

# Руководство по охране окружающей среды, здоровья и труда для систем водоснабжения и канализации

## Введение

Руководства по охране окружающей среды, здоровья и труда (ОСЗТ) представляют собой технические справочники, содержащие примеры надлежащей международной отраслевой практики (НМОП)<sup>1</sup> как общего характера, так и относящиеся к конкретным отраслям. Если в реализации проекта участвует один член Группы организаций Всемирного банка или более, применение настоящего Руководства осуществляется в соответствии с принятыми в этих странах стандартами и политикой. Такие Руководства по ОСЗТ для различных отраслей промышленности следует применять в сочетании с **Общим руководством по ОСЗТ** – документом, в котором пользователи могут найти указания по общим вопросам ОСЗТ, потенциально применимым ко всем отраслям промышленности. При осуществлении комплексных проектов может возникнуть необходимость в использовании нескольких Руководств, касающихся различных отраслей промышленности. С полным перечнем Руководств для отраслей промышленности можно ознакомиться по адресу:

<http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/Content/EnvironmentalGuidelines>.

В Руководствах по ОСЗТ приводятся такие уровни и параметры эффективности, которые, как правило, считаются достижимыми на вновь введенных в эксплуатацию объектах при современном уровне технологии и приемлемых затратах. Применение положений Руководств по ОСЗТ к уже существующим объектам может потребовать разработки особых целевых показателей для каждого объекта и соответствующего графика их достижения.

Применение Руководства по ОСЗТ следует увязывать с факторами опасности и риска, определенными для каждого проекта на основе результатов экологической оценки, в ходе которой принимаются во внимание конкретные для каждого объекта переменные, такие как особенности страны реализации проекта, ассимилирующая способность окружающей среды и прочие факторы, связанные с намечаемой деятельностью. Порядок применения конкретных технических рекомендаций следует разрабатывать на основе экспертного мнения квалифицированных и опытных специалистов.

Если нормативные акты в стране реализации проекта предусматривают уровни и параметры, отличные от содержащихся в Руководствах по ОСЗТ, то при реализации проекта надлежит в каждом случае руководствоваться более жестким из имеющихся вариантов. Если в силу особых условий реализации конкретного проекта

<sup>1</sup> Определяется как применение профессиональных навыков и проявление старательности, благоразумия и предусмотрительности, чего следует с достаточным на то основанием ожидать от квалифицированного и опытного специалиста, занятого аналогичным видом деятельности в таких же или сходных условиях в любом регионе мира. При оценке применяемых в ходе реализации проекта способов предупреждения и предотвращения загрязнения окружающей среды квалифицированный и опытный специалист может выявить обстоятельства, такие, например, как различные уровни экологической деградации и ассимилирующей способности окружающей среды, а также различные уровни финансовой и технической осуществимости.

целесообразно применение менее жестких уровней или параметров, нежели те, что представлены в настоящем Руководстве по ОСЗТ, в рамках экологической оценки по конкретному объекту надлежит представить подробное и исчерпывающее обоснование любых предлагаемых альтернатив. Такое обоснование должно продемонстрировать, что выбор любого из альтернативных уровней результативности обеспечит охрану здоровья населения и окружающей среды.

## Применение

Руководство по ОСЗТ для систем водоснабжения и канализации включает информацию, имеющую отношение к эксплуатации и техническому обслуживанию i) систем очистки питьевой воды и водопроводных сетей и ii) коллекторов канализационных стоков в централизованных системах (таких, как канализационная сеть труб) или в децентрализованных системах (таких, как септические емкости, обслуживаемые автомобильными насосными установками), а также к централизованной очистке собранных канализационных стоков на установках<sup>2</sup>.

Данный документ включает следующие разделы.

- Раздел 1.0 – Характерные для отрасли виды неблагоприятного воздействия и борьба с ними
- Раздел 2.0 – Показатели эффективности и мониторинг
- Раздел 3.0 – Справочная литература и дополнительные источники информации
- Приложение А – Общее описание видов деятельности, относящихся к данной отрасли

<sup>2</sup> Надворные уборные и другие децентрализованные системы, которые не требуют обслуживания и последующей очистки на централизованных очистных установках, не рассматриваются в настоящем документе.

## 1.0 Характерные для отрасли виды неблагоприятного воздействия и борьба с ними

### 1.1 Охрана окружающей среды

Экологические проблемы, связанные с системами водоснабжения и канализации, в принципе, могут возникать на стадии строительства и эксплуатации этих сооружений в зависимости от конкретных характеристик и составляющих проекта. Рекомендации по решению проблем ОСЗТ в связи со строительными работами, обычно возникающих при строительстве гражданских сооружений, приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

#### 1.1.1 Питьевая вода

##### Забор воды

Традиционными источниками получения питьевой воды служат поверхностные воды озер, ручьев, рек и т. п. и запасы подземных вод. Если поверхностные или подземные воды требуемого качества отсутствуют, для получения питьевой воды могут использоваться другие источники, включая морскую воду, солоноватую воду и т. п. Разработка водных ресурсов часто требует соблюдения равновесия между потребностями человека в качественной воде нужных объемов и интересами охраны окружающей среды. Эту задачу особенно трудно решить в условиях, когда нет четкого разделения прав водопользования, причем ее необходимо решать с участием заинтересованных сторон до того, как проект будет разрабатываться и реализовываться.

Рекомендуемые меры по предотвращению, сведению к минимуму и регулированию воздействия на окружающую

среду в связи с забором воды и для защиты качества воды включают следующее:

- оценка возможного вредного воздействия забора поверхностных вод на расположенные ниже по течению экологические системы и использование соответствующего расчета экологического дебита<sup>3</sup> для установления приемлемых объемов водозабора;
- проектирование сооружений, связанных с забором поверхностных вод, включая плотины и водозаборные сооружения, таким образом, чтобы свести к минимуму воздействие на водные организмы. Например, использовать следующее:
  - ограничение максимальной расчетной скорости забора через сетчатый фильтр, чтобы ограничить захват водных организмов;
  - отказ от строительства водозаборных сооружений там, где экологические системы неустойчивы. Если в зоне гидравлического влияния забора поверхностных вод имеются находящиеся под угрозой, исчезающие или другие защищаемые виды, необходимо обеспечить снижение возможности повреждений и захвата рыб, моллюсков и ракообразных с помощью установки задерживающих сеток (на определенный сезон или на весь год), решеток и фильтрующих систем заграждения для водных организмов;
  - проектирование накопителей для воды и водоотводов таким образом, чтобы обеспечить беспрепятственное перемещение рыб и других водных организмов и предотвратить ухудшение качества воды;
- проектирование задвижек донного водоспуска с достаточной пропускной способностью, обеспечивающей экологический дебит при выпуске;
- отказ от строительства водозаборных скважин и водозаборных сооружений там, где экологические системы неустойчивы;
- оценка возможного отрицательного воздействия забора подземных вод, включая моделирование изменения уровня подземных вод и итогового влияния на дебит поверхностных вод, возможное оседание грунта, скопление загрязнения и проникновение соленых вод. Изменение, по мере необходимости, объема и мест забора с целью предотвратить неприемлемые вредные текущие и будущие воздействия с учетом реального роста потребления в будущем.

### **Водоочистка**

Экологические проблемы, связанные с очисткой воды, включают следующее:

- твердые отходы;
- сточные воды;
- вредные химические вещества;
- выбросы в атмосферу;
- воздействие на окружающую среду.

### *Твердые отходы*

Получаемые при очистке воды твердые отходы включают технологические остатки, использованные мембраны фильтров, отработанные среды и другие различные отходы. Технологические остатки состоят в первую очередь из взвешенных веществ, осажденных из забираемой воды и реагентов, добавляемых в процессе очистки, таких как известь и коагулянты. Все процессы предварительного

<sup>3</sup> Техническое замечание Всемирного банка по ресурсам и окружающей среде С.1 – Расчет экологического дебита: концепции и материалы.

осаждения, коагуляции (например, с помощью гидроксида алюминия (квасцов) или гидроксида железа), умягчения известью, удаления железа и марганца и медленного фильтрования через песок или диатомит приводят к образованию шлама. Состав шлама зависит от процесса очистки и характеристик поступающей воды и может включать мышьяк и другие металлы, радионуклиды, известь, полимеры и другие органические вещества, микроорганизмы и т. п. Поврежденные или использованные мембраны – это типичные отходы систем очистки воды, используемых для опреснения. В составе отработанных материалов могут присутствовать фильтрующие материалы (в том числе песок, уголь или диатомит с установок фильтрования), ионообменные смолы, гранулированный активированный уголь [ГАУ] и т. п.

Рекомендуются следующие способы обращения с твердыми отходами от очистки воды:

- сведение к минимуму количества твердых веществ, образующихся в процессе очистки воды, с помощью оптимизации процессов коагуляции;
- удаление известкового шлама путем захоронения, если это разрешено, с ограничением уровня его внесения в почву величиной около 20 т сухого веса/га (9 т сухого веса /акр), чтобы уменьшить риск попадания металлов в ткани растений и подземные воды<sup>4</sup>;
- удаление железного и алюминиевого шлама путем захоронения, если это разрешено и если моделирование и выборочное обследование докажут, что это не оказывает вредного воздействия на подземные и поверхностные воды (например, за счет сброса биогенных веществ). Сбалансированное

применение железного и алюминиевого шлама для связывания фосфора (например, образующегося при внесении в почву навоза с животноводческих ферм), не приводящее к возникновению фитотоксичности алюминия (из квасцов), превышению содержания железа выше уровня, допускаемого при добавлении металлов к химическим удобрениям или к чрезмерному снижению содержания доступного фосфора;

- при использовании грунта в системах очистки отходов или сточных вод необходимо оценить возможное влияние на почву, подземные и поверхностные воды с точки зрения защиты, сохранения и долговременной устойчивости водных и земельных ресурсов;
- для шлама могут потребоваться специальные методы удаления, если поступающая вода характеризуется повышенным содержанием токсичных веществ, например мышьяка, радионуклидов и т. п.;
- следует регенерировать активированный уголь (например, возвращая отработанный уголь поставщику).

### *Сточные воды*

Сточные воды с водоочистных сооружений состоят из вод обратной промывки фильтров, возвратных потоков с процессов мембранного фильтрования и потоков рассолов с процессов ионного обмена или деминерализации. Эти потоки отходов могут содержать взвешенные твердые вещества и органические вещества из поступающей воды, высокие концентрации растворенных твердых веществ и тяжелых металлов, иметь высокое или низкое значение pH и т. п.

Для удаления и очистки сточных вод рекомендуется использовать следующие меры:

<sup>4</sup> Утилизация остатков с установок очистки воды, Справочник по передаче технологий, EPA/625/R-95/008, апрель 1996 г.

- обычно отходы с высокой концентрацией растворенных твердых веществ лучше захоранивать, чем сбрасывать их в поверхностные воды, при условии оценки возможного воздействия такого захоронения на грунт, подземные и поверхностные воды;
- воды обратной промывки фильтра следует направлять снова в технологический процесс, если это возможно;
- необходимо очищать и удалять потоки жидких отходов, включая рассолы, в соответствии с национальными и местными нормами. Варианты удаления включают возврат в первоначальный источник (например, океан, источник солоноватой воды и т.п.) либо сброс в систему городской канализации, выпаривание и закачивание под землю.

### *Вредные химические вещества*

При очистке воды могут использоваться реактивы для коагуляции, дезинфекции и водоподготовки. В целом, решение проблем возможного воздействия и меры по смягчению последствий в связи с хранением и применением вредных химических веществ аналогичны тем, что используются в других отраслях производства и описаны в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

Рекомендуемые меры по предотвращению, сведению к минимуму и контролю возможного влияния на окружающую среду процессов хранения, перегрузки и применения дезинфицирующих реактивов на сооружениях очистки воды включают следующее<sup>5, 6, 7</sup>:

<sup>5</sup> WorkSafeBC, Практические приемы безопасной работы с хлором [http://www.worksafebc.com/publications/health\\_and\\_safety/by\\_topic/assets/pdf/chlorine.pdf](http://www.worksafebc.com/publications/health_and_safety/by_topic/assets/pdf/chlorine.pdf).

<sup>6</sup> Национальный центр технической информации по питьевой воде: дезинфекция, [http://www.nesc.wvu.edu/ndwc/pdf/OT/TB/TB1\\_Disinfection.pdf](http://www.nesc.wvu.edu/ndwc/pdf/OT/TB/TB1_Disinfection.pdf).

<sup>7</sup> Институт хлора, <http://www.chlorineinstitute.org/Bookstore/SearchBrowse.cfm>.

- для систем, использующих процесс газового хлорирования:
  - установка системы тревожной сигнализации и безопасности, включая автоматические отсечные клапаны, которые автоматически включаются при обнаружении утечки хлора;
  - установка систем ограждения и влажной очистки для захвата и нейтрализации хлора в случае возникновения утечки;
  - использование устойчивых к коррозии труб, задвижек, измерительных приборов и любого другого оборудования, которое находится в контакте с газообразным или жидким хлором; недопущение загрязнения этого оборудования нефтепродуктами;
  - хранение хлора вдали от любых источников органических химических веществ и защита его от действия солнечного света, влаги и высоких температур;
- хранение гипохлорита натрия в прохладном, сухом и темном месте не дольше одного месяца и использование оборудования, изготовленного из устойчивых к коррозии материалов;
- хранение гипохлорита кальция вдали от любых органических материалов и защита его от влаги, полное опорожнение или герметизация после использования транспортной тары, чтобы исключить попадание влаги. Гипохлорит кальция можно хранить в течение срока до одного года;
- изолирование участков хранения и подачи аммиака от участков хранения и подачи хлора и гипохлоритов;
- сведение к минимуму количества хранящихся на площадке реактивов для хлорирования при обеспечении достаточного запаса для покрытия временных перебоев в снабжении;

- разработка и внедрение профилактической программы, включающей определение возможных источников опасности, подготовку письменных технологических инструкций, профессиональное обучение, техническое обслуживание и порядок расследования происшествий;
- разработка и внедрение плана действий при аварийном выбросе.

### *Выбросы в атмосферу*

Выбросы в атмосферу, происходящие в процессе очистки воды, могут включать озон (в случае дезинфекции озоном) и газообразные или летучие химические вещества, используемые в процессе дезинфекции (например, хлор и аммиак). Рассмотренные выше меры для вредных химических веществ снижают риск выбросов хлора и аммиака. Кроме того, к специальным рекомендуемым мерам по борьбе с выбросами в атмосферу относится установка устройства для разложения озона на выходе озонового реактора (например, с помощью каталитического окисления, термического окисления или ГАУ).

### **Распределение воды**

Наиболее принципиальные вопросы охраны окружающей среды, связанные с сетями распределения, обусловлены поддержанием достаточного давления для обеспечения качества воды в системе, а также выбором размеров и необходимым техническим обслуживанием для обеспечения надежного снабжения водой приемлемого качества. Самые важные экологические проблемы, возникающие в связи с эксплуатацией систем водораспределения, состоят в следующем:

- течи в системах водоснабжения и потеря давления;
- сбросы воды.

### *Течи в системах водоснабжения и потеря давления*

Течи в системах водоснабжения могут привести к снижению давления в системах водоснабжения, нарушая их целостность и способность поддержания качества воды (за счет попадания в систему загрязненной воды), а также повышая потребность в количестве подаваемой воды, в количестве реактивов и в затратах мощности для перекачки и очистки. Утечки в системах водоснабжения могут быть обусловлены такими факторами, как неправильный монтаж или техническое обслуживание, недостаточная защита от коррозии, осаждение, напряжение, вызванное транспортировкой воды и вибрацией, воздействие низких температур, перегрузки и прочее. Рекомендуемые меры по предотвращению и сведению к минимуму потерь воды из систем водораспределения включают следующее:

- создание конструкций, отвечающих действующим стандартам и производственной практике<sup>8</sup>;
- регулярное проведение проверок и технического обслуживания;
- введение программы определения утечек и ремонта (включая регистрацию прежних утечек и потерь воды для определения потенциальных проблемных участков);
- рассмотрение возможности замены магистралей, на которых случались утечки и для которых велика вероятность возможных утечек в связи с их расположением, напряжением под действием давления и другими факторами риска.

<sup>8</sup> См., например, Национальное руководство Канады по надежным городским инфраструктурам (InfraGuide); и Стандарты Американской ассоциации водоснабжения.

### *Сбросы воды*

Водопроводные линии периодически промывают для удаления скопившихся осадков и других примесей, которые могут накапливаться в трубах. Промывку проводят, изолируя участки системы распределения и открывая задвижки для промывки, нередко используя пожарные гидранты, чтобы большие объемы воды проходили через изолированный трубопровод и суспендировали отложившиеся осадки. Основная экологическая проблема, возникающая при промывке водопровода, связана со сбросом промывочной воды, в которой может содержаться большое количество взвешенных веществ, остаточный хлор и другие загрязняющие вещества, которые могут нанести ущерб поверхностным водным объектам. Рекомендуемые меры по предотвращению, сведению к минимуму и контролю воздействия промывки магистралей включают следующее:

- сброс промывочной воды в систему городской канализации с достаточной пропускной способностью;
- сброс промывочной воды в специальную систему ливневой канализации, оборудованную сооружениями для регулирования ливневых стоков, такими как буферный пруд, в котором осаждаются взвешенные вещества, а остаточный хлор связывается до сброса воды;
- сведение к минимуму эрозии при промывке, например, с помощью изолирования подверженных эрозии участков сброса и распределения потока для снижения его скорости.

### **1.1.2 Канализация**

Система канализации включает сооружения и процессы, используемые домохозяйствами и населенными пунктами для безопасного обращения с отходами

жизнедеятельности<sup>9</sup>. В рамках системы канализации обеспечивается сбор отходов жизнедеятельности и создается эффективная защита от контакта с ними людей, организуется их транспортировка в подходящее место, их хранение и/или переработка, а также их вторичное использование или возврат в окружающую среду. Помимо отходов жизнедеятельности система канализации может также транспортировать бытовые сточные воды и ливневые стоки<sup>10</sup>. Сооружения для транспортировки, хранения и удаления могут также принимать отходы промышленных предприятий, торговых предприятий и учреждений.

### **Сбор фекального шлама и осадка септик-тенков**

В населенных пунктах без системы канализации сбор канализационных отходов может осуществляться из местных систем типа уборных с выгребными ямами и смывных уборных, соединенных с септик-тенками. Выгребные ямы необходимо периодически опустошать (обычно ежедневно или еженедельно), твердые вещества, скапливающиеся в септик-тенках (осадок септик-тенка) также необходимо периодически удалять, обычно каждые 2–5 лет в зависимости от конструкции и использования, чтобы поддерживать нормальную работу и предотвратить закупорку, перелив и возникающий при этом разлив содержимого септик-тенка. При отсутствии необходимых сооружений для хранения, перегрузки и переработки фекального шлама возникает риск его беспорядочного сброса в окружающую среду или негигиеничного применения в сельском хозяйстве.

<sup>9</sup> Фекалии и моча.

<sup>10</sup> Избыток воды в результате осадков, которая естественным путем не просачивается в грунт.

Рекомендуемые меры по предотвращению, сведению к минимуму и контролю сброса осадка септик-тенков и другого фекального шлама включают следующее:

- содействие производству септик-тенков правильной конструкции и улучшение обслуживания септик-тенков. В конструкции септик-тенка должен соблюдаться баланс обеспечения качества стоков и потребностей обслуживания<sup>11</sup>;
- обеспечение систематического и регулярного сбора фекального шлама и отходов из септик-тенков;
- использование надлежащим образом оборудованных автомобилей для удаления шлама и отходов. Для обслуживания всех домохозяйств может потребоваться сочетание грузовых автомобилей с вакуумными цистернами и небольших ручных вакуумных тележек;
- передача фекального шлама и осадка септик-тенков на сооружения, предназначенные для их хранения и переработки, с тем чтобы непереработанный осадок септик-тенков не сбрасывался в окружающую среду.

### Канализационная система

Если плотность населения или местные условия не позволяют эффективно использовать местные системы канализации (например, септик-тенки и поля фильтрации), канализационные стоки обычно отводятся по системе труб, насосов и другого соответствующего оборудования (канализации) в централизованную систему хранения и/или переработки. Твердые и жидкие вещества могут подаваться в централизованную систему, либо твердые канализационные отходы могут собираться и периодически

<sup>11</sup> Примеры основных принципов конструирования септик-тенков приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**. Более сложные конструкции септик-тенков (например, трехкамерные, с добавлением песчаных фильтров и т. п.) могут повысить качество стоков, но они одновременно легче забиваются и создают другие трудности, особенно если не проводится регулярное обслуживание.

удаляться из коллекторов на местах (см. выше раздел "Сбор фекального шлама и осадка септик-тенков"), а жидкости могут подаваться в централизованную систему для хранения, переработки и удаления. Такая канализационная система может обслуживать предприятия и учреждения, а также домохозяйства.

"Серая" вода (вода из прачечных, кухонь, ванн и других бытовых источников, которая обычно не содержит отходов жизнедеятельности) иногда собирается и перерабатывается отдельно от канализационных стоков. Хотя "серая" вода обычно бывает менее загрязненной, чем бытовые и промышленные сточные воды, в ней все же может содержаться большое количество патогенных микроорганизмов, взвешенных твердых веществ и таких веществ, как масло, жир, мыло, моющие средства и другие бытовые реактивы, которые могут отрицательно влиять на здоровье человека, а также на качество почвы и подземных вод.

Наиболее важное возможное потенциальное воздействие на окружающую среду в связи со сбором сточных вод обусловлено следующим:

- сброс бытовых сточных вод;
- сброс промышленных сточных вод;
- утечки и переливы.

### *Сброс бытовых сточных вод*

Неконтролируемый сброс бытовых сточных вод, включая нечистоты и "серую" воду, в водные экосистемы может, кроме всего прочего, приводить к микробиологическому и химическому загрязнению водоприёмников, снижению в них содержания кислорода, повышению мутности и заболачиванию. Сброс сточных вод на улицу или на поверхность земли может приводить к распространению



заболеваний, возникновению неприятного запаха, загрязнению колодцев, ухудшению состояния улиц и т. п. Меры по охране окружающей среды и здоровья населения включают следующее:

- обеспечение систем эффективного сбора и переработки нечистот и "серой" воды (раздельно или совместно);
- при переработке стоков отдельно от нечистот необходимо обеспечить контроль над источниками образования стоков, с тем чтобы избежать применения и сброса затрудняющих очистку веществ, таких как нефтепродукты, взвешенные вещества или реактивы.

### *Сброс промышленных сточных вод*

Промышленные предприятия могут сбрасывать в систему канализации промышленные сточные воды. Некоторые типы промышленных стоков создают опасность пожара и взрыва в канализационной системе и на очистных сооружениях, нарушают биологические и иные процессы на очистных сооружениях или угрожают здоровью и безопасности персонала; некоторые компоненты стоков невозможно эффективно переработать, и они могут выбрасываться в атмосферу, сбрасываться вместе с очищенными стоками или входить в состав отходов, образующихся при очистке стоков, повышая тем самым опасность отходов.

Рекомендуемые меры по предотвращению, сведению к минимуму и контролю сброса промышленных стоков в канализацию включают следующее:

- очистка или предварительная очистка для удаления токсичных химических веществ должна в идеале проводиться на самом промышленном предприятии до сброса стоков в канализацию или водоем. Необходимо

наладить сотрудничество с государственными органами в области внедрения программы контроля источников сбросов на промышленных и торговых предприятиях, с тем чтобы обеспечить эффективную очистку всех сточных вод, сбрасываемых в систему канализации<sup>12</sup>. Примерами проблемных сбросов могут служить горючие, химически активные, взрывоопасные, вызывающие коррозию и радиоактивные вещества; вредные и зловонные материалы; медицинские и инфицированные отходы; твердые или вязкие материалы, которые могут создавать препятствие потоку или работе очистных сооружений; токсичные вещества; не подверженные биологическому разложению масла, а также загрязняющие вещества, которые могут приводить к выбросу вредных газов;

- сотрудничество с государственными органами при проведении регулярных проверок промышленных предприятий и сбор образцов сточных вод, сбрасываемых в канализационную систему для обеспечения выполнения программы контроля источников;
- проведение надзорных проверок обслуживания канализации и мониторинг стоков, подаваемых на установку очистки сточных вод;
- обследование находящихся вверх по потоку источников загрязнения, мешающих работе или нарушающих работу установок очистки;
- поощрение населения сообщать государственным органам о незаконных сбросах или подключениях.

<sup>12</sup> См., например, Федерация экологии водных ресурсов, Разработка программы контроля источников сточных вод торговых и промышленных предприятий, 1996 г.; Федерация городов Канады, Контроль источников сточных вод: передовая практика, предлагаемая Национальным руководством для надежной городской инфраструктуры, март 2003 г.; и Указание Управления по охране окружающей среды США по эталонной предварительной очистке, EPA 833-B-06-002.

### *Утечки и переливы*

Утечки и переливы из системы канализации могут приводить к загрязнению почвы, подземных и поверхностных вод. В зависимости от уровня подземных вод, утечка в самотечных магистралях может также привести к попаданию подземных вод в систему канализации, увеличивая объем требующих очистки сточных вод и риск затопления и сброса в обход очистных сооружений. Переливы возникают, когда система коллекторов не может справиться с объемом сточных вод, например при большом потоке во время дождя или в результате потери электроснабжения оборудования, его поломки или засорения. Избыточный поток может содержать ливневые стоки, промышленные сточные воды и загрязненный сток.

Рекомендуемые меры по предотвращению, сведению к минимуму и контролю утечек и переливов включают следующее:

- рассмотрение возможности создания отдельных канализационных систем для бытовых сточных вод и ливневых стоков при общем планировании и проектировании новой канализационной системы;
- там, где преобладают местные системы канализации, в которых экскременты смешиваются с водой, следует рассмотреть возможность использования канализационной системы малого диаметра для сбора стоков воды из септик-тенков или коллекторов;
- ограничение, по возможности, глубины прокладки канализационных систем (например, избегая прокладки под улицами с интенсивным движением транспорта). При неглубокой прокладке канализационных труб можно использовать небольшие контрольные камеры вместо люков;

- для строительства канализационных систем следует использовать подходящие местные материалы. В некоторых условиях годятся центрифугированные бетонные трубы, но они могут подвергаться коррозии под действием сероводорода, если возникнет засорение и/или будет недостаточным уклон;
- обеспечение достаточной гидравлической пропускной способности для пропуска пиковых потоков и достаточного наклона для самотечных магистралей для предотвращения скопления твердых веществ и выделения сероводорода;
- проектирование крышек люков таким образом, чтобы они выдерживали прогнозируемые нагрузки, и обеспечение быстрой замены крышек при их поломке с целью свести к минимуму попадание в систему мусора и ила;
- оборудование насосных станций резервным электропитанием, например, с помощью дизельного генератора, с целью обеспечить непрерывную работу при сбое питания; регулярное проведение технического обслуживания, чтобы свести к минимуму перерывы в работе. На критических участках следует предусмотреть резервную мощность насосов;
- введение программы регламентного обслуживания, включающей следующие меры:
  - создание инвентарного списка компонентов системы с информацией о возрасте, конструкционных материалах, обслуживаемой площади стока, отметке высоты и т. п.;
  - регулярная чистка пескоуловителя и канализационных линий для удаления смазки, гравия и другого мусора, который может привести к засорению канализации. На проблемных участках чистку необходимо проводить чаще.

Очистка может потребовать удаления корней деревьев и других предметов;

- проверка состояния конструкций системы канализации и выявление участков, требующих ремонта или технического обслуживания. Особого внимания могут потребовать потрескавшиеся или состарившиеся трубы, текущие соединения или уплотнения люков, часто засоряющиеся линии, линии с потоком на пределе пропускной способности, и участки с подозрением на просачивание внутрь или наружу;
- контроль канализационного потока для определения возможного притока или оттока;
- приоритетность ремонтных работ в зависимости от характера и тяжести неисправности. Незамедлительно следует проводить устранение засора или ремонт при возникновении перелива либо в срочных случаях, когда неизбежно должен возникнуть перелив (например, при отказе насосной станции, разрыве линии канализации или ее засорении);
- проведение анализа прежних отчетов о техническом обслуживании с целью выявления "горячих точек" или участков с часто возникающей потребностью в ремонте и мест, где могут возникнуть отказы системы, а также проведение профилактического технического обслуживания, восстановления или, при необходимости, замены линий;
- при возникновении разлива, утечки и/или перелива необходимо воспрепятствовать попаданию канализационных стоков в систему ливневых стоков, закрыв или накрыв входы в систему ливневых стоков, либо путем ограждения и направления канализационных стоков в сторону от открытых каналов и других устройств ливневых стоков (с помощью мешков с песком, надувных дамб и т. п.).

Следует удалить канализационные стоки с помощью вакуумного оборудования или использовать другие средства, чтобы направить стоки обратно в систему хозяйственно-бытовой канализации.

### **Очистка и сброс сточных вод и шлама**

Обычно канализационные стоки необходимо очищать для обеспечения их безопасного сброса в окружающую среду. Степень и характер очистки сточных вод и шлама зависят от применяемых стандартов, плана удаления или использования жидких стоков и шлама, а также от метода очистки. Различные технологии очистки могут снижать содержание взвешенных веществ (которые могут забивать реки, каналы и трубы капельного орошения), биологически разлагаемых органических веществ (которые потребляются микроорганизмами и могут приводить к уменьшению содержания кислорода в водоеме, в который их сбрасывают), патогенных бактерий и других вызывающих заболевания организмов, а также биогенных веществ (способствующих нежелательному росту водорослей, которые после гибели приводят к повышению содержания биологически разлагаемых органических веществ).

Варианты сброса и использования сточных вод включают сброс в природные или искусственные водотоки и водоемы, сбор в пруды очистки или на заболоченные земли (включая аквакультуру) и прямое использование в сельском хозяйстве (например, орошение культур). Во всех случаях необходимо учитывать вид водопользования водного объекта, в который производится сброс (например, для навигации, отдыха, орошения или забора питьевой воды), а также его ассимилирующую способность, с тем, чтобы определить для данного места объема сброса, которые соответствуют виду водопользования с самыми высокими требованиями к качеству воды.

Наиболее существенное экологическое воздействие в связи с переработкой, сбросом и использованием сточных вод и шлама оказывает следующее:

- жидкие стоки;
- твердые отходы;
- выбросы в атмосферу и неприятный запах;
- вредные химические вещества;
- воздействие на окружающую среду.

### *Жидкие стоки*

Очищенные сточные воды (жидкие стоки) можно вторично использовать для орошения или других целей либо удалять в соответствии с нормативными требованиями. Если сточные воды вторично не используют, то их можно сбрасывать в море, в реку, в крупные поверхностные водоемы, замкнутые водоемы меньшего размера, а также в болота и отстойные пруды.

Рекомендуемые меры по предотвращению, сведению к минимуму и контролю жидких стоков включают следующее:

- сведение к минимуму сброса в обход очистных систем с помощью использования, по возможности, отдельных систем для канализационных сточных вод и ливневых стоков и обеспечения достаточной мощности для очистки пиковых потоков;
- внедрение программы контроля источников промышленных сбросов, которая предусматривает мониторинг и эффективные меры регулятивного правоприменения;
- сотрудничество с государственными должностными лицами в выборе подходящей технологии очистки с учетом таких факторов, как количество и качество поступающих сточных вод и изменчивость этих параметров, наличие земельных участков для

очистных сооружений и ресурсов для капитальных затрат, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта, наличие квалифицированных операторов, профессионального обучения операторов, персонала технического обслуживания, реагентов для обработки и запасных частей<sup>13</sup>;

- проектирование, строительство, эксплуатация и техническое обслуживание установок для очистки сточных вод с получением качества стоков, соответствующего действующим национальным требованиям или принятым международным стандартам<sup>14</sup>, а также соответствующего целевым показателям качества стоков на основе ассимилирующей способности водоема для сброса и его конечного использования с самыми высокими требованиями к качеству воды<sup>15, 16</sup>;
- сброс очищенных сточных вод в естественные или искусственные болота, которые могут смягчить воздействие сброса на водную среду, если только сами болота не будут деградировать в результате воздействия сброса;
- очистка "серых" вод, собранных отдельно от нечистот, для удаления загрязняющих органических веществ и снижения уровня взвешенных веществ, патогенных организмов и других загрязняющих компонентов до приемлемого уровня, соответствующего действующим национальным и местным нормам<sup>17</sup>. Линии и станции в

<sup>13</sup> Краткий обзор технологий очистки сточных вод см. в Приложении А.

<sup>14</sup> См. например, нормы Управления по охране окружающей среды США по вторичной очистке в: 40 CFR Part 133 и Директиву Совета Европы 91/271/ЕЕС от 21 мая 1991 г. по очистке городских сточных вод.

<sup>15</sup> См. World Health Organization, Linking Technology Choice with Operation and Maintenance in the Context of Community Water Supply and Sanitation: A Reference Document for Planners and Project Staff, 1993.

<sup>16</sup> См. раздел "Сброс в поверхностные воды" в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

<sup>17</sup> Лишь немногие страны разработали специальные нормы для грязной воды, включая некоторые штаты США (Аризона, Нью-Мексико,

пунктах использования грязной воды должны быть четко помечены, чтобы их случайно не использовали в качестве источников питьевой воды;

- учитывая оценку риска для здоровья человека и для окружающей среды, следует рассмотреть возможность вторичного использования очищенных стоков, особенно в регионах с ограниченными запасами воды. Качество очищенных сточных вод для полива или другого применения должно отвечать соответствующим нормам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ)<sup>18</sup> и действующим национальным требованиям.

### *Твердые отходы*

Твердые вещества из систем сбора и очистки сточных вод могут включать шлам и твердые отходы, получаемые при очистке систем коллекторов дренажа и канализации (включая системы фильтрации), твердые вещества с решеток и шлам от работы различных установок, используемых для очистки сточных вод.

Рекомендуемые подходы к управлению твердыми отходами включают следующее:

- выбор подходящей технологии обработки шлама с учетом, например, количества и источников шлама, имеющихся ресурсов для капитальных затрат, профессионального обучения персонала, эксплуатации и технического обслуживания сооружений, наличия квалифицированных операторов, персонала технического обслуживания и т. п., а также предполагаемых методов удаления или конечного использования обработанных твердых веществ.

Калифорния, Нью-Джерси), Австралию (Квинсленд, Новый Южный Уэльс) и Китай (Пекин, Тяньцзинь).

<sup>18</sup> Руководящие принципы ВОЗ для безопасного использования сточных вод, отходов жизнедеятельности и "серых" вод (2006 г.).

Технологии обработки шлама рассматриваются в Приложении А;

- внесение в грунт или другие выгодные способы вторичного использования остатков с установок очистки сточных вод можно рассматривать только на основе оценки риска для здоровья человека и для окружающей среды. Качество остатков для внесения в грунт должно соответствовать соответствующим нормам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ)<sup>19</sup> и действующим национальным требованиям;
- обработка, удаление и вторичное использование остатков с установок очистки сточных вод должно отвечать действующим национальным требованиям или, если таковые отсутствуют, принятым международным принципам и стандартам<sup>20</sup>.

### *Выбросы в атмосферу и неприятный запах*

Выбросы в атмосферу при очистке сточных вод могут содержать сероводород, метан, озон (в случае дезинфекции озоном), летучие органические соединения (аналогичные тем, что содержатся в промышленных сбросах), газообразные или летучие реактивы для дезинфекции (например, хлор и аммиак) и биологические аэрозоли (рассматриваются ниже в разделе 1.2). Неприятный запах с очистных установок также может беспокоить рабочих и окружающее население.

Рассмотренные выше меры борьбы с выбросами в атмосферу из систем очистки питьевой воды также, в целом, применимы к установкам по очистке сточных вод.

<sup>19</sup> Руководящие принципы ВОЗ для безопасного использования сточных вод, отходов жизнедеятельности и "серых" вод (2006 г.).

<sup>20</sup> См. например, нормы Управления по охране окружающей среды США в: 40 CFR Part 503 – Стандарты использования и утилизации канализационного шлама; Директива Совета Европы 91/271/ЕЕС от 21 мая 1991 г. по очистке городских сточных вод и нормы Управления по охране окружающей среды США, Новые технологии борьбы с твердыми биологическими отходами, 832-R-06-005, сентябрь 2006 г.

Кроме того, для предотвращения, сведения к минимуму и контроля выбросов и запаха рекомендуются нижеследующие меры:

- следует укрывать точки выброса (например, аэрационные пруды, отстойники, шламоотстойники, емкости и каналы) и направлять выбросы в систему регулирования (например, в слой компоста, биологические фильтры, химические скрубберы и т. п.) в той степени, в которой это требуется для устранения запаха, а также иными способами выполнять действующие национальные требования и принятые международные руководящие принципы;
- при необходимости рассмотреть возможность использования другой технологии аэрации или иной конфигурации технологического процесса, чтобы снизить улетучивание.

### *Вредные химические вещества*

При очистке сточных вод нередко используют вредные химические вещества, такие как сильные кислоты и основания для регулирования pH, хлор и другие вещества для дезинфекции и т. п. Рассмотренные выше виды воздействия на окружающую среду и меры для смягчения их последствий при дезинфекции и очистке питьевой воды также, в целом, применимы при дезинфекции на установках очистки сточных вод. Дополнительные руководящие указания по работе с химикатами приведены в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

## **1.2 Охрана труда и техника безопасности**

Вопросы охраны труда и техники безопасности во время строительства и вывода из эксплуатации установок водоснабжения и канализации характерны и для других крупных промышленных предприятий, и эти вопросы

обсуждаются в **Общем руководстве по ОСЗТ**. Проблемы охраны труда и техники безопасности на стадии эксплуатации установок водоснабжения и канализации связаны в первую очередь со следующим:

- несчастные случаи и травмы;
- воздействие химических веществ;
- опасная атмосфера;
- воздействие патогенных организмов и переносчиков заболеваний;
- шум.

### **Несчастные случаи и травмы**

Работа на сооружениях водоснабжения и канализации часто требует больших физических усилий и сопряжена с опасностями в виде открытых водных поверхностей, траншей, скользких покрытий, высотных работ, находящихся под напряжением сетей и тяжелого оборудования. Работа на сооружениях водоснабжения и канализации может также быть связана с операциями в замкнутом пространстве, включая люки, коллекторы, трубопроводы, резервуары-хранилища, водоприемные колодцы, реакторы ферментативного разложения и насосные станции. Метан, образующийся при анаэробном биологическом разложении канализационных стоков, может приводить к пожарам и взрывам.

Меры по сокращению несчастных случаев и травм рассматриваются в **Общем руководстве по ОСЗТ**. В дополнение к этому для предотвращения, сведения к минимуму и контроля несчастных случаев и травм на предприятиях водоснабжения и канализации рекомендуется принятие следующих мер:

- установка перил вокруг всех технологических емкостей и колодцев. При нахождении внутри ограждения

обязательно использование страховочных тросов и индивидуальных плавучих средств, а также наличие спасательных буев и спасательных кругов;

- использование индивидуальных плавучих средств при работе вблизи водотоков;
- введение правил входа в ограниченное пространство, которые согласуются с действующими национальными требованиями и принятыми международными стандартами<sup>21</sup>. Затворы на технологических емкостях должны быть закрыты, чтобы избежать случайного затопления при техническом обслуживании;
- при высотных работах использование устройств защиты от падения;
- поддержание чистоты и порядка на рабочих участках, чтобы свести к минимуму опасность поскользнуться или споткнуться;
- использование надлежащей техники для прокладки траншей и крепления их стенок;
- принятие мер предотвращения пожаро- и взрывоопасных ситуаций в соответствии с принятыми международными стандартами<sup>22</sup>;
- при прокладке или ремонте магистралей вблизи дорог соблюдение нижеприведенного порядка и регулирования движения транспорта:
  - установление рабочих зон, позволяющих в максимальной степени оградить рабочих от движения транспорта и от оборудования;
  - снижение разрешенной скорости автомобилей в рабочей зоне;
  - использование рабочими яркой защитной одежды вблизи участков с движением транспорта;

- при проведении работ ночью обеспечение достаточного освещения участка работ таким образом, чтобы отсвечивание не ослепляло рабочих и проезжающих водителей транспорта;
- перед проведением земляных работ определение расположения всех подземных инженерных сетей.

### **Воздействие химических веществ и опасная атмосфера**

Водоподготовка и очистка сточных вод предусматривают использование потенциально опасных химических веществ, в том числе сильных кислот и оснований, хлора, гипохлорита натрия и кальция, а также аммиака. Вода может содержать радиоактивные вещества и тяжелые металлы, которые обычно накапливаются в шламе очистки воды. Источниками воздействия радионуклидов могут стать насосы и трубопроводы с отложениями минеральной окалины; отстойники и резервуары для флокуляции и осаждения, в которых накапливается остаточный шлам; фильтры, насосные станции и резервуары-хранилища, в которых скапливается окалина и шлам, устройства, в которых скапливается вода обратной промывки фильтров, рассолы и другие загрязненные воды, замкнутые сооружения (скапливается радон), участки обработки или перегрузки остатков и участки отвалов или внесения в грунт, на которых остатки складировать, транспортируют или удаляют.

Сточные воды могут содержать потенциально опасные химические вещества в зависимости от качества поступающей воды, методов очистки питьевой воды и от видов промышленных сбросов в канализацию, которые могут содержать хлорированные органические растворители и пестициды, полихлорированные бифенилы, полициклические ароматические соединения, нефтяные

<sup>21</sup> См., например, правила Управления охраны труда США 29 CFR 1910, подраздел J.

<sup>22</sup> См., например, Национальная ассоциация пожарной безопасности (NFPA) 820: Стандарты противопожарной защиты на сооружениях сбора и очистки сточных вод.

углеводороды, огнезащитные средства, нитрозамины, тяжелые металлы, асбест, диоксины и радиоактивные вещества. В дополнение к этому на рабочих может воздействовать сероводород, метан, монооксид углерода, хлороформ и другие химические вещества, выделяющиеся при очистке сточных вод. Микроорганизмы могут вытеснять или потреблять кислород, создавая тем самым бедную кислородом атмосферу на участках очистки сточных вод или остатков от сточных вод.

Приемы безопасного обращения с вредными химическими веществами и их хранения, описанные в **Общем руководстве по ОСЗТ** и выше в разделе 1.1, помогут свести к минимуму потенциальный риск для рабочих. В дополнение к этому для предотвращения, сведения к минимуму и контроля воздействия химических веществ на предприятиях водоснабжения и канализации рекомендуются нижеследующие меры:

- для операторов, работающих с хлором и аммиаком, рекомендуется введение программы профессионального обучения приемам безопасного обращения с этими веществами и порядку действий при авариях;
- снабжение рабочих необходимыми устройствами индивидуальной защиты (включая, например, автономные дыхательные аппараты) и обучение их правильному применению и обслуживанию;
- подготовка плана эвакуации с участков, на которых могут возникать выбросы хлора и аммиака;
- установка гигиенических душей и фонтанчиков для промывки глаз около оборудования, в котором используется хлор и аммиак, а также на других участках, на которых хранятся или используются вредные химические вещества;
- если подаваемая вода содержит радиоактивные вещества, установки очистки воды и участки обработки остаточного ила очистки воды следует размещать на максимальном удалении от зон общего пользования (например, административных помещений);
- проведение радиационного контроля не реже одного раза в год, особенно на участках удаления радионуклидов;
- обеспечение того, чтобы в канализационную систему попадали только те отходы, которые можно эффективно обрабатывать на установке очистки сточных вод, и снижение количества попадающих в систему из азатора вредных соединений с помощью контроля промышленных сбросов (например, путем введения системы выдачи разрешений на сброс и подобной системы). Анализ поступающей неочищенной воды для определения содержащихся в ней вредных ингредиентов;
- вентиляция закрытых технологических участков и вентиляция оборудования, например насосных станций, перед проведением технического обслуживания;
- использование индивидуальных устройств обнаружения газа при работе на сооружениях очистки сточных вод;
- непрерывный контроль качества воздуха на рабочих участках для выявления возникновения опасных ситуаций (например, взрывоопасная атмосфера, недостаток кислорода);
- периодическая выборочная проверка качества воздуха на рабочих участках на присутствие вредных химических веществ. Если это требуется для выполнения действующих национальных правил охраны труда или принятых международных стандартов, следует принять соответствующие



технические меры по ограничению воздействия на рабочих, например обеспечить сбор и обработку отходящих газов из аэратора;

- разрешить принятие пищи, курение и питье только в специально отведенных зонах;
- чередование персонала на различных операциях по очистке для минимизации попадания в дыхательные пути химических веществ из аэратора, аэрозолей и других вредных соединений.

### **Патогенные организмы и переносчики заболеваний**

Рабочие и служащие на установках очистки сточных вод и обработки шлама и на участках, где вносятся в грунт очищенные сточные воды и шлам, а также операторы шламосборных машин могут подвергаться воздействию множества патогенных организмов, обитающих в канализации. При обработке канализационных стоков могут образовываться биологические аэрозоли, которые представляют собой взвеси в воздухе частиц, полностью или частично состоящих из микроорганизмов, в том числе бактерий, вирусов, плесневых и других грибов. Эти микроорганизмы могут длительное время оставаться взвешенными в воздухе, сохраняя свою жизнеспособность и вирулентность. На рабочих могут также воздействовать эндотоксины, которые образуются в микроорганизмах и выделяются при разрушении клетки и которые могут переноситься взвешенными в воздухе частицами пыли. Переносчиками патогенных микроорганизмов из канализационных стоков служат насекомые (например, мухи), грызуны (например, крысы) и птицы (например, чайки)<sup>23</sup>.

<sup>23</sup> U.S. Environmental Protection Agency, Environmental Regulations and Policy Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge (Including Domestic Septage) Under 40 CFR Part 503, EPA/625/R-92/013, Revised July

Рекомендуемые меры по предотвращению, сведению к минимуму и контролю воздействия патогенных организмов и переносчиков заболеваний включают следующее.

### *Очистка сточных вод и обработка шлама*

- В программу по технике безопасности для рабочих следует включать практические рекомендации по безопасному обращению и личной гигиене, с тем, чтобы свести к минимуму воздействие патогенных организмов и переносчиков заболеваний;
- использование вместо ручного труда грузовых автомобилей или тележек вакуумного действия для удаления шлама отходов жизнедеятельности;
- предоставление и требование использования подходящих средств и устройств индивидуальной защиты, чтобы избежать контакта со сточными водами (например, резиновых перчаток, фартуков, сапог и т. п.). В частности, следует немедленно оказать медицинскую помощь и наложить повязку на любое повреждение кожи (порезы, ссадины), чтобы предотвратить заражение, и использовать средства индивидуальной защиты и очки, чтобы исключить попадание водяной пыли и брызг;
- предоставление рабочим помещений для принятия душа и смены одежды после окончания работы и обеспечение стирки рабочей одежды. Такая практика позволяет также уменьшить воздействие химических веществ и радионуклидов;
- поощряйте рабочих очистных сооружений часто мыть руки;
- проведение вакцинации рабочих (например, против гепатита В и столбняка) и контроль за состоянием их здоровья, включая регулярные врачебные осмотры;

2003. <http://www.epa.gov/ord/NRMRL/Pubs/1992/625R92013.pdf>.

- сокращение образования и распространения аэрозолей, например следующими способами:
  - высаживание деревьев вокруг аэрационного пруда для экранирования участка от ветра и для захвата частиц и капель;
  - использование не механической, а диффузионной аэрации с мелкими пузырьками;
  - по возможности, снижение скорости аэрации;
  - использование подвижных крышек для укрытия иловой смеси аэрационного пруда;
  - захват капель непосредственно над поверхностью пруда (например, с помощью установки экрана или сетки);
  - сбор капель (например, путем осаждения, с помощью скруббера, электростатического осадителя или тканевого фильтра);
  - дезинфекция взвешенных в воздухе частиц (например, с помощью УФ-излучения);
  - использование погружных коллекторов стока (например, труб с диафрагмами) вместо водосливов;
- недопущение работы с решетками вручную, чтобы избежать травм из-за уколов;
- поддержание порядка и чистоты на участках обработки и хранения канализационных стоков;
- недопущение лиц с астмой, диабетом или сниженным иммунитетом для работы на установках очистки сточных вод, особенно установках получения компоста, в связи с повышенным риском заражения.

### *Сброс сточных вод на почву*

- Рассмотрение возможности капельного орошения очищенных сточных вод, которое сводит к минимуму воздействие на рабочих и требует минимального

количества воды. По возможности, необходимо избегать разбрызгивания очищенных сточных вод;

- Обеспечение рабочих на объекте средствами индивидуальной защиты, включая резиновые перчатки и водонепроницаемую обувь;
- Обеспечение доступа к безопасной питьевой воде и санитарному оборудованию (включая раковины);
- Обеспечение контроля за состоянием здоровья рабочих, включая регулярные врачебные осмотры;
- Ведение борьбы с переносчиками и промежуточными носителями возбудителей заболеваний.

### **Шум**

Вблизи работающих механизмов и тока воды на установках водоснабжения и канализации может наблюдаться высокий уровень шума. Виды воздействия и меры смягчения последствий аналогичны тем, что характерны для других промышленных установок и рассматриваются в **Общем руководстве по ОСЗТ**.

### **1.3 Охрана здоровья и обеспечение безопасности местного населения**

Среди проблем охраны здоровья и безопасности местного населения на этапе строительства объектов водоснабжения и канализации имеются те, что характерны для других отраслей промышленности, и поэтому рассматриваются в **Общем руководстве по ОСЗТ**. Факторы риска для здоровья и безопасности местного населения в связи с эксплуатацией объектов водоснабжения и канализации рассматриваются по отдельности ниже.

### 1.3.1 Питьева вода

#### Забор воды (защита источников водоснабжения)

Как поверхностные, так и подземные воды могут оказаться загрязненными потенциально токсичными веществами природного и антропогенного происхождения, включая патогенные организмы, токсичные металлы (например, мышьяк), анионы (например, нитраты) и органические соединения. Такое загрязнение может происходить в результате природных процессов, в результате действий или сбросов, носящих регулярный характер (например, сбросы в разрешенных пределах), случайный характер (например, разливы) или преднамеренный характер (например, диверсия).

Рекомендуемые меры для защиты источников водоснабжения включают следующее<sup>24</sup>:

- определите участок, с которого вода поступает в источник (например, водосбор потока или участок питания подземных вод), установите возможный источник загрязнения этого участка, в сотрудничестве с государственными органами примите организационные меры по защите качества воды из источника, включая, например, следующее:
  - принятие постановления о зонировании;
  - программа инспектирования сооружений или контроля опасных материалов;
  - информирование предприятий о соответствующих требованиях;

<sup>24</sup> Дополнительная информация о защите качества источников водоснабжения приведена во множестве публикаций по осуществлению Директивы Совета Европейского союза 91/676/ЕЕС о защите вод от загрязнения, причиненного нитратами из сельскохозяйственных источников (обычно называемой директивой о нитратах), и Директивы 91/271/ЕЕС (Очистка городских стоков), которые можно найти по адресу: <http://ec.europa.eu/environment/water/water-nitrates/report.html>.

- перечень разрешений природоохранных органов для новых предприятий;
- стратегический контроль на площадке;
- разработка и внедрение образовательной программы по применению наилучших практических методов, снижающих риск загрязнения воды;
- включение вопросов охраны поверхностных вод в региональное планирование землепользования;
- оценка уязвимости источника воды перед разрушением или природными катаклизмами и принятие по мере необходимости следующих мер охраны<sup>25</sup>:
  - постоянный контроль косвенных параметров поступающей воды (таких, как рН, электропроводность, общий органический углерод [ОУ] и токсичность);
  - выборочная проверка площадок;
  - внедрение программы общественного наблюдения за водохранилищами и озерами с помощью сотрудников местного парка и жителей населенных пунктов, расположенных вблизи водохранилища или озера;
  - оборудование устьев скважин сигнализацией несанкционированного проникновения.

#### Обработка воды

Самое существенное связанное с обработкой воды влияние на здоровье и безопасность местного населения может оказать следующее:

- качество и подача питьевой воды;
- опасные химические вещества.

<sup>25</sup> См., например, American Water Works Association Interim Voluntary Security Guidance for Water Utilities, December 9, 2004.

### Качество и подача питьевой воды

Достаточная подача чистой питьевой воды имеет решающее значение для здоровья и гигиены местного населения. Рекомендуемые меры в связи с обработкой воды включают следующее:

- обеспечение производительности очистных сооружений, необходимой для удовлетворения ожидаемой потребности;
- строительство, эксплуатация и техническое обслуживание установок обработки воды в соответствии с национальными требованиями и принятыми международными стандартами<sup>26</sup> с целью выполнения национальных стандартов по качеству воды или, если таковых нет, Руководящих указаний ВОЗ по качеству питьевой воды<sup>27</sup>;
- оценка уязвимости системы обработки воды и принятие соответствующих мер безопасности, таких как приведенные ниже<sup>28</sup>:
  - проверка анкетных данных;
  - ограждение по периметру и видеонаблюдение;
  - улучшение электропитания установки. Резервная система электроснабжения существенно снижает риск уязвимости основных операций.

### Опасные химические вещества

Проблема опасных химических веществ, связанных с подготовкой питьевой воды и мерами по смягчению последствий, обеспечивающими сведение к минимуму

<sup>26</sup> См., например, стандарт Американской ассоциации водопроводных сооружений G100-05: Эксплуатация и техническое обслуживание установок обработки воды.

<sup>27</sup> См. сайт ВОЗ в Интернете по адресу: <http://www.who.int>, где приведен самый последний вариант Руководящих указаний по качеству питьевой воды.

<sup>28</sup> См., например, American Water Works Association Interim Voluntary Security Guidance for Water Utilities, December 9, 2004.

возможного воздействия на окружающую среду и рабочих, обсуждается, соответственно, в разделах 1 и 2. В наихудшем варианте выброса, когда возможно воздействие на гражданское население, необходимо подготовить и реализовать программу предотвращения выбросов в отношении основных опасных веществ, как указано в **Общем руководстве по ОСЗТ**. Программа борьбы с выбросами должна включать выявление факторов опасности, письменные технологические инструкции, профессиональное обучение, расследование происшествий и план действий в аварийных ситуациях.

### Распределение воды

Система распределения воды служит важнейшим компонентом системы снабжения безопасной питьевой водой. Даже если вода подвергается эффективной обработке с целью удаления загрязнения и уничтожения патогенных организмов, могут возникать вспышки переносимых с водой заболеваний вследствие нарушений в системе распределения воды. Рекомендуемые меры по предотвращению или сведению к минимуму возможного риска для здоровья населения, связанного с системой распределения воды, состоят в следующем:

- строительство, эксплуатация и управление системой распределения воды в соответствии с действующими национальными требованиями и принятыми международными стандартами<sup>29</sup>;
- строительство и техническое обслуживание системы распределения таким образом, чтобы она действовала как барьер и препятствовала проникновению в систему водоснабжения внешнего загрязнения, что предусматривает, например, следующее:

<sup>29</sup> См., например, стандарт Американской ассоциации водопроводных сооружений G200-04: Эксплуатация системы распределения и управление ею.

- проведение регулярных проверок сооружений для хранения воды и при необходимости модернизация или замена таких сооружений. Это может включать спуск воды и удаление осадков, проведение антикоррозионной обработки и ремонт конструкций;
- обеспечение соответствия всех работ по монтажу, ремонту, замене и модернизации сооружений требованиям санитарной охраны и стандартам качества материалов;
- проверка качества материалов, почвы и воды и внедрение передовых методов предотвращения коррозии, таких как катодная защита;
- предотвращение перекрестных связей с системой канализации;
- разделение ниток водопровода и канализационных магистралей под давлением (например, расстояние не менее 10 футов или прокладка в разных траншеях с укладкой труб канализации, по крайней мере, на 18 дюймов ниже линии водопровода);
- поддержание достаточного давления и расхода воды через систему, например, следующими способами:
  - внедрение программы обнаружения утечек и проведения ремонта (см. раздел 1.1);
  - снижение продолжительности пребывания в трубах;
  - поддержание положительного остаточного давления (не менее 20 фунт/дюйм)<sup>30</sup>;
  - контроль гидравлических параметров, таких как приток, отток и уровень воды во всех резервуарах-хранилищах, расход нагнетания и давление на насосах, расход и/или давление на управляющих клапанах и давление в критических точках, а также использование моделирования для оценки гидравлической целостности системы;
- предотвращение загрязнения от самой системы распределения, например, следующими способами:
  - сведение к минимуму роста микроорганизмов и образования биологической пленки (например, путем обеспечения необходимого уровня остаточной дезинфекции). Отбор образцов в нескольких местах в системе распределения, включая самую удаленную точку, и проверка на наличие свободного остаточного хлора и его производных, чтобы быть уверенным, что поддерживается достаточный уровень содержания остаточного хлора;
  - выбор остаточного дезинфицирующего агента (например, хлора или хлорамина) для поддержания баланса между задачами борьбы с патогенными организмами и недопущения образования потенциально вредных побочных продуктов дезинфекции<sup>31</sup>;
  - использование строительных материалов, которые не способствуют выделению нежелательных металлов и других веществ и не взаимодействуют с остаточными дезинфицирующими средствами.

<sup>30</sup> National Research Council of the National Academies, Drinking Water Distribution Systems: Assessing and Reducing Risks, The National Academies Press, 2006, p. 9.

<sup>31</sup> Химические дезинфицирующие средства могут вступать в реакцию с органическими и неорганическими прекурсорами с образованием побочных продуктов, которые могут оказаться вредными. Побочные продукты дезинфекции (ППД) можно регулировать с помощью контроля прекурсоров ППД и их удаления либо с помощью изменения методов дезинфекции. Однако риск для здоровья со стороны побочных продуктов на том уровне, на котором они имеются в питьевой воде, очень невелик в сравнении с риском, связанным с недостаточной дезинфекцией.

### 1.3.2 Канализация

Меры для сведения к минимуму возможного риска для здоровья местного населения можно реализовать как в месте сбора, так и в месте обработки сточных вод и канализационного шлама.

#### Сбор сточных вод и осадка септик-тенков

Сбор канализационных стоков и их вывоз из жилых районов, хотя сам по себе и недостаточен для защиты здоровья населения, тем не менее, обычно является наиболее важной предпосылкой создания удовлетворительных санитарно-гигиенических условий. Поэтому в первую очередь необходимо обеспечить сбор или обеспечить наличие услуг по сбору. Эффективное проектирование и эксплуатация системы канализации, как указано в разделе 1.1, могут свести к минимуму возможность воздействия на местное население и влияния на здоровье неочищенных сточных вод и сбора шлама, например, за счет следующего:

- предотвращение переполнения канализационной системы;
- предотвращение скопления токсичных и взрывоопасных газов в канализации.

#### Очистка сточных вод и шлама

Воздействие на здоровье и безопасность местного населения в результате функционирования установок по очистке сточных вод и шлама может включать следующее:

- жидкие стоки;
- выбросы в атмосферу и неприятный запах;
- физически опасные факторы.

#### *Жидкие стоки*

Стоки очищенных сточных вод обычно сбрасывают в поверхностные воды или вторично используют для орошения и других целей. Во многих случаях возможен прямой или косвенный контакт людей с очищенными сточными водами. Поэтому надлежащая очистка сточных вод для удаления загрязнения и особенно микроорганизмов и патогенных организмов, как описано в разделе 1.1, важна не только для предотвращения вредного воздействия на окружающую среду, но и для охраны здоровья населения.

#### *Выбросы в атмосферу и неприятный запах*

Неприятный запах от установок очистки сточных вод может мешать соседнему населению. Передающие болезни микроорганизмы могут переноситься и биологическими аэрозолями. Кроме того, выбросы опасных газов, например хлора, могут отрицательно сказываться на соседних жителях.

Проблемы борьбы с выбросами в атмосферу и неприятным запахом рассматриваются в разделах 1.1 и 1.2, а также в **Общем руководстве по ОСЗТ**. Кроме того, для предотвращения, сведения к минимуму и контроля воздействия на местное население пыли и запаха от установок очистки сточных вод рекомендуются приведенные ниже меры:

- создание надлежащей буферной зоны с деревьями или ограждением между технологическими участками и возможными объектами воздействия;
- недопущение расположения сооружений вблизи плотно заселенных районов и предприятий с уязвимыми объектами воздействия, такими как больницы и школы. Расположение сооружений, если возможно, по ветру от возможных объектов воздействия.

### *Физически опасные факторы*

Посетители и прохожие на сооружениях очистки сточных вод могут подвергаться многим опасностям, угрожающим рабочим на площадке, как это описано в разделе 1.2. Рекомендуемые меры по предотвращению, сведению к минимуму и контролю физических факторов опасности для местного населения включают следующее:

- ограничение доступа на установку очистки сточных вод путем введения, например, следующей системы охраны:
  - ограждение по периметру забором достаточной высоты и из подходящего материала с запирающимся входом на площадку;
  - камеры слежения в основных точках доступа и охранная сигнализация в зданиях и на участках хранения;
  - регистрация посетителей площадки;
- освещение площадки там, где это необходимо. Поскольку при этом освещение может создать неудобства для соседнего населения, осветительные устройства следует выбирать так, чтобы свести к минимуму световое загрязнение среды.

### **Сброс сточных вод на почву**

Использование очищенных сточных вод в сельском хозяйстве может создавать риск для населения. Опасность, связанная с орошением культур очищенными сточными водами, включает воздействие патогенных организмов из отходов жизнедеятельности и токсичных химических веществ, которые могут присутствовать в сточных водах. Для защиты потребителей рекомендуют принимать следующие меры<sup>32</sup>:

- очистка сточных вод и шлама, предназначенных для внесения в грунт, в соответствии с Руководящими принципами ВОЗ для безопасного использования сточных вод, отходов жизнедеятельности и "серых" вод<sup>33</sup> и действующими национальными требованиями;
- прекращение орошения очищенными сточными водами за две недели до сбора урожая;
- орошение очищенными сточными водами только тех культур, которые перед употреблением в пищу подвергаются тепловой обработке;
- ограничение доступа посторонних на гидротехнические сооружения со сточными водами и на поля, орошаемые очищенными сточными водами.

<sup>32</sup> Руководящие принципы ВОЗ для безопасного использования сточных

вод, отходов жизнедеятельности и "серых" вод (2006 год).

<sup>33</sup> Руководящие принципы ВОЗ для безопасного использования сточных вод, отходов жизнедеятельности и "серых" вод (2006 год).

## 2.0 Показатели эффективности и отраслевые ориентиры

### 2.1 Экологические показатели

#### Руководящие принципы

##### *Питьевая вода*

Качество питьевой воды в системах водоснабжения должно отвечать национальным, законодательно установленным стандартам для питьевой воды либо, в отсутствие этих стандартов, последним руководящим указаниям Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) по качеству питьевой воды<sup>34</sup> во всей сети распределения.

##### *Канализация*

Руководящие указания по стокам: Выбор технологии для канализации и метода очистки сточных вод начинается с определения требуемого уровня и типа обработки. Конкретные руководящие указания по стокам для объектов канализации необходимо устанавливать на основе четкого определения задач в области охраны здоровья и комплексной оценки возможных вариантов с учетом приемлемых технологий очистки, качества и количества поступающих сточных вод и изменчивости их характеристик, имеющегося земельного участка для размещения очистных сооружений, ресурсов для капитальных затрат, профессиональной подготовки, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта, а также наличия кадров квалифицированных операторов, персонала технического обслуживания, реактивов для обработки и запасных частей.

Выбранный подход должен обеспечивать качество очищенных сточных вод, соответствующее действующим национальным требованиям или принятым международным стандартам<sup>35</sup>, а также целевым показателям по качеству очищенных сточных вод, устанавливаемым на основе ассимилирующей способности и наиболее высоким требованиям к качеству воды водоприемника с учётом вида водопользования<sup>36, 37</sup>.

Стандарты очистки представляют собой либо технологические стандарты, которые определяют методы очистки или технологический процесс, который необходимо использовать для обеспечения заданного качества воды, либо стандарты для стоков, которые устанавливают физические, биологические и химические характеристики стоков, получаемых в результате очистки. Стандарты по стокам нередко устанавливают пределы допустимой концентрации веществ, ответственных за биохимическое потребление кислорода (БПК), химическое потребление кислорода (ХПК), пределы общего содержания взвешенных твердых веществ, азота, фосфора и т. п.

##### Вторичное использование очищенных сточных вод и

работы со шламом: Качество очищенных сточных вод и шлама, предназначенных для внесения в почву, должно соответствовать руководящим принципам ВОЗ для

<sup>34</sup> Руководящие указания по качеству питьевой воды в редакции 2006 г. можно найти по адресу: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/guidelines/en/index.html](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/guidelines/en/index.html)

<sup>35</sup> См., например, Resolucao Conama Бразилии № 357 от 17 марта 2005 г.; Директиву Совета Европейского союза 91/271/ЕЕС от 21 мая 1991 г. по очистке городских сточных вод, Управление по защите окружающей среды США, 40 CFR часть 133 – Нормы вторичной очистки (изд. 7-1-02); Официальный стандарт Мексики NOM-001-SEMARNAT-1996; Стандарт Китая для загрязняющих веществ, используемый для установок очистки городских сточных вод GB 18918-2002; Национальные стандарты Индии для сбросов и выбросов в атмосферу по разделу 25 Закона о защите окружающей среды от 1986 г., Общие стандарты для сбросов загрязняющих окружающую среду веществ, часть А – Стоки.

<sup>36</sup> См. World Health Organization, Linking Technology Choice with Operation and Maintenance in the Context of Community Water Supply and Sanitation: A Reference Document for Planners and Project Staff, 1993.

<sup>37</sup> См. раздел "Сброс в поверхностные воды" в **Общем руководстве по ОСЗТ**.



безопасного использования сточных вод, отходов жизнедеятельности и "серых" вод<sup>38</sup> и действующим национальным требованиям. При использовании почвы в системе очистки сточных вод необходимо оценить возможное воздействие на почву, подземные и поверхностные воды в свете охраны, сохранения и длительной устойчивости состояния водных и земельных ресурсов. Шлам с установки очистки сточных вод необходимо оценивать в каждом конкретном случае, чтобы выяснить, представляет ли он опасность или является безопасным, и работы с ним должны проводиться соответственно, на основании положений, приведенных в разделе данного документа об обращении с отходами.

### **Мониторинг состояния окружающей среды**

Программы мониторинга состояния окружающей среды для данной отрасли следует выстраивать с учетом необходимости охвата всех видов деятельности, которые потенциально могут оказать существенное воздействие на состояние окружающей среды при их осуществлении как в нормальном, так и нештатном режиме. Мониторинг состояния окружающей среды следует вести по прямым или косвенным показателям выбросов, сбросов и использования ресурсов, применимым к данному проекту.

Частота проведения мониторинга должна быть достаточной для получения репрезентативных данных по параметру, мониторинг которого проводится. Мониторинг должны осуществлять специально подготовленные лица в соответствии с процедурами мониторинга и учета данных с использованием оборудования, прошедшего надлежащее тарирование и техническое обслуживание. Данные мониторинга следует регулярно анализировать и изучать, сопоставляя их с действующими стандартами в целях

<sup>38</sup> ВОЗ, 2006 г.

принятия при необходимости мер по исправлению ситуации. Дополнительные указания по программам мониторинга содержатся в Общем руководстве по ОСЗТ<sup>39</sup>.

## **2.2 Охрана труда и техника безопасности**

### **Указания по охране труда и технике безопасности**

Соблюдение норм охраны труда и техники безопасности следует оценивать исходя из опубликованных международных рекомендаций по показателям воздействия вредных производственных факторов, примерами которых являются, в частности, указания по пороговым предельным значениям (TLV®) воздействия на рабочем месте и показателям биологического воздействия (BEIs®), публикуемые Американской конференцией государственных специалистов по гигиене труда (ACGIH)<sup>40</sup>, Карманный справочник по источникам химической опасности, публикуемый Национальным институтом гигиены и охраны труда (NIOSH) Соединенных Штатов Америки<sup>41</sup>, показатели допустимых уровней воздействия (PELs), публикуемые Управлением охраны труда (OSHA) Соединенных Штатов Америки<sup>42</sup>, индикативные показатели предельно допустимой концентрации в воздухе рабочей зоны,

<sup>39</sup> Дополнительную информацию, касающуюся мониторинга эксплуатации систем водоснабжения и канализации, можно получить, обратившись к подготовленной Всемирным банком Технической записке по обеспечению качества воды (D.1 – Качество воды: оценка и защита, 2003). Доступно по адресу: <http://web.worldbank.org/> (Отдел рационального использования водных ресурсов; публикации).

<sup>40</sup> См. <http://www.acgih.org/TLV/>.

<sup>41</sup> См. <http://www.cdc.gov/niosh/npg/>.

<sup>42</sup> См. [http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadis.show\\_document?p\\_table=STANDARD&p\\_id=9992](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadis.show_document?p_table=STANDARD&p_id=9992).

публикуемые странами – членами Европейского союза<sup>43</sup>, или данные из иных аналогичных источников.

мониторинга соблюдения норм охраны труда и техники безопасности содержатся в Общем руководстве по ОСЗТ.

### **Показатели травматизма и частота несчастных случаев со смертельным исходом**

Исполнителям проектов следует стремиться к полному искоренению несчастных случаев на производстве с участием занятых в проекте работников (нанятых непосредственно исполнителями проекта либо субподрядчиками), особенно несчастных случаев, способных привести к потере рабочего времени, инвалидности различной степени тяжести или даже смертельному исходу. Показатели частоты несчастных случаев на объекте можно сопоставлять с опубликованными показателями предприятий данной отрасли в развитых странах, которые можно получить из таких источников, как, например, Бюро трудовой статистики США и Инспекция по промышленной гигиене и охране труда Соединенного Королевства<sup>44</sup>.

### **Мониторинг соблюдения норм охраны труда и техники безопасности**

Следует вести мониторинг рабочей среды на предмет наличия вредных производственных факторов, характерных для данного проекта. Процесс мониторинга должны разрабатывать и осуществлять уполномоченные специалисты в рамках программы мониторинга соблюдения норм охраны труда и техники безопасности. Предприятиям следует также вести журналы учета случаев производственного травматизма и профессиональных заболеваний, а также опасных происшествий и несчастных случаев. Дополнительные указания по программам

<sup>43</sup> См. [http://europe.osha.eu.int/good\\_practice/risks/ds/oel/](http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oel/).

<sup>44</sup> См. <http://www.bls.gov/iif/> и <http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm>.

### 3.0 Справочная литература и дополнительные источники информации

- American Water Works Association. 2004. Interim Voluntary Security Guidance for Water Utilities. December 9, 2004.
- American Water Works Association. 2004. Interim Voluntary Security Guidance for Wastewater/Storm water Utilities. December 9, 2004.
- Brown, Nellie J. 1997. Health Hazard Manual: Wastewater Treatment Plant and Sewer Workers-- Exposure to chemical hazards and biohazards, Cornell University Chemical Hazard Information Program, Ithaca, NY, December 1, 1997.
- Cairncross and Feachem, 1993. Environmental Health Engineering in the Tropics, An Introductory Text. (2<sup>nd</sup> Edition). John Wiley and Sons.
- Директива Совета Европейского союза 91/676/ЕЕС от 12 декабря 1991 года, касающаяся защиты вод от загрязнений, вызванных нитратами из сельскохозяйственных источников.
- Environmental Protection Agency (EPA), Federal Register / Vol. 66, No. 243, National Pollutant Discharge Elimination System: Regulations Addressing Cooling Water Intake Structures for New Facilities, December 18, 2001 pp. 65256 – 65345.
- Директива Совета Европейского союза от 21 мая 1991 года, касающаяся очистки городских сточных вод (91/271/ЕЕС).
- Директива Совета Европейского союза от 3 ноября 1998 года, касающаяся качества воды, предназначенной для употребления людьми (98/83/ЕС).
- Federation of Canadian Municipalities. 2003. Infiltration/Inflow Control/Reduction for Wastewater Collection Systems: A Best Practice by the National Guide to Sustainable Municipal Infrastructure (InfraGuide). March 2003.
- Federation of Canadian Municipalities. 2004. Assessment and Evaluation of Storm and Wastewater Collection Systems: A Best Practice by the National Guide to Sustainable Municipal Infrastructure (InfraGuide). July 2004.
- Heinss and Strauss. 1999. Co-treatment of Faecal Sludge and Wastewater in Tropical Climates. Report EAWAG/SANDEC, P.O. Box 611, CH-8600 Duebendorf, Switzerland, January 1999
- Kayombo et al. Waste Stabilization Ponds and Constructed Wetlands Design Manual. Доступно по адресу: [http://www.unep.or.jp/etcc/Publications/Water\\_Sanitation/ponds\\_and\\_wetlands/Design\\_Manual.pdf](http://www.unep.or.jp/etcc/Publications/Water_Sanitation/ponds_and_wetlands/Design_Manual.pdf)
- Monangero and Strauss. 2002a. Faecal Sludge Management – Review of Practices, Problems and Initiatives. Доступно по адресу: [http://www.sandec.ch/FaecalSludge/Documents/FS\\_management\\_\(SANDEC\\_GHK\\_2002\).pdf](http://www.sandec.ch/FaecalSludge/Documents/FS_management_(SANDEC_GHK_2002).pdf)
- Monangero and Strauss. 2002b. Faecal Sludge Treatment. Lecture Notes, IHE Delft, February 14 2002.
- Morel and Diener. 2006. Greywater Management in Low- and Middle-Income Countries. Sandec (Water and Sanitation in Developing Countries) at Eawag (Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology)
- Peña Varón and Mara. 2004. Waste Stabilization Ponds. IRC International Water and Sanitation Centre Thematic Overview Papers.
- Stockholm Environment Institute. 2004. Ecological Sanitation.
- Swiss Federal Institute for Env. Science & Technology. 2001. Nam Dinh Urban Development Project Septage Management Study. November 1, 2001.
- Swiss Federal Institute for Env. Science & Technology. 2002. Fecal Sludge Management in Developing Countries: A planning manual. April 2002.
- U.S. EPA. 1999. Combined Sewer Overflow O&M Fact Sheet. EPA 832-F-99-039. September 1999.
- U.S. EPA. 2006. Emerging Technologies for Biosolids Management. 832-R-06-005 September 2006.
- UNEP. 2000. International Source Book on Environmentally Sound Technologies for Wastewater and Stormwater Management.
- Wagner EG & Lanoix JN. Excreta disposal for rural areas and small communities. WHO monograph series No. 39. WHO, Geneva. 1958.
- Water Environment Federation. 1996. Developing Source Control Programs for Commercial and Industrial Wastewater.
- Water Resources And Environment Technical Note D.1 – Water Quality Management: Assessment and Protection
- Water, Engineering and Development Centre, Loughborough University. Technical Brief 37: Re-Use of Wastewater. Доступно по адресу: <http://www.lboro.ac.uk/well/resources/technical-briefs/37-re-use-of-wastewater.pdf>.
- WHO. 2000. Tools for assessing the O&M status of water supply and sanitation in developing countries. WHO/SDE/WSH/00.3.
- WHO. 2003. Linking Technology Choice with Operation and Maintenance in the Context of Community Water Supply and Sanitation: A Reference Document for Planners and Project Staff.
- ВОЗ. 2006 г. Руководство по обеспечению качества питьевой воды [электронная версия], включая первое дополнение. Том 1, Рекомендации. – 3-е изд.
- ВОЗ. 2006 г. Руководящие принципы для безопасного использования сточных вод, отходов жизнедеятельности и "серых" вод.
- WHO. 2003. Domestic Water Quantity, Service Level and Health. WHO/SDE/WSH/03.02.

World Bank. 2004. Water Resources Sector Strategy.

World Bank Water Resources and Environment Technical Note C.1 –  
Environmental Flow Assessment: Concepts and Materials

World Bank. Arsenic Contamination of Groundwater in South and East Asian  
Countries: Towards a More Effective Operational Response, April 2005.  
Доступно по адресу:  
[http://siteresources.worldbank.org/INTSAREGTOPWATRES/Resources/ArsenicVoll\\_WholeReport.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTSAREGTOPWATRES/Resources/ArsenicVoll_WholeReport.pdf)

World Bank, Water Resources And Environment Technical Note D.2 -

World Bank, Water Resources And Environment Technical Note D.3-

World Bank, Water Resources and Environment, Technical Note F.1- Water  
Conservation: Urban Utilities

World Bank, Water Resources and Environment, Technical Note F.3-

World Bank. 2005. Alternative Technologies for Water and Sanitation Supply in  
Small Towns. Water and Sanitation Program. April 2005.

World Bank. 2005. Sanitation and Hygiene at the World Bank: An Analysis of  
Current Activities. Water and Sanitation Sector Board Working Note, Paper No.  
6, November 2005.

## Приложение А. Общее описание видов деятельности, относящихся к данной отрасли

### А.1. Снабжение питьевой водой

Доступ к воде требуемого качества совершенно необходим для обеспечения здоровья и гигиены населения<sup>45</sup>. Обычно система снабжения питьевой водой включает следующие элементы:

- источник воды в виде реки, озера, резервуара или водоносного горизонта, откуда отбирается вода, окружающий участок водосбора или участок питания, которые подают воду в источник, и средства забора и транспортировки воды от источника до места обработки;
- установка обработки для очистки воды;
- устройства хранения обработанной воды и система распределения для доставки очищенной воды от хранилища к потребителю (в дома, пожарные гидранты, пункты использования в промышленности и т. п.).

#### Источники воды

Традиционными источниками получения питьевой воды служат ресурсы подземных вод и поверхностные воды. При отсутствии поверхностных или подземных вод приемлемого качества для производства питьевой воды можно

использовать другие источники, включая морскую воду, солоноватые воды и т. п.<sup>46</sup>

Подземные воды: подземные воды естественным образом пополняются поверхностными водами и текут к поверхности естественным путем, представляя собой длительно действующий резервуар в природном круговороте воды со временем удерживания от нескольких дней до тысячелетий. Качество подземных вод меняется в зависимости от источника, но обычно они обладают хорошей прозрачностью за счет естественного фильтрования подземных вод при их прохождении через слои пористого грунта. Обычно в глубоких подземных водах содержится незначительное количество патогенных бактерий, но в них может быть много растворенных твердых веществ, особенно карбонатов и сульфатов кальция и магния. Бактериологическое качество мелких подземных вод меняется в зависимости от характера участка водосбора. В них могут присутствовать разнообразные растворенные вещества, включая токсичные металлы, такие как цинк, медь и мышьяк.

Поверхностные воды: качество поверхностных вод в значительной степени зависит от источника. Горные озера и резервуары обычно располагаются в главном водосборе речной системы выше по течению от человеческого жилья. Как правило, в них низкое содержание бактерий и патогенных организмов, но некоторые бактерии, простейшие и водоросли все же могут присутствовать. Если горный район лесистый или торфянистый, то вода может окрашиваться гуминовыми кислотами. Многие горные

<sup>45</sup> Доступ к воде определяется имеющимися объемами воды, а также расстояниями и затратами времени для забора воды. Всемирная организация здравоохранения определила базовый доступ к воде как наличие порядка 20 л/день на душу населения на расстоянии от 100 до 1000 м, или с общим временем забора от 5 до 30 мин, чего обычно достаточно для удовлетворения основных потребностей, мытья рук и приготовления пищи. Оптимальный доступ составляет объем 100 л/день на душу населения и более с подачей по трубам непосредственно потребителю, что обеспечивает потребности для стирки и принятия ванны в дополнение к базовому потреблению. См. WHO, Domestic Water Quantity, Service Level and Health, 2003, WHO/SDE/WSH/03.02.

<sup>46</sup> Возможен также сбор воды с помощью конденсации влаги из воздуха, но практическое использование этого метода ограничено.

поверхностные источники воды характеризуются низким значением рН. Обычно в реках, каналах и низинных резервуарах концентрация бактерий выше, они могут также содержать водоросли, взвешенные твердые вещества и разнообразные растворенные компоненты.

Прочие источники воды: к прочим источникам воды относятся морская вода и солоноватые воды, которые характеризуются высокой концентрацией растворенных твердых веществ, которые необходимо удалить, чтобы вода стала пригодной для бытового, сельскохозяйственного и промышленного использования.

### **Обработка воды**

Обработка, требующаяся для того, чтобы вода стала пригодной для потребления человеком, зависит от источника воды и может предусматривать удаление взвешенных твердых веществ, удаление растворенных веществ и дезинфекцию.

### **Удаление взвешенных твердых веществ**

Взвешенные твердые вещества обычно удаляют с помощью осаждения и/или фильтрации. В качестве предварительной обработки можно использовать коагуляцию, флокуляцию и осаждение, что позволяет повысить эффективность и снизить затраты на последующее фильтрование. Коагуляция предусматривает добавление к воде реактивов типа буферов рН и коагулянтов для облегчения последующих стадий обработки. Химически обработанная вода подается в пруд, в котором взвешенные частицы коагулируют, образуя более тяжелые частицы, называемые хлопьями. Этот процесс убыстряется за счет осторожного перемешивания и выбора подходящего времени удерживания. После этого скорость тока воды снижают так, чтобы взвешенные вещества могли

осесть из потока воды под действием силы тяжести. Хлопья можно также удалять непосредственно при фильтровании. Обычно для фильтрования используют устройства с гравитационным песочным фильтром, фильтром из диатомовой земли и системы прямого фильтрования. В небольших установках обработки воды можно также использовать мембранные и патронные системы фильтрования.

Гравитационный песочный фильтр состоит из слоя тонкого песка толщиной около 3–4 футов, опирающегося на слой гравия толщиной в 1 фут, и системы поддержания фильтрующего слоя. Сооружение гравитационного песочного фильтра не требует больших средств, он прост в работе и надежен, обеспечивая удаление более 99,9% лямблий *Giardia*. Однако эти фильтры непригодны для воды с высокой мутностью, а поверхность фильтра требует технического обслуживания. Из-за расхода (от 0,03 до 0,10 галлонов/мин/фут<sup>2</sup> площади слоя фильтра) ему требуются обширные площади земли. Гравитационный песочный фильтр не требует коагуляции и флокуляции и не всегда требует осаждения.

При фильтровании через диатомовую землю, известном также как намывное или диатомовое фильтрование, используют слой диатомовой земли толщиной около 1/8 дюйма, помещенный на мембрану или элемент фильтра. Мембрана может быть помещена в сосуд высокого давления или в открытый сосуд с вакуумной системой. Фильтры из диатомовой земли просты в работе и эффективно удаляют споры, водоросли и асбест. Это наилучший вариант для проектов с ограниченными начальными капиталовложениями, а также для аварийных и резервных мощностей для покрытия значительного сезонного увеличения потребления. Диатомовые фильтры лучше всего подходят для воды с низким содержанием

бактерий и низкой мутностью (менее 10 нефелометрических ед. мутности [NTU]). Для эффективного удаления вирусов требуются коагулянты и ускорители фильтрования. При работе фильтров из диатомовой земли образуется отработанная фильтровальная лепешка.

Системы прямого фильтрования подобны обычным системам, но в них не используется осаждение, а в некоторых многоступенчатых системах фильтрования может не использоваться и химическая коагуляция. Прямое фильтрование может представлять собой различные сочетания методов обработки. Для эффективной очистки высокой мутности на входе могут использоваться двухслойные фильтры и фильтры со смешанной фильтрующей средой. Прямое фильтрование позволяет эффективно удалять от 90 до 99% вирусов и от 10 до 99,99% лямблий *Giardia*. Прямое фильтрование лучше всего подходит для систем с подачей воды высокого качества, мало меняющейся в зависимости от сезона. Обычно поступающая вода должно обладать мутностью менее 5–10 NTU и окраской ниже 20–30 ед.

При мембранном фильтровании вода под давлением проходит через тонкую мембрану. Загрязнение остается на стороне высокого давления, и часто его приходится удалять, обращая поток в обратную сторону и смывая отходы. Мембранная технология требует относительно простой установки. Для источников подземных вод, не требующих предварительной обработки, система будет состоять всего лишь из насоса подачи, насоса промывки, мембранных модулей и резервуаров-хранилищ. Работу мембранных систем можно в высокой степени автоматизировать. Мембранную технологию можно использовать для удаления бактерий и других микроорганизмов, твердых частиц и природных органических веществ. Однако эффективность мембраны

снижается вследствие засорения. Для удаления осажденного загрязнения может потребоваться периодическая химическая очистка.

При патронном фильтровании воду пропускают через пористую среду для удаления частиц, причем размер пор для получения питьевой воды должен быть в пределах 0,2–1,0 мкм. Иногда бывает необходима предварительная обработка фильтром грубой очистки до фильтрования через патрон, что позволяет избежать быстрого засорения патрона. Патронные фильтры пригодны для удаления микроорганизмов и мутности в небольших системах. Эти системы просты в эксплуатации и техническом обслуживании. Полипропиленовые патроны засоряются относительно быстро, и их приходится заменять новыми, поэтому системы с патронными фильтрами обычно пригодны только для поступающей воды с низкой мутностью. Хотя эти системы фильтрования просты в эксплуатации, они не автоматизированы и могут потребовать относительно больших эксплуатационных расходов. Среда фильтрования может требовать периодической очистки.

### Удаление растворенных загрязнителей

Для получения требуемого качества воду из некоторых источников необходимо обрабатывать, чтобы удалить из нее растворенные вещества, которые нельзя удалить коагуляцией и фильтрованием. Высокая концентрация металлов, таких как кальций и магний, повышает жесткость воды, из-за чего образуется окалина. Растворенные металлы, например железо и марганец, ухудшают вкус воды и приводят к образованию пятен и скоплению частиц оксидов металлов в емкостях и трубопроводах для воды. Радионуклиды, нитраты и токсичные металлы, такие как медь и мышьяк, могут привести к нарушению здоровья.

Растворенные органические соединения также могут стать причиной ухудшения внешнего вида и здоровья человека. Методы очистки включают умягчение известью, окисление, ионный обмен, обратный осмос, электродиализ, аэрацию и фильтрацию через активированный уголь.

Умягчение известью предусматривает повышение pH воды для осаждения карбоната кальция и гидроксида магния с помощью извести или гашеной извести. Возникающий осадок удаляют отстаиванием или фильтрованием. После фильтрования pH снижают с помощью добавления диоксида углерода, который обычно получают путем сжигания на площадке минерального топлива. Помимо удаления кальция и магния, умягчение известью позволяет также удалять железо и марганец, тяжелые металлы, мышьяк, радионуклиды (уран, радий-226 и радий-228), а также некоторые органические соединения. Умягчение известью лучше всего подходит для подземных вод, которые отличаются относительно стабильным качеством. Совокупность двух факторов – разного качества воды и сложности химических процессов умягчения известью – обычно делает умягчение известью слишком сложным для небольших систем, которые используют поверхностные воды. Слишком мягкая вода может привести к коррозии труб. Эта коррозия способна сократить срок службы труб и бытовых устройств и привести к растворению в питьевой воде токсичных материалов, таких как свинец и кадмий.

Окисление можно использовать для удаления таких металлов, как железо и марганец, путем образования нерастворимых соединений, которые затем можно отфильтровать из воды. Окисление можно также использовать для разложения некоторых органических загрязняющих веществ. Чаще всего при очистке воды в качестве окислителей применяют хлор, диоксид хлора, перманганат калия и озон. Окисление с применением хлора

или перманганата калия зачастую используется в небольших системах с подземными водами. Дозирование осуществляется довольно легко, требует простого оборудования и относительно дешево. Хлорирование широко используется для окисления двухвалентного железа и марганца. Однако при этом могут возникать трудности в связи с образованием тригалогенметанов (ТГМ). В качестве окислителя перманганат калия ( $KMnO_4$ ) обычно дороже хлора и озона, но он оказывается столь же эффективным для удаления железа и марганца и требует существенно меньше оборудования и капитальных затрат. Однако необходимо тщательно регулировать дозу перманганата калия. Для окисления железа и марганца можно использовать озон, однако он может оказаться неэффективным для окисления в присутствии гуминовых или фульвиновых веществ. В качестве окислителя можно использовать и кислород, при условии что железо не связывается с гуминовыми веществами или другими крупными органическими молекулами. Присутствие в воде других окисляющихся веществ затрудняет окисление нужных восстановленных соединений.

Ионный обмен можно использовать для удаления из воды любых заряженных (то есть ионных) компонентов, но обычно его используют для снижения жесткости и удаления нитратов. Удаление происходит за счет поглощения загрязнителя ионообменной смолой. Обычно воду подвергают предварительной очистке для снижения нагрузки на ионообменный блок взвешенных твердых веществ и общего содержания растворенных твердых веществ. Ионный обмен можно использовать при колебаниях расхода. Отходы ионного обмена высококонцентрированные и требуют осторожности при их удалении. Ионообменные установки также чувствительны к присутствию конкурирующих ионов. Например, подаваемая



вода с высоким уровнем жесткости приводит к конкуренции за место в ионообменной среде с другими катионами (положительными ионами), вызывая необходимость чаще регенерировать ионообменную среду.

Обратный осмос (ОО) удаляет из воды загрязнители с помощью полупроницаемой мембраны, которая пропускает через свои поры только воду, но не растворенные ионы (такие, как натрий и хлор). Неочищенную воду подают под высоким давлением, "продавливая" чистую воду через мембрану и оставляя загрязнители со стороны солевого раствора. ОО позволяет эффективно удалять из воды практически все неорганические загрязнители. С его помощью удаляется более 70% мышьяка (III), бария, кадмия, мышьяка (IV), нитритов, ртути, свинца, селена (IV), селена (VI), серебра, фтора, хрома (III) и хрома (VI), причем правильно эксплуатируемые установки способны обеспечить уровень очистки до 96%. ОО может также эффективно удалять радий, природные органические вещества, пестициды и микробиологические загрязнители. ОО особенно эффективен при его последовательном использовании, когда вода, проходя через несколько блоков, может достичь почти нулевой концентрации загрязнения на выходе. Системы ОО сравнительно нечувствительны к расходу и общему количеству растворенных твердых веществ и поэтому подходят для небольших систем со значительными сезонными колебаниями потребления воды. Простота применения и автоматизация позволяют снизить нагрузку на оператора и делают ОО пригодным для небольших систем. Однако ОО требует больших капитальных и эксплуатационных затрат, а для предотвращения засорения в некоторых случаях требуется существенная предварительная обработка.

Обратный осмос также используется для опреснения морской воды и воды из других источников с большим

содержанием растворенных твердых веществ. Чистая опресненная вода обычно бывает подкисленной и оказывает коррозионное действие на трубы, поэтому ее, как правило, смешивают с водой из других источников, которая подается по трубам на площадку, или другим способом регулируют pH, жесткость и щелочность перед подачей в трубопровод за пределы площадки. Количество полученной воды в расчете на подачу воды для большинства установок опреснения морской воды составляет от 15 до 50% (то есть на каждые 100 галлонов морской воды получается от 15 до 50 галлонов чистой воды, а также солевой раствор, содержащий растворенные твердые вещества). Солевой раствор и другие жидкие отходы с установок опреснения могут содержать все или некоторые из следующих компонентов: высококонцентрированную соль, химикаты, используемые при устранении засорения оборудования установки и предварительной обработке, и токсичные металлы (которые могут присутствовать, если сбрасываемая вода контактировала с металлическими материалами, используемыми в конструкции сооружений установки). Жидкие отходы можно сбрасывать прямо в океан, объединив с другими сбросами (например, водой, применяемой для охлаждения электростанции, или сбросами с установки очистки канализационных стоков) до сброса в океан, сбрасывать в канализацию для переработки на установке очистки канализационных стоков либо выпаривать (а остаточные твердые вещества удалять на полигон). Установки опреснения производят также небольшое количество твердых отходов (например, отработанные фильтры очистки и твердые частицы, отфильтрованные в процессе предварительной обработки).

При электродиализе для удаления заряженных веществ используются электрический заряд и полупроницаемая мембрана. Мембраны рассчитаны на прохождение через

них отрицательно или положительно заряженных ионов; таким образом, ионы из потока получаемой воды проходят через мембрану, попадая в два потока сбрасываемой воды. Сбрасываемый поток обычно составляет 20–90% подаваемого потока. Электродиализ позволяет удалять большую часть растворенных ионов и весьма эффективен для удаления фтора и нитратов; он может также удалять барий, кадмий и селен. Электродиализ сравнительно нечувствителен к расходу и общему количеству растворённых твёрдых веществ и позволяет получать низкие концентрации в стоках. Эти системы требуют высоких капитальных и эксплуатационных затрат, а иногда интенсивной предварительной обработки.

Аэрацию (отгонку с воздухом) можно использовать для удаления летучих соединений и радона из поступающей воды. Испаряемые загрязнители выбрасываются в атмосферу с обработкой или без обработки. Системы аэрации, пригодные для систем питьевой воды, включают аэрацию в колонне с насадкой, диффузионную аэрацию, многоярусную аэрацию и механическую аэрацию. Для небольших систем можно использовать простые аэраторы, изготовленные из довольно распространенных материалов, вместо системы аэрации специальной конструкции.

Активированный уголь удаляет загрязнители за счет поглощения, которое в основном представляет собой физический процесс налипания растворенных загрязнителей на пористую поверхность частиц угля. Активированный уголь удаляет многие органические загрязнители, а также устраняет неприятный вкус и запах подаваемой воды. К органическим веществам, которые не так легко адсорбируются на активированном угле, относятся спирты; низкомолекулярные алифатические соединения (включая винилхлорид), кетоны, кислоты и альдегиды; сахара и крахмалы; а также органические соединения с

очень большой молекулярной массой или коллоидные органические вещества. Удаление радона с помощью активированного угля в масштабах установки очистки не осуществимо. Активированный уголь периодически меняют, когда его поверхность насыщается и перестает эффективно адсорбировать загрязнители. Однако процесс адсорбции можно относительно легко повернуть в обратную сторону, что позволяет регенерировать и повторно использовать активированный уголь.

### **Дезинфекция**

В системы водоснабжения добавляют дезинфицирующие средства для уничтожения микроорганизмов, которые могут быть болезнетворными для человека. Чаще всего в качестве дезинфицирующего средства используют хлор, хлорамины, озон и ультрафиолетовое излучение. К другим методам дезинфекции относится использование диоксида хлора, перманганата калия и нанофильтрация. Первичная дезинфекция позволяет добиться требуемого уничтожения или дезактивации микроорганизмов, а вторичная дезинфекция поддерживает остаточное количество дезинфицирующего средства в получаемой воде, чтобы предотвратить вторичный рост микроорганизмов.

Хлор очень эффективен для удаления почти всех патогенных микроорганизмов и годится одновременно в качестве первичного и вторичного дезинфицирующего средства. Хлор можно использовать в виде газа, гипохлорита натрия или гипохлорита кальция. Газообразный хлор обычно поставляют в жидком состоянии в баллонах высокого давления, но его можно получать и на месте с помощью электролиза раствора хлорида натрия. Как правило, гипохлорит натрия хранят в водном растворе и разбавляют перед использованием. Гипохлорит кальция

обычно хранят в твердом виде и растворяют в воде перед использованием. Хлорирующий реактив, как правило, впрыскивают в систему водоснабжения с регулируемой скоростью. Хлор реагирует с органическими веществами, которые естественным образом присутствуют в воде из многих источников, и образует вредные химические побочные продукты, в основном тригалогенметаны.

Хлорамин является эффективным бактерицидным средством, при использовании которого образуется меньше тригалогенметанов, чем при использовании хлора. Хлорамины получают на месте с помощью впрыскивания хлора (раствора газа или гипохлорита натрия) в магистраль водопровода непосредственно после впрыскивания аммиака (раствора газа или гидроксида аммония). Хлорамин является слабым дезинфицирующим средством и намного менее эффективен против вирусов и простейших, чем свободный хлор. Хлорамин часто используют как вторичное дезинфицирующее средство, чтобы предотвратить повторный рост бактерий в системе распределения.

Озон, аллотропическая модификация кислорода с тремя атомами в каждой молекуле, является мощным окислителем и дезинфицирующим агентом. Газообразный озон не стабилен, поэтому его нужно получать на месте, пропуская сухой воздух через систему высоковольтных электродов. При озонировании требуется более короткое время контакта, чем при применении хлора. Озон непосредственно не образует галогенированных органических веществ, если только не присутствуют ионы брома. Требуется вторичное дезинфицирующее средство типа хлорамина, поскольку озон не сохраняется в достаточных количествах в воде. Капитальные затраты на систему озонирования довольно высоки, а эксплуатация и

техническое обслуживание представляют достаточную сложность.

Ультрафиолетовое (УФ) излучение создается специальной лампой. Когда оно проникает через клеточную стенку организма, разрушается генетический материал клетки, и она не может больше размножаться, что позволяет эффективно уничтожать бактерии и вирусы. Как и в случае с озоном, для предотвращения повторного роста микроорганизмов необходимо использовать вторичное дезинфицирующее средство. УФ-излучение может быть эффективным в качестве первичного дезинфицирующего средства для малых систем, поскольку его легко получать, оно не приводит к образованию никаких известных токсичных остатков, требует малого времени контакта, а соответствующее оборудование легко эксплуатировать и обслуживать. Однако УФ-излучение не способно инактивировать лямблии или споры *Cryptosporidium*. УФ-излучение не годится для воды с высоким содержанием взвешенных твердых веществ, мутностью, сильным окрашиванием или высокой концентрацией растворимых органических веществ, поскольку все вышеперечисленное может поглощать УФ-излучение, снижая эффект дезинфекции.

### ***Распределение и хранение воды***

Системы распределения воды включают все компоненты, необходимые для транспортировки питьевой воды от центральной установки очистки или скважины (эта вода подается самотеком из резервуара-хранилища или с помощью насосов по сети распределения под давлением) до потребителя, включая хранилища для распределения и уравнивания. Эти системы состоят из труб, насосов, задвижек, резервуаров-хранилищ, емкостей, счетчиков, арматуры и других гидротехнических устройств. Системы

распределения проектируются и эксплуатируются с целью доставки воды, качество которой приемлемо для потребления человеком, а количество достаточно для обеспечения всех потребностей. Многие сети распределения обладают также достаточной пропускной способностью, что позволяет использовать воду не только для питья, но и на орошение, озеленение и пожаротушение.

Большинство труб для распределения воды изготовлено из ковкого чугуна, предварительно напряженного бетона, поливинилхлорида, армированного пластика и стали. Ранее использовались также трубы из ковкого чугуна без покрытия и асбоцемента, и они могут составлять существенную часть действующих систем.

Системы распределения воды могут иметь разветвленную структуру или структуру замкнутой сети либо представлять собой сочетание обеих структур. В разветвленной системе ответвление труб меньшего размера и прокладка более крупных труб в системе осуществляются так, чтобы вода могла поступать к потребителю только в одном направлении от источника. Замкнутая система состоит из соединенных контуров трубопроводов на всем участке обслуживания, и вода может поступать от источника к потребителю по нескольким направлениям. Если какая-то секция магистрали водораспределения в замкнутой системе отказывает или требует ремонта, эту секцию можно изолировать, не прерывая снабжения всех потребителей сети. Большинство сетей водораспределения включают одновременно разветвленные и замкнутые структуры. В качестве эксперимента были опробованы децентрализованные системы обработки, когда дополнительная обработка осуществляется вблизи точки отбора в зависимости от потребностей, и в будущем эти системы предполагается использовать чаще. В некоторых населённых пунктах используют систему двойного

распределения, в которой имеются отдельные магистрали с питьевой и непитьевой водой (например, оборотная вода, используемая для орошения, вода для пожаротушения и т. п.).

Резервуары-хранилища и емкости используются для обеспечения объема хранения, который позволил бы соответствовать колебаниям потребления, обеспечить резервное снабжение для пожаротушения и других потребностей в аварийной ситуации, стабилизировать давление в системе распределения, повысить удобство эксплуатации и обеспечить гибкость перекачки, не прерывать водоснабжение при отказе источника или насоса и смешивать воду из разных источников. Чаще всего используются приподнятые резервуары, но применяются и другие типы емкостей и резервуаров, включая вкопанные в землю емкости, открытые или закрытые резервуары.

Системы водораспределения нуждаются в энергии для создания давления с целью доставки очищенной воды. Эту энергию можно получать от насоса, за счет подачи самотеком из источника воды (такого, как резервуар или водонапорная башня) с большей отметкой высоты или – в небольших системах – с помощью сжатого воздуха. Для изоляции секций сети при техническом обслуживании и ремонте используются задвижки. Для регулирования расхода и давления в системе распределения используются управляющие клапаны.

В идеале, качество воды не должно меняться с момента, когда она покидает установку очистки, и до ее потребления. Однако в системе распределения могут происходить существенные изменения очищенной воды за счет сложных физических, химических и биологических процессов. Например, емкости размера, достаточного для обеспечения потребностей пожаротушения, могут иметь низкую скорость

замены воды и низкий уровень содержания остаточных дезинфицирующих средств, что приводит к росту биологической пленки и другим биологическим изменениям воды, таким как нитрификация. Подобные явления можно свести к минимуму с помощью надлежащего проектирования и эксплуатации систем распределения.

## **А.2. Канализация**

Системы канализации защищают здоровье людей и окружающую среду, изолируя и тем или иным способом обрабатывая канализационные отходы. В сельских районах чаще всего используются местные системы канализации, например туалеты с выгребной ямой, туалеты со смывом и системы септик-тенков. С увеличением плотности населения требуются более сложные централизованные системы сбора, хранения и обработки.

### **Сбор шлама**

Для надлежащего функционирования местных систем канализации, таких как туалеты с емкостями и системы септик-тенков, требуется периодическое удаление твердых веществ. Первый этап надлежащего удаления фекального шлама состоит в сборе и транспортировке в хранилище или в установку обработки. Сбор можно осуществлять вручную (например, лопатами и ведрами) или с помощью механического оборудования. Механическое оборудование для сбора осадка септик-тенка включает смонтированную на грузовом автомобиле вакуумную цистерну емкостью 3–6 м<sup>3</sup> и небольшие ручные вакуумные тележки на 350–500 л. В домах, расположенных вблизи от дороги, септик-тенк можно опорожнять с помощью большого грузового автомобиля, а осадок отвозить непосредственно на место обработки. Если дом расположен в узком переулке, можно использовать маленькую вакуумную тележку. В этом случае

промежуточную цистерну-хранилище (3–6 м<sup>3</sup>) можно установить в самой близкой точке, куда может проехать грузовой автомобиль, при этом осадок из септик-тенка переносят в цистерну из вакуумной тележки за несколько заходов. Затем эту цистерну-хранилище можно перевезти в следующую точку сбора или на установку обработки. Одна единица оборудования, крупного или мелкого, может обслужить 2–3 септик-тенка в день, или около 500 в год.

### **Канализация**

Канализационные коллекторы представляют собой закрытые водоводы, обычно круглые в поперечном сечении, для сточных вод. Канализацией называется система коллекторов, включающая насосные станции, устройства защиты от перелива и связанную с ними инфраструктуру. Большинство коллекторов рассчитано на транспортировку канализационных или ливневых стоков, но многие представляют собой комплексные коллекторы, по которым транспортируются одновременно канализационные и ливневые стоки.

Коллекторы могут транспортировать сточные воды от бытовых, торговых и промышленных потребителей в хранилище для сброса или обработки. Поскольку жидкие промышленные отходы могут содержать множество химикатов, растворителей и других загрязнителей, которые не удается эффективно удалять на централизованной установке очистки сточных вод, от предприятий часто требуется предварительная обработка образованных на них жидких отходов перед сбросом в канализацию.

При проектировании и выборе размера канализационных систем учитываются обслуживаемое население, торговые и промышленные стоки, характеристики пикового стока и расход в дождливую погоду. Кроме проектного расхода

канализационного коллектора основным соображением при проектировании комплексных канализационных коллекторов являются размер и характеристики водосбора. Объединенные канализационные коллекторы зачастую не могут справиться с объемом ливневого стока, что приводит к переполнению главного коллектора; при этом стоки обычно сбрасываются в поверхностные воды с минимальной обработкой или без всякой обработки. Хотя отдельные системы коллекторов предназначены для транспортировки только канализационных стоков, во всех системах канализации наблюдаются некоторый приток и просачивание поверхностных и подземных вод. На приток и просачивание влияют исходные условия увлажнения, которые также важно учитывать при проектировании отдельных систем канализации.

Типичный метод транспортировки, используемый в системах канализации, состоит в подаче сточных вод самотеком по наклоненной вниз трубе. Эти канализационные коллекторы, известные как самотечные канализационные системы, проектируют так, чтобы наклон и размер трубы был достаточным для поддержания стока к точке сброса без люков перегрузки или повышения давления в трубе. Самотечные канализационные системы обычно используются в городских районах с постоянным уклоном грунта, поскольку в слишком холмистых или равнинных районах требуется глубокая выемка грунта, что увеличивает затраты на строительство. Насосные или подъемные канализационные станции могут потребоваться в связи с обеспечением необходимого наклона для самотечных канализационных систем, что приводит к возникновению конечной (то есть нижней) точки на конце канализационного коллектора, где собираются канализационные стоки, и их приходится откачивать или поднимать в систему коллектора. Насосные и подъемные

станции существенно повышают стоимость коллекторной системы. Люки в самотечных канализационных системах могут стать источниками притока и просачивания, увеличивая объем транспортируемых сточных вод, а также размер труб и число насосных/подъемных станций.

Альтернативные системы коллекторов сточных вод могут оказаться экономичными для районов, в которых слишком дорого устанавливать и эксплуатировать традиционные системы коллекторов. Например, в малонаселенных или пригородных районах, для которых обычные системы сбора оказываются слишком дорогими, иногда используются нагнетательные коллекторы. В этих системах, как правило, используются трубы меньшего диаметра с малым наклоном или следующие контуру поверхности грунта, что уменьшает объем земляных работ и стоимость строительства. Нагнетательные коллекторы отличаются от обычных самотечных систем сбора, поскольку они измельчают крупные твердые частицы на насосных станциях перед их транспортировкой через систему сбора. Их водонепроницаемая конструкция и отсутствие люков исключают внешние стоки в систему. Таким образом, альтернативные системы коллекторов могут оказаться предпочтительными в районах с высоким уровнем подземных вод, которые могут просачиваться в канализацию, увеличивая обрабатываемый объем сточных вод. Они также защищают источники подземных вод, удерживая сточные воды в канализации. К недостаткам альтернативных систем канализационных коллекторов относятся повышение потребления энергии, более высокие требования к техническому обслуживанию и увеличение затрат. В районах с переменным рельефом и меняющейся плотностью населения может оказаться удобным сочетание разных типов канализационных коллекторов.

Системы нагнетательных канализационных коллекторов бывают двух типов: с насосом откачки из септик-тенка и с насосом-дробилкой (НД). Ни та, ни другая не требует никаких изменений водопровода и канализации в доме. В системах с насосом откачки из септик-тенка сточные воды подаются в обычный септический или сифонный тенк для захвата твердых веществ. Жидкие стоки подаются в накопительную емкость, снабженную насосом и контрольным устройством. Затем стоки перекачиваются и передаются на обработку. Переоборудование существующих септик-тенков в районах, обслуживаемых с помощью септик-тенков и полей фильтрации, как представляется, даст возможность сэкономить средства, но значительное их число (а то и большая часть) требует замены или продления срока службы в связи с недостаточной емкостью, старением бетонных резервуаров или утечками. В системе НД канализационные стоки поступают в камеру, где насос-дробилка измельчает твердые вещества и сбрасывает канализационные стоки в систему труб под давлением. Системы НД не требуют септик-тенков, но могут потребовать больше мощности, чем системы с насосом откачки из септик-тенка, в связи с измельчением. В системах НД образуются сточные воды с высоким уровнем содержания взвешенных твердых веществ, что может оказаться неприемлемым для установок очистки, расположенных ниже по потоку.

### **Очистка сточных вод**

Обработка канализационных стоков включает физические, химические и биологические процессы для удаления физических, химических и биологических загрязнителей. Задача состоит в получении обработанных стоков и твердых отходов или шлама, пригодных для сброса или вторичного использования в окружающей среде. Обычно обработка канализационных стоков включает до трех

стадий, называемых первичной, вторичной и третичной (или расширенной) очисткой.

### **Первичная очистка**

Первичная очистка предназначена для удаления крупных, взвешенных и плавучих твердых веществ из неочищенных канализационных стоков. Эту стадию иногда называют механической очисткой, хотя для ускорения процесса осаждения зачастую используются различные химикаты.

Предварительное улавливание позволяет удалить крупные взвешенные и плавающие предметы. После процеживания сточных вод их подают в песколовку, в которой осаждаются на дно песок, щебень, зола и небольшие камни. Удаление щебня и гравия, попадающих в стоки при мытье улиц или сильном дожде, очень важно, особенно в городах с объединенной системой канализации. Большие количества щебня и песка, попадающие на установку очистки, могут привести к серьезным затруднениям для ее работы, включая чрезмерный износ насосов и другого оборудования, засорение устройств аэрации или уменьшение емкости резервуаров, необходимой для очистки. Щебень и отходы, удаляемые в ходе этих процессов, необходимо периодически собирать и удалять (например, путем захоронения в отвале или сжигания).

После завершения предварительного улавливания и удаления щебня сточные воды по-прежнему содержат органические и неорганические растворенные компоненты, а также взвешенные твердые вещества. Оставшиеся твердые вещества можно удалить с помощью осаждения или отстаивания под действием силы тяжести, химической коагуляции либо фильтрования. Удаленные твердые вещества называют первичным шламом.

Первичная очистка позволяет уменьшить БПК поступающих сточных вод на 20–30%, а общее содержание взвешенных твердых веществ – на 50–60%. Первичная очистка обычно служит первой стадией обработки сточных вод. В некоторых случаях работа установок очистки начинается с первичной очистки, после которой – по мере увеличения нагрузки сточными водами – следуют другие стадии очистки, если требуется более углубленная обработка и если для этого имеются ресурсы.

### **Вторичная очистка**

При вторичной очистке используются биологические процессы для удаления порядка 85% растворенных органических веществ, не удаленных при первичной очистке. Технология вторичной очистки включает процессы с фиксированной пленкой, процессы с использованием активного ила и других взвешенных культур, расширенные системы аэрации, мембранные биологические реакторы, аэрируемые накопители, пруды и искусственные заболоченные системы, а также другие способы обработки, в которых для разложения органических веществ используется биологическая активность.

В процессах с иммобилизованными микроорганизмами (или фиксированной пленкой) рост микроорганизмов происходит на поверхности камня или пластика. Сточные воды проходят над ними вместе с воздухом для подачи кислорода. Блоки для процессов с иммобилизованными микроорганизмами включают бактериальные фильтры, биоколонны и ротационные биологические контактные фильтры. В процессах с взвешенной культурой культура микроорганизмов взвешена в аэрированной воде, куда накачивается воздух (или кислород), либо воду перемешивают в достаточной степени для передачи кислорода. Блоки для процессов с взвешенной культурой

включают варианты активного ила, окислительные траншеи и последовательные периодические реакторы. Процесс с взвешенной культурой ускоряет работу аэробных бактерий и других микроорганизмов, которые расщепляют органические вещества в канализационных стоках, за счет обеспечения богатой кислородом аэробной среды, где взвешенные в сточных водах микроорганизмы могут действовать более эффективно.

Из аэрационной емкости очищенные сточные воды подаются в отстойный резервуар (вторичный отстойник), где удаляется избыточная биомасса. Часть биомассы возвращается на загрузочную сторону аэрационной емкости, а остальная сбрасывается из системы как отходы. Сбрасываемая биомасса и осажденные взвешенные вещества обрабатывают перед удалением или вторичным использованием в качестве биологических твердых веществ.

Активный ил и связанные с ним процессы могут применяться, когда требуется удаление сильного органического загрязнения, имеются средства и квалифицированный персонал для эксплуатации и технического обслуживания, а земельный участок ограничен или дорог. Для системы обычно необходима некая первичная очистка, такая как процеживание и осаднение. При правильной эксплуатации и техническом обслуживании этот процесс обычно позволяет освободиться от мух и запаха. Однако большинство процессов с активным илом при эксплуатации оказывается дороже, чем процессы с закрепленными организмами, и для них требуется постоянная подача энергии. На эффективность процесса с активным илом отрицательно влияет повышенный уровень токсичных веществ в сточных водах. Следовательно, может потребоваться программа предварительной обработки промышленных стоков, чтобы



контролировать загрязняющие вещества от промышленных потребителей, которые могут проходить через процесс очистки или мешать ему, загрязнять канализационный ил либо создавать опасные условия в канализационной системе или в системе очистки за счет образования токсичных и взрывоопасных газов<sup>47</sup>.

При проектировании процесса с активным илом следует учитывать такие общие соображения, как характеристики сточных вод, местные условия окружающей среды (включая температуру), возможное присутствие ингибиторов (которые могут наличествовать в промышленных стоках), требования к подаче кислорода и кинетику реакции (время удерживания в системе).

Продолженная аэрация служит одним из вариантов основного процесса с активным илом, в котором используются относительно малая скорость потока и продолжительное время аэрации. Аэрированные канализационные стоки превращаются в коричневый шлам, подобный хлопьям, которые осаждаются в отдельном отстойнике. Затем прозрачные очищенные стоки отбирают сверху отстойника, а шлам – с его дна. Преимущество описанной системы связано с тем, что шлам стабилен и не требует никакой дальнейшей обработки, кроме высушивания. Однако для этого требуется большая мощность в связи с продолжительным временем аэрации, поэтому такая система обычно подходит для небольших установок.

Мембранные биологические реакторы (МБР), или биологические мембранные системы, представляют собой систему барьеров из полупроницаемых мембран погружного

типа или в сочетании с процессом, предполагающим использование активного ила. Эта технология гарантирует удаление всех взвешенных и некоторой части растворенных загрязнителей. Ограничения систем МБР прямо пропорциональны снижению эффективности питания в процессе с активным илом. Системы МБР позволяют получать высокое качество стоков при использовании небольших земельных площадей. Однако процесс этот сложный, а стоимость строительства и эксплуатации МБР обычно выше обычной очистки сточных вод.

Простыми и надежными средствами очистки сточных вод служат пруды и болотистые участки, которые требуют малых затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание и требования к которым минимальны. Пруды делятся на анаэробные (реакции происходят без кислорода), аэробно-анаэробные (когда в технологическом процессе кислород может использоваться, а может и не использоваться) и усреднители (когда пруд обеспечивает дополнительную очистку в присутствии кислорода и солнечного света для дальнейшего снижения уровня загрязнения перед сбросом).

На пруды и болотистые участки влияют природные условия, такие как ветер, температура, осадки, солнечная радиация и просачивание, а также физические факторы, например площадь поверхности, глубина воды, короткое замыкание, pH, токсичные вещества и кислород. Конкретные трудности на площадке могут быть связаны с высоким уровнем подземных вод, затоплением, крутым рельефом и местом обитания переносчиков заболеваний, например комаров.

Аэробные пруды стабилизации отходов представляют собой открытые накопители, в которых сточные воды очищаются при отсутствии кислорода. Твердые вещества осаждаются на дно пруда и сбрасываются. Анаэробные пруды можно использовать в качестве первой ступени

<sup>47</sup> См. например, Агентство по охране окружающей среды США, Управление обработки сточных вод, Отдел выдачи разрешений. Постановление о типовой предварительной обработке, январь 2007 г., EPA 833-B-06-002.

очистки сточных вод перед вторичной очисткой в других системах – аэробно-анаэробных накопителях и на искусственных болотистых участках. Анаэробные пруды обычно представляют собой прямоугольные бассейны глубиной не менее 3 метров, а в идеале – 4 метра. Необходимо периодически удалять из пруда шлам (например, с помощью слива и удаления твердых веществ или с помощью плавающего шламowego насоса). Хорошо спроектированный анаэробный пруд способен удалять в теплых условиях около 60% БПК и ХПК.

Аэробно-анаэробные пруды представляют собой большие мелкие бассейны (глубиной от 1,5 до 1,8 метра), которые обеспечивают одновременное протекание анаэробных и аэробных процессов. Очистка происходит за счет сочетания физических и биологических процессов и может быть довольно сложна. Пруды-усреднители аналогичны вышеупомянутым, но имеют меньшие размеры, и их обычно располагают последовательно после аэробно-анаэробных прудов. Пруды-усреднители эффективнее большинства других процессов очистки для удаления одновременно бактерий и яиц паразитических червей. Аэробно-анаэробные пруды и пруды-усреднители можно использовать при наличии достаточной земельной площади, при необходимости снижения уровня патогенных организмов и/или при периодическом увеличении притока за счет больших объемов ливневых вод.

Искусственные болотистые участки представляют собой технические водно-болотистые угодья, которые способны очищать разнообразные сточные воды, включая бытовые, стоки с сельскохозяйственных полей, ливневые и даже промышленные стоки. Очистка происходит за счет сочетания биологических и физических процессов, включая осаждение, формирование осадка, адсорбцию, ассимиляцию растениями и микробиологическую

активность. Система рассчитана на подачу самотеком, что сводит к минимуму число необходимых насосов и электрических устройств. Поток может быть вертикальным или горизонтальным, причем в водно-болотистых угодьях горизонтальный поток может проходить как над поверхностью, так и под ней. Большинство искусственных водно-болотистых угодий в развивающихся странах имеет горизонтальный подповерхностный поток. Надповерхностного потока обычно избегают, поскольку он представляет собой питательную среду для размножения комаров.

Искусственные водно-болотистые угодья можно использовать, когда требуется более высокое качество стоков, чем получаемое только анаэробной очисткой. Очистка с помощью искусственных водно-болотистых угодий обычно требует 3–5 м<sup>2</sup> на человека при очистке концентрированных канализационных стоков; необходимую площадь участка можно сократить с помощью предварительной анаэробной очистки.

### **Третичная очистка**

Для очистки с целью снижения БПК канализационных отходов используются вторичные процессы очистки. Третичная очистка представляет собой любые действия после вторичной очистки, направленные на удаление биологически не разлагающихся органических загрязнителей и минеральных питательных веществ, включая азотные и фосфорные соли. Третичная очистка позволяет удалять из сточных вод более 99% примесей и способна обеспечить качество стоков, приближающееся к качеству питьевой воды. Примером третичной очистки может служить модификация обычной вторичной очистки для дополнительного удаления фосфора и азота. Для

третичной очистки обычно используются фильтры с активированным углем.

## **Дезинфекция**

Дезинфекция может быть последней стадией очистки перед сбросом стоков. В качестве дезинфицирующего средства чаще всего используется хлор, но нередко для дезинфекции сброса сточных вод применяют также озон и ультрафиолетовое излучение. Однако некоторые экологические органы озабочены тем, что остаточный хлор может оказывать вредное воздействие на окружающую среду. Для получения желаемых параметров качества воды можно использовать дехлорирование очищенных сточных вод.

## **Вторичное использование сточных вод**

Сточные воды все чаще используются для нужд сельского хозяйства, особенно в районах с дефицитом воды, быстрорастущим населением и соответствующим ростом потребности в пищевых продуктах, поскольку сточные воды представляют собой одновременно источник воды и биогенных веществ. Сточные воды могут также служить надежным источником воды на протяжении всего года.

Сточные воды вносят в землю, и они проходят через почву; при этом осуществляемое в почве естественное фильтрование, микробиологическая активность и поглощение воды растениями позволяют удалить многие загрязнители. Часть воды испаряется или используется растениями. Остальная сливается через дренажи или колодцы для сброса на поверхность либо просачивается в подземные воды. Большое количество воды и основная часть биогенных веществ используются растениями, а другие загрязнители адсорбируются почвой, где со

временем многие минерализуются или разлагаются под действием микроорганизмов.

Сточные воды, которые иногда дезинфицируют перед внесением в зависимости от назначения сельскохозяйственной культуры и метода орошения, можно вносить в землю с помощью распыления, затопления, капельного орошения или орошения грядок и борозд. Выбор метода зависит от его стоимости, рельефа местности и типа культуры. В системах капельного орошения вода подается через маленькие отверстия в трубах, уложенных на землю, поэтому для данных систем требуется предварительная очистка, чтобы удалить твердые вещества и не засорять отверстия.

## **Обработка и утилизация шлама**

### **Обработка шлама**

Наиболее часто используемые системы обработки шлама включают анаэробное сбраживание и термофильное анаэробное сбраживание.

Устройства анаэробного сбраживания представляют собой большие ферментационные емкости, которые непрерывно работают в анаэробных условиях. Анаэробное разложение можно использовать для прямой очистки канализационных стоков, но экономически выгоднее обработать отходы аэробным способом. Крупные устройства анаэробного сбраживания обычно используются для переработки шлама, полученного при первичной и вторичной очистках. Они также используются для обработки промышленных стоков с очень высоким уровнем БПК. Конструкция крупных устройств анаэробного сбраживания включает приспособления для механического перемешивания, подогрева, сбора газа, добавления шлама и удаления стабилизированного шлама. В процессе анаэробного

сбраживания используются самые разные не образующие метан бактерии. На первой стадии процесса разлагаются сложные органические вещества, а на следующей стадии вырабатывается метан. Конечными продуктами анаэробного сбраживания являются метан (70%), а также диоксид углерода, микробная биомасса и биологически не разлагающиеся остатки (30%). В полностью сброженном шламе присутствует небольшое количество органических веществ, легко разлагаемых биологически. Он обычно не имеет неприятного запаха, а около 50% содержащихся в нем твердых веществ – неорганические.

Термофильное анаэробное сбраживание происходит при более высоких температурах, обычно 50–70°C, в то время как стандартное анаэробное сбраживание чаще всего проводят при 20–45°C. Термофильное анаэробное сбраживание может происходить быстрее; на его завершение требуется всего две недели по сравнению с 15–30 днями для стандартного анаэробного сбраживания. Однако термофильное сбраживание дороже, требует более значительных затрат энергии и менее стабильно, чем мезофильный процесс.

Системы вторичной очистки с продолженной аэрацией также служат для аэробного сбраживания канализационного шлама. Кроме того, шлам, получаемый в ходе обычного процесса с использованием активного ила, можно обрабатывать аэробным способом при добавлении воздуха, а не за счет создания бескислородной среды, как при анаэробном сбраживании. Поскольку аэробное сбраживание происходит намного быстрее анаэробного, капитальные затраты на аэробное сбраживание оказываются меньше. Однако при аэробном сбраживании эксплуатационные расходы, как правило, намного выше в связи с затратами на энергию для аэрации, необходимую для добавления кислорода в процесс.

Компостирование также является аэробным процессом, в ходе которого твердые вещества из сточных вод смешиваются с источниками углерода типа опилок, соломы или древесной стружки. В присутствии кислорода бактерии сбраживают одновременно твердые вещества из сточных вод и дополнительные источники углерода, выделяя при этом большое количество тепла.

### **Удаление и утилизация шлама**

После стабилизации (например, с помощью анаэробного сбраживания, термофильного анаэробного сбраживания, аэробного сбраживания или процесса с продолженной аэрацией) шлам можно высушить и удалить в отвал или сжечь либо подвергнуть дальнейшей обработке с целью выгодного использования. Сжигание шлама вызывает опасения в связи с присутствием загрязнителей в атмосферных выбросах, а также из-за высокой стоимости дополнительно требуемого топлива, что делает этот способ менее привлекательным и реже используемым средством для обработки и удаления шлама. Однако сжигание можно применять, если состав шлама (например, вероятность промышленных сбросов в систему канализации) не дает возможности использовать иные варианты удаления или утилизации.

Процессы анаэробного и аэробного сбраживания шлама в достаточной степени уничтожают переносящие заболевания микроорганизмы и паразиты, чтобы получающиеся при этом твердые вещества можно было безопасно вносить в почву в качестве структурообразователя (в тех же целях, что и торф) или использовать в сельском хозяйстве в качестве удобрения, при условии, что уровень содержания токсичных веществ будет достаточно низким.