроорганизмы усваивают суспендированные и растворимые органические вещества
 - вновь образованные клетки удаляются из потока жидкости в виде хлопьевидного осадка в отстойный резервуар (фильтр для осветления воды)

Биореактор с фиксированной пленкой

- Удаление загрязняющих веществ путем абсорбции и адсорбции органических соединений;
- Биопленка – совокупность микроорганизмов – поглощает органические вещества

Параметры конструкции для биологической очистки

- Нагрузка сточных вод: $S = c \cdot Q$
- Специальная волюмометрическая нагрузка: $B_v = c \cdot Q/V$
- Специальная нагрузка на активный ил: $F/M = c \cdot Q/SS$
- Осуществление деструкции: $R = (S_{in} - S_{eff})/V$
- Эффективность деструкции: $\eta = 100 - (c_{eff}/c_{in}) \cdot 100$

Инженерные решения

Станции обработки сточных вод

- Природные технологии обработки сточных вод
- Технологии обработки сточных вод, схожие с природными
- Технические технологии обработки сточных вод

Природные технологии обработки сточных вод

Почвенная фильтрация:

- Ликвидация загрязняющих веществ путем сорбции, ионного обмена, микробной деструкции, микробной природной ликвидации
- Компоненты сточных вод (соли, тяжелые металлы) в основном находятся в разбавленном состоянии

Оросительное земледелие

- Сточными водами орошают сельскохозяйственные районы
- Питательные вещества используются для растениеводства (удаленные вместе с биомассой)
- Эффект достигается, если доступны крупные сельскохозяйственные районы

Технологии обработки сточных вод, схожие с природными

- Неаэрируемые искусственные очистные бассейны
- Аэрируемые очистные бассейны
- Сконструированные болотные экосистемы

Общие черты этих процессов:

- простое технологическое решение;
- нехватка технологии контроля;
- недостаточное применение машин;
- низкий прирост накопления ила;
- потребность в обширном пространстве;
- низкий уровень обслуживания;
- высокий уровень стабильности и высокая буферная емкость.

3.7.4. Сооружения по очистке сточных вод в Германии (из модуля Г. Виеса)

Пример: станции обработки сточных вод (СОСВ) Берлина

- В Берлине: 6 СОСВ для очистки сточных вод
- Обработка 620 000 м³ сточных вод в сутки
- Предусмотрено оборудование для стадии биологической обработки, включая удаление фосфора и азота. Наконец, очищенная вода спускается в реки и озера.

Станция обработки сточных вод Рулебен

- 1963: Запуск станции обработки сточных вод (затем последовали дальнейшие этапы расширения).
- 1985:
 - Запуск обезвоживания и сжигания шлама.
 - Внедрение биологического удаления фосфатов в сочетании с нитрификацией и денитрификацией.
- 1996/97:
 - Модернизация очистителей дымовых газов.

Технологическое проектирование

- Механическая и биологическая очистка сточных вод
- Биологическое удаление фосфатов в сочетании с нитрификацией и денитрификацией
- Обезвоживание осадков сточных вод с использованием центрифуг и печей с псевдоожиженным слоем и биотехнологической очисткой дымовых газов
- Рассчитан на перерабатывающую мощность 250000 м³ сточных вод в сутки в сухую погоду
- Максимальная мощность в сырую погоду 600000 м³/сут.

Механическая обработка:

- системы мелкочаеистых сетчатых фильтров
- песколовки – отстойники – биологическая очистка: аэрационные бассейны
- вторичные отстойники – очистка осадков сточных вод: центрифуги
- печи с псевдоожиженным слоем

Механическая обработка (рис. 39)

- Сточные воды из насосных станций, перекачанные в установку, сначала проходят стадию механической обработки
 - Задача предварительной механической обработки: снижение нагрузки притока для биологической очистки
 - Экранные фильтры
 - Сетчатые фильтры
 - Зерно- и жиросепараторы
 - Отстойно-флотационные бассейны
 - Экранные и сетчатые фильтры
 - Для защиты от проникновения больших плавающих объектов
 - Зернистый материал с частицами крупнее отверстий затем удаляется
 - Сетчатые макрофильтры: удалить мелкий песок и насекомых
 - Сетчатые микрофильтры: удалить планктон

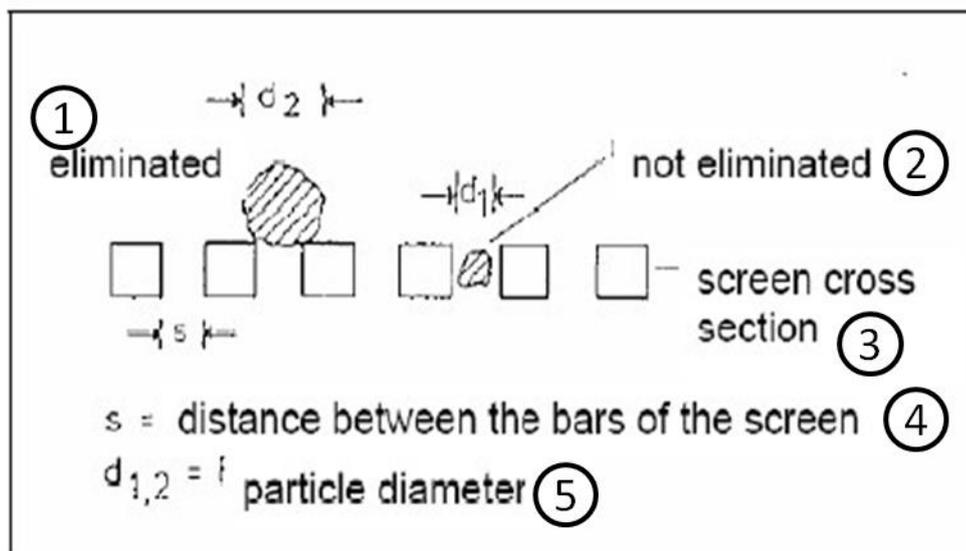


Рисунок 39. – Процесс сортирования [39]

1. Исключенные; 2. Неисключенные; 3. Экранирование сквозь секции; 4. Расстояние между решетками экрана; 5. Диаметр частиц

Отделение песколовки разделение большей частью неорганических веществ более 0,1 мм

- предотвращает повреждение насосов и других устройств
- скорость входящих сточных вод регулируется, чтобы обеспечить оседание песка, гравия, камней и битого стекла

Первичный осветлитель

- Устранение твердых частиц
- Удаляет частицы $> 0,1$ мм

Биологическая очистка

От стадии механической обработки до стадии биологической обработки, биологическое удаление фосфора и азота

Процесс очистки активным илом

- аэробный процесс – аэрационный бассейн
- в аэробных условиях бактерии растут – осадки и газы
- осадки, удаляемые вторичным осветлителем

Аэрационный бассейн

- Искусственная аэрация обеспечивает потребность МО в кислороде;
- Нитрификация: аэробные условия
- Денитрификация: бескислородные условия (анаэробные условия)
- Необходимость органического вещества в качестве субстрата
- Удаление фосфатов требует чередования аэробных и анаэробных условий

Альтернатива: Системы с фиксированной пленкой

- Например, капельные фильтры:
биомасса растет в среде, и сточные воды проходят над ее поверхностью. Возвратный ил не требуется

Вторичная седиментация

- Допускаются 3 различных бассейна:
- Дортмундский бассейн – отстойник с восходящим потоком, вертикальное направление потока
- Круговой бассейн – горизонтальное направление потока
- Берлинский бассейн – вертикальное направление потока

Обработка осадка

- Обработку осадка с 1985 года выполняют в два этапа:
 - механическое обезвоживание и сжигание;
 - удаление воды для уменьшения объема до минимально возможного количества остаточного продукта: шлака, сжигание органических компонентов обезвоженного осадка.
- Обработка осадка включает в себя четыре параллельных процесса:
 - обезвоживание с помощью центрифуг
 - сжигается в печах с кипящим слоем;
 - биотехнологическая утилизация отходящего тепла;
 - очистка дымовых газов с помощью электростатических фильтров и биотехнологической очисткой дымовых газов (производство гипса в качестве остаточного продукта).

Обезвоживание

- в условиях центрифуги с полиэлектролитными флокулирующими веществами
- шлам имеет максимум 24–30% сухого остаточного материала
- обезвоженный осадок из двух центрифуг переносится в бункер для отфильтрованного осадка и далее к печам с псевдоожиженным слоем

Сжигание в печи с псевдоожиженным слоем

- псевдоожиженные слои удерживают твердое топливо в восходящих струях воздуха в процессе горения
- результат: турбулентное перемешивание газа и твердых частиц
- для оптимального сгорания органического вещества, а также для нейтрализации запаха необходима минимальная температура горения 850° С – добавление мазута

Очистка выхлопных газов

- Выхлопные газы, получаемые при сгорании, могут содержать вещества, являющиеся вредными для окружающей среды.
 - В основной системы очистки используются для удаления кислотных газов (таких как SO₂), полученных от источников горения.
 - С 1989 года применяется метод мокрой очистки газов с использованием извести в качестве впитывающего материала, вступающего в реакцию с кислотными газами.
 - Продуктом реакции является гипс (7 т/д), который может быть использован повторно.
 - После завершения процесса мокрой очистки содержание серы снижается в среднем до значений 3–5 мг/м³.

3.7.5 Методы и сооружения очистки сточных вод в Казахстане (из модуля В. Торубара)

3.7.5.1. Сооружения механической очистки сточных вод

Решетки, дробилки, сита

Содержащиеся в сточных водах крупноразмерные (более 1 см) отбросы, являющиеся отходами хозяйственно-бытовой и производственной деятельности, представляют собой остатки пищи, упаковочные материалы, бумагу, тряпье, санитарно-гигиенические, волокнистые, полимерные материалы.

Образующийся на поверхности отбросов адгезионный слой способствует налипанию на них песка, шлаков и других минеральных частиц. Формируются многокомпонентные органоминеральные составляющие отбросов, осредненная плотность которых близка к плотности воды. Эти отбросы, попадая в последующие сооружения (песколовки, отстойники, метантенки и др.) осложняют их работу или выносятся в водный объект, что недопустимо. По опытным данным, норма выносимых на 1 жителя крупноразмерных загрязнений составляет порядка 20 г/сут·чел.

Первым элементом всех технологических схем очистки сточных вод являются *решетки*, конструктивное решение которых может быть различным.

Песколовки

Устанавливаются для выделения из сточных вод нерастворенных минеральных веществ, преимущественно песка. Выделения песка в них происходит под действием сил тяжести.

По направлению движения воды песколовки подразделяются на горизонтальные, вертикальные и с вращательным движением жидкости: тангенциальные (рис. 42) и аэрируемые.

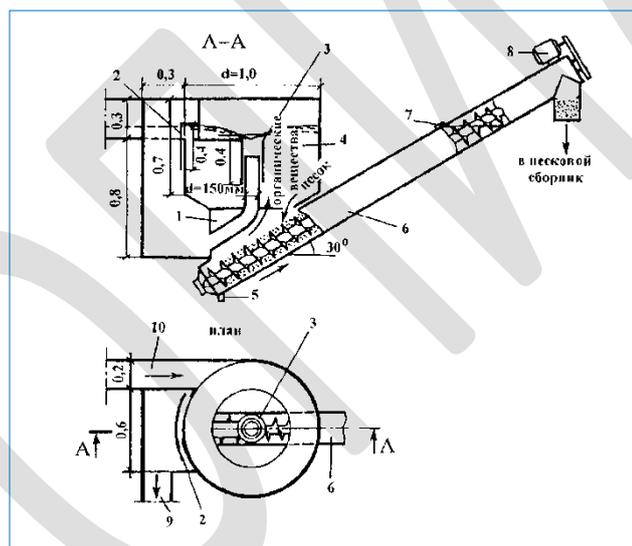


Рисунок 40. – Тангенциальная песколовка с вихревой водяной воронкой [40]

Задача очистки сточных после песколовки заключается в выделении из сточных вод нерастворенных веществ, находящихся во взвешенном и плавающем состоянии, из которых примерно 80% – органические вещества, 20% – минеральные. Для этого применяются *отстойники разных типов и конструкций*.

Обладая рядом технических и эксплуатационных преимуществ, наибольшее распространение в практике очистки сточных вод получили *радиальные отстойники*, которые выполняются круглыми, в плане диаметром от 16 до 40 метров (изредка до 60 м) и глубиной, равной от 1/6 до 1/10 диаметра (рис. 41).

микроорганизмов, простейших и более высокоорганизованных представителей фауны (коловратки, черви, личинки насекомых), а также водных грибов и дрожжей.

Этот биоценоз организмов, развивающихся в аэробных условиях на органических загрязнениях, содержащихся в сточной воде, получил название *активного ила*.

Доминирующая роль в нем принадлежит различным группам бактерий – одноклеточным подвижным микроорганизмам, способным не только извлекать из воды растворенные и взвешенные в ней органические вещества, но и самоорганизовываться в колонии – хлопья, легко отделяемые от очищаемой воды отстаиванием и флотацией.

Размер хлопьев зависит как от вида бактерий, так и от внешних факторов – *температуры среды, гидродинамических условий в аэрационном сооружении и пр.* С инженерной точки зрения определяющими для технологического и конструктивного оформления процесса биологической очистки будут являться скорости изъятия загрязнений из очищаемой воды, т. е. собственно процесса очистки воды и скорости биохимического разложения изымаемых загрязнений (рис.42).

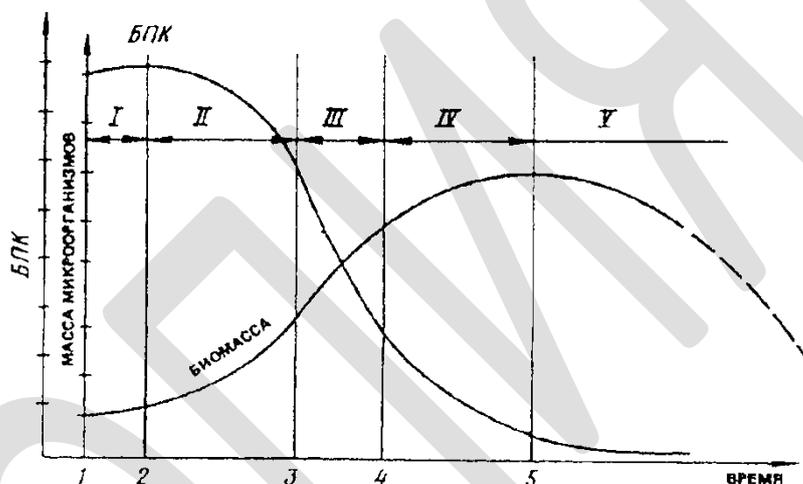


Рисунок 42. – Зависимость прироста биомассы в аэробных условиях от концентрации питательных веществ [42]

В развитии колонии микроорганизмов можно выделить следующие фазы:

I – лаг-фазу, или фазу адаптации, которая наблюдается сразу после введения микробной культуры в контакт с питательной средой и в которой практически не происходит прироста биомассы. Деятельность этой фазы зависит как от природы органических веществ и степени адаптированности микроорганизмов к ним, так и условий, в которые вносится микробная масса;

II – фазу экспоненциального роста (фазу ускоренного роста) микроорганизмов, в которой избыток питательных веществ и отсутствие (или незначительное присутствие) продуктов обмена веществ способствуют поддержанию максимально возможной в данных условиях скорости размножения клеток, определяемой лишь биологической сущностью процесса их воспроизводства;

III – фазу замедленного роста, в которой скорость роста биомассы начинает сдерживаться по мере истощения продуктов питания и накопления продуктов метаболизма;

IV – фазу нулевого роста (или прекращения роста), в которой наблюдается практически стационарное состояние в количестве биомассы, свидетельствующее о равновесии между наличием питательных веществ и накопленной биомассой;

V – фазу эндогенного дыхания (или фазу самоокисления), в которой из-за недостатка питания начинаются отмирание и распад клеток, ведущие к снижению общего количества биомассы в биореакторе.

Отмеченным фазам роста микробиальной массы соответствует и динамика измерения концентрации питательных веществ, выраженных через БПК.

Можно сделать следующие весьма важные для технологической реализации процесса биологической очистки выводы:

- При биологической очистке растворенные и инертные взвешенные органические вещества в результате метаболической активности микроорганизмов и сорбционной способности активного ила превращаются в биомассу, сравнительно легко отделимую от очищенной воды.

- Длительность изъятия и окисления содержащихся в сточной воде органических загрязнений будет тем короче, чем дольше масса микроорганизмов будет в контакте с ними.

- При падении содержания органических веществ в очищаемой жидкости ниже определенного предела жизнедеятельность микроорганизмов продолжается, но уже либо за счет накопленных питательных веществ, либо за счет их собственной массы, т. е. отмирания и окисления микроорганизмов со снижением общей их массы (процесс самоокисления).

Массу ила в аэрационном сооружении выражают через его концентрацию в иловой смеси в граммах сухого вещества в 1 л или 1 м³ иловой смеси. Концентрацию активного ила, поддерживаемую в эксплуатационном режиме аэрационного сооружения, называют «дозой активного ила», или «рабочей дозой».

При полной биологической очистке после отделения активного ила количество оставшихся загрязнений составляет 12–20 мг/л по БПК в зависимости от глубины очистки. Разница между поступающей в аэрационное сооружение и выходящей из него БПК называется снятой БПК. Её отношение к массе ила и длительности аэрации – *удельной скоростью изъятия загрязнений из очищаемой воды, т. е. скоростью очистки*. Исходя из нагрузки на активный ил, аэротенк может быть охарактеризован как:

- высоконагружаемый* – при нагрузках больше 0,5 г БПК на 1 г беззольного сухого ила в сутки;

- среднезагруженный* – при 0,15–0,5 г БПК на 1 г беззольного сухого ила в сутки;

- низконагруженный* – при 0,065 – 0,15 г БПК на 1 г беззольного сухого ила в сутки.

При нагрузках менее 0,065 г БПК на 1 г беззольного сухого ила в сутки имеет место так называемая “*продленная аэрация*”, при которой происходит самоокисление определенного количества активного ила.

С некоторой долей условности можно считать, что:

- в фазе II будут иметь место высокие нагрузки на ил;

- в фазе III – средние нагрузки;

- в фазе IV – низкие нагрузки;

- в фазе V – недогрузка ила и его самоокисление.

Важная характеристика метаболической активности ила – *возраст ила*, измеряемый средней продолжительностью его пребывания в сооружениях биологической очистки.

В процессе очистки активный ил развивается, его масса увеличивается, *это увеличение называется приростом ила (мг/л или г/л), или избыточным активным илом*, который необходимо своевременно удалять из аэротенка, в отличие от активного ила, возвращаемого в аэротенк (циркуляционный активный ил).

Опыт эксплуатации аэрационных сооружений показывает, что приемлемая степень метаболической активности ила обеспечивается при его возрасте в 2÷5 суток.

3.7.5.4 Сооружения биологической очистки сточных вод методом аэрации

Схема реализации биологического процесса очистки сточной воды в проточном режиме в аэротенках с возвратом ила из вторичных отстойников и выделением избыточного ила на обработку получила название *классической аэрации*.

Одной из модификаций классической схемы является применение продольного секционирования аэротенков поперечными перегородками, не доходящими либо до дна (или чередующимися: не доходящими то до дна, то до уровня воды), либо до противоположной стены.

Технологическая суть такой модификации заключается в том, что после извлечения загрязнений из сточной воды в собственно аэротенках *активный ил с загрязнениями отделяется от очищенной воды и подается в регенератор*, в котором активный ил аэрируется в течение некоторого времени без сточной жидкости, восстанавливая свою метаболическую активность. Регенерированный ил затем опять возвращается в аэротенк для нового контакта с очищаемой жидкостью и повторения цикла изъятия из нее загрязнений. Регенераторы могут устраиваться в виде как отдельно стоящих сооружений, так и емкостей, выделяемых в объеме аэротенков.

Конструктивное оформление аэротенков определяется пропускной способностью очистных сооружений, качеством сточной воды, типом аэрационного оборудования для подачи и перемешивания воздуха, конструкций других сооружений, включаемых в технологическую схему очистки сточной воды и др.

Для крупных очистных сооружений применяются *прямоугольные в плане аэротенки с пневматической аэрацией*.

Для небольших очистных сооружений применяются как *прямоугольные, так и круглые в плане аэротенки с пневматической, механической или пневмомеханической аэрацией*.

Различают *аэротенки с отдельными отстойными сооружениями и аэротенки-отстойники, в которых эти два сооружения определенным образом гидравлически связаны и взаимозависимы*.

Представление об аэротенке можно получить из следующих фотографий:



Зона смешивания с активным илом [42a]



Отвод сточной воды в отстойники [42a]



Подача сточной воды и активного ила [42a]



Вид на работающие аэротенки [42a]

3.7.5.5 Сооружения биологической очистки сточных вод методом биофильтрации

Биологический фильтр (биофильтр) – сооружение, в котором сточная вода фильтруется через загрузочный материал, покрытый биопленкой, образованной колониями микроорганизмов.

Биофильтр – это сооружение биоочистки с фиксированной биомассой, закрепленной на поверхности среды носителя, которая осуществляет процессы извлечения и сложной биологической переработки загрязнений сточных вод.

Экосистема-биофильтр отличается устойчивым равновесием, т. е. способностью за счёт саморегулирования возвращаться в исходное состояние по пропускной способности и эффективности работы после отклонений от стабильного режима.

Биофильтры могут работать на полную и неполную биоочистку и классифицируются по различным признакам.

По виду загрузочного материала:

– биофильтры с объемной загрузкой (гравий, шлак, керамзит, щебень и др.);

– биофильтры с плоской загрузкой (пластмассы, асбестоцемент, керамика, металл, ткани и др.).

Биофильтры с объемной загрузкой подразделяются на:

❖ капельные, имеющие крупность фракций загрузочного материала 20–30 мм и высоту слоя загрузки 2–4 м;

❖ высоконагружаемые, имеющие крупность загрузочного материала 40–60 мм и высоту слоя загрузки 2–4 м;

❖ башенные, имеющие крупность загрузочного материала 60–80 мм и высоту слоя загрузки 1–6 м.

Биофильтры с плоской загрузкой подразделяются на:

➤ с жесткой засыпной загрузкой; плотность загрузки – 100–600 кг/м³, пористость – 70–90%, высота слоя загрузки – 1–6 м;

➤ с жесткой блочной загрузкой; плотность загрузки – 40–100 кг/м³, пористость – 90–97%, высота слоя загрузки – 1–6 м;

➤ с мягкой или рулонной загрузкой; плотность загрузки – 5–60 кг/м³, пористость – 94–99%, высота слоя загрузки – 3–8 м.

В классической схеме на биофильтрах процесс очистки сточных вод осуществляется в проточном режиме с периодическим или непрерывным орошением поверхности загрузочного материала и включает сооружения биофильтрации и вторичного отстаивания, оборудование и коммуникации для подачи и распределения сточной воды, отведения и рециркуляции очищенной воды, вентиляции биофильтров.

3.7.5.6. Физико-химическая очистка сточных вод

Структура загрязнений сточных вод, обусловленная внутренней энергией, не доступной для биоценозов, не может быть разрушена биологическими или механическими методами, использующими собственный запас энергии системы.

Сточные воды с такой структурой загрязнений относятся к категории трудноокисляемых или стабильных.

Удаление загрязнений из сточных вод этой категории возможно только при нарушении их стабильности путем использования внешней энергии в той или иной форме.

Эффективным энергетическим воздействием на структуру загрязнений сточных вод обладают физико-химические процессы, описываемые физико-химическими законами.

Наличие источника внешней энергии является обязательным условием применения физико-химических процессов очистки сточных вод. Для их осуществления используют разнообразные виды энергий: электрическую, химическую, тепловую, механическую и др.

Наибольшее распространение эти методы получили при очистке производственных сточных вод или на стадии доочистки городских сточных вод.

В схемах станции очистки городских сточных вод населенных мест получили распространение такие методы физико-химической очистки сточных вод, как флотация, коагулирование, сорбция, озонирование, которые используют на различных этапах обработки воды.

Производственные сточные воды отличаются большим разнообразием по своему составу и свойствам. Поэтому для их очистки применяют много других методов, гораздо более сложных. Все методы очистки производственных сточных вод могут быть разделены на две группы:

1. *Регенеративные*, имеющие целью извлечение ценных веществ из сточных вод для их утилизации;
2. *Деструктивные*, предусматривающие разрушение загрязнений или перевод их в безвредные для водоема соединения.

Группы регенеративных методов очистки сточных вод включают следующие физико-химические методы:

- *сорбцию, коагуляцию, электролиз;*
- *экстракцию, флотацию, кристаллизацию;*
- *эвапорацию, ионный обмен, выпаривание.*

К физико-химическим методам также относятся:

- *аэрация;*
- *пламенное сжигание сточных вод;*
- *беспламенное сжигание сточных вод.*

Нейтрализация относится к химическим методам очистки сточных вод, входящих в группу деструктивных методов.

На рис.43 представлена схема непрерывной экстракции, на рис.44 – схема многократной экстракции.

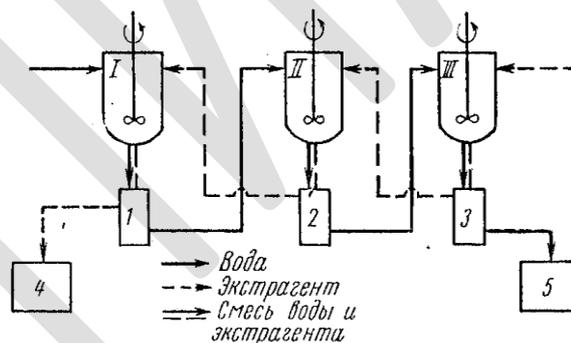
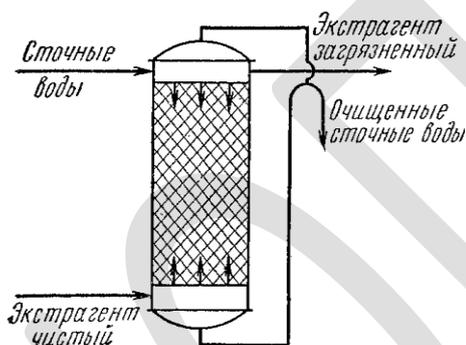


Рисунок 43. – Схема непрерывной экстракции[43]

Рисунок 44 – Схема многократной экстракции [44]

Исходя из задач очистки сточных вод, сооружения физико-химической обработки (рис. 46) могут быть основой технологического процесса или его частью в сочетании с другими сооружениями, например, механической или биологической очистки (рис.47, рис. 48).

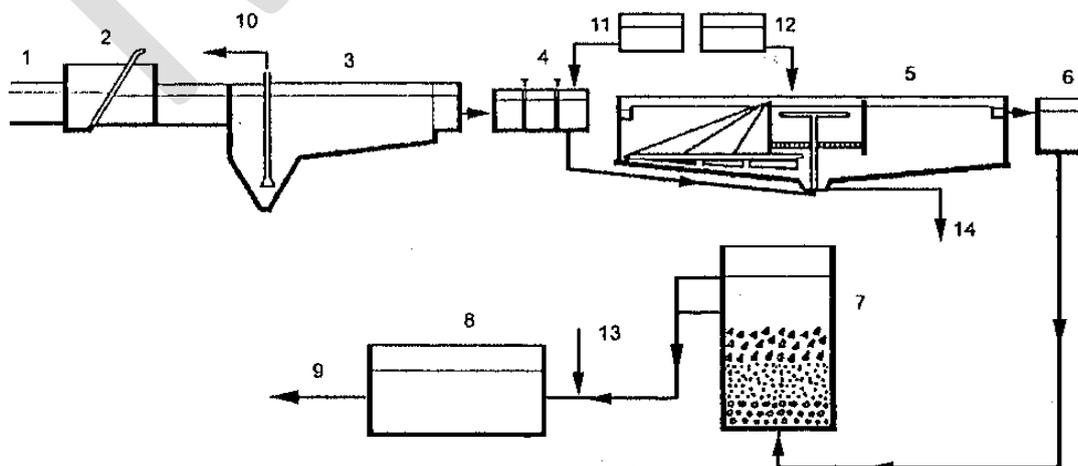


Рисунок 45. – Наиболее простая схема физико-химической очистки сточных вод [45]

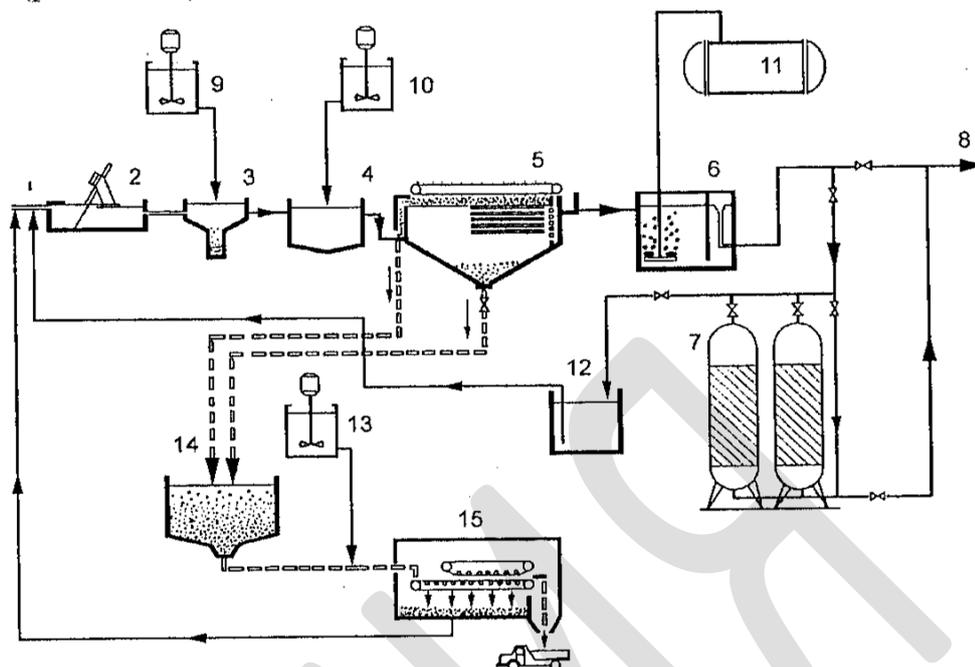


Рисунок 46. – Схема станции с трехступенчатой физико-химической очисткой сточных вод (по схеме: коагулирование → флотация → сорбция) [46]

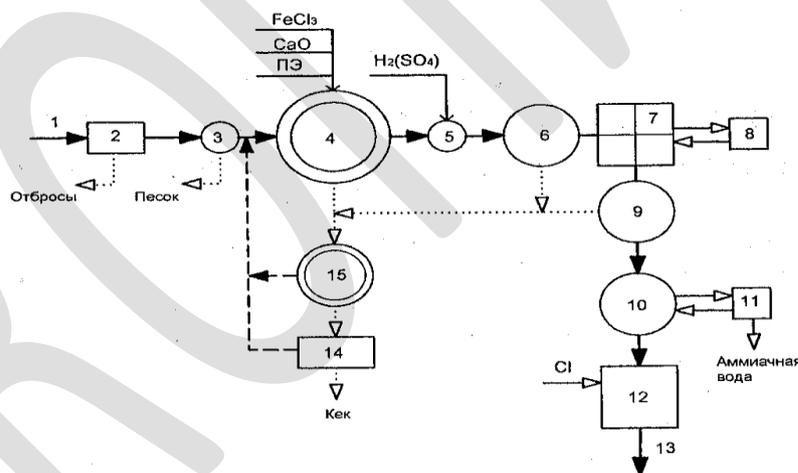


Рисунок 47. – Схема многоступенчатой физико-химической очистки сточных вод [47]

3.7.5.7 Глубокая очистка и обеззараживание сточных вод

Биологический метод очистки сточных вод от соединений азота основан на процессах нитрификации и денитрификации.

Процесс *нитрификации* представляет собой совокупность реакций биологического окисления аммонийного азота до нитритов и далее до нитратов.

В ходе *денитрификации* происходит окисление органических веществ при восстановлении азота нитратов до свободного азота.

Эти процессы можно осуществить двумя способами:

- ✓ с использованием биомассы (активного ила), находящейся во взвешенном состоянии;

✓ с использованием прикрепленной активной биомассы.

В обоих способах могут быть использованы комбинированные и отдельные системы очистки – мембранные биореакторы (МБР). Технология мембранного биореактора (МБР) является одной из динамически развивающихся областей науки и техники. Применение технологии МБР (с погружными мембранными элементами) для очистки промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод началось в 90-х годах прошлого века. Одна из первых высокопроизводительных систем с использованием технологии МБР была запущена в 1991 году в Северной Америке, затем подобные установки были запущены в США и Канаде.

Сегодня основными поставщиками мембран являются: *GENERAL ELECTRIC (USA)*, *USFilter (USA)*, *Hydranautics (USA)*, *Kubota (Japan)*, *Mitsubishi Rayon (Japan)*, *ASAHI (Japan)*, *MICRODYN-NADIR (Germany)*, *Norit (Netherlands)* и др. По обобщенной информации основных поставщиков, в настоящее время в мире работает несколько тысяч установок МБР в более чем 50 странах мира.

Мембранный биореактор (рис. 48) – сооружение, в основе работы которого лежит комбинированный процесс, объединяющий биологическую очистку и мембранную фильтрацию (ультра- и микрофильтрацию). В технологии МБР мембраны используются в качестве фильтра, очищающего сточную воду от взвешенных веществ, органических загрязнений и активного ила. При этом микроорганизмы остаются в биореакторе, что позволяет существенно интенсифицировать процесс биологической очистки, а эффективность процессов ультра- и микрофильтрации существенно выше традиционного процесса вторичного отстаивания.



Рисунок 48. – Мембранный биореактор [48]

Имеются следующие технологии МБР с вариантами подачи сточных вод и типами установок:

- ❖ *Напорные*
- ❖ *Безнапорные*
- ❖ *С погружными мембранными элементами*
- ❖ *С отдельно стоящими мембранными элементами*

Широкое распространение получили технологии МБР с погружными мембранными элементами. Данный тип МБР характеризуется:

✓ *Низкими энергозатратами, т. к. насосное оборудование используется только для создания избыточного вакуума (1,5 м вод. столба);*

✓ *Низкой вероятностью необратимого повреждения мембран.*

МБР с погружными мембранными элементами

В зависимости от типа применяемых мембран используют мембранные элементы следующих конструкций:

- *Пластинчатые*
- *Трубчатые*
- *Половолоконные*

Известные поставщики мембранных модулей:

- ❑ Фирма MICRODYN -NADIR (Германия),
- ❑ Фирма GENERAL ELECTRIC (США),
- ❑ Фирма PALL (США),
- ❑ Фирма Hydranautics (США),
- ❑ Фирма Norit (Нидерланды).

Интеграция мембранных модулей в существующую биологическую очистку

Интеграция мембранных модулей в существующую биологическую очистку производится двумя основными способами:

- ✓ *помещение мембранного модуля непосредственно в аэротенк;*
- ✓ *помещение мембранного модуля в отдельный резервуар.*

При этом в технологической цепи отсутствуют первичные и вторичные отстойники (рис. 49).

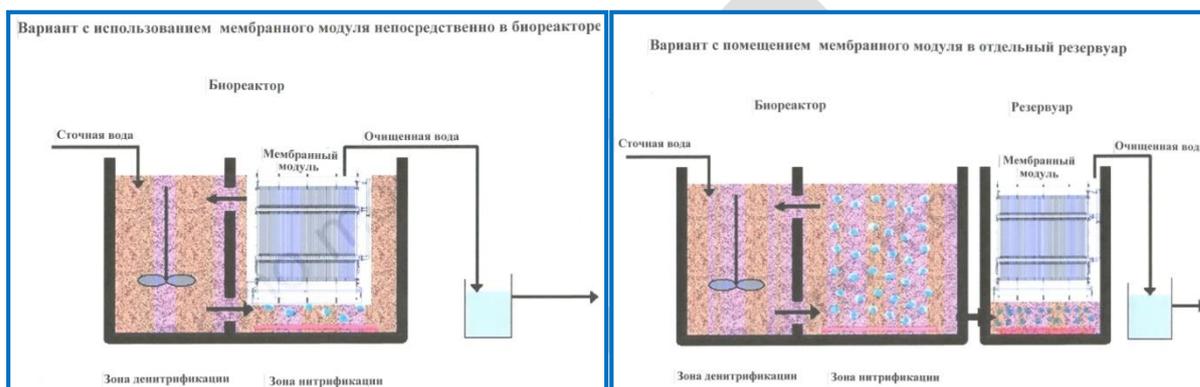


Рисунок 49. – Пример очистных сооружений с использованием мембранных технологий [49]

Очистные сооружения были построены в порядке реконструкции существующих КОС, обслуживающих три города-спутника Дюссельдорфа с общим населением 80 тыс. чел. Старые сооружения не отвечали требованиям по очистке сточных вод для сброса в открытый водоем. Финансирование было предоставлено в объеме 21 млн евро.

Технологическая схема (рис. 50) завода включает механическую очистку сточных вод (грубая решетка 5 мм, песколовка и мелкое сито 1 мм), биологическую обработку (4 аэротенка с зонами нитрификации и денитрификации) и ультрафильтрационные мембранные касеты. Фильтрация осуществляется в конце зоны нитрификации с интенсивной аэрацией по 8 линиям 192-мя касетами типа ZW 500С (440 м²) с общей площадью фильтрации 84480 м².

Производительность мембран – 15–25 л/м²·ч

Для дальнейшего удаления фосфора применяется реагент – хлорное железо (FeCl₃).



Рисунок 50. – Схема очистки вод в г. Каарс [50]

Проектная мощность очистных сооружений составляет 45 тыс. м³ в сутки и рассчитана на максимальный приток в дождливые дни. При сухой погоде сооружения перерабатывают в среднем около 15 тыс. м³ в сутки.

Низкозатратная локальная очистка сточной воды на промышленных предприятиях приобретает в последние годы особое значение. В этом случае снижается плата за сброс стоков в городскую систему канализации и тем самым снижаются эксплуатационные расходы предприятия. При этом на передний план выходят компактные технологии, которые должны обеспечивать стабильно высокое качество очищенного стока при часто меняющихся условиях на входе. Так, в случае очистки стоков, сильнозагрязнённых азотными соединениями, нашла свое применение технология реактора переменного действия (SBR) – рис. 51.



Рисунок 51. – Внутренний вид блока сооружений в г. Каарс [51]

Технология реактора переменного действия в контейнерном исполнении делает доступной возможность расширения или оптимизации работы при избыточной нагрузке даже небольшим коммунальным очистным сооружениям (рис. 52, рис. 53).

При помощи строительства установки для очистки части стока можно со сравнительно небольшими затратами (по сравнению с увеличением общего объёма аэротенков) значительно увеличить мощность очистных сооружений. Так как в технологии SBR используются известные биологические процессы и оборудование, специального переобучения персонала не требуется.

Технология реактора периодического действия зарекомендовала себя как очень стабильный процесс для снижения азотной нагрузки. Даже после продолжительного простоя, например после праздников или технического обслуживания станции обезвоживания, реактор можно достаточно быстро снова эксплуатировать при полной нагрузке.



Рисунок 52. – SBR for Treating Sludge Water – ContainerPlant [52]



Рисунок 53. – Two SBR Plants for Sludge water Treatment [53]

3.7.5.8 Обработка осадков сточных вод

В процессах механической, биологической, физико-химической очистки вод на очистных сооружениях образуются различного вида осадки, содержащие органические и минеральные компоненты.

Схемы структур различных типов осадков: а) легко фильтрующийся; б) с высоким удельным сопротивлением; в) сжимаемый.

Содержание твердой фазы в осадке распределяется следующим образом: осадок после первичного отстаивания – 6–8%; осадок после I отстаивания плюс биопленка после биофильтров – 4–6%; первичный осадок плюс избыточный активный ил – 3–4%; только избыточный активный ил – 0,5–2%. На рис. 54 представлена принципиальная схема процессов обработки осадков.

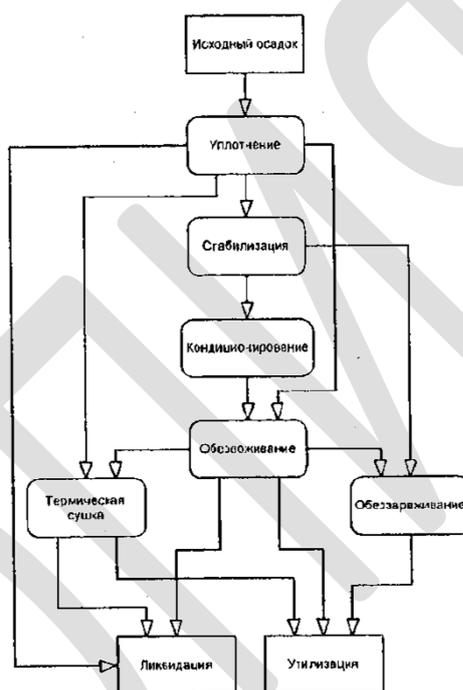


Рисунок 54. – Принципиальная схема процессов обработки осадков [54]

Перед обработкой избыточного активного ила, имеющего влажность 99,2–99,6%, его уплотняют в *илоуплотнителях*.

Уплотнению могут подвергаться осадки из первичных отстойников, избыточный активный ил, их смеси, флотационный шлам, осадки и илы после стабилизации.

Стабилизация первичных и вторичных осадков достигается путем разложения органической части до простых соединений и продуктов, имеющих длительный период ассимиляции окружающей средой.

Эффект стабилизации осадка может быть получен разными методами – *биологическими, химическими, физическими, а также их комбинацией*.

Наибольшее распространение получили методы *биологической анаэробной и аэробной стабилизации*.

Метантенки – сооружения, предназначенные для стабилизации осадков, отделяемых в процессах очистки сточных вод. Одновременно в зависимости от принятой технологии в той или иной степени обеспечивается обеззараживание осадков.

Процесс анаэробного сбраживания в зависимости от температурных условий может быть:

- *мезофильным* (32–35⁰C),
- *термофильным* (52–55⁰C).

Обеззараживание осадков сточных вод достигается разными методами:

- термическими* – прогревание, сушка, сжигание;
- химическими* – обработка химическими реагентами;
- биотермическими* – компостирование;
- биологическими* – уничтожение микроорганизмов простейшими, грибами и растениями почв;
- физическими воздействиями* – радиация, токи высокой частоты, ультразвуковые колебания, ультрафиолетовое излучение и т. п.

Во многих случаях задача обеззараживания осадков решается в основных процессах их обработки, например, при *термофильной стабилизации, тепловой обработке, термосушке, сжигании.*

Как самостоятельная, она ставится в случае дальнейшего использования осадков в сельском хозяйстве в качестве органического удобрения.

Обезвоживание осадков сточных вод осуществляется следующими способами:

- на песковых и иловых площадках, где происходит естественное обезвоживание в результате природных процессов испарения и декантации;*
- механическое обезвоживание осадков на вакуум-фильтрах, фильтр-прессах и центрифугах.*

Процессу механического обезвоживания осадков предшествует процесс его подготовки – *кондиционирование осадка.*

Методы кондиционирования подразделяются на *реагентные и безреагентные.*

Реагентные предполагают использование для обработки осадков неорганические реагенты (хлорное железо, сернокислое железо, известь) или органические высокомолекулярные соединения (полиэлектролиты).

Безреагентные осуществляются методами тепловой обработки и замораживания – оттаивания.

Термическая сушка осадков предназначена для обеззараживания и уменьшения массы осадков сточных вод, предварительно обезвоженных на вакуум-фильтрах, центрифугах или фильтр-прессах. Этот прием упрощает задачу удаления осадков с территорий очистных станций и их дальнейшую утилизацию.

Осадок после термической сушки представляет собой незагнивающий, свободный от гельминтов и патогенных микроорганизмов, внешне сухой (влажность 10–50%) сыпучий материал.

Наиболее распространен *конвективный* способ сушки, при котором необходимая для испарения влаги тепловая энергия непосредственно передается высушиваемому материалу теплоносителем – сушильным агентом, в качестве которого используются топочные газы, перегретый пар или горячий воздух.

Конструкции сушильных аппаратов весьма разнообразны.

Сжигание – это процесс окисления органической части осадков до нетоксичных газов (диоксид углерода, водяные пары и азот) и золы.

Сжигание осадков осуществляется, если их утилизация невозможна или экономически нецелесообразна. Для сжигания осадков применяют *многоподовые печи, печи кипящего слоя и барабанные вращающиеся печи.*

Осадки, выделяемые при очистке сточных вод городов и населенных мест с малой долей неочищенных производственных стоков, по химическому составу относятся к ценным органоминеральным смесям.

Осадки станций аэрации после их обработки можно использовать в сельском хозяйстве в качестве азотно-фосфорных удобрений.

Осадки являются сырьем для получения многих видов продукции промышленного производства.

В настоящее время существует много технологических процессов получения из осадков бытовых и близких к ним по составу сточных вод важных продуктов и энергетических ресурсов.

Минеральная часть осадков представлена в основном соединениями кальция, кремния, алюминия и железа. Поступление на очистные станции производственных стоков обуславливает присутствие в осадках ряда микроэлементов, таких как бор, кобальт, марганец, медь, молибден, цинк.

Наряду с применением осадков в агротехнике, перспективно использование их для получения кормовых добавок и препаратов для питания сельскохозяйственных животных, птиц, рыб и зверей ценных пород.

Захоронение осадков сточных вод следует применять только в случаях невозможности утилизации по техническим или экономическим причинам с учетом необходимости предотвращения возможных отрицательных воздействий на окружающую среду.

3.8 Очистные комплексы в системах водоснабжения (ВОС) и водоотведения (КОС) городов Казахстана

Сделать однозначную оценку технического состояния очистных комплексов в системах водоснабжения и водоотведения, анализ работы сотен производственных коллективов, десятков тысяч людей, работающих в них по различным направлениям профессиональной деятельности – задача крайне сложная и посильная только для крупных специализированных организаций.

Ассоциацией «Казахстан Су Арнасы» сделана оценка состояния очистных комплексов систем водоснабжения и водоотведения в городах Казахстана через призму современных требований и научно-производственных достижений. При освещении вопроса использовались материалы и информация, как полученные от самих предприятий, так и установленные в ходе проведения различных исследовательских проектов, выполненных Ассоциацией по согласованию с различными государственными органами, в том числе совместно с международными экспертами.

Во всех развитых странах обеспечение населения доброкачественной питьевой водой является приоритетным направлением политики социально-экономического развития. Доступность и качество питьевой воды определяют здоровье нации и качество жизни.

Из проведенной оценки видно, что примерно половина населения, проживающего в городах страны, использует питьевую воду, полученную из поверхностных водных объектов. На водопроводных станциях из поверхностных источников централизованного водоснабжения используются одно- и двухступенчатые технологии очистки, включающие реагентную обработку (коагулянты, флокулянты), отстаивание, фильтрование и обеззараживание. На рис. 34 показаны в общем виде (в реальных условиях могут быть незначительные вариации) «классические» технологические схемы очистки поверхностных вод, охватывающие весь ряд очистных сооружений, применяемых в системах водоснабжения городов.

Исследования во многих странах, регионах, в том числе в Казахстане, свидетельствуют о том, что качество воды в поверхностных водных объектах продолжает ухудшаться. Одной из главных причин, по которым происходит ухудшение качества воды в поверхностных водных объектах, является качество сточных вод, сбрасываемых в них. Другим негативным фактором, связанным с некачественной очисткой сточных вод, является недопустимо большое количество накопителей этих сточных вод, создающих экологические проблемы как для людей, так и для окружающей среды, прежде всего, для различных водных объектов, приспособляемых для накопления неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод.

Нельзя не учитывать то, что недостаточно очищенные воды могут представлять не меньшую опасность, чем воды, сбрасываемые без очистки.

К числу причин сброса недостаточно очищенных сточных вод относятся:

- использование малоэффективных, не отвечающих современному уровню развития очистных сооружений систем водоотведения;
- отсутствие производственного контроля или его недостаточный уровень;
- неудовлетворительная эксплуатация морально и физически устаревших и не соответствующих по своей мощности объему сточных вод очистных сооружений;

– потребность практически всех подобных сооружений в реконструкции и оснащении сооружениями глубокой очистки сточных вод.

Высокая антропогенная нагрузка на источники, изменение нормативных документов по качеству воды обуславливают необходимость проведения мероприятий по совершенствованию технологий очистки. Большинство очистных сооружений в городах Казахстана выполнены по проектам 60-х – 80-х годов прошлого века применительно к действовавшим на тот период нормативам. В существующем виде они не рассчитаны на работу в условиях возросшей антропогенной нагрузки на источники водоснабжения, ужесточения параметров качества воды, таких как побочные продукты реагентной обработки воды, показатели безопасности воды в радиационном и эпидемиологическом отношении и др.

Проблемы централизованного водоснабжения следует рассматривать сегодня с учетом новых факторов, имеющих место в секторе водоснабжения и водоотведения как страны, прежде всего, так и в мировой практике.

Сегодня при модернизации действующих водопроводных станций (внедрение новых эффективных реагентов, реконструкция сооружений, автоматизация процессов) предусматривается поэтапное внедрение новых методов очистки воды, в частности, **озоносорбционная** технология, мембранное фильтрование и др.

Для более половины населения городов нашей страны при подготовке питьевой воды используются подземные воды. К ним относятся такие города, которые находятся в Иртышском, Балхаш-Алакольском, Шу-Таласском, Арало-Сырдарьинском водохозяйственных бассейнах. Подземные воды в этих бассейнах в значительной степени соответствуют количественным и санитарным требованиям, предъявляемым к воде, используемой для питьевого водоснабжения.

Повсеместное использование таких вод для питьевых целей без предварительной обработки с научной точки зрения не всегда является бесспорным. Как показывают результаты технических обследований городских водопроводов (систем водоснабжения), большинство из них не располагает современными лабораториями качества воды, не имеет соответствующих средств контроля, качественный анализ питьевой воды проводится по сокращенной программе. В таких условиях говорить о высоком качестве воды не приходится. За бортом контроля остается значительный физико-химический и радиационный состав воды, обеспечивающий ее безопасность. Существующая водоподготовка в большинстве случаев сводится к ее обеззараживанию, исключительно только с целью предотвращения вторичного загрязнения в процессе хранения и транспортирования к потребителю.

Значительные разведанные и утвержденные эксплуатационные запасы подземных вод, используемые для подготовки питьевой воды, имеются в Нура-Сарысуйском и других водохозяйственных бассейнах. Как правило, при их использовании (из-за качественного состава) требуются *специальные виды водоподготовки* (обессоливание, умягчение, обезжелезивание и другие). Технологии реализации этих методов водоподготовки отличаются большим разнообразием и, как правило, достаточно затратные. Однако следует отметить, что в мировой практике использование таких вод и технологий для их подготовки широко распространено. В нашей же практике такие воды (в первоначальном виде не отвечают требованиям питьевого качества) не всегда используются в системах водоснабжения (им в качестве альтернативы находят поверхностный источник, часто с более сложной технологией очистки).

Для характеристики очистных комплексов систем водоснабжения (ВОС) и водоотведения (КОС), разделим их на две группы:

- первая – очистные комплексы городов с числом жителей более 50 тыс. жителей,*
- вторая – с числом жителей менее 50 тыс. человек (малые города).*

В **первую группу** входят ВОС и КОС городов Астана и Алматы, всех областных центров, а также городов Семей, Темиртау, Рудный, Туркестан, Экибастуз, Жанаозен, Балхаш, Жезказган, Кентау, Сатпаев, Каскелен, Кульсары.

В этой группе:

- 9 городов (Астана, Атырау, Караганда, Павлодар, Петропавловск, Кокшетау, Экибастуз, Рудный, Кульсары) используют в качестве источников водоснабжения **поверхностные воды**;
- 11 городов (Актобе, Талдыкорган, Тараз, Усть-Каменогорск, Шымкент, Семей, Темиртау, Туркестан, Актау, Балхаш, Каскелен) используют для водоснабжения **подземные воды**;
- 8 городов (Алматы, Костанай, Кызылорда, Уральск, Жанаозен, Жезказган, Кентау, Сатпаев) – имеют водозаборы как из **подземных**, так и из **поверхностных** вод.

Основные технологические схемы очистки природных вод (для производства питьевой воды) рассмотрены в данном учебном пособии выше. В данном разделе рассмотрим технологические схемы очистки городских сточных вод.

Традиционные технологические схемы очистки хозяйственно-бытовых сточных вод (*механическая + биологическая*) разнообразны. Вместе с тем и в этом случае можно выделить основные из них, которые характеризуют весь их спектр в городах Казахстана (рис. 55, рис. 56).

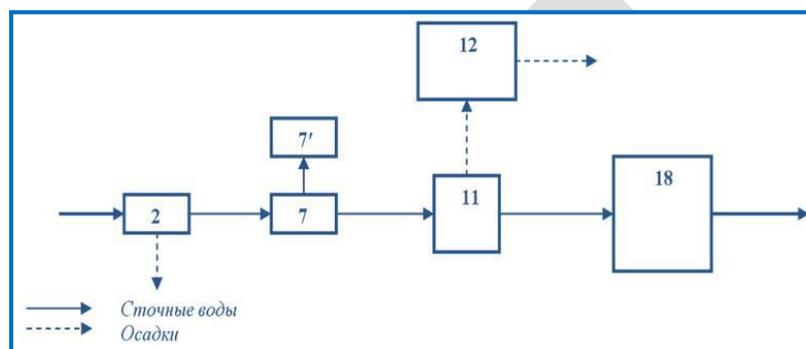
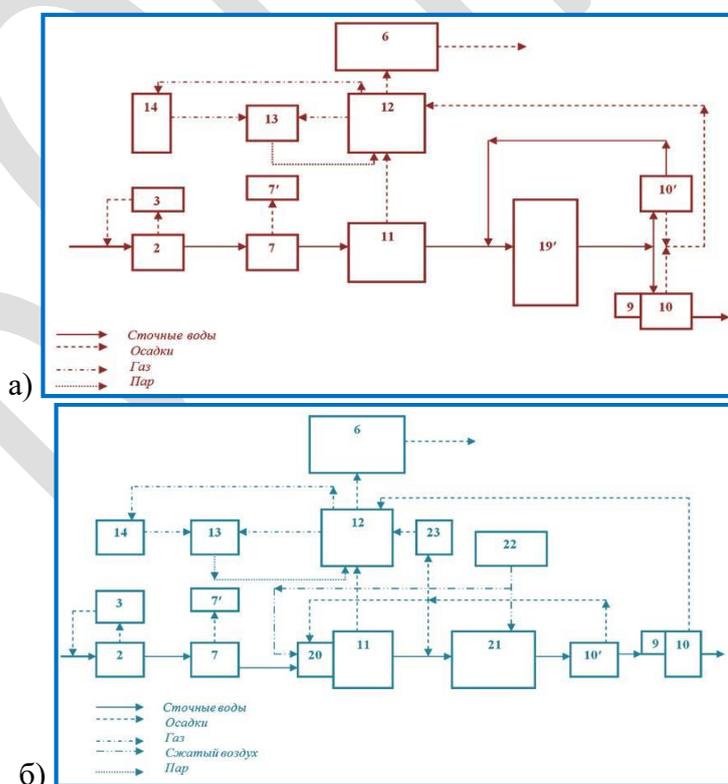


Рисунок 55. – Схема биологической очистки сточных вод в естественных условиях [55]

2 – решетки; 7 – песколовки; 7' – песковые площадки; 11 – первичные отстойники; 12 – сооружения для переработки и обезвреживания осадков; 18 – поля орошения или поля фильтрации



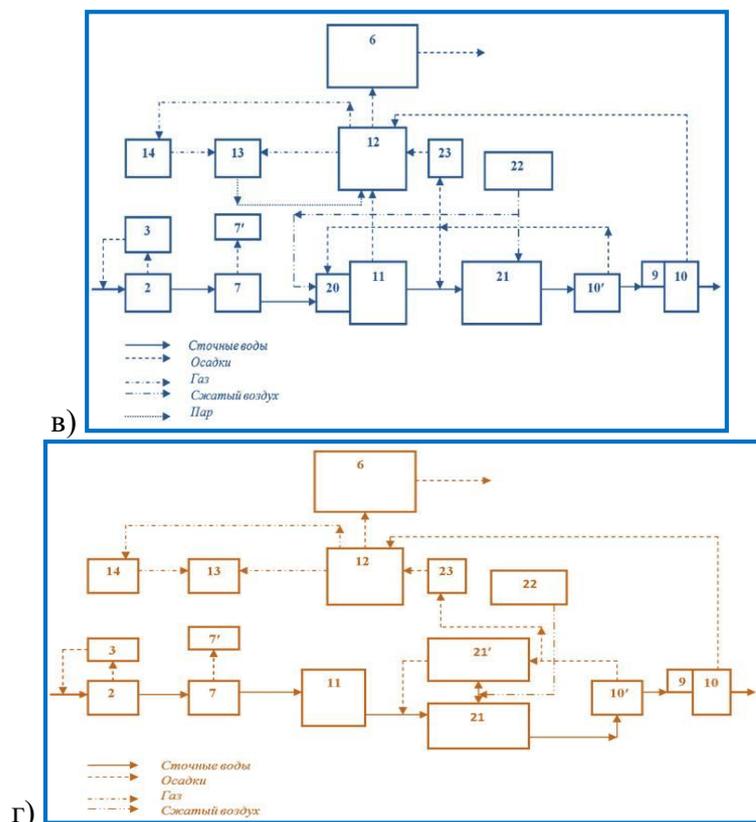


Рисунок 56. – Схемы биологической очистки сточных вод в искусственно созданных условиях (а, б – с биофильтрами; в, г – с аэротенками) [56]

2 – решетки; 3 – дробилки для измельчения отбросов с решеток; 6 – иловые площадки; 6' – утилизация подсушенных осадков в качестве удобрения; 7 – песколовки; 7' – песковые площадки; 8 – двухъярусные отстойники; 9 – хлораторная; 10 – контактные резервуары; 10' – вторичные отстойники; 11 – первичные отстойники; 12 – метантенки; 13 – котельная; 14 – газгольдер; 19 – капельные (стандартные) биофильтры; 19' – высоконагружаемые биофильтры; 20 – преаэраторы; 21 – аэротенки; 21' – регенераторы; 22 – воздуходувная станция; 23 – илоуплотнители.

При очистке сточных вод в ряде городов применяются технологические схемы биологической очистки в естественных условиях, приведенные на рис. 55 В других городах применяются технологические схемы биологической очистки сточных вод в искусственно созданных условиях (биофильтры, аэротенки), приведенные на рис. 56 (а, б, в, г). Все эти схемы предусматривают очистку сточных вод и обработку осадка в пределах, определенных принятыми проектными решениями.

В схеме на рис. 56 предусматривается предварительная механическая очистка с переработкой выделяющегося из сточных вод осадка на песковых и иловых площадках. Данная схема характеризуется наличием больших территорий для размещения полей фильтрации или полей орошения. Обеззараживание сточных вод в этом случае, как правило, не производится. В условиях неудовлетворительной работы сооружений и оборудования механической очистки, когда контроль состояния этих полей не ведется, они превращаются в санкционированный сброс неочищенных сточных вод на рельеф местности с угрозой загрязнения территорий и акваторий.

Схемы на рис.56 (а, б) представляют собой наиболее простую схему полной биологической очистки сточных вод в стандартных (а) и высоконагружаемых (б) биофильтрах и вторичных отстойниках с обеззараживанием очищенной сточной воды. В схеме 56а используются для обработки осадка двухъярусные отстойники и иловые площадки, а в схеме 56б – метантенки, иловые уплотнители и иловые площадки. Как показывает техническое обследование, ни в одной схеме, там, где метантенки были запроектированы, они не используются. Наиболее

сложными в эксплуатации и требующими большого расхода электроэнергии схемами являются схемы 5бв и 5бг – с аэротенками (без регенерации и с регенерацией активного ила).

Сегодня рынок насыщен разнообразными системами очистки природных и сточных вод. Эта продукция представлена различными компаниями, как производящими широкий ассортимент различного технологического оборудования для очистки воды и обработки осадка, так и осуществляющими проектирование, строительство, монтаж, наладку и ввод в эксплуатацию станций очистки в соответствии с требованиями заказчиков.

Понимая всю сложность такой задачи, практические работники в секторе водоснабжения и водоотведения для ее решения пришли к мнению о необходимости некоторых критериев, которые бы позволяли значительно ограничить варианты такого выбора в зависимости от конкретного набора условий. Если задача выбора технологии очистки природной воды для производства воды питьевого качества в значительной мере определена санитарно-гигиеническими требованиями и нормативами и, в конечном счете, безопасностью для жизнеобеспечения людей, то качество очистки сточных вод и обработки осадков осуществляется, прежде всего, в контексте экологического законодательства.

Одними из основных принципов экологического законодательства Республики Казахстан являются:

- 1) обеспечение устойчивого развития Республики Казахстан;
- 2) обязательность превентивных мер по предотвращению загрязнения окружающей среды и нанесения ей ущерба в любых иных формах;
- 3) применение наилучших экологически чистых и ресурсосберегающих технологий при использовании природных ресурсов и воздействии на окружающую среду.

В лексиконе отечественных специалистов в секторе водоснабжения и водоотведения уже достаточно распространенным является термин «наилучшие доступные технологии» (НДТ).

В Экологическом кодексе РК это понятие трактуется следующим образом:

Наилучшие доступные технологии – используемые и планируемые отраслевые технологии, техника и оборудование, обеспечивающие организационные и управленческие меры, направленные на снижение уровня негативного воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду до обеспечения целевых показателей качества окружающей среды.

Тем не менее, законодательных механизмов по практической реализации принципов НДТ, например в секторе водоснабжения и водоотведения, нет.

Основой для использования понятия НДТ служит директива 96/61/ЕС от 24.09.96 «О комплексном предупреждении и контроле загрязнения».

Термин «технологии», а точнее – «Best Available Techniques», означает как технологические решения, так и то, каким образом разработана, построена, функционирует, эксплуатируется установка вплоть до того, как она выводится из эксплуатации.

Понятие «доступные» относится к методам, которые разработаны в соответствующих масштабах и готовы к внедрению в конкретной отрасли промышленности. При этом методы должны быть экономически целесообразны и технически реализуемы с учетом соответствующих затрат и выгод. Вне зависимости от того, в каком государстве (члене Евросоюза) применяются и разработаны эти методы, компания-оператор должна иметь возможность доступа к ним, т. е. иметь возможность приобретения на рынке специальных услуг и оборудования.

Понятие «наилучшие» относится к наиболее эффективным (действенным) методам, позволяющим достичь высокого уровня охраны окружающей среды в целом.

Принципы НДТ не предполагают обязательного использования конкретного решения (технологии производства, технических решений, очистного оборудования определенных характеристик или наименования). Предприятие самостоятельно, с учетом условий рыночной конкуренции, коммерческой тайны и других соображений, выбирает, приобретает, устанавливает и эксплуатирует необходимое технологическое оборудование и технические средства, а также обеспечивает должный порядок эксплуатации и технического обслуживания. Таким образом, НДТ соответствует той технологии (технические средства, методы, процессы),

которая позволяет свести к разумному минимуму воздействие на окружающую среду, в частности на состояние водного объекта.

Конструкции сооружений, их характеристики, условия работы и другие особенности будут рассмотрены в ходе контактных занятий с обучаемыми.

КОПИЯ

4. Водосберегающие технологии как важный элемент ИУВР (адаптация передового отечественного и зарубежного опыта)

Раздел подготовил: Мурат Бекниязов

4.1. Значение мелиорации для сельскохозяйственного производства в условиях засушливого климата

Устойчивое производство сельскохозяйственной продукции в засушливых регионах невозможно без орошения земель. Серьезную проблему представляют также процессы изменения климата, при которых увеличивается частота и длительность маловодных лет, как правило, способствующих нестабильности сельскохозяйственного производства. Оросительные мелиорации совместно с другими мероприятиями являются ключевыми факторами предотвращения неблагоприятного воздействия климатических изменений и стабилизации сельскохозяйственного производства. Наряду с традиционными технологиями в мелиорации, важнейшая роль в повышении эффективности использования земельных ресурсов принадлежит современным инновационным технологиям, позволяющим придать новый импульс развитию отрасли и повышению эффективности использования мелиорированных земель.

Наряду с разработкой инновационных технологий в мелиоративном секторе, необходимо создать механизмы реальной поддержки сельскохозяйственных товаропроизводителей, а также выработать государственные меры, способствующие повышению инвестиционной привлекательности мелиоративного земледелия.

Эффективность использования водных ресурсов остается недостаточной, имеют место большие потери воды в орошаемом земледелии. В этой связи представляется крайне важным выработать соответствующие правовые и технологические механизмы, позволяющие улучшить техническое состояние ирригационной инфраструктуры, внедрить прогрессивные водосберегающие технологии производства.

Отдельного решения требует вопрос совершенствования нормативно-технической базы в области ирригации и дренажа, определяющей современные критерии и показатели эффективности, надежности и безопасности мелиоративных систем и гидротехнических сооружений.

4.2. Общие сведения о современных водосберегающих технологиях при орошении сельскохозяйственных культур

4.2.1. Широкозахватная дождевальная машина кругового действия

Преимущества круговых оросительных машин:

- оросительные машины сконструированы по самым современным разработкам и технологиям;
- высокое качество, простота и надежность;
- оросительные машины работают уже при давлении 4 бар;
- низкое (относительно земли) расположение специально разработанных распылителей гарантирует высокую ветроустойчивость полива;
- подбор распылителей под орошаемые культуры, что обеспечивает щадящий режим полива растений;
- при поливе, благодаря большому диаметру распыла спринклеров, сохраняется структура почвы и предохраняется от вымывания;
- автономность работы круговых оросительных машин;
- увеличение урожайности сельскохозяйственных культур в 1,5–3 раза.

4.2.2. Дождевальная машина барабанного типа

Преимущества барабанных машин:

- высокая мобильность и трансформируемость, которые обеспечиваются колесами для транспортировки и опорными лапками для простой установки на любом ровном участке поля;
- универсальность, многофункциональность и простота эксплуатации, которые присущи этим оросительным системам позволяет использовать их при орошении всех видов с/х культур и в любых хозяйствах;
- высокопрочная конструкция оросительных машин барабанного типа обеспечивает долгий срок их службы (свыше 15 лет) и не требует больших затрат на обслуживание;
- непривередливость к качеству воды (можно вносить даже жидкие стоки);
- возможность орошения полей с границами любой сложной конфигурации;
- безусловное выполнение технологических задач по орошению;
- удобство постановки оборудования на зимнее хранение.

4.2.3 Дождевальная машина фронтального типа

Особенности дождевальных машин фронтального типа

Фронтальные машины имеют специальную систему разворота, благодаря чему можно совершить несколько заходов и покрыть 99% поля.

Забор воды может происходить из канала либо из гидранта на значительном удалении от установки. Главным достоинством является возможность покрыть максимальную площадь поля. Однако в противовес идет значительная загруженность установки и возможность работать только на склонах до 5%.

4.2.4 Дождевальная машина ипподромного типа

Особенности дождевальных машин ипподромного типа

Ипподромные оросительные системы предназначены для орошения квадратных, прямоугольных и трапециевидных площадей, обладают возможностью поворота в нескольких точках. При необходимости поворачивает без закрепления центральной тележки. Данная система орошения позволяет опрыскивать поля L и U-образной формы за счет поворота колес тележки.

Данные дождевальные машины имеют следующие преимущества:

- наиболее низкие затраты труда и применимость на больших площадях, практически пригодны для орошения всех видов сельскохозяйственных культур;
- способность работать на склонах до 15%;
- сравнительно низкое давление на входе 3,0–3,5 атм.;
- широкое применение для внесения удобрений и средств защиты растений через систему орошения;
- хорошее качество дождя;
- применяются для орошения всевозможных видов площадей, так как имеют наличие множества опций;

4.2.5. Капельное орошение

Преимущества систем капельного орошения:

- уменьшение затрат труда за счет автоматизации процесса полива и питания растений;

- экономия оросительной воды от 20 до 40% (в сравнении с другими методами орошения) посредством полива сельскохозяйственных культур в коневую зону;
- сокращение количества удобрений примерно на 50%, так как они вносятся непосредственно в корневую зону вместе с поливом;
- осуществление обработки почвы, опрыскивание и сбор урожая в любое время, независимо от проведения орошения, так как участки почвы между рядами на протяжении всего сезона остаются сухими;
- повышение количества и качества урожая за счет:
 - а) поддержания оптимального водно-физического режима в корнеобитаемой зоне (особенно в критические фазы их развития);
 - б) регулирования частоты поливов в полном соответствии с водопотреблением растений, поддерживая оптимальную влажность и давая растениям возможность легко получать влагу и необходимые в данный момент и в нужном количестве питательные вещества. Таким образом, сэкономленная энергия полностью направляется на рост и развитие растений и, в конечном счете, на увеличение урожая;
 - в) равномерного распределения поливной воды и питательных элементов по всему участку, обеспечивая стандарт в развитии растений и сроках их созревания.

4.2.6. Мелкодисперсное орошение

Мелкодисперсное орошение предназначено для регулирования микроклимата над полем. Применение данной системы наиболее эффективно и целесообразно на территориях со сложным рельефом, большими уклонами, при дефиците водных ресурсов, с высокой сухостью климата.

Дисперсные распылители образуют капли диаметром менее 0,5–1 мм, а туманообразующие установки создают облако мелкораспыленной воды с диаметром капель 300–500 мк. Распыление над полем 100–400 л/га в жаркие часы суток позволяет за 1,5–2 ч снизить температуру воздуха на 6–12° С и повысить его влажность, что благоприятно сказывается на росте и развитии сельскохозяйственных культур.

4.2.7. Комбинированное орошение

Комбинированная система орошения включает систему мелкодисперсного дождевания и систему капельного орошения. Применение мелкодисперсного дождевания обеспечивает направленное регулирование микро- и фитоклимата посевов и увеличение выхода продукции с единицы площади. Применение капельного орошения позволяет создать оптимальный водный и питательный режимы в корнеобитаемом слое почвы, снизить затраты воды на создание единицы продукции, исключить фильтрацию воды, увеличить урожайность культур и автоматизировать процесс полива.

Сочетание капельного полива и мелкодисперсного дождевания позволяет объединить положительные качества, присущие каждому способу в отдельности, и устранить ряд недостатков, свойственных им при раздельном применении.

4.2.8. Дискретный полив по бороздам

Дискретная технология полива, (рис. 57) позволяет подавать воду дозированно, с переменным расходом по бороздам (через борозду).

Данная технология позволяет максимально рассредоточить оросительную воду по площади полива, что практически устраняет непроизводительный сброс с орошаемого поля, экономит оросительную воду и повышает урожайность сельскохозяйственных культур.



Рисунок 57. – Дискретная технология полива [57]

4.2.9. Подпочвенное орошение

Преимущества подпочвенного орошения (рис. 58):

- возможность поддерживать влажность активного слоя почвы на уровне капиллярной влагоемкости;
- структура пахотного горизонта не разрушается поливами, не образуется корка, исключается испарение с поверхности почвы;
- дольше сохраняются запасы воды в почве, в сравнении с другими видами полива;
- значительное уменьшение количества сорняков;
- автоматизация процесса полива;
- возможность внесения удобрений непосредственно в корневую зону растений;
- осуществление обработки почвы, опрыскивание и сбор урожая в любое время, независимо от проведения орошения, так как отсутствуют временная оросительная и поливная сеть и участки почвы между рядами на протяжении всего сезона остаются сухими.

Недостатки подпочвенного орошения:

- высокая стоимость строительства системы;
- невозможность использования на легких, просадочных и засоленных почвах;
- слабое увлажнение верхнего слоя почвы, что ухудшает условия всходов и приживаемости рассады овощных и других культур;
- большие потери воды на фильтрацию в горизонты ниже активного слоя почвы;
- необходимость осветления оросительной воды во избежание заиления оросительных труб.



Рисунок 58. – Подпочвенное орошение [58]

КОПИРА

Список основной литературы

1. Водный кодекс Республики Казахстан от 9 июля 2003 года.
2. Правила разработки и утверждения генеральных и бассейновых схем комплексного использования и охраны водных ресурсов и водохозяйственных балансов (утверждены Приказом МСХ РК от 30.03.2015 г. № 19–1/277, зарегистрированы в МЮ РК 01.07.2015г. №11524).
3. Генеральная схема комплексного использования и охраны водных ресурсов. Утверждена постановлением Правительства Республики Казахстан от 8 апреля 2016 года № 200.
4. «Повестка дня на XXI век» принята Конференцией ООН по окружающей среде и развитию. - Рио-де-Жанейро, 3–14 июня 1992 г.
5. О подписании Соглашения между Правительством Республики Казахстан и Программой Развития Организации Объединенных Наций по проекту "Национальный план по интегрированному управлению водными ресурсами и водосбережению для Республики Казахстан" Постановление Правительства РК от 11.10. 2006 г. N 978.
6. «Порядок разработки, согласования, утверждения и состав проектной документации на строительство». Строительные нормы СН РК 1.02-03-2011.
7. «Мелиоративные системы и сооружения». Строительные нормы СН РК 3.04-1-2013.
8. «Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования». Строительные нормы и правила СНИП РК 3.04-01-2008.
9. «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» СНИП РК 4.01-02-2009.
10. Калашников А. А. «Современная техника полива» КазНИИВХ. - г. Тараз, 2012 г.
11. Торубара В.Н. Интегрированное управление водными ресурсами. - Акмолинский ЦНТИ, г.Астана, 2006 г.
12. Очистка природных и сточных вод в городских системах водоснабжения и водоотведения.- Аналитический обзор АКСА, Астана, 2015 – 92 с.
13. Фрог Б.Н. Водополготовка: Учебное пособие для вузов. – Издательство МГУ, Издание 2. 2001 г., 680 с.
14. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод/ Учебник для вузов: - М.: АСВ, 2004 – 704 с.
15. Журба М.Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: учебное пособие / М.Г. Журба, Л.И. Соколов, Ж.М. Говорова. – М.: АСВ, 2004г.
16. van der Hoek J.P., Graveland A. New Technologies for Water Treatment: Case Studies. Water Supply Systems.- NATO ASI Series (2. Environment), vol 15. Springer, Berlin, Heidelberg, 1996.
- 17 Gray N.F. Water Technology: an introduction for environmental scientists and engineers. - Second Edition, Oxford, 2005, 610 p.

Список иллюстраций

1. Рисунок 1. Карта-схема водохозяйственных бассейнов Казахстана
Торубара В.Н. Интегрированное управление водными ресурсами. Акмолинский ЦНТИ, г.Астана, 2006 г.
2. Рисунок 2 – Участники водохозяйственной системы
Торубара В.Н. Интегрированное управление водными ресурсами. Акмолинский ЦНТИ, г.Астана, 2006 г.
3. Рисунок 3 – Принципиальная схема централизованной системы водоснабжения
Журба М.Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: учебное пособие. – М.: АСВ, 2004.
4. Рисунок 4 – Схема общесплавной системы водоотведения
Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод/ Учебник для вузов: - М.: АСВ, 2004
5. Рисунок 5– Основные потребители системы водоснабжения
Виес Х. «Основные водопотребители системы водоснабжения». - 2008, <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/156214/adbi-wp359.pdf> (был доступен 13 июня 2017 года)
6. Рисунок 6 – Скважина выкачивания грунтовых вод
(Shuter, E. and Teasdale, W.E., 1989, [www. water.usgs.gov](http://www.water.usgs.gov))
7. Рисунок 7– Выкачивание родниковой воды
Water Treatment EBook. - Educational portal // <http://www.thewatertreatments.com/water-treatment-free-ebooks/> (был доступен 13 июня 2017 года)
8. Рисунок 8. – Выкачивание берегового фильтра
Hiscock K.; Grischek, T. Attenuation of groundwater pollution by bank filtration. - Journal of hydrology 266, 3-4. - Amsterdam, 2002.
9. Рисунок 9. - Водозаборная плотина башенного водовыпуска
Государственное управление Баварии по охране окружающей среды // <https://www.lfu.bayern.de/natur/index.htm> (был доступен 13 июня 2017 года)
10. Рисунок 10 – Башенный водозабор поверхностных вод
Local Website Design & Marketing Expertise // <http://gbc.visualpeople.com/projects/bull-run-resevoir-north-and-south-towers>
11. Рисунок 11 – Возможные схемы обработки грунтовых вод
Longsdon G., Hess A., Horsley M. Water quality and treatment. Chapter 3: Guide to selection of water treatment processes. – McGraw – Hill publ., 5th ed., USA, 1999 // <http://pure-h2o-learning.eu/uploads/Book/Chapters-PDF-EN/pure-h2o-book-lo-7-en.pdf> (был доступен 13 июня 2017 года)
12. Рисунок 12– Технологические процессы обработки питьевой воды
Longsdon G., Hess A., Horsley M. Water quality and treatment. Chapter 3: Guide to selection of water treatment processes. – McGraw – Hill publ., 5th ed., USA, 1999 // <http://pure-h2o-learning.eu/uploads/Book/Chapters-PDF-EN/pure-h2o-book-lo-7-en.pdf> (был доступен 13 июня 2017 года)
13. Рисунок 13 – Техника мембранной фильтрации
Gray N.F. Water Technology: an introduction for environmental scientists and engineers. - Second Edition, Oxford, 2005, 610 p.
14. Рисунок 14 – Диапазон применимых размеров процесса мембранной фильтрации
Gray N.F. Water Technology: an introduction for environmental scientists and engineers. - Second Edition, Oxford, 2005, 610 p.
15. Рисунок 15 – Принцип процесса обратного осмоса
Gray N.F. Water Technology: an introduction for environmental scientists and engineers. - Second Edition, Oxford, 2005, 610 p.

16. Рисунок 16 – Движение ионов в процессе
Buros O. The ABCs of desalting. – International Desalination association, 2nd edition. Topsfield. 1990.
17. Рисунок 17– Схема установки многоэтапной мгновенной дистилляции
Buros O. The ABCs of desalting. – International Desalination association, 2nd edition. Topsfield. 1990.
18. Рисунок 18. – Диффузионный аэратор
Агентство по охране окружающей среды США // <https://www.epa.gov/water-research> (был доступен 13 июня 2017 года)
19. Рисунок 19. – Процесс флокуляции – коагуляции
Веб-сайт «Безопасная вода – важно» // <https://www.koshland-science-museum.org/water/html/en/Treatment/Coagulation-Flocculation.html> (был доступен 13 июня 2017 года)
20. Рисунок 20. – Коагуляция
Water Treatment EBook. - Educational portal // <http://www.thewatertreatments.com/water-treatment-free-ebooks/> (был доступен 13 июня 2017 года)
21. Рисунок 21. – Скорый безнапорный фильтр
Water Treatment EBook. - Educational portal // <http://www.thewatertreatments.com/water-treatment-free-ebooks/> (был доступен 13 июня 2017 года)
22. Рисунок 22 – Медленные песчаные фильтры
Water Treatment EBook. - Educational portal // <http://www.thewatertreatments.com/water-treatment-free-ebooks/> (был доступен 13 июня 2017 года)
23. Рисунок 23. – «Классические» технологические схемы очистки воды
Фрог Б.Н. Водополготовка: Учебное пособие для вузов. – Издательство МГУ, Издание 2., 2001 г., 680 с.
24. Рисунок 24. – Технологическая схема озono-сорбционной очистки воды
Очистка природных и сточных вод в городских системах водоснабжения и водоотведения. - Аналитический обзор АКСА, Астана, 2015.
25. Рисунок 25. – Схемы устройства горизонтального, радиального, вертикального отстойников
Фрог Б.Н. Водополготовка: Учебное пособие для вузов. – Издательство МГУ, Издание 2., 2001 г., 680 с.
26. Рисунок 26. – Схемы осветлителей и принцип работы
Фрог Б.Н. Водополготовка: Учебное пособие для вузов. – Издательство МГУ, Издание 2., 2001 г., 680 с.
27. Рисунок 27 – Внутренний вид зала основных сооружений ВОС г. Астаны
Очистка природных и сточных вод в городских системах водоснабжения и водоотведения. - Аналитический обзор АКСА, Астана, 2015.
28. Рисунок 28 – Схема озонаторной установки
Фрог Б.Н. Водополготовка: Учебное пособие для вузов. – Издательство МГУ, Издание 2., 2001 г., 680 с.
29. Рисунок 29. Механизм действия УФ излучения
Журба М.Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: учебное пособие. – М.: АСВ, 2004.
30. Рисунок 30. – Принципиальная схема установки для опреснения или обессоливания воды методом электродиализа
Фрог Б.Н. Водополготовка: Учебное пособие для вузов. – Издательство МГУ, Издание 2., 2001 г., 680 с.
31. Рисунок 31. – Электродиализные установки ТОО «Мембранные технологии, С.А.» (Казахстан, Алматы)
Очистка природных и сточных вод в городских системах водоснабжения и водоотведения. - Аналитический обзор АКСА, Астана, 2015.
32. Рисунок 32. – Схема возникновения обратного осмоса

- Фрог Б.Н. Водополготовка: Учебное пособие для вузов. – Издательство МГУ, Издание 2., 2001 г., 680 с.
33. Рисунок 33. – Классификация мембранных технологий
Очистка природных и сточных вод в городских системах водоснабжения и водоотведения. - Аналитический обзор АКСА, Астана, 2015.
34. Рисунок 34. – Капиллярный модуль
Очистка природных и сточных вод в городских системах водоснабжения и водоотведения. - Аналитический обзор АКСА, Астана, 2015.
35. Рисунок 35 – Ультрафильтрационная установка
Очистка природных и сточных вод в городских системах водоснабжения и водоотведения. - Аналитический обзор АКСА, Астана, 2015.
36. Рисунок 36. – Обратноосмотические установк
Очистка природных и сточных вод в городских системах водоснабжения и водоотведения. - Аналитический обзор АКСА, Астана, 2015.
37. Рисунок 37. – Связь между естественными микробными сообществами в реках и развитием (А) перколяционных капельных фильтров и (В) процессов очистки активным илом
Gray N.F. Water Technology: an introduction for environmental scientists and engineers. - Second Edition, Oxford, 2005, 610 p.
38. Рисунок 38. – Вторичный осветлитель на сельском очистном заводе
Shivam Industrial Product. // <http://www.shivindpro.net/water-treatment-plant.html> (был доступен 13 июня 2017 года)
39. Рисунок 39. – Процесс сортирования
Water Treatment EBook. - Educational portal // <http://www.thewatertreatments.com/water-treatment-free-ebooks/> (был доступен 13 июня 2017 года)
40. Рисунок 40. – Тангенциальная песколовка с вихревой водяной воронкой
Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод/ Учебник для вузов: - М.: АСВ, 2004
41. Рисунок 41. – Схема первичного радиального отстойника
Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод/ Учебник для вузов: - М.: АСВ, 2004
42. Рисунок 42. – Зависимость прироста биомассы в аэробных условиях от концентрации питательных веществ
Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод/ Учебник для вузов: - М.: АСВ, 2004
42а. p. 108
Очистка природных и сточных вод в городских системах водоснабжения и водоотведения. - Аналитический обзор АКСА, Астана, 2015.
43. Рисунок 43. – Схема непрерывной экстракции
Очистка природных и сточных вод в городских системах водоснабжения и водоотведения. - Аналитический обзор АКСА, Астана, 2015.
44. Рисунок 44. – Схема многократной экстракции
Очистка природных и сточных вод в городских системах водоснабжения и водоотведения. - Аналитический обзор АКСА, Астана, 2015.
45. Рисунок 45. – Наиболее простая схема физико-химической очистки сточных вод
Очистка природных и сточных вод в городских системах водоснабжения и водоотведения. - Аналитический обзор АКСА, Астана, 2015.
46. Рисунок 46. – Схема станции с трехступенчатой физико-химической очисткой сточных вод (по схеме: коагулирование → флотация → сорбция)
Очистка природных и сточных вод в городских системах водоснабжения и водоотведения. - Аналитический обзор АКСА, Астана, 2015.
47. Рисунок 47. – Схема многоступенчатой физико-химической очистки сточных вод

- Очистка природных и сточных вод в городских системах водоснабжения и водоотведения. - Аналитический обзор АКСА, Астана, 2015.
48. Рисунок 48. – Мембранный биореактор
Очистка природных и сточных вод в городских системах водоснабжения и водоотведения. - Аналитический обзор АКСА, Астана, 2015.
49. Рисунок 49. – Пример очистных сооружений с использованием мембранных технологий
Очистка природных и сточных вод в городских системах водоснабжения и водоотведения. - Аналитический обзор АКСА, Астана, 2015.
50. Рисунок 50. – Схема очистки вод в г. Каарс
Очистка природных и сточных вод в городских системах водоснабжения и водоотведения. - Аналитический обзор АКСА, Астана, 2015.
51. Рисунок 51. – Внутренний вид блока сооружений в г. Каарс
Очистка природных и сточных вод в городских системах водоснабжения и водоотведения. - Аналитический обзор АКСА, Астана, 2015.
52. Рисунок 52. – SBR for Treating Sludge Water – Container Plant
Очистка природных и сточных вод в городских системах водоснабжения и водоотведения. - Аналитический обзор АКСА, Астана, 2015.
53. Рисунок 53. – Two SBR Plants for Sludge water Treatment
Очистка природных и сточных вод в городских системах водоснабжения и водоотведения. - Аналитический обзор АКСА, Астана, 2015.
54. Рисунок 54. – Принципиальная схема процессов обработки осадков
Очистка природных и сточных вод в городских системах водоснабжения и водоотведения. - Аналитический обзор АКСА, Астана, 2015.
55. Рисунок 55. – Схема биологической очистки сточных вод в естественных условиях
Очистка природных и сточных вод в городских системах водоснабжения и водоотведения. - Аналитический обзор АКСА, Астана, 2015.
56. Рисунок 56. – Схемы биологической очистки сточных вод в искусственно созданных условиях (а, б – с биофильтрами; в, г – с аэротенками)
Очистка природных и сточных вод в городских системах водоснабжения и водоотведения. - Аналитический обзор АКСА, Астана, 2015.
57. Рисунок 69. – Дискретная технология полива
Фото: М. Бекниязов, 2013
58. Рисунок 70. – Подпочвенное орошение
Фото: М. Бекниязов, 2013