

Очистка сточных вод

Происхождение, свойства и состав хозяйственно-бытовых сточных вод.

Важным, опасным и почти повсеместным (при наличии канализации) источниками загрязнения водоемов являются неочищенные или недостаточно очищенные хозяйственно-бытовые сточные воды. Они образуются в населенных пунктах при использовании питьевой воды для физиологических нужд, бытовой и хозяйственной деятельности человека. Количество сточных вод, образуемых за единицу времени, называется расходом сточных вод (м³/сут, м³/ч, м³/с, л/с). Объем хозяйственно-бытовых сточных вод почти равен объему питьевой воды, потребляемой в населенном пункте. Измеряется в единицах объема (м³, дм³ или л).

Нормы водопотребления зависят от многих факторов: благоустройства населенного пункта или отдельно расположенного объекта (жилого дома, общественного здания); системы водопотребления в населенном пункте (централизованной, децентрализованной), наличия центрального водяного отопления, природно-климатических и других условий (см. с. 107). Сегодня общая средняя норма водопотребления в городах колеблется от 50 до 1000 л/сут на одного человека и составляет: в Нью-Йорке — 600; в Париже — 500; в Москве — 400; в Киеве — 300; в Лондоне — 263.

По подсчетам ученых, объем бытовых сточных вод в населенных пунктах на конец 2000 г. с учетом увеличения количества населения, экономики страны, культуры населения возрос по сравнению с 1900 г. в 15 раз, в промышленности — в 220 раз. В Украине водопотребление на одного человека в конце 2000 г. в среднем составляло 330 л/сут, тогда как 15 лет назад — 190 л/сут. Максимальное количество бытовых сточных вод, которые отводятся с 1 га жилой застройки, в зависимости от плотности населения составляет, по нашим данным, от 40 до 175 м³/сут.

Однообразие источников загрязнения, связанное с такими проявлениями жизнедеятельности и бытового режима, которые свойственны в равной мере населению всех городов, приводит к тому, что среднее количество загрязнений на одного жителя канализованного города, поступающих в канализационную сеть в течение суток, — величина более-менее постоянная. Разница, которая зависит от возраста, уровня культуры, благоустройства жилища, питания и др. и может наблюдаться в пределах незначительной группы людей, выравнивается в общей массе многотысячного населения города.

Перечень загрязнителей хозяйственно-бытовых сточных вод однообразный и постоянный, поэтому можно дать им общую физико-химическую характеристику. Но это не означает, что сточные воды даже одной канализации имеют постоянный, неизменный состав. Напротив, концентрация и количественные соотношения отдельных постоянных элементов загрязнения заметно, а иногда и резко колеблются, отображая особенности и изменения хозяйственного и бытового режима населения по часам, дням и сезонам года. Лишь длительное и систематическое проведение анализов сточной воды дает возможность установить тот средний состав, который уже имеет постоянный характер.

Доказано, что человек в среднем ежедневно выделяет 90 г твердых и 1170 г жидких отходов. Среднее количество загрязнений от одного жителя, поступающее в канализационную сеть города в течение суток, более-менее постоянная величина.

Такие величины первым установил СМ. Строганов еще в 1939 г. Они не претерпели заметных изменений и сегодня. Это количество загрязнений разбавляется в питьевой воде, которую люди используют для физиологических и бытовых нужд. Поскольку нормы водопотребления в разных населенных пунктах неодинаковые, бытовые сточные воды очень отличаются не по составу, а по концентрации загрязнений.

Со сточной водой в канализационную сеть поступают компоненты физиологических выделений человека, загрязнения от умывания, приготовления пищи, купания, стирки белья, уборки в помещении. Кроме того, со сточными водами выносятся и твердые отходы (полиэтилен, бумага, ветошь и др.). То есть речь идет об органических и неорганических веществах, которые при попадании в сточные воды могут иметь вид взвешенных веществ (если они нерастворимы в воде) или растворов — коллоидных (сложных органических веществ), молекулярных (простые органические молекулы, например, мочевины, глюкозы, сахарозы), ионных (большинство минеральных веществ, которые в воде способны диссоциировать в ионы). К тому же в сточные воды поступает большое количество микроорганизмов, в том числе патогенных и условно-патогенных (так как среди населения всегда имеются здоровые носители возбудителей некоторых инфекционных болезней, не говоря уже о больных), яиц гельминтов, цист простейших.

Характеризуя в общих чертах хозяйственно-бытовые сточные воды, следует заметить, что они имеют прозрачность до 5 см, слабощелочную реакцию с рН 7,2—7,6. Содержат значительные количества неорганических и органических веществ во взвешенном, коллоидном и растворенном состоянии. Интенсивность запахов свежих, незагнивающих хозяйственно-бытовых сточных вод составляет 3—4 балла. Для хозяйственно-бытовых сточных вод характерно значительное бактериальное загрязнение. Это объясняется тем, что человек ежедневно выделяет $4,48 \cdot 10^{12}$ микробных тел. В зависимости от нормы водоснабжения, существующей в конкретной местности (например, 100 л/сут), общая численность сапрофитных микроорганизмов (микробное число) таких сточных вод будет составлять $4,48 \cdot 10^7$ КОЕ/мл.

Титр бактерий группы кишечной палочки (коли-титр) таких сточных вод будет составлять Ю-5—10~8 КОЕ/л. В сточных водах могут определяться десятки и сотни яиц гельминтов. Некоторые исследователи насчитывали их там до 1466 в/л. Даже в неэпидемический период в хозяйственно-бытовых сточных водах могут находиться патогенные кишечные бактерии и вирусы за счет поступления в канализацию экскрементов людей (бактерио- или возбудителей, больных с невыраженной, или амбулаторной, формой кишечных инфекций, больных с инкубационный период) или недостаточно обеззараженных сточных вод инфекционных больниц и т. д. Известно, что в населенных пунктах количество "здоровых" и реконвалесцент-ных (переболевших инфекционными болезнями) бациллоносителей составляет 1—2% всего населения.

Для немедленного постоянного удаления и транспортирования (преимущественно самотеком) сточных вод от мест их образования до очистных сооружений предназначена сплавная система, получившая название канализации.

Канализация — это комплекс санитарных мероприятий и инженерных сооружений, обеспечивающих своевременный сбор сточных вод, образующихся на территории населенных пунктов и промышленных предприятий, быстрое удаление (транспортирование) этих вод за пределы населенных пунктов, а также их очистку, обезвреживание и обеззараживание¹.

Гигиеническое и экологическое значение канализации бесспорно. После устройства канализации улучшается санитарное состояние населенного пункта, резко снижается заболеваемость кишечными инфекциями. По нашим данным, благодаря канализации сельских населенных пунктов уровень кишечных инфекций и инвазий у

сельского населения снизился в 12—13 раз. Кроме того, устройство канализации в населенных пунктах является важным фактором градостроения, так как дает возможность по-новому решать вопросы планировки и застройки городов.

Задачи по удалению бытовых отходов и их ликвидации на разных этапах развития общества решали по-разному. Наиболее простым и отвечающим санитарно-гигиеническим требованиям является отведение сточных вод при помощи подземной системы труб за пределы населенных пунктов (сплавная система). Такой способ используют издавна. Так, впервые примитивные системы канализации были оборудованы в период рабовладельческого строя, когда начали строить города. Во время раскопок в Египте обнаружили каналы для сточных вод, сооруженные за 2500 лет до нашей эры. В древних городах Индии, Китая, Римской империи была подземная сеть каналов для отведения сточных вод за пределы города в водоемы или на поля орошения. В VI в. до н. э. в Риме построили знаменитый канал "клоаса максима", который частично используют и ныне. В эпоху феодализма жидкие отходы из домов отводили непосредственно на улицы, а оттуда — через проемы в городских стенах — во рвы.

Такая система удаления жидких отходов создавала условия для загрязнения поверхностных водоемов — источников водоснабжения, способствовала возникновению эпидемий кишечных инфекций. Значительное распространение кишечных инфекций и многочисленные эпидемии, охватившие Европу, обусловили необходимость в строительстве водопроводов, а со временем и канализации. Статистические данные свидетельствуют, что после строительства систем водоснабжения и канализации заболеваемость и смертность населения значительно снизились. Особенно уменьшилось количество кишечных инфекций. Интенсивное строительство канализации началось в Европе в XIX в. вследствие развития промышленности и городов. Наибольший подъем наблюдался в Англии, где канализационные системы, хотя и не совсем совершенные, существовали в 1833 г. более чем в 50 городах.

Значительно позже начали сооружать канализацию в Германии (в Гамбурге — с 1843 г., в Штеттине — с 1862, во Франкфурте-на Майне — с 1867 г., в Данциге — с 1870 г., в Берлине — с 1873 г.). Более быстрыми темпами строили канализацию в городах США, где до 1902 г. были канализованы почти 1000 городов.

В России первые системы канализации построили в XI—XIV вв. в Новгороде Великом, Московском Кремле. В это же время появилась канализация в Киево-Печерской лавре. Но затем Россия отстала в этом отношении от других стран. В середине XVIII в. в Петербурге начали использовать каналы, в том числе и большие (3,8 x 3,6 м) для отведения атмосферных вод. В такие каналы попадали также и неочищенные бытовые сточные воды. Это способствовало загрязнению поверхностных водоемов и возникновению водных эпидемий кишечных инфекций. Правительство России было вынуждено ускорить темпы строительства канализации, особенно в городах. И уже в 1832 г. Петербург опередил Париж. В конце XIX — в начале XX в. были канализованы многие города России. Причем в отдельных случаях городские стоки отводили на поля орошения.

До 1980 г. на территории Советского Союза (нынешние страны СНГ) введены в строй свыше 270 тыс. км канализационных сетей. Пропускная способность очистных сооружений превышала 90 млн м³ в сутки, а объемы только промышленных сточных вод превышали 120 млн м³ в сутки.

В начале 1990 г. в Украине имели канализацию 90,8% городов, 49% поселков городского типа и лишь 2,7% сельских населенных пунктов.

Канализацию как комплекс инженерных сооружений можно разделить на 3 части в зависимости от их назначения.

Внутренняя (домовая) канализация рассчитана на прием сточных вод в местах их образования (например, от санитарных приборов в жилых и общественных зданиях) и отведения за пределы дома, в наружную канализационную сеть.

Наружная канализация — проложенная с уклоном разветвленная подземная сеть труб и каналов для отведения сточных вод самотеком к насосной станции, очистным сооружениям или в водоем.

В зависимости от назначения, места расположения на территории населенного пункта или промышленного предприятия и размеров наружной канализации различают:

- а) дворовую — проложенную в пределах одного владения;
- б) внутриквартальную — проложенную внутри квартала и объединяющую выпуски от отдельных зданий;
- в) производственную — проложенную на территории промышленного предприятия и принимающую воды из его зданий и цехов;
- г) уличную — проложенную на улицах и проездах разветвленную систему канализационных трубопроводов, принимающих сточные воды из дворовых, внутриквартальных и производственных сетей. Для контроля за работой дворовых, внутриквартальных и производственных сетей в конце их оборудуют смотровой колодец, который называется контрольным. Участок сети, соединяющий контрольный колодец с уличной сетью, называется соединительной веткой.

Очистные сооружения предназначены для механической, биологической очистки, обезвреживания и обеззараживания сточных вод; выпуска очищенных сточных вод в поверхностные водоемы без нарушения их естественного состояния согласно СанПиН 4630-88, также для обработки осадка сточных вод с целью дальнейшей его утилизации.

В практике канализации населенных пунктов приобрели распространение несколько систем канализации. Под системой канализации подразумевают общее или раздельное отведение сточных вод трех категорий: хозяйственно-бытовых, производственных, ливневых (атмосферных). Различают общесплавную, раздельную (полную и неполную), полураздельную и комбинированную системы канализации.

Первая система — общесплавная. С ее помощью сточные воды (хозяйственно-бытовые, производственные, ливневые) сплавляются одной общей сетью труб и каналов за пределы городской территории на очистные сооружения.

Раздельная система канализации предусматривает отведение ливневых и условно чистых производственных сточных вод одной сетью труб и каналов, а хозяйственно-бытовых и загрязненных производственных сточных вод — другой (одной или несколькими). Раздельная система канализации может быть полной и неполной. Полная раздельная система предусматривает устройство нескольких самостоятельных канализационных сетей: сеть, с помощью которой отводят только ливневые или ливневые и условно чистые производственные сточные воды; сеть для отведения бытовых и части загрязненных производственных сточных вод, разрешенных к приему в бытовую канализацию; сеть для отведения загрязненных производственных сточных вод, которые не допускаются к общему отведению с бытовыми сточными водами. Неполная раздельная система предусматривает отведение канализационной сетью только самых загрязненных производственных и бытовых сточных вод. Ливневые воды отводятся в водоемы по кюветным проездам, открытым лоткам, канавам, тальвегам.

Предназначенная для приема и отведения ливневых вод канализационная сеть называется дождевой (ливневой), или водостоком. Если в такую канализацию сбрасывают практически чистые производственные сточные воды, то ее называют производственно-дождевой сетью. Производственной называют канализационную сеть промышленного предприятия, предназначенную для приема и отведения только загрязненных промышленных сточных вод (при раздельном их удалении). Производственно-бытовой называют сеть для приема и совместного отведения производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод. Совместное отведение производственных и бытовых сточных вод допускается только в тех случаях, когда это не нарушает работы канализационной сети и очистных канализационных сооружений.

Полураздельная система канализации состоит из тех же самостоятельных сетей, что и полная раздельная, и одного главного (перехватывающего) коллектора, к которому подсоединены все сети. При помощи последнего на общие очистные сооружения отводят хозяйственно-бытовые, производственные, талые воды, воды от мытья улиц и часть самых загрязненных ливневых вод.

Комбинированные системы возникли в результате расширения городов, имеющих общесплавную систему канализации. При этой системе к общесплавной канализации из районов новой застройки подводят бытовую и производственную канализационные сети. Для ливневых вод устраивают самостоятельные дождевые (ливневые) канализационные сети с выпуском воды в самый ближний водоем без очистки. Таким образом, комбинированная система предусматривает общесплавную (в старой части города), полную раздельную или неполную раздельную в районах новой застройки.

Преимуществом общесплавной системы является то, что она наиболее экономичная при многоэтажной застройке, так как ее внутриквартальная и уличная сети на 30—40% короче, чем при устройстве двух самостоятельных сетей полной раздельной системы канализации. В то же время, с гигиенической точки зрения, общесплавная система имеет определенные недостатки. Во-первых, на главных и отводных коллекторах этой системы оборудуют ливневые спуски. Во время сильного дождя через такие ливневые спуски смесь дождевых и сточных вод сбрасывается в водоемы без очистки. Это приводит к загрязнению водоема в пределах населенного пункта. Во-вторых, в населенных пунктах с малоэтажной застройкой канализационная сеть заполняется не полностью, особенно летом. Это способствует выпадению и загниванию в сети осадка сточных вод. Во время интенсивного дождя сеть переполняется в результате подпора воды, что приводит к затоплению подвалов жилых и общественных домов.

Раздельная система канализации имеет то преимущество, что все ее элементы работают равномерно, поскольку рассчитаны только на расходы бытовых или промышленных сточных вод. Недостатком ее является то, что необходимо устраивать две раздельные сети (производственно-бытовую и ливневую). Кроме того, при раздельной системе канализации сброс всех ливневых вод происходит в поверхностные водоемы без предварительной очистки.

Полураздельная система канализации, с гигиенической и экологической точек зрения, считается наилучшей по сравнению с предыдущими (общесплавной и раздельной), ведь во время дождя в поверхностные водоемы поступает минимальное количество загрязнений.

С эколого-гигиенической и технико-экономической точек зрения, комбинированная система канализации занимает промежуточное положение между общесплавной и раздельной.

По проектной и фактической мощности канализацию разделяют на большую и малую. Большая канализация рассчитана на прием, отведение и очистку сточных вод от населенных пунктов с водоотведением свыше 10 000 м³/сут. Малая канализация рассчитана на прием, отведение и очистку сточных вод от населенных мест и отдельно расположенных объектов с водоотведением до 10 000 м³/сут.

Термин "малая канализация" включает все разновидности очистных канализационных сооружений, при помощи которых можно отвести по централизованной или децентрализованной схеме и очистить сточные воды малых населенных пунктов (села, поселки городского типа, города с количеством жителей до 50 тыс., отдельно расположенные объекты — больницы, санатории, кемпинги, базы отдыха, детские оздоровительные заведения, дачи, виллы, коттеджи и др.).

Под очистными сооружениями малой канализации следует понимать совокупность очистных сооружений, так называемых местных, рассчитанных на незначительные объемы сточных вод — до 25 м³/сут, и малых, рассчитанных на 25 м³/сут и более — до 10 000 м³ сточных вод в сутки.

Применение очистных сооружений "малой канализации" целесообразно:

- 1) для канализации сельских населенных пунктов по централизованной, децентрализованной, смешанной или частичной схемам;
- 2) для канализации рабочих и дачных поселков;
- 3) при размещении объекта канализации далеко за пределами населенного пункта (кемпинги, санатории, специализированные больницы и др.), когда невозможно или экономически нецелесообразно подсоединять объект к канализационной сети населенного пункта;
- 4) при сложном рельефе местности;
- 5) в населенных пунктах для временной канализации определенных объектов на период до введения в действие первой очереди канализации населенного пункта.

К очистным сооружениям "малой канализации" относятся: небольшие поля орошения; небольшие поля фильтрации; поля подземного орошения; небольшие биологические пруды; циркуляционные окислительные каналы (ЦОК); аэроокислители радиального типа (АРТ); биологические фильтры (капельные, высоконагружаемые, башенные); компактные канализационные установки заводского изготовления типа УКО, БИО, КУ; аэротенки-осветлители колонного и коридорного типов конструкции НИКТИ ГХ, в том числе и изготовленные со стеклоцемента, автоматические станции "Симбиотенк" и др.

К местным очистным сооружениям "малой канализации" относятся те, которые размещены на территории объекта канализования и рассчитаны на очистку до 25 м³ сточных вод в сутки. Это преимущественно комплексы сооружений с подземной фильтрацией сточных вод. Инженеры по санитарной технике, врачи-профилактики и гигиенисты в понятие "сооружения подземной фильтрации" включают весь комплекс сооружений, которые входят в ту или иную систему и предназначены для предварительной механической и завершающей биологической очистки сточных вод.

Чаще всего в этих условиях для биологической очистки сточных вод применяют площадки подземной фильтрации, фильтрующие траншеи и колодцы, песчано-гравийные фильтры, где происходит завершающий этап биологической очистки. Поэтому всю систему называют по названию главного ее компонента (например, система с фильтрующей траншеей).

Обязательными составными частями любой системы очистных сооружений с подземной фильтрацией должны быть отстойник — типа септика, предназначенный для механической (первичной) очистки сточных вод, и земельный участок, на котором заложены устройства, обеспечивающие подземную фильтрацию сточных вод и их биологическую (вторичную) очистку, то есть подземная оросительная сеть, фильтрующий колодец, подземный фильтр, подземная траншея и т. д.

В зависимости от конкретных условий в состав очистных сооружений с подземной фильтрацией сточных вод могут входить, кроме септика и подземной оросительной сети, дозирующие устройства, распределительные колодцы, вентиляционные приспособления и др.

Дозирующие устройства в системах сооружений подземной фильтрации предназначены для периодического порционного выпуска осветленных в септике сточных вод в подземную оросительную сеть.

При количестве сточных вод до 3 м³/сут нет необходимости применять дозирующие устройства, поскольку чем меньше объект канализования, тем неравномернее водоотведение. Само по себе это уже обеспечивает периодическое поступление сточных вод в подземную оросительную сеть.

Если количество сточных вод составляет или превышает 3 м³/сут, нужно предусматривать устройство дозирующих и распределительных устройств для периодического, порционного выпуска сточных вод в оросительную сеть. Это дает возможность равномерно распределить сточную воду по всей сети и создать условия для

фильтрации перемежающихся сточных вод. Оба фактора способствуют повышению эффекта очистки сточных вод.

В качестве дозирующих устройств применяют конструкции автоматического действия, которые рекомендуют совмещать с септиком. При строительстве сооружений подземной фильтрации применяют качающиеся желоба, дозирующие сифоны. Роль дозатора может выполнять станция перекачивания (насосная установка), оборудованная после септика. Качающиеся желоба состоят из двух основных частей — дозирующей камеры и ковша. Емкость каждого отделения желоба с целью обеспечения их прочности не должна превышать 40—50 л. Дозирующие сифоны рекомендуют применять при производительности сооружений подземной фильтрации свыше 5 м³/сут. Они содержат собственно дозирующую (накопительную) камеру и автоматически действующий сифон.

Рабочая емкость камеры дозирующего устройства должна составлять при устройстве желобов 20% емкости центральной распределительной трубы. При устройстве сифонов — от 20 до 100% емкости подземной оросительной сети. В связи с тем, что сифоны очень сложно регулировать на малых очистных сооружениях, поэтому следует шире применять желоба, даже при мощности сооружений подземной фильтрации свыше 5 м³/сут. Эти устройства дешевле, проще конструктивно и в эксплуатации (легко ремонтируются, регулируются, меньше ломаются). Правда, емкость качающегося желоба небольшая (50 л), но даже незначительная периодическая перемежающаяся фильтрация создает более благоприятные условия для самоочищения в почве земельного участка сооружений подземной фильтрации, нежели непрерывная. В качестве надежных устройств можно рекомендовать плавающие насосы. Их устанавливают в колодце после септика и с их помощью подают осветленную сточную воду в подземную оросительную сеть сооружений подземной фильтрации сточных вод. Распределительные устройства и лотки с целью надежности очистки следует изготавливать из железобетонных элементов или кирпича, а также из текстолитового стеклоцемента (лотки будут легче и прочнее). Водоотводные линии от дозирующих устройств и распределительного колодца следует прокладывать из труб диаметром не менее 100 мм, с уклоном не менее 0,005.

Научное обоснование условий высокоэффективного применения местных очистных сооружений "малой канализации" для очистки сточных вод сельских больниц, малых населенных пунктов и отдельных объектов (специализированных больниц, кемпингов, баз отдыха, пригородных ресторанов, школ-интернатов и др.), расположенных за пределами населенных пунктов, где устройство централизованной канализации экономически не оправдано, было сделано Е.И. Гончаруком на основании результатов многолетних исследований.

Очистка хозяйственно-бытовых сточных вод предусматривает 3 основных этапа:

1) механическую (первичную) обработку — освобождение сточных вод от грубых и тяжелых примесей, взвешенных веществ;

2) биологическую (вторичную) очистку — освобождение осветленных сточных вод от растворенных органических веществ, находящихся в растворенном и коллоидном состоянии, в результате процессов биологического окисления микроорганизмами активного ила;

3) обеззараживание (освобождение сточных вод после механической и биологической очистки) от патогенных и условно-патогенных микроорганизмов. Иногда возникает необходимость в доочистке (третичной и даже четвертичной очистке) биологически очищенных сточных вод (когда качество возвратных вод не отвечает нормам сброса в водоем) в сооружениях разных конструкций. Таким образом, при необходимости максимально приблизить качество сточных вод к воде водоема, куда их сбрасывают, возможны пять этапов очистки. Но сегодня с целью очистки хозяйственно-бытовых сточных вод чаще всего используют технологии, предусматривающие механическую, биологическую обработку и обеззараживание.

Механическая (первичная) очистка хозяйственно-бытовых сточных вод предназначена для освобождения сточных вод от механических примесей, находящихся во взвешенном состоянии и имеющих диаметр частиц свыше 0,1 мкм.

Сооружения механической очистки сточных вод в зависимости от назначения разделяют на две группы. К первой группе относят сооружения предварительной механической очистки — решетки, сита, песколовки, жироседелители и др. Ко второй группе относят сооружения окончательной механической обработки — горизонтальные, вертикальные, радиальные, двухъярусные отстойники, септики, осветлители-перегниватели, септики-дегельминтезаторы.

Предварительная механическая очистка сточных вод предназначена для освобождения сточных вод от грубых примесей, песка, пленок нефти, бензина, масел и пр.

Первым представителем сооружений механической очистки сточных вод являются решетки. Они предназначены для освобождения сточных вод от грубых частиц размером свыше 16 мм. Если их не удалить из сточных вод на этапе предварительной механической обработки, то они выпадут в осадок в сооружениях окончательной механической очистки — отстойниках. Такой осадок будет неоднородным, что ухудшит процесс его обезвреживания. То есть использование решеток дает возможность в отстойниках получить однородный осадок и этим облегчить технологический процесс его обработки и обезвреживания. Кроме того, решетки предназначены для предупреждения засорения насосов и труб при перекачивании сточных вод и их осадка.

Конструктивно решетки представляют собой ряд параллельных металлических прутьев, скрепленных вместе. Ширина прозоров между ними должна составлять 16 мм. Решетки расположены под уклоном, угол которого составляет 60—70°. Устраивают решетки, если на объекте канализования образуется свыше 25 м³ сточных вод в сутки. При необходимости решетки ставят перед насосными станциями меньшей мощности. Если количество отходов, которые задерживаются на решетках в течение суток, превышает 100 л (0,1 м³/сут), необходим механизированный способ очистки их от крупных примесей. Если количество отходов менее 0,1 м³/сут, допускается ручной способ очистки решеток.

Для определения количества отходов, которые могут задерживаться на решетках исходя из того, что при ширине прозоров между их прутьями 16 мм в год на 1 человека задерживается 5—6 л отходов. Тогда, если проектируют очистные канализационные сооружения для населенного пункта на 60 000 жителей, в сточные воды поступит $6 \times 60\,000 = 360\,000$ л отходов в год, а за сутки $360\,000 : 360 = 1000$ л, или 1 м³/сут. Таким образом, при проектировании очистных сооружений для данного населенного пункта должен быть предусмотрен механизированный способ освобождения решеток от отходов.

В процессе осуществления государственного санитарного надзора за очистными сооружениями канализации врачу-профилактику нужно обращать особое внимание на организацию обезвреживания отходов, которые задерживаются на решетках. На очистных канализационных станциях большой и средней мощности их массу дробят в специальных аппаратах-измельчителях или решетках-дробилках, после чего сбрасывают в канал перед отстойниками или отводят непосредственно в метантенки. Для обезвреживания небольшого количества отходов лучше применять компостирование на специально предусмотренном и отведенном для этой цели земельном участке. Допускается закапывание отходов, обезвреживание их в биотермических камерах.

Если количество отходов превышает 0,1 м³/сут, кроме механизированной очистки решеток необходимо устройство грабельного отделения в отапливаемых помещениях со средней температурой воздуха в зимний период не ниже 16 °С. В технологических схемах канализационных станций небольшой мощности конструктивно решетки могут быть объединены с песколовками.

Полы в грабельном отделении следует устраивать не менее чем на 0,5 м выше расчетного уровня сточной воды в канале. Вокруг решеток с механизированной очисткой должен быть проход шириной не менее 1,2 м, а перед фронтом — не менее 1,5 м.

В помещении грабельного отделения предусматривают приточно-вытяжную вентиляцию с пятикратным обменом воздуха. Помещение грабельного отделения должно иметь достаточное естественное (КЕО 1—1,2%) и искусственное (не менее 50—75 лк) освещение и систему защиты от шума. Кроме того, должны быть предусмотрены надлежащие бытовые помещения для хранения верхней и спецодежды персонала, умывальник, душевая и т. д.

Обслуживающий персонал грабельного отделения, как и весь персонал очистной канализационной станции, должен быть обеспечен спецодеждой, моющими и дезинфицирующими средствами, проходить предварительный и периодический медицинский осмотры, согласно соответствующих приказов Министерства здравоохранения, регулярно обследоваться на носительство кишечных инфекций, получать профилактические прививки и т. п.

Песколовки предназначены для освобождения сточных вод от тяжелых минеральных примесей (минерального балласта, не требующего обезвреживания), главным образом песка, перед тем, как они попадут в отстойники. Песколовки следует применять на очистных канализационных станциях мощностью свыше 100 м³/сут. Для того чтобы в песколовках задерживался лишь минеральный балласт (песок) и не выпадали органические вещества, скорость движения сточной воды через песколовку должна составлять 0,15—0,3 м/с. Продолжительность прохождения сточной воды через песколовки — не менее 30 с. С учетом скорости прохождения сточной воды через песколовку или его секцию и продолжительности пребывания в ней минимальная длина песколовки должна составлять: 0,3 м/с × 30 с = 9 м. Объем песка, задерживаемого в песколовке, устанавливается в пределах 0,02 л на человека. Песколовок или их отделений должно быть не менее двух. Одно отделение чистят (освобождают от песка), а другое — работает. Удалять песок нужно не реже одного раза в 2 сут. Дно песколовки иногда делают дренированным, чтобы освободить песок от излишка влаги, облегчить его удаление и высушивание.

Высушивают песок на Песковых площадках. При проведении расчетов необходимой площади земельного участка под песковые площадки учитывают толщину слоя песка (3 м³ на площади песковой площадки в 1 м²), допустимого для накопления в течение года на песковой площадке. Например, для расчета необходимой площади земельного участка под песковые площадки очистной канализационной станции для населенного пункта на 60 000 жителей нужно учесть, что в течение года на песковую площадку от одного человека поступит 0,02 × 360 = 7,2 л песка, от всех жителей — 7,2 × 60 000 = 432 000 л, или 432 м³.

Тогда площадь земельного участка под песковые площадки будет составлять 432 : 3 = 144 м², или 0,0144 га.

Излишек воды с Песковых площадок при помощи специально оборудованного дренажа отводится в канализационный коллектор перед песколовкой, то есть возвращается на очистные сооружения канализации.

Окончательная механическая очистка. Отстойники предназначены для окончательной механической очистки сточных вод путем их освобождения от взвешенных веществ, которые при снижении скорости движения воды под действием силы тяжести выпадают в осадок. Их можно применять как самостоятельные сооружения, когда по санитарным условиям достаточно удалить из сточных вод лишь механические примеси. Если местными условиями предусмотрена биологическая очистка сточных вод, то отстойники обязательно предшествуют сооружениям для биологической очистки. Кроме того, при использовании для биологической очистки определенных сооружений (например, аэротенков) возникает необходимость в отстаивании воды после них. Поэтому

в зависимости от назначения отстойники разделяют на первичные, устраиваемые перед сооружениями биологической очистки, и вторичные — после них.

По конструктивным особенностям и направлению движения воды отстойники делятся на горизонтальные, вертикальные и радиальные. К отстойникам условно можно отнести и осветлители, в которых одновременно с отстаиванием сточные воды фильтруются через слой взвешенных веществ.

По условиям очистки отстойники разделяют на две группы:

1) без сбраживания осадка (горизонтальные, вертикальные, радиальные, имеющие сборно-распределительное вращательное оборудование;

2) со сбраживанием осадка (двухъярусные, осветлители-перегниватели, септики, септики-дегельминти-заторы). Отстойники без сбраживания осадка применяют преимущественно в большой канализации при значительных объемах сточных вод образующихся в населенном пункте. В этом случае для дальнейшего обезвреживания осадка, после отстойников, необходимо устраивать специальные сооружения — метантенки.

В метантенках происходит анаэробное сбраживание осадка. Отстойники со сбраживанием осадка применяют в малой канализации, когда необходимо обработать незначительные объемы сточных вод. При этом соответственно образуются незначительные количества осадка. В этих случаях в одном сооружении объединяют два процесса — отстаивание сточных вод и сбраживание осадка. Осуществляя санитарную экспертизу проекта канализации населенного пункта, следует помнить, что тип отстойника (горизонтальный, вертикальный, радиальный, двухъярусный, септик и др.) выбирают с учетом технологической схемы очистки сточных вод и обработки осадка, которые предусмотрены проектом. Важно учитывать также мощность очистных сооружений, очередность их строительства, геологические условия, уровень залегания грунтовых вод, размеры и конфигурацию земельного участка, выделенного под очистные сооружения канализации и др.

Оценивая количество эксплуатируемых или проектируемых единиц, следует помнить, что технологической схемой очистки сточных вод должно быть предусмотрено устройство не менее двух первичных и трех вторичных отстойников. Важно то, что все отстойники должны быть рабочими. При устройстве минимального количества отстойников их расчетный объем следует увеличивать в 1,2— 1,3 раза.

Основные расчетные параметры отстойников определяют по СНиПу 2.04.03-85.

Горизонтальные отстойники представляют собой прямоугольный резервуар глубиной 4 м с соотношением ширины к длине не менее 1 : 4. Отстойник имеет несколько отделений (два и более). Сточная вода по каналу подводится к торцевой стенке отстойника. Там она при помощи поперечного водосливного лотка равномерно распределяется по всей его ширине.

С противоположной стороны сооружения предусмотрено наличие аналогичного сливного лотка для сбора осветленной воды. Осадок сточных вод в отстойнике собирается в приямок с помощью механических ило-скребок. Последние имеют разную конструкцию.

Рассчитывая горизонтальные отстойники, определяют размеры проточной (рабочей) и иловой частей. Наивысшую скорость движения воды в отстойнике (v) принимают за 10 мм/с. Расчетную продолжительность (t_{0TCT}) отстаивания сточной воды в отстойнике определяют в зависимости от необходимой эффективности осветления (\mathcal{E} , %) по табл. 17. Для небольших очистных канализационных станций при максимальном расходе сточной воды (q_{max}) она должна составлять от 0,5 до 1,5 ч. Эффективность осветления (\mathcal{E} , %) определяют в зависимости от допустимой концентрации взвешенных веществ в очищенных сточных водах (m , мг/дм³), с которой они могут быть отведены в конкретный водоем, и начальной концентрации взвешенных веществ в сточных водах, которые подлежат очистке (a , мг/дм³). Ее определяют по формуле:

Расчет отстойника осуществляют таким образом:

1) объем рабочей части отстойника (W , м³) — по формуле:

$$W \sim q_{\max} \cdot t_{\text{отст}}$$

где q_{\max} — максимальный расход сточной воды (м³/с); $t_{\text{отст}}$ — расчетная продолжительность отстаивания сточной воды (с);

2) площадь сечения (S , м²) — по формуле:

$$S = q_{\max} : v,$$

где q_{\max} — максимальный расход сточной воды (м³/с); v — скорость рабочего потока (м/с);

3) длину отстойника (L , м) — по формуле:

$$L = W : S;$$

4) ширину одного отделения отстойника (B , м) — по формуле:

$$B = S \cdot (\pi \cdot H),$$

где H — расчетная глубина отстойника (1,5—4 м); π — количество отделений.

Соотношение между длиной отстойника и его шириной должно быть в пределах

8:12.

Допустим, скорость (u_0) оседания взвешенных веществ определенной величины постоянная, а скорость движения воды в отстойнике во всех точках его сечения также одинакова, тогда согласно подобию треугольников, образуемых скоростью горизонтального движения воды (v) в отстойнике и скорости (u_0) выпадения веществ под действием силы тяжести (рис. 39), длину отстойника можно определить по формуле:

$$L = H \cdot (v : u_0).$$

Горизонтальные отстойники можно вычислить также по нагрузке сточной воды на единицу площади водного зеркала отстойника (м³/м²), исходя из того, что на 1 м² площади нагрузка должна составлять 1—3 м³ в 1 ч. Например, проводим расчет площади (s) горизонтального отстойника очистной канализационной станции для населенного пункта на 60 000 жителей с водоотведением 200 л/сут, или 0,2 м³/сут. Максимальный расход сточной жидкости в этом случае составляет $0,2 \times 60\,000 = 12\,000$ м³/сут, или $12\,000 : 24 = 500$ м³/ч. Тогда площадь водного зеркала горизонтального отстойника для отстаивания сточной воды в течение 1 ч будет составлять $500 : 3 = 167$ м². При продолжительности отстаивания 0,5 ч эта площадь может быть уменьшена до 85 м². При продолжительности отстаивания 1,5 ч площадь должна составлять 250 м². Объем рабочей камеры отстойника при продолжительности отстаивания в течение 1 ч будет составлять $W = 500 \times 1 = 500$ м³; глубина отстойника $H = W : S = 500 : 167 = 3$ м.

Кроме размеров проточной части отстойника (L , H , B), в пределах которой оседают взвешенные вещества, следует также определить объем иловой камеры отстойника. Количество осадка, который выпадает в первичных отстойниках, составляет 0,8 л/сут на 1 человека. Влажность осадка зависит от способа его удаления. При самотечном удалении она составляет 95%, механизированном — 93%. Для городских сточных вод количество осадка (м³), которое выпадет в сутки в отстойнике, может быть определено по формуле: $W_{\text{осадка}} = 0,8 \cdot N/1000$, где N — количество жителей. Тогда для населенного пункта на 60 000 жителей объем иловой части отстойника ($W_{\text{осадка}}$) будет составлять $0,8 \times 60\,000/1000 = 48$ м³.

Горизонтальные отстойники предусматривают на станциях мощностью выше 15 000 м³ сточной воды в сутки. Их преимущество в том, что они обеспечивают высокий эффект осветления (до 50%) и стабильность в работе. Кроме того, сравнительно небольшая глубина (до 4 м) дает возможность применять горизонтальные отстойники на территориях с высоким уровнем залегания грунтовых вод. Недостатки горизонтальных отстойников — сложности в устройстве и незначительная надежность скребкового механизма для собирания осадка.

Вертикальные отстойники представляют собой круглые или квадратные в плане резервуары с конусным или пирамидальным дном. Имеют диаметр до 10 м. Сточная вода в сооружение поступает по лотку к центральной трубе. Достигнув отражательного щита,

поток сточной воды меняет направление с нисходящего на горизонтальный, а затем на вертикальный восходящий. Во время вертикального восходящего потока происходит оседание взвешенных веществ. В осадок выпадают взвешенные вещества, имеющие большую гидравлическую характеристику, чем скорость восходящего потока сточной воды. Частицы с гидравлической характеристикой, отвечающей восходящей скорости сточной воды, находясь во взвешенном состоянии, агломерируются с другими. При этом их гидравлическая характеристика возрастает и они также со временем оседают. Частицы с меньшей гидравлической характеристикой, чем скорость восходящего потока, выносятся из отстойника.

Вертикальные отстойники применяют чаще всего на станциях мощностью до 20 00 м³/сут; иногда — до 50 00 м³/сут.

Недостатком вертикальных отстойников является то, что при значительной их глубине (7—9 м) и ограниченном диаметре строительная стоимость сооружений высокая.

Радиальные отстойники являются разновидностью горизонтальных. Это круглые неглубокие резервуары диаметром от 18 до 54 м. Например, первичные и вторичные радиальные отстойники на Бортничской станции аэрации г. Киева имеют диаметр 40 м. Радиальные отстойники предусматривают на очистных канализационных станциях мощностью свыше 20 00 м³/сут. Компонуют сооружения обычно в блоки из четырех отстойников. Сточная вода в радиальном отстойнике движется от центра к периферии. Она подается в сооружение по центральной трубе. Осветленная вода сливается в круговой желоб, откуда отводится по трубам или лоткам. Удаляется осветленная сточная вода с отстойника вниз или вверх.

Осадок, выпавший на дно отстойника, собирается к центру сооружения скребками, укрепленными на ферме, которая постоянно движется по монорельсу, установленному по периметру сооружения, и попадает в иловый приямок в центре отстойника. Из илового приямка осадок под давлением сточной воды высотой 1,5 м удаляется по трубам к иловому колодцу или всасывается при помощи плунжерных насосов.

Радиальные отстойники можно рассчитывать, как и горизонтальные, по гидравлической нагрузке, равной 1,5—3,5 м³ сточной воды в 1 ч на 1 м² поверхности сооружения. Продолжительность отстаивания в зависимости от способа биологической очистки колеблется от 0,5 до 1,5 ч. Влажность выгружаемого осадка, равная 95% при самотечном удалении и 93% — при удалении насосами.

Недостатком радиальных отстойников является то, что при поступлении в них в течение суток сточной воды различной плотности (в зависимости от ее температуры, концентрации взвешенных веществ и пр.) образуются вихревые течения как по глубине, так и на поверхности сооружения, что ухудшает условия отстаивания.

Остаточные количества взвешенных веществ в сточной воде, которые отводятся из первичных отстойников на сооружения биологической очистки, не должны превышать 150 мг/л. Нарушение этих условий может привести к повышению продолжительности аэрации сточной воды и затрат воздуха в аэро-тенках, либо к заиливанию биологических фильтров.

На практике расчетная эффективность первичных отстойников не превышает 60%, а эффективность осветления в них сточной воды составляет обычно 30—50%. Повысить эффективность работы первичных отстойников можно за счет устройства перед ними преаэраторов, благодаря которым их эффективность возрастет на 5—8%. В преаэраторах сточная вода продувается воздухом, вследствие чего происходит флокуляция коллоидных частиц, что способствует их более плотному оседанию в отстойниках. Однако во время движения сточной воды из преаэратора до отстойника часть хлопьев разрушается.

Кроме того, можно использовать вертикальные отстойники со встроенными преаэраторами — биокоагуляторами. В них, кроме воздуха, подается активный ил или

био пленка из вторичных отстойников. Этот процесс называется биокоагуляцией. Благодаря биокоагуляции происходит адсорбция хлопьями активного ила взвешенных тонкодисперсных частиц и коллоидов и частичное окисление адсорбированных веществ. Эффективность осветления сточной воды в первичных отстойниках при таких условиях отстаивания возрастает до 65—75%. Благодаря биокоагуляции в сточной воде снижается на 25—35% БПК и содержание тяжелых металлов.

Тонкослойные отстойники имеют водоразделительную, отстойную, водосборную и иловую зоны. Зона отстаивания разделена полками или трубами. Отстаивание сточной воды происходит между полками высотой до 15 см. Высота тонкослойного пространства составляет 1—2 м. Скорость движения потока в полочных элементах равна 5—10 мм/с, а в трубчатых — до 20 мм/с. Изготавливают тонкослойные блоки из пластмассы, стали или алюминия. Они имеют угол наклона 45—60°. В тонкослойных отстойниках разных конструкций возможны следующие схемы движения сточной воды и осадка: 1) перекрестная, когда осадок движется перпендикулярно направлению потока сточной воды; 2) противопоточная, когда осадок удаляется в направлении, противоположном движению потока; 3) прямоточная, когда направление удаления осадка и движения потока сточной воды совпадают.

Самые эффективные тонкослойные отстойники с противопоточной схемой движения фаз — воды и осадка. Осадок "сползает" к иловому приямку, откуда он периодически удаляется. Вещества, которые всплывают, собираются в пазухи между секциями и удаляются лотком.

Тонкослойные отстойники применяют для осветления сточных вод, содержащих взвешенные вещества однородного состава в относительно незначительных концентрациях. Иногда их используют для второй ступени механической очистки сточных вод.

Двухъярусные (эмшеровские) отстойники (колодцы Имгофа) — отстойники со сбрасыванием осадка. Их применяют для очистки бытовых и близких к ним по составу производственных сточных вод при мощности канализационных станций до 10 000 м³/сут. Это цилиндрической формы сооружение с коническим дном. В верхней части сооружения (рис. 40) расположены осадочные желоба со щелью в нижней части по всей длине. Желоба фактически исполняют функцию горизонтального отстойника. По ним движется сточная вода и происходит осаждение взвешенных веществ, которые через щель попадают в нижнюю часть отстойника — иловую (гнилостную или септическую) камеру. Сточная вода попадает в осадочный желоб и отводится из него, как в горизонтальном отстойнике, при помощи водосливных лотков и полупогружных досок. Глубина желоба должна составлять 1,2—2,5 м.

При большей глубине невозможно достичь равномерного распределения сточной воды по всему сечению желоба. Наклон стенок нижней (конической) части осадочного желоба должен составлять 50—60° к горизонту. Количество желобов зависит от размеров отстойника. В небольших отстойниках (диаметром до 5 м) устраивают один желоб, а в отстойниках больших размеров — два, но с таким расчетом, чтобы площадь свободного (не занятого желобами) пространства в отстойнике составляла не менее 20% общей площади отстойника в плане.

Скорость движения сточной воды в желобе должна составлять не более 7 мм/с (оптимально А—5 мм/с). Щель в желобе устроена так, что нижние его границы перекрывают одна другую на 0,15 м. Между щелью и поверхностью осадка сохраняется 0,5 м нейтрального слоя. Это дает возможность предупредить загрязнение осветленной в желобе воды продуктами гниения, выделяемыми во время сбрасывания осадка. Газы, образуемые во время сбрасывания осадка, выделяются в атмосферный воздух через свободное (не занятое желобами) пространство в отстойнике. Поднимающиеся с пузырьками воздуха частицы ила образуют нестойкую корку.

Преимущество двухъярусного отстойника в том, что сбраживание в нем осадка происходит без выделения газов, которые неприятно пахнут, с образованием более благоприятных продуктов. Осадок, выпавший в иловую камеру, сначала сбраживается под влиянием анаэробных бактерий, расщепляющих сложные органические вещества (углеводы, жиры, белки) до кислот жирного ряда. Затем на последующей стадии процесса сбраживания реакция среды меняется в сторону щелочной (рН 7—8), и уже другие бактерии разрушают органические вещества до конечных, более простых продуктов: метана, углекислоты и частично сероводорода. Температура в отстойнике поддерживается природным путем в пределах 10—15 °С, поэтому перегнивание осадка в иловой камере отстойника длится долго, до полугода (60—180 сут).

Для такого длительного пребывания осадка в иловой камере последняя должна быть сконструирована большего размера. Продолжительность пребывания осадка в иловой камере, а следовательно, и ее объем, должны зависеть от средней зимней температуры сточных вод, то есть от климатического пояса.

При правильной эксплуатации двухъярусного отстойника распад органических веществ в осадке сточных вод происходит по типу щелочного метанового брожения. Для этого сначала в иловой камере отстойника накапливается ил. Затем ему дают возможность перейти в стадию щелочного брожения, причем иловая вода над осадком также должна иметь такую же реакцию. В пусковой период в отстойник можно также вносить созревший ил с уже работающих отстойников, благодаря чему иловое пространство заражается надлежащей микрофлорой. Подготовленный таким образом отстойник переводят в рабочий режим. Незначительное, по сравнению с массой осадка в иловой камере, количество свежего осадка, попадающее ежедневно через щель желобов в среду с постоянной щелочной реакцией, подвергается влиянию микрофлоры, осуществляющей метановое брожение.

Перегнивший осадок удаляется из иловой камеры по трубе диаметром 200 мм благодаря гидростатическому давлению столба жидкости 1,5—1,8 м. Работа отстойника при этом не нарушается. Чтобы предотвратить кислое брожение с его отрицательными свойствами и не нарушить метановое брожение, осадок из отстойника удаляют не сразу, а небольшими порциями через каждые 10 сут.

Сброженный осадок, удаляемый из двухъярусного отстойника, не обладает неприятным запахом, имеет темный цвет из-за связывания сероводорода железом (FeS), легко отдает воду и быстро подсыхает.

Иногда на двухъярусном отстойнике устанавливают оборудование для сбора метана и используют газ в качестве топлива.

Осветлитель-перегниватель — разновидность двухъярусных отстойников. Это комбинированные сооружения, предназначенные для осветления бытовых и производственных сточных вод и сбраживания осадка, выпавшего из сточных вод, в специально выделенном объеме — перегнивателе. В состав сооружения входит осветлитель с природной аэрацией, концентрично расположенный вокруг перегнивателя.

Осадок, выпавший на дно осветлителя, при помощи трубы 10 направляется в приемный резервуар насосной станции, откуда при помощи насоса по напорному водоводу подается в верхнюю зону перегнивателя. Там этот осадок сбраживается. Примеси, всплывшие на поверхность осветлителя, также направляются в камеру перегнивателя. Для предотвращения образования корки в иловой камере осадок периодически перемешивается. Осветлитель-перегниватель обеспечивает более высокий эффект осветления сточных вод, чем двухъярусный отстойник, а сбраживание осадка в сооружении происходит интенсивнее.

Септики — отстойники со сбраживанием осадка. Их используют в канализационных системах с местными очистными сооружениями малой канализации. Чаще всего в этих условиях для биологической очистки сточных вод применяют различные сооружения подземной фильтрации, поэтому указанные канализационные

системы называют системами с подземной фильтрацией сточных вод; с учетом основного очистного сооружения их разделяют на системы: с площадками подземной фильтрации; фильтрующими колодцами; фильтрующими траншеями и пр. В указанных канализационных системах с подземной фильтрацией сточных вод обязательно должен быть септик. Он предназначен для предварительной обработки сточных вод перед их поступлением в фильтрующий слой почвы.

В септике преимущественно механически очищаются сточные воды, то есть удаляются из них в осадок нерастворимые органические примеси и коллоидные частицы илового осадка.

Требования к устройству септиков изложены в СНиП 2.04.03-85. Сокращенно они состоят в следующем: расстояние от поверхности земли до дна септика не должно превышать 3,2 м, поскольку из этой максимальной глубины возможно всасывание осадка насосом ассенизационной машины, которую используют для чистки септика.

Септики могут быть одно-, двух- и трехкамерными. В двухкамерном септике объем первой камеры должен составлять 0,75 от общего объема, второй — 0,25. В трехкамерных септиках объем первой камеры — 0,5, второй и третьей — по 0,25. Однокамерные септики устраивают при отведении от объекта канализации до 1 м³ сточных вод в сутки, двухкамерные — от 1 до 10 и трехкамерные — от 10 до 25 м³/сут. В септиках из железобетонных элементов — железобетонных колец — все камеры имеют одинаковый объем.

Для достижения надлежащего эффекта механической очистки сточные воды должны передвигаться в септике очень медленно и находиться в сооружении в течение 2,5—3 сут. Именно поэтому размеры септика должны быть такими, чтобы при поступлении на очистные сооружения до 5 м³ сточных вод в сутки полезная емкость его равнялась трехкратному притоку сточных вод; при поступлении свыше 5 м³/сут — 2,5-кратному притоку. Например, нужно определить объем септика для канализации объекта с количеством образуемых сточных вод 3 м³/сут. Тогда полезный объем септика будет составлять: 3 м³/сут × 3 сут = 9 м³. Причем септик должен быть двухкамерным, так как количество образуемых ежесуточно сточных вод превышает 1 м³, но не более Юм³.

Минимальные размеры септика: глубина (от уровня воды) — 1,3 м; ширина — 0,75 м; длина — 1 м. Эти размеры дают возможность работать внутри септика как во время его устройства, так и текущего ремонта в процессе эксплуатации. Что же касается основных оптимальных размеров септика, то его длина должна быть в 2—3 раза больше ширины. В больших септиках уровень сточных вод должен быть не менее 1,2 и не более 1,7. Свободное пространство между расчетным уровнем сточной воды в септике и его перекрытием должно быть не менее 0,35 м.

В перекрытии септика обязательно устраивают смотровые люки. Если септик однокамерный, то необходимо 2 люка. Их размещают над тройниками, через один из которых сточная вода подается в септик, а через другой — отводится из него уже осветленной. В двух- и трехкамерных септиках люки устраивают над каждой камерой опять-таки над тройниками. Через смотровые люки ежегодно очищают септик от осадка, проводят текущий ремонт.

Вентилируют септик через стояк внутренней канализации здания, выведенный над крышей на 0,7 м. В связи с этим труба, по которой сточные воды подают в септик, должна быть размещена на 5 см выше уровня сточной воды в септике. В перегородках, разделяющих многокамерный септик, делают два ряда отверстий. Верхний ряд отверстий диаметром 15 см обеспечивает продвижение между камерами воздушных масс. Нижние края этих отверстий должны быть не ниже 0,2 м над уровнем сточной воды в септике. Общая площадь таких отверстий должна вдвое превышать площадь сечения вытяжного стояка. Газы, выделяющиеся в септике, попадают сначала в воздушное пространство (между перекрытием септика и уровнем сточной воды) септика, а оттуда по вытяжному стояку внутридомовой канализации — в атмосферу.

Сточная вода поступает в септик в толщу воды через тройник. Этим предотвращается взмутнение сточной воды и достигается равномерное ее распределение по всему рабочему сечению. Выводится осветленная сточная вода через тройник с противоположной стороны сооружения. Верхние отверстия тройников для удобства очистки оставляют открытыми. Для обеспечения вытяжной вентиляции они должны выступать над уровнем сточной воды в септике на 0,15 м. От внутренней поверхности перекрытия септика тройники размещают на расстоянии 0,025—0,05 м, в воду они должны быть погружены на 0,3—0,4 м.

Для передвижения сточной воды из одной камеры в другую в перегородках многокамерных септиков делают нижний ряд отверстий: прямоугольных размером 0,15 х 0,15 м или круглых диаметром 0,15 м. Ряд отверстий делают на расстоянии 0,4 Н от уровня сточной воды в септике (Н — глубина рабочей камеры). Расстояние между отверстиями должно быть не менее 0,25 м. Обычно в ряду имеется 3—4 таких отверстия.

В септике, кроме механической очистки сточных вод от взвешенных веществ, происходят сложные биохимические процессы распада не только осадка, но и растворенных и коллоидных органических компонентов сточной воды. Сточная вода после отстаивания в септике (2,5—3 сут) направляется на соответствующие сооружения подземной фильтрации, а осадок остается в септике и находится там 0,5—1 год, иногда и дольше. Органическая часть осадка загнивает. В этот процесс вовлекается осадок, который снова выпал в септике, и сточная вода, проходящая через него.

Процесс гниения в септике развивается благодаря жизнедеятельности анаэробных микроорганизмов, то есть микроорганизмов, живущих без кислорода воздуха. Основные компоненты сырого осадка — углеводы, жироподобные и белковые вещества — составляют 80—85%. Остальные 15—20% представлены лигнино-гумусным комплексом. Углеводы в осадке представлены полисахаридами, геми- и а-целлюлозой. Органические вещества при сбраживании распадаются, образуя жирные кислоты, метан, углекислоту, водород, спирты, оксид углерода и воду. Органические вещества, содержащие азот, распадаясь, образуют аммиак и свободный углерод, а содержащие серу, — сероводород.

Процесс распада органических веществ в септике осуществляется в две фазы. В первую фазу (фазу кислого брожения) распадаются азотсодержащие органические соединения, образуя в конечном счете аммонийный азот и жирные кислоты (уксусную, масляную и др.). Кроме того, в эту фазу выделяются газообразные вещества с очень неприятным запахом — индол, скатол, меркаптан и пр. Вторая фаза (фаза щелочного, или метанового, брожения) характеризуется дальнейшим распадом жирных кислот до метана, углекислоты и воды. Нормальная жизнедеятельность микроорганизмов в эту фазу происходит при нейтральной или слабощелочной реакции.

Таким образом, в септике в анаэробных благоприятных условиях под влиянием гнилостных микроорганизмов и их ферментов разрушаются сложные органические вещества до таких соединений минерализации, как CO_2 , H_2O , NH_3 и др. Поэтому с санитарной точки зрения желательно, чтобы в септике в меру возможностей быстрее развивалась вторая фаза и чтобы она преобладала над первой. Для этого в только что построенное сооружение перед введением его в эксплуатацию вносят осадок из действующего септика или хорошо гуму-сированный грунт, а во время откачивания осадка из действующего септика оставляют в нем до 100 л осадка.

Важное значение имеет корка, образуемая на поверхности сточной воды в септике за счет взвешенных частиц с меньшей относительной плотностью, чем в сточной жидкости, а также осадка, легко поднимающегося вверх пузырьками газа, образующегося в процессе гниения осадка. Эта корка, словно "одеялом", покрывает сбраживаемую массу, препятствуя рассеиванию тепла (поступающая в септик сточная вода имеет повышенную температуру вследствие использования в быту теплой воды), и таким образом интенсифицирует биохимические процессы в септике.

Об эффективности работы септика свидетельствуют результаты исследований, проведенных Е.И. Гончаруком. Так, в септиках, оборудованных с соблюдением строительного-монтажных требований, при условии правильной эксплуатации, задерживается 80—95% взвешенных веществ, 100% жизнеспособных яиц гельминтов; перманганатная окисляемость снижается на 30—40%; на 20—40% повышается содержание NH_3 ; на 60—80% уменьшается количество сапрофитных микроорганизмов (микробное число и коли-индекс). Сточная вода, выходящая из септика, имеет молочно-зеленый оттенок, легкую опалесценцию, прозрачность 5 см, содержит не более 10—15 мг/дм³ взвешенных веществ. В ней нет плавающих примесей, заметных невооруженным глазом.

Осадок удаляют из септика ассенизационной машиной I раз в полгода или в год. За это время толщина осадка и корки заметно увеличивается. Пространство, по которому передвигается сточная вода в сооружении, уменьшается. Скорость движения сточной жидкости повышается, и она находится в сооружении уже не 2,5—3 сут, а значительно меньше. Вследствие этого эффективность работы септика снижается. Так, если септик работает без очистки 1,5 года, то эффективность удаления яиц гельминтов из сточной жидкости снижается практически до нуля. А уже через два года эксплуатации септика сточные воды, проходя через него, вымывают из осадка яйца гельминтов, в результате чего выходящая жидкость содержит яиц гельминтов больше, чем поступающая на очистку.

Осадок удаляют из септика на подземные иловые площадки в случаях, когда очищают сточные воды от жилых и общественных зданий, больниц (без инфекционного отделения). Сточные воды инфекционного отделения (больницы) должны находиться в септике не менее 5 сут, а осадок должен быть обезврежен термическим способом.

Для механической очистки сточных вод инфекционных больниц, в том числе туберкулезных, целесообразно использовать септик-дегельминтизатор. От обычного трехкамерного септика он отличается тем, что механическая очистка и сбраживание осадка происходит в 1-й и 3-й камерах. Сточная жидкость, осадок и газы передвигаются между этими камерами по трубам. Вторая камера имеет вид смотрового колодца с трубами и задвижками, которыми регулируют передвижение сточной жидкости из 1-й камеры в 3-ю, осадка и газов — из 3-й камеры в 1-ю. В 1-ю камеру в толщу осадка подают водяной пар из прачечной или котельной, обслуживающих лечебное учреждение, благодаря чему повышается температура осадка, фактически создаются температурные условия пастеризации, в результате чего ускоряется гибель яиц гельминтов, патогенных и условно-патогенных микроорганизмов. Осадок из 3-й камеры соответствующей трубой перекачивается в 1-ю и также обезвреживается. Таким образом в септике-дегельминтизаторе происходит глубокое обезвреживание и обеззараживание осадка. Такой осадок не нужно подвергать термической деструкции, его удаляют на подземные иловые площадки.

Обезвреживание осадка бытовых сточных вод. Во время работы очистных канализационных станций осадок образуется в значительных количествах. Осадок сточных вод задерживается на решетках, в первичных и вторичных отстойниках. На решетках задерживаются также твердые отходы. После измельчения в специальных устройствах (измельчителях) эти отходы в виде пульпы сбрасываются в канал после решеток, где выпадают в осадок в первичных отстойниках. Во вторичных отстойниках оседает активный ил, выносимый из аэротенков, отмершая биологическая пленка, вымываемая из биологических фильтров. Избыточный активный ил или биологическую пленку, из вторичных отстойников перекачивают в сооружения для обработки осадка. Сырой осадок имеет неприятный гнилостный запах. Он опасен в эпидемическом отношении, так как содержит большое количество яиц гельминтов, энтеропатогенных бактерий и вирусов. Кроме того, сырой осадок долго высыхает.

Вместе с тем, органический осадок, обработанный в специальных перегнивательных камерах, теряет гнилостный запах, отдает влагу во время высушивания, а соединения азота, фосфора и калия, содержащиеся в осадке, хорошо усваиваются растениями, когда его используют в качестве удобрения. Кроме того, количество осадка уменьшается, так как часть органических веществ, минерализуясь, переходит в растворенное и газообразное состояние.

Обезвреживание осадка бытовых сточных вод на современных очистных станциях происходит в специальных сооружениях — перегнивателях. Они обеспечивают устранение эпидемической и санитарной опасности, выделенной из сточных вод твердой фазы загрязнений, содержащих значительное количество влаги, органических веществ, в том числе легко зашиваемых микроорганизмов, в частности и патогенных, яиц гельминтов. Обезвреживают осадок сточных вод при помощи: 1) сооружений для уплотнения твердой фазы (уплотнителей ила); 2) сооружений для стабилизации осадка (метантенки); 3) сооружений для дегидратации (обезвоживания) осадка (вакуум-фильтры, фильтрпрессы, иловые наземные и подземные площадки); 4) сооружений для термического обезвреживания осадка; 5) установок для дегельминтизации; 6) путем компостирования.

Уплотнители и сгустители осадка перед обезвоживанием или сбраживанием применяют для повышения концентрации активного ила. Это уплотнители гравитационного типа (радиальные, вертикальные, горизонтальные), флотаторы и сгустители осадка. На уплотнители подаются избыточный активный ил после вторичных отстойников, а также сырой осадок. При проектировании радиальных и горизонтальных илоуплотнителей следует предусматривать выпуск уплотненного осадка под гидростатическим давлением не менее 1 м. Илоуплотнители должны быть оборудованы илососами или илоскребками для удаления осадка. Иловую воду после илоуплотнителей подают в аэротенки. Технологической схемой должно быть предусмотрено устройство не менее двух уплотнителей, причем оба рабочих.

В выборе методов стабилизации, обезвоживания и обезвреживания осадка следует учитывать местные условия (климатические, гидрогеологические, градостроительные, агротехнические и пр.), а также физико-химические и теплофизические характеристики осадка, их способность к водоотдаче.

На очистных канализационных станциях или мусороперерабатывающих заводах может осуществляться совместная обработка обезвоженного осадка и твердых бытовых отходов. После обезвоживания осадок городских и близких к ним по составу промышленных сточных вод при соответствующем научном обосновании можно использовать как органоминеральные удобрения.

Метантенки — закрытые цилиндрические железобетонные резервуары с куполообразным герметическим перекрытием и коническим днищем, предназначенные для сбраживания осадка. Их устраивают на очистных канализационных станциях мощностью свыше 10 000 м³/сут.

Объем метантенков в зависимости от мощности станции может достигать до нескольких тысяч кубических метров.

В верхней части куполообразного перекрытия устанавливают колпак для сбора газа, образуемого во время сбраживания осадка, и отведения в газовую сеть или непосредственно для использования. Поскольку газ поступает в сооружения неравномерно, на тупиковых концах такой сети целесообразно устраивать газгольдеры, которые выравнивают давление газа в сети. Для ускорения процессов сбраживания осадок подогревают "острым" паром (100—110 °С). Его подают во всасывающую трубу насоса при поступлении и перемешивании осадка или непосредственно в метантенк при помощи эжекционных устройств. Пар смешивается с осадком, конденсируется и нагревает его до температуры 70—80 °С. Благодаря такой температуре происходит полная дегельминтизация и отмирание патогенной микрофлоры. Обезвреживание осадка в метантенке при высокой температуре среды происходит быстрее и эффективнее, чем в

иловой камере двухъярусного отстойника. Это, несомненно, является гигиеническим преимуществом способа обеззараживания осадков сточных вод.

Обычно для сбраживания поступает смесь свежего осадка из первичных отстойников и уплотненного избыточного активного ила из вторичных отстойников. Допускается подача в метантенки и других органических веществ, которые подлежат сбраживанию. Это измельченные отходы, снимаемые с решеток, бытовой мусор, промышленные отходы органического происхождения и пр.

В норме в метантенках, где процесс мезофильного сбраживания происходит при температуре 33 °С или термофильного — при температуре 53 °С выделяется газ, содержащий 62—64% метана, 32—34% — углекислого газа, почти 4% водорода, кислорода и азота (вместе взятых). Исследованиями установлено, что в метантенках органические вещества распадаются в среднем на 40%. Наибольшему распаду подлежат жироподобные вещества и углеводы. Удаляется сброженный осадок из метантенка и поступает в него свежая смесь осадка сточных вод с избыточным активным илом при помощи специальных трубопроводов.

Биологическая пленка из отстойников после биологических фильтров, а также избыточный активный ил из вторичных отстойников после аэротенков может подаваться непосредственно в метантенки или первичные отстойники, а уже оттуда — в метантенки.

Иловые площадки. Осадок сточных вод, а также смесь осадка сточных вод и избыточного активного ила, выгружаемые из метантенков, двухъярусных отстойников, других сооружений, имеют высокую влажность. В частности, влажность осадка из метантенков — 96—97%, из двухъярусных отстойников — до 90%. Для дальнейшего использования его нужно высушивать. Для этого существуют разные способы, но чаще всего осадок высушивают на иловых площадках. После пребывания на иловых площадках влажность осадка снижается до 75%, в результате чего его объем уменьшается в 3—8 раз.

Для высушивания осадка используют иловые площадки на природной основе (без дренажа и с дренажом), на искусственной асфальтобетонной с дренажом, каскадные с отстаиванием и поверхностным удалением иловой воды, площадки-уплотнители.

Требования к проектированию и устройству иловых площадок определены СНиП 2.04.03-85. Их строят на хорошо спланированных участках земли (картах). Площадки на природной основе допускается проектировать при условии залегания грунтовых вод на глубине не менее 1,5 м от поверхности карт и когда исключается опасность загрязнения грунтовых вод. В других вариантах дно иловых площадок делают непроницаемым. На дно укладывают дренажные трубы и материал для фильтрования разной величины высотой 30—50 см.

Со всех сторон такие карты ограждают земляными валиками, на 0,3 м выше рабочего уровня. Рабочая глубина карт составляет 0,7—1 м. Осадок наливают на карты периодически слоями 0,2—0,25 м. Благодаря дренированию ил быстро подсыхает. Дренажная вода от сброженного ила не требует очистки. Ее можно отвести непосредственно в водоем или на хлорирование вместе с общим потоком очищенной сточной воды. В то же время дренажная вода от свежего ила может гнить, очень загрязнена и поэтому обязательно должна быть возвращена на сооружения для биологической очистки.

При пребывании на картах иловых площадок осадок теряет влагу за счет испарения (частично фильтрации) влаги через почву. В холодное время года 80% площади иловых площадок используют для намораживания осадка.

Остальные 20% предназначены для использования в период весеннего его таяния. Ил на намораживание насаивается на 0,1 м меньше высоты ограждающих валиков. Количество намороженного осадка не должно превышать 75% объема, от выпущенного на площадки, за весь период его намораживания.

Осадок после иловых площадок теряет отрицательное эпидемиологическое значение и приобретает положительные агротехнические свойства как удобрение для

сельскохозяйственных культур. Высушенный до 75% осадок погружают в транспортные средства и вывозят в места использования. Санитарно-гигиенические и агроэкологические требования к осадку сточных вод, который рекомендуется в качестве удобрений, определены "Технологическими и агро-экологическими нормативами использования осадков сточных вод городских очистных сооружений в сельском хозяйстве" (КНД 33-3.3-02-99). Нормативный документ разработан с нашим участием опытной станцией утилизации сточных вод Института гидротехники и мелиорации и Института агроэкологии и биотехнологии Украинской академии аграрных наук.

Биологическая (вторичная) очистка предназначена для освобождения жидкой фазы сточных вод, преимущественно бытовых, от органических веществ, находящихся в виде тонких суспензий, коллоидов в растворе, путем биохимических окислительно-восстановительных процессов, осуществляемых аэробными микроорганизмами (бактерии, грибы, водоросли, актиномицеты, простейшие) в специальном комплексе очистных канализационных сооружений. Методы и сооружения для биологической очистки сточных вод делятся на две группы. К первой группе относятся методы биологической очистки, воспроизводящие процессы самоочищения в почве. Очистные сооружения, в которых воспроизводятся процессы самоочищения в почве, делят, в свою очередь, также на две группы. К первой группе отнесены сооружения, в которых биологическая очистка протекает в природном слое почвы. Это — большие и малые поля орошения, поля фильтрации, площадки подземной фильтрации, фильтрующие колодцы, фильтрующие траншеи с естественным фильтрующим слоем почвы. Вторую группу составляют сооружения, в которых биологическая очистка протекает в искусственно созданном слое загрузки, моделирующем почву (различные биологические, песчано-гравийные фильтры, траншеи с искусственным фильтрующим слоем). Вторую группу составляют методы и сооружения, воспроизводящие процессы самоочищения в водоемах, а именно: биологические пруды, аэротенки, малогабаритные установки на полное окисление — УКО-25; УКО-100; БИО-25; БИО-100; КУ-12; КУ-200 и их прототипы — ЦОК; АРТ; аэротенки-осветлители колонного и коридорного типов, симбиотенки и др.

В последнее время для очистки сточных вод малых населенных пунктов и отдельно расположенных объектов значительное распространение получили сооружения для анаэробно-аэробной очистки сточных вод. Преимуществами анаэробной очистки, по мнению исследователей, являются: а) низкое потребление электроэнергии (до 10% от энергопотребления при аэробной очистке); б) образование незначительного количества избыточного активного ила; в) достаточная стабильность образуемого избытка ила, не требующего дальнейшей обработки; г) возможность поддержания активности анаэробного ила длительное время, при температуре его хранения не ниже +15 °С; д) допустимость высоких нагрузок (до 30 кг ХПК/м³ в сутки при температуре 30 °С) в сравнении с 3 кг ХПК/м³ в сутки (при аэробной очистке).

Недостатком анаэробной очистки является то, что анаэробные бактерии развиваются медленнее аэробных, а это задерживает ввод биореакторов в эксплуатацию. Кроме того, бактерии метанового брожения чувствительны к различным ингибиторам.

Вместе с тем, в последние годы метод получил значительное распространение. Так, фирмой "Бионик" созданы биореакторы анаэробного и аэробного типов биологической очистки сточных вод, производительностью от 25 до 50 м³/сут. Биореакторы дают возможность получать очищенную сточную воду различного качества в зависимости от требований. Преимуществом такой технологии является то, что на первой стадии очистки происходит анаэробное окисление, не требующее в отличие от аэробного, значительных энергозатрат, и не сопровождающееся значительным увеличением количества активного ила. Технология очистки следующая: исходная сточная вода проходит предварительную механическую очистку от взвешенных веществ и песка. Затем осветленная сточная вода попадает в анаэробный биореактор, где освобождается от органических веществ микроорганизмами, иммобилизованными на

волокнистой загрузке, "Вия". После анаэробного биореактора первой ступени вода подается в анаэробный реактор второй ступени. В нем сточные воды очищаются микроорганизмами, находящимися на волокнистой загрузке. Очищенная сточная вода из биореактора подается в песчаную фильтрующую траншею для аэробной доочистки.

Анаэробные биотехнологии используют для очистки сточных вод во всем мире. Только за последние 10 лет построены тысячи UASB-реакторов (Upflow Anaerobic Sludge Blancer reactor — реактор с восходящим потоком через слой анаэробного ила), не только очищающие сточные воды, но и генерирующие био-газ, который богат энергией. В частности, в Нидерландах компаниями "Rvques" и "Biotan" их сооружено свыше 350.

В Англии, например, технологическая схема анаэробной очистки бытовых сточных вод имеет 2 анаэробных биореактора периодического действия, 2 секции аэротенков и биологический пруд. Продолжительность пребывания сточных вод в сооружениях по приведенной схеме составляет 10 ч. За это время ХПК сточных вод снижается с 490 до 20 мг O₂/л, БПК₅ — с 240 до 2,2 мг O₂/л, содержание азота общего — с 45 до 4,5 мг/л, фосфора общего — с 9,4 до 3,4 мг/л.

В Украине значительное распространение получили установки "Bioclere" производства "Экофин". "Биоклер" производит в Польше совместное финско-польское предприятие "Ecofinn-Pol". Рассчитана установка на очистку бытовых и близких к ним по составу промышленных сточных вод небольших поселков, мощность ее до 20 м³/сут. Технологическая схема "Биоклер" предусматривает механическую очистку сточных вод в септике, двухступенчатую биологическую очистку в биореакторе с пластмассовыми дисками (разного диаметра, большой удельной поверхностью), покрытыми биологической пленкой. Вместо пластмассовых дисков биореактор можно загружать также полипропиленовыми насадками. При необходимости технологической схемой предусматривают блок химической очистки.

В Украине, России, странах дальнего зарубежья в последние десятилетия для очистки сточных вод малых населенных пунктов широко применяют канализационные станции заводского изготовления. Они предусматривают ступенчатую очистку закрепленным биоценозом в сочетании с зависшими культурами активного ила. Технологии дают возможность очистить сточную воду не только от органических веществ, но и биогенных элементов, в частности азота, за счет процессов нитрификации-денитрификации, которые происходят в биопленке, фосфора — за счет увеличения биомассы, корректирования доз активного ила и т. д.

Одним из показателей степени освобождения сточных вод от органических веществ — является их стабильность, или относительная стойкость. Это выраженное в процентах количество кислорода, находящегося в сточной воде в растворенном и связанном состояниях, к количеству кислорода, необходимого для окисления органических веществ сточных вод. Относительная стойкость неочищенных сточных вод составляет лишь 11%, и такую сточную воду сбрасывать в водоемы недопустимо. Лишь при относительной стойкости не менее 99% (иногда 80%) сточные воды можно сбрасывать в водоемы. Каждый раз рассчитывают условия выпуска и величины ПДС загрязняющих веществ сточных вод в конкретный водоем в соответствии с требованиями Правил. Относительная стойкость сточных вод связана со временем их загнивания. Так, при относительной стойкости 50% сточная вода загнивает уже на 3-й сутки. Эффективность процессов биологической очистки сточных вод в традиционных сооружениях зависит от многих факторов:

1) от нагрузки по органическому веществу на микроорганизмы и объем сооружения. Установлено, что микробная клетка приспособилась к активной жизнедеятельности в условиях, когда количество органических веществ в сточных водах находится в пределах 350—500 мг O₂/л по БПК₅. При большем количестве органических веществ микробная клетка гибнет и процесс биохимической очистки тормозится.

Минимальное количество органических веществ в сточных водах должно составлять не менее 90—100 мг O₂/л по БПК₅;

2) от соотношения ХПК к БПК₂₀ сточной воды. Величина ХПК не должна превышать БПК₂₀ более чем в 1,5 раза;

3) наличия биогенных элементов в сточной воде. Их оптимальное соотношение (БПК₂₀ : аммонийный азот : фосфаты) должно составлять соответственно 100 : 5 : 1. Минимальное количество азота аммонийного — в пределах 15 мг/л, фосфатов — 3 мг/л;

4) количества минеральных солей в сточной воде. Минерализация сточных вод не должна превышать 10 г/л;

5) температуры водной среды, которая должна быть не ниже 7 °С и не выше 30 °С. Вне указанного интервала температур биохимические процессы прекращаются;

6) водородного показателя среды. рН сточных вод для эффективного течения биохимических процессов должна составлять 6,5—8,5;

7) наличия кислорода. На 1 м³ сточных вод необходимо подавать 25 м³ воздуха с содержанием кислорода не менее 2%. При коэффициенте использования кислорода, равном 0,5—1%, в иловой смеси зоны аэрации очистного сооружения (аэротенка) будет создана надлежащая концентрация растворенного в воде кислорода — на уровне 2—4 мг O₂/л;

8) освещения. Процесс фотосинтеза сине-зеленых и других водорослей, входящих в состав активного ила, происходит тем лучше, чем ближе освещение к природному спектру;

9) содержания в сточных водах вредных химических веществ. Их содержание не должно превышать ПДК, особенно тех, ПДК которых установлена по общесанитарному или санитарно-токсикологическому лимитирующему признаку вредности. При одновременном присутствии в сточных водах химических веществ, обладающих эффектом суммации, сумма соотношений фактических концентраций веществ к их ПДК не должна превышать 1 ;

10) количественного и качественного состава активного ила. Минимальная концентрация активного ила в зоне аэрации сооружений биологической очистки (например, аэротенков) должна быть не менее 2 г/л.

Специальными исследованиями установлено, что в 1 м³ иловой смеси аэротенков содержится биоценоз микроорганизмов, общая поверхность которого равна 1800—2400 м², в таком же объеме воды из биологических прудов — 20 м², в 1 м³ речной воды летом — лишь 5 м².

Для сравнения рассчитаем суммарную поверхность бактериальных клеток в сточных водах. Человек в течение суток выделяет $4,48 \cdot 10^{12}$ микробных тел.

Масса одной бактериальной клетки составляет приблизительно $0,5 \cdot 10^{-12}$ г. Поэтому от человека за сутки в сточные воды попадает около 2,24 г бактерий. В 1 г бактерий содержится $2 \cdot 10^{12}$ микробных тел. При норме водопотребления 200 л и попадании в этот объем воды $4,48 \cdot 10^{12}$ микробных тел, 1 л сточной воды будет содержать $2,24 \cdot 10^{10}$ бактериальных клеток, а 1 м³ — $2,24 \cdot 10^{13}$ бактерий. При диаметре бактериальной клетки, равном 2 мкм ($2 \cdot 10^{-3}$ мм), площади поверхности одной бактериальной клетки ($S = 4\pi r^2$), равной $1,2 \cdot 10^{-5}$ мм², суммарная поверхность бактериальных тел, содержащихся в 1 м³ сточной жидкости, составит $2,24 \cdot 10^{13} \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} = 2,7 \cdot 10^8$ мм² = 270 м².

Теоретические основы биологической очистки сточных вод. Главная цель биологической (или биохимической) очистки сточных вод состоит в освобождении их от органических веществ за счет аэробного окисления сапрофитными водными или почвенными микроорганизмами. Микроорганизмы не имеют специальных органов пищеварения, поэтому все питательные вещества проникают в клетку путем осмотического всасывания через мельчайшие поры клеточной оболочки. Для этого в процессе эволюции у микроорганизмов выработалась способность выделять в

питательную среду гидролитические экзо-ферменты, которые готовят сложные органические вещества к усвоению их микробной клеткой. В этом процессе принимают участие экзо- и эндоферменты. Первые действуют вне клетки и принимают участие в подготовке питательных веществ к их поступлению в клетку и дальнейшему усвоению. Эндо-ферменты действуют внутри клетки и обеспечивают процессы ассимиляции и диссимиляции.

Ферменты по характеру действия подразделяются на: 1) протеазы, которые расщепляют белковую молекулу. Они выделяются многими гнилостными бактериями; 2) эстеразы (липазы), которые расщепляют жиры. Присутствуют у многих плесневых грибов и бактерий; 3) карбогидразы, которые расщепляют крахмал, полисахариды, молочный сахар. Выделяются молочнокислыми бактериями, кишечной палочкой и т. д.

Процесс удаления органических веществ из сточных вод сверхсложный. При этом осуществляется одновременно минерализация органических веществ сточных вод и синтез нового органического вещества клеток микроорганизмов. Схематически его можно представить так.

Органические вещества животного и растительного происхождения попадают в сточную воду в виде углеводов, жиров и белков, а также продуктов их обмена. Углеводы (полисахариды) в аэробных условиях под действием экзо-ферментов типа карбогидраз расщепляются до моносахаридов (глюкозы, мальтозы и т. п.), углерода диоксида (CO₂) и воды (H₂O).

Незначительная часть моносахаридов используется для синтеза гликогена различных микробных клеток. Большая часть углеводов в процессе эндогенного дыхания микробной клетки окисляется ("сжигается"). Например, эндогенное окисление глюкозы происходит по уравнению:



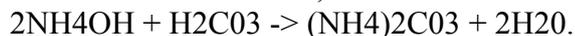
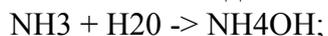
Окисление в аэробных условиях органических веществ, содержащих углерод, называется декарбонизацией сточной воды.

В анаэробных условиях биохимический процесс распада органических веществ более сложный. Общей цепочкой биохимических процессов аэробного и анаэробного распада органических веществ, содержащих углерод, является образование жирных кислот.

Дыхание анаэробов происходит без участия кислорода. Они получают необходимую энергию за счет химических превращений органических веществ в более простые соединения. Биохимические анаэробные процессы используют в практике обезвреживания осадка сточных вод в метантенках и отстойниках со сбраживанием осадка (например, в септиках).

В анаэробных условиях жиры распадаются приблизительно по той же схеме, что и углеводы.

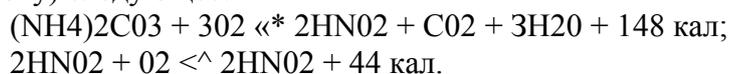
Одним из органогенов — элементов развития любого микроорганизма — является азот. Поэтому на практике большое значение приобретает биохимический распад белков. В аэробных условиях белковые молекулы под влиянием ферментов, выделяющихся микроорганизмами, расщепляются на более простые вещества. Этот распад происходит через альбумины и пептоны до аминокислот¹. Часть аминокислот используют в качестве пластического и энергетического материала микроорганизмы в процессе роста, которые являются составляющими активного ила, биологической пленки или органоминерального комплекса почвы. Часть аминокислот дезаминируется, образуя аммиак, воду и CO₂. В анаэробных условиях аммиак растворяется в воде, образуя аммония гидроксид. Последний связывается угольной кислотой, образуя аммония карбонат. Схематически это выглядит так:



Из азота, использованного в качестве пластического материала для синтеза активного ила, биологической пленки или органоминерального комплекса почвы, в процессе биохимического окисления образуется также углекислый аммоний:

Азотсодержащие органические вещества попадают в сточную воду в виде не только белка, но и продуктов обмена веществ, в частности мочевины. Мочевина под влиянием уробактерий и их фермента уреазы гидролизуется и образует как при окислении активного ила, так и при дезаминировании аминокислот, углекислый аммоний:

Образуемый во время дезаминирования, самоокисления активного ила, гидролиза мочевины и других продуктов обмена углекислый аммоний со временем претерпевает биохимическое окисление при помощи аэробных бактерий. Этот процесс, получивший название нитрификации, осуществляется в две фазы. В первую фазу аммонийные соли преобразуются в азотистые соединения (нитриты) бактериями из рода *Nitrosomonas*, а во вторую — в азотные (нитраты) бактериями рода *Nitrobacter*. Течение реакции (по СМ. Строганову) следующее:



Таким образом, азотная кислота в виде минеральных солей (нитратов) является конечным продуктом окисления белковых веществ и продуктов их обмена в животном и растительном организмах. В связи с этим по количеству нитратов судят об успешности и полноте процесса биохимического окисления органических веществ, в состав которых входит белок.

Процесс нитрификации связан с выделением тепла и поэтому играет немаловажную роль во время эксплуатации сооружений биохимической очистки сточных вод в зимнее время. Кроме того, в процессе нитрификации накапливается кислород. Последний может быть использован для биохимического окисления органических безазотистых веществ, когда уже полностью растрочен свободный (растворенный) кислород. Под воздействием денитрифицирующих бактерий кислород отщепляется от нитритов и нитратов и вторично используется для окисления органического вещества.

Под денитрификацией в широком смысле слова понимается восстановление бактериями солей азотной кислоты (нитратов) независимо от того, образуются ли при этом соли азотистой кислоты, окислы азота, аммиак или свободный азот. Степень восстановительного действия бактерий, помимо их биохимических особенностей, зависит также от состава среды, его реакции и других условий. Так, в щелочной среде и при свободном поступлении воздуха восстановительный процесс не идет дальше образования солей азотистой кислоты; в кислой среде и при затрудненном поступлении кислорода процесс восстановления ограничивается образованием аммиака.

Денитрификацией в более узком значении слова называют распад азотно-и азотистокислых солей (нитратов и нитритов) с выделением свободного азота. Не имея свободного кислорода или располагая им в ограниченном количестве, денитрифицирующие бактерии берут его у солей азотной и азотистой кислот и одновременно окисляют безазотные органические соединения, получая вследствие этого окислительного процесса необходимую им энергию. Азотом нитратов они также пользуются для построения своей плазмы. Этот сложный процесс, одновременно восстановительный и окислительный, может быть представлен (по Омелянскому) таким уравнением:



Нитратный азот сначала восстанавливается до закиси азота, содержащегося в газах, которые выделяются при денитрификации:



Закись азота затем распадается с выделением свободного азота (по Бейе-ринку):

$$2\text{N}_2\text{O} + \text{C} = 2\text{N}_2 + \text{CO}_2.$$

Процесс денитрификации протекает в три фазы:

$2\text{HN}03 \rightarrow 2\text{HN}02 + 02$; $2\text{HN}02 \rightarrow$ промежуточный продукт + 02 ; промежуточный продукт $\rightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{O}$.

Источником энергии для денитрифицирующих бактерий могут служить углеводы, спирты, органические кислоты, пептон, аспарагин, мочевины, другие органические соединения. Обобщенное уравнение, по которому происходит окисление, например глюкозы, благодаря восстановлению калия нитрата (селитры), примет вид (по Корсаковой):



Процесс денитрификации сопровождается бурным выделением газов — смеси азота и углекислоты, иногда с примесями азота закиси.

Таким образом, при биохимической очистке сточной воды одновременно с окислительными протекают и восстановительные процессы денитрификации. Микроорганизмы потребляют кислород образуемых при этом азотистых соединений. Этот процесс очень важен в начальной стадии очистки сточной воды на всех без исключения сооружениях биохимической очистки в пусковой период (биологического созревания) и для тех участков биологических фильтров и аэротенков, где нарушено поступление кислорода. Процессом денитрификации обуславливается отрицательный баланс азота в процессах биохимической очистки, так как значительная часть азота в молекулярном виде выделяется в атмосферу. Обычно этим объясняется низкий уровень нитритов и нитратов в очищенной активным илом сточной воде.

Часть нитратов, образовавшихся при биохимическом окислении органических веществ сточной воды, усваивается растениями (если сточные воды поступают в почву), а часть — денитрифицируется. Азот нитратов может быть использован также для биосинтеза активного ила аэротенков или биологической пленки биофильтров.

Аэробные процессы биохимической очистки протекают в строгой последовательности. Так, органические вещества, которые содержат углерод и имеют низкую степень окисления, окисляются в первую очередь, а уже затем нитрифицируются. В природных условиях процессы биохимического окисления, являющиеся ведущими в самоочищении поверхностных водоемов, протекают сравнительно медленно, в течение нескольких суток. Установлено, что 10 мг азота окисляется до нитритов за 15 сут, а 10 мг нитритов превращаются в нитраты за 40 сут. Понятно, что в искусственных канализационных сооружениях биологической очистки сточных вод указанные процессы нужно определенным образом интенсифицировать, чтобы предотвратить накопление сточной воды и приблизить скорость ее очистки к скорости образования.

При благоприятных условиях процессы биологической очистки сточных вод могут протекать нормально. Для этого необходимы три участника биохимического процесса: органическое вещество сточных вод, аэробные микроорганизмы и кислород воздуха. Задание технологического процесса на сооружениях биологической очистки сводится к столкновению названных элементов в оптимальных соотношениях. Этим обуславливается то, что, во-первых, биологическая очистка возможна при поступлении хозяйственно-бытовых или близких к ним по составу промышленных (например, предприятий пищевой промышленности) сточных вод, содержащих значительное количество органических веществ. Во-вторых, обязательным условием эффективной биологической очистки на искусственно созданных сооружениях, моделирующих процессы самоочищения в водоемах, является аэрация сточных вод.

В-третьих, биологическая очистка происходит в указанных сооружениях благодаря формированию специализированного микробиоценоза, который в сооружениях, моделирующих самоочищение в водоемах, называется активным илом, а в сооружениях, моделирующих самоочищение в почве, — биологической пленкой.

Под активным илом подразумевают биоценоз (или культуру) микроорганизмов-минерализаторов, которые связаны между собой синтезированным ими органическим

веществом в виде хлопьев, способных сорбировать на поверхности органические вещества и окислять их в присутствии кислорода воздуха, растворенного в воде. В состав активного ила входят сапрофитные водные бактерии, простейшие (например, свободноплавающие и прикрепленные инфузории, коллатки и т.д.), грибы, нитчатые водоросли, нематоды (при условии нехватки кислорода).

Активный ил формируется и накапливается в зоне аэрации сооружений, моделирующих процессы самоочистки в водоемах. Такими искусственными сооружениями являются аэротенки, компактные канализационные установки заводского изготовления и их прототипы, аэротенки-осветлители колонного и коридорного типов, симбиотенки и др.

В природных водоемах в состав биоценоза, обеспечивающего процессы самоочистки, в том числе и при поступлении недостаточно очищенных сточных вод, кроме микроорганизмов, входят фито- и зоопланктон и рыбы различных видов. Следует подчеркнуть, что ни из каких (экологических, гигиенических, экономических и др.) соображений не может быть оправдано использование рек и других поверхностных водоемов в качестве очистных сооружений. Хотя, безусловно, за счет процессов самоочистки в реках происходит доочистка сточных вод, прошедших биологическую очистку на искусственно созданных канализационных сооружениях.

Под биологической пленкой, которая формируется в сооружениях, моделирующих самоочистку в почве (биологические фильтры — капельные, аэрофильтры, башенные биофильтры и др., песчано-гравийные фильтры) подразумевается биоценоз (или культура) микроорганизмов-минерализаторов, которые прикреплены к поверхности фильтрующего загрузочного материала и способны сорбировать на поверхности органические вещества и окислять их в присутствии кислорода воздуха.

Процесс биологической очистки сточной воды на всех искусственных канализационных сооружениях делится на два этапа: 1) биологического созревания активного ила или рабочей биологической пленки (пусковой период); 2) стационарного процесса (эксплуатационный период).

Период биологического созревания в аэрационных сооружениях с активным илом — это период, в течение которого развивается оптимальное количество активного ила, адаптированного относительно конкретного режима работы сооружения, объема и качества сточной воды. В этот период поверхность загрузочного материала биологических фильтров, песчано-гравийных фильтров, дисков симбиотенков покрывается биологической пленкой. Процесс в наилучших условиях (в летнее время года) длится 3—4 нед в аэрационных сооружениях с активным илом при их работе в замкнутом режиме и 1—2 мес — в биологических фильтрах. В другие сезоны года период биологического созревания может длиться до 6 мес. Это следует учитывать при строительстве очистных сооружений и стремиться завершить пусконаладочные работы на очистных канализационных станциях в теплое время года. Благодаря интенсификации, за счет внесения в зону аэрации очистных сооружений активного ила действующих сооружений в количестве 5—30% объема зоны аэрации или сухого активного ила, период биологического созревания аэрационных сооружений может завершиться в течение 1—2 нед. Это имеет очень важное природоохранное значение, так как в период биологического созревания в очистных сооружениях недостаточно очищенные (после отстойника) или совсем неочищенные сточные воды от объекта канализования сбрасывают в поверхностные водоемы, загрязняя их.

В период стационарного процесса работы аэрационных установок различают пять фаз работы активного ила. Подобная фазность стационарного процесса характерна и для "работы" биологической пленки в сооружениях, которые воспроизводят процессы самоочистки в почве. Первая фаза — биосорбции органического вещества хлопьями активного ила (биологической пленки) — длится не более 30 мин. За это время органические вещества сточной воды, которые находятся в растворенном состоянии (в

виде молекулярных и коллоидных растворов) и мелких суспензий, сорбируются на поверхности микроорганизмов активного ила или биологической пленки. Во второй фазе — фазе декарбонизации, длящейся от 1 до 4 ч, происходит биохимическое окисление легко окисляемых углеродсодержащих органических веществ сточной воды, микроорганизмами активного ила (биологической пленки) до углекислого газа и воды. Процесс окисления сопровождается выделением энергии, которую микроорганизмы активного ила (биологической пленки) используют для синтеза вещества собственной биомассы. Третья фаза — фаза синтеза клеточного вещества активного ила (биологической пленки) из остатков органических веществ сточной воды за счет энергии, освобожденной во второй фазе. Количество органического субстрата, переходящего в новые клетки, составляет почти 65%. Суммарная продолжительность этой фазы в зоне аэрации комбинированных аэрационных сооружений или аэротенках и регенераторах составляет почти 20 ч в стационарном процессе очистки сточной воды.

В указанные фазы стационарного процесса происходят определенные изменения массы активного ила. При этом также выделяют 5 фаз (рис. 45). Первой фазе — биосорбции стационарного процесса отвечают лаг- и логарифмическая фазы интенсивного прироста массы активного ила и резкого снижения в сточной воде концентрации органических веществ за счет их биосорбции. Вторая фаза — фаза замедленного роста — отвечает фазе декарбонизации стационарного процесса. Третья фаза — фаза стационарной, или относительно постоянной, массы активного ила, отвечает третьей фазе биохимического процесса очистки сточной воды, то есть синтезу активного ила. Она длится до тех пор, пока не исчерпается все органическое вещество, накопленное клетками микроорганизмов активного ила. Четвертая фаза — фаза отмирания или постепенного уменьшения массы активного ила — отвечает фазе эндогенного дыхания, или самоокисления активного ила.

Органическое вещество клеток биомассы активного ила окисляется до конечных продуктов — NH_3 , CO_2 и H_2O . Это способствует уменьшению общей массы активного ила в аэрационном сооружении. Пятая фаза получила название фазы конечного заката и отвечает процессам нитрификации и денитрификации. Она наблюдается во время стационарного процесса работы аэрационных сооружений при их непрерывной аэрации свыше 24 ч. В эту фазу минерализуется активный ил. Чаще всего это бывает в стационарном процессе работы очистных канализационных сооружений, которые моделируют процессы самоочищения в почве.

Знание фазности стационарного процесса биологической очистки сточных вод имеет важное значение не только для инженерно-технической службы, но и для практической деятельности врача-профилактика. Деление стационарного процесса на фазы имеет условный характер, так как в I фазу могут протекать процессы II и даже III. Точно так же во II фазу возможны превращения, свойственные другим фазам. Но, несмотря на условность, знание этих фаз, их научно обоснованное выделение в стационарном процессе биохимической очистки дало возможность предложить ряд аэрационных канализационных сооружений с активным илом, в которых преобладают те или другие фазы процесса. Так, на основании использования лишь I фазы процесса биохимической очистки с целью удаления органических веществ из сточной воды предложены аэротенки с контактно-стабилизированным процессом.

В таких аэротенках биохимическая очистка сточных вод происходит в течение 20—30 мин. После этого биомасса отделяется от биологически очищенной сточной жидкости во вторичных (чаще всего радиальных) отстойниках и направляется в стабилизаторы активного ила. Там происходят II, III и, иногда частично, IV фазы процесса, которые совпадают с соответствующими фазами изменений активного ила. Такой активный ил вновь способен к сорбции органического вещества сточных вод. Поэтому та его часть, которую называют возвратным активным илом, возвращается в

аэротенки с контактно-стабилизационным процессом, а избыточный активный ил из стабилизаторов направляется для обезвреживания в метантенки.

Две первые фазы процесса использованы на очистных канализационных станциях аэротенков, которые предусматривают неполную очистку или с "продленной аэрацией". У них биологическая очистка сточной воды длится почти 4 ч. За это время происходят фазы биосорбции и декарбонизации, после чего сточная вода поступает во вторичные отстойники, где освобождается от активного ила. Возвратный активный ил направляется в регенераторы, где происходят III и, иногда, частично, IV фаза процесса, которые совпадают с соответствующими фазами изменений активного ила. После этого ил возвращают в аэротенки. Избыточный активный ил из вторичных отстойников направляют на обезвреживание в метантенки.

Кроме аэротенков, на неполную очистку с использованием первых двух фаз стационарного процесса рассчитаны аэротенки-осветлители конструкции НИКТИ городского хозяйства г. Киева.

Все четыре фазы стационарного процесса использованы для создания аэрационных канализационных сооружений с "суммарным" или "полным" окислением сточной воды. К ним относятся прототипы компактных установок заводского изготовления: ЦОК, АРТ и собственно компактные установки типа КУ-12, КУ-25, КУ-200, УКО-25, УКО-100, БИО-25 и др.

Биологические пруды — искусственно созданные неглубокие водоемы в почвах, где отсутствует или происходит их слабая фильтрация. При неблагоприятных в фильтрационном отношении грунтах осуществляют проти-вофильтрационные меры. В таких искусственных водоемах биологическая очистка городских, производственных и ливневых (дождевых) сточных вод протекает в условиях, приближенных к природным.

В биологических прудах можно интенсифицировать биологическую очистку и доочистку сточных вод за счет:

- 1) более низких скоростей движения воды;
- 2) незначительной глубины;
- 3) более интенсивного развития микроорганизмов (в отличие от природных поверхностных водоемов в 1 м³ воды биологического пруда биоценоз микроорганизмов занимает площадь в 20 м²);
- 4) использования в биологических прудах высших водных растений — камыша обыкновенного, рогоза узколистного, айра и др.;
- 5) искусственной аэрации (в соответствии со СНиП 2.04.03-85 п. 6.199 допускается проектирование биологических прудов как с природной, так и искусственной пневматической или механической аэрацией).

В качестве самостоятельных сооружений для очистки сточных вод биологические пруды используют таким образом: сточные воды после отстаивания непосредственно перед выпуском в пруд разводят речной водой в 3—5 раз и медленно в течение 2—3 сут, пропускают через пруд. Глубина пруда — от 0,6 м (в начальной части) до 1,5 (перед местом выпуска). Незначительная глубина способствует аэрации всей толщи воды и ее прогреванию, т. е. создаются благоприятные условия для биологических окислительных процессов.

Выпускать сточные воды в биологические пруды и отводить из них после очистки для обеспечения полного и равномерного обмена воды рекомендуют в нескольких точках. Этому условия удастся придерживаться при устройстве биологических прудов прямоугольной (в плане) формы.

Сточные воды очищают в биологических прудах в аэробных и анаэробных условиях. Аэробные биологические пруды имеют глубину до 1 м, анаэробные — 2,5—3 м, площадь — до 1 га. Нагрузка органических веществ на анаэробные биопруды по БПК₂₀ для бытовых сточных вод составляет 300—350 кг/га в сутки.

Аэробные биологические пруды с природной аэрацией можно использовать для очистки сточных вод с концентрацией органических веществ по БПК₂₀ не выше 200 мг О₂/л, с искусственной аэрацией — не выше 500 мг О₂/л в IV климатическом поясе в течение года. Там они могут быть использованы как основное средство для очистки сточных вод, если последние невозможно использовать для сельскохозяйственного орошения.

Поскольку зимой во II и III климатических поясах биологические пруды промерзают, их рекомендуют использовать для биологической очистки сточных вод лишь в теплое время года или в комбинации с другими очистными сооружениями. Если БПК₂₀ сточных вод, поступающих в биологические пруды, превышает 500 мг О₂/л, нужно позаботиться об их предварительной очистке. Перед биологическими прудами следует ставить решетки с прозорами до 16 мм и отстаивать сточные воды в течение 30 мин. Гидравлическая нагрузка на 1 га поверхности аэробных биологических прудов для сточных вод, прошедших отстаивание в первичных отстойниках, не должна превышать 250 м³/га в сутки. С.М. Строганов доказал, что такие биологические пруды работают эффективно при нагрузке 250—300 м³/га в сутки.

После биологических прудов с искусственной аэрацией нужно предусматривать отстаивание очищенной воды. Продолжительность отстаивания должна составлять 2—2,5 ч. Отводят очищенную воду через сборное устройство. Его оборудуют ниже уровня воды на 0,15—0,2 глубины биологического пруда. Хлорируют сточную воду лишь после биологического пруда. Концентрация остаточного хлора в воде после контакта не должна превышать 0,25—0,5 г/м³.

Эффективность очистки сточных вод от органических (по БПК₂₀) и бактериальных загрязнений в таких биологических прудах достаточно высокая, но только в теплое время года.

Аэробные биологические пруды с природной аэрацией используют как серийные без разбавления речной водой. Они состоят из 4—6 секций, через которые сточные воды проходят последовательно после отстаивания. Глубина прудов составляет 0,6—0,8 м. Гидравлическая нагрузка на 1 га поверхности таких прудов должна составлять 125 м³/га в сутки в теплый период года, т. е. в мае — октябре. Зимой эти пруды не работают. В первой секции очистка сточных вод происходит за счет фильтрации через фашинник, на котором хорошо формируется биологическая пленка. В этой секции преобладают анаэробные процессы распада органических веществ и полисапробная флора и фауна. В следующих секциях появляется растворенный кислород. В последней секции преобладает микрофлора, характерная для Я-мезосапробной зоны. Кроме того, последние две секции серийных биологических прудов можно использовать для разведения рыбы.

Биологические пруды с природной аэрацией лучше использовать для доочистки (третичной очистки) биологически очищенных сточных вод. Такие биологические пруды дополнительно улучшают качество очищенных сточных вод, исправляют недостатки в работе основных очистных канализационных сооружений и выполняют роль буфера между очистными сооружениями и поверхностным водоемом летом, когда требования к качеству воды в последних, при использовании водоема с оздоровительной целью, особенно высоки.

При использовании аэробных биологических прудов для доочистки биологически очищенных сточных вод гидравлическая нагрузка на 1 га их поверхности может быть увеличена до 5000 м³/га в сутки. БПК₂₀ биологически очищенных сточных вод или после физико-химической очистки, подаваемых на доочистку в биологические пруды, регламентирована СНИП 2.04.03-85 (п. 6.201). Она не должна превышать 25 мг О₂/л. Для биологических прудов с искусственной аэрацией — не превышать 50 мг О₂/л. Обмен воды в биологических прудах для доочистки рассчитан на 1—2 сут. За это время значительно снижаются окисляемость воды, содержание в ней азота аммонийного, в воде отмирает кишечная микрофлора, улучшаются органолептические свойства воды.

В Беларуси с 1950 г. широко используют биологические пруды, в которых самоочищение сточной воды обусловлено интенсивным развитием зеленых водорослей. Они распространены также в США, других странах. В результате фотосинтеза водоросли, усваивая углерод из углекислоты, насыщают и перенасыщают воду кислородом. Благодаря интенсивной аэрации в воде активизируются окислительные процессы. Установлено, что при 138 мг/л беззольного вещества зеленых водорослей, которые выделяются из 1 л воды, в биологических прудах значительно снижается БПК (до 150 мг O₂/л в сутки). Скорость бактериального самоочищения воды возрастает в 10 раз.

Отмирает патогенная микрофлора в высокощелочной среде (рН 10—11), что создается благодаря ассимиляции водорослями свободной и гидрокарбонатной углекислоты. Продолжительность пребывания сточной воды в таких прудах составляет 8 сут. Сбрасывание зеленых водорослей в открытые водоемы сопровождается значительным улучшением в них условий самоочищения.

С конца 50-х годов XX в. ученые все больше внимания уделяют гидрботаническому способу доочистки сточных вод в биологических прудах с помощью высших водных растений, роль которых в процессах природного самоочищения воды в поверхностных водоемах очень значительна. Это прежде всего камыш обыкновенный, рогоз узколистный, аир и др. Особенно выделяют те виды высших водных растений, которые способны обессаливать воду, поглощать из нее токсические и органические вещества и очищать от энтеробактерий группы *Escherichia coli*, *Enterobacter* за счет антагонистического действия бактерий, которые вегетируют на корневой системе высших водных растений. Это *Alnus glutinosa*, *Menta aquatica*, *Iris pseudocorus* и др. Они выделяют активные вещества, которые действуют как антибиотики, в частности стрептомицина сульфат.

Высаживая высшие водные растения в каскады биологических прудов, следует придерживаться таких условий:

- 1) аллопатические выделения растений первого каскада не должны угнетать растения в следующем каскаде, а напротив, стимулировать их вегетацию;
- 2) после завершения вегетации растения должны отделять стебли и листья от корня. Затем всплывать на поверхность водоема или наоборот после разложения выделять в окружающую среду минимум органических и минеральных веществ;
- 3) преимущество нужно отдавать тем видам растений, которые способны накапливать биогенные элементы и сорбировать ионы хлора, кальция, натрия и магния на построение своего собственного стебля и листьев.

Благодаря широкому внедрению в биологических прудах высших водных растений, во многих странах мира сегодня решают проблему подготовки поверхностных вод к пополнению запасов подземных водоносных горизонтов, интенсифицируют процессы самоочищения в рыбохозяйственных и природных водоемах. Высшие водные растения предотвращают "цветение" поверхностных водоемов.

Гидрботанический способ доочистки сточных вод в биологических прудах при помощи высших водных растений является высокоэффективным, простым и экономичным способом третичной очистки. Создание проектов биологических прудов с высшими водными растениями, включение их в систему оборотного водоснабжения промышленных предприятий будет способствовать уменьшению сбрасывания неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод в поверхностные водоемы.

Аэротенки — искусственные очистные канализационные сооружения, в которых процесс биологического окисления органических веществ сточных вод происходит аналогично самоочищению в поверхностных водоемах, но гораздо интенсивнее. Достигается это посредством бурного по сравнению с водоемами и биологическими прудами, развития биоценоза микроорганизмов активного ила в 1 м³ воды природных поверхностных водоемов биоценоз микроорганизмов занимает площадь 5 м²; в 1 м³ воды биологического пруда — 20 м²; в аэротенках в зависимости от концентрации активного

ила — 1800—2400 м²) и более интенсивного насыщения ило-водяной смеси в сооружениях благодаря искусственной аэрации среды.

Аэротенк — удлиненный железобетонный резервуар прямоугольной формы, глубиной 2—4 м. Состоит такой резервуар из нескольких секций в зависимости от объема сточных вод, поступающих на биологическую очистку. Каждая секция разделена продольными перегородками на прямоугольные или квадратные коридоры. С одной стороны такая перегородка не доходит до поперечной стенки аэротенка. Соотношение ширины коридора и рабочей глубины составляет от 1:1 до 1:2. По таким коридорам сточная вода движется последовательно из одного в другой, смешивается с активным илом и насыщается кислородом атмосферного воздуха.

На дне аэротенка вдоль боковой стенки на расстоянии 10—15 см одна от другой укладываются перфорированные трубы с отверстиями диаметром 2—2,5 мм. Они обеспечивают циркуляцию смеси в поперечном сечении и ее среднепузырчатую аэрацию. Воздух в такие трубы, а также под фильтровальные пластины, которые также используют для распределения воздуха в аэро-тенке, подают при помощи вертикальных стояков, которые отходят от магистрального воздухопровода, расположенного на продольной стене аэротенка. Надлежащий для нормальной работы аэротенков объем воздуха подается посредством компрессоров или воздуходувок под соответствующим давлением при помощи воздухопровода.

Различают мелко-, средне- и крупнопузырчатую аэрацию среды. При мелкопузырчатой аэрации пузырьки воздуха имеют размеры 1—4 мм, среднепузырчатой — 5—10 мм, крупнопузырчатой — более 10 мм. Мелкопузырчатая аэрация обеспечивается керамическими, тканевыми, пластиковыми аэраторами, а также аэраторами форсуночного и ударного типа; среднепузырчатая — перфорированными трубами, щелевыми аэраторами; крупнопузырчатая — открытыми внизу вертикальными трубами, а также соплами.

Сточная вода, которая медленно течет по коридорам аэротенка, пронизывается потоком пузырьков воздуха, быстро движущегося снизу вверх и захватывая сточную воду. На место такой воды по всей длине аэротенка подтекает более тяжелая вода с меньшим содержанием воздуха, благодаря чему вся масса воды приобретает, кроме поступательного, еще и вращательное движение.

Если аэротенк наполнить сточной водой и затем аэрировать такую воду в замкнутом режиме в течение 30 сут и больше, в среде начнет бурно развиваться биоценоз микроорганизмов, так же как биологическая пленка на биофильтрах. Из-за отсутствия твердой основы в аэротенке образуются хлопья, которые состоят из бактерий, простейших, других микроорганизмов и органического вещества. Эти хлопья получили название активного ила. Он играет решающую роль в процессе биологической очистки сточных вод.

Период, в течение которого образуются такие хлопья в аэротенке, называется периодом биологического созревания сооружения. Процесс этот можно ускорить внесением в аэротенк перед его вводом в эксплуатацию активного ила из работающих аэрационных сооружений, осадка из вторичных отстойников после биологических фильтров, который состоит преимущественно из биологической пленки.

Исследования процессов, которые происходят в аэротенке, показали, что биологическая очистка сточных вод происходит в первые две фазы стационарного процесса (см. с. 278). В этот период сточная вода освобождается от органических веществ. Эффект очистки по БПК может быть доведен до 95—98%.

Накопленный во время эксплуатации аэротенка активный ил поступает со сточной водой (ило-водяной смесью) во вторичный отстойник радиального или вертикального типа, где при скорости движения 1 мм/с оседает на дно отстойника. Из вторичного отстойника часть активного ила возвращается в камеру регенерации активного ила, где завершаются третья и четвертая фазы стационарного процесса. Затем

регенерированный активный ил подается в аэротенк, смешивается там со сточной водой, отстоянной в первичных отстойниках. Избыток активного ила из вторичных отстойников перекачивается в уплотнитель ила, а затем в метантенки, где подвергается обработке совместно с осадком из первичных отстойников.

Главным преимуществом аэротенка по сравнению с другими сооружениями является возможность руководить процессом очистки. В зависимости от начальной концентрации загрязнений сточных вод, температурных условий, требований к качеству очищенных сточных вод можно: изменить продолжительность пребывания сточных вод в сооружении, концентрацию активного ила, количество воздуха, поступающего в аэротенк и др. Все это регулируется путем лабораторного контроля.

Качество активного ила обуславливается многими факторами. В частности, оно зависит от соотношения массы активного ила (по сухому веществу) и загрязняющих веществ, которые содержатся в сточных водах. Это соотношение характеризует органическую нагрузку на активный ил, выражающуюся количеством загрязнений по БПК в неочищенных сточных водах, относительно общего количества сухой массы ила или ее беззольной части в системе.

Кроме нагрузки на активный ил различают окислительную мощность активного ила, которая выражается количеством переработанных активным илом органических загрязнений. Она зависит от концентрации активного ила (по сухому веществу) в 1 л. В аэротенках разных систем и конструкций она изменяется от 1 до 20 г/л. Важным показателем является также удельная скорость окисления, которая выражается количеством удаленного органического вещества (г БПК на 1 г беззольного вещества ила в сутки).

Показатель качества активного ила — его способность к оседанию. Ее оценивают иловым индексом. Это объем активного ила после 30-минутного отстаивания 100 мл иловой смеси, отнесенной к 1 г сухого вещества. Хорошо минерализованным считается активный ил, имеющий иловый индекс 60—90. Если иловый индекс превышает 150—200, ил может "вспухать", что нежелательно. Существует такое понятие, как возраст активного ила. Это средняя продолжительность пребывания его в аэротенке.

Чем продолжительнее аэрация сточной воды в аэротенке, выше концентрация активного ила в среде и объем воздуха, который подается в аэротенк на единицу объема воды, тем лучше очищается сточная вода.

Различают аэротенки-смесители, аэротенки-вытеснители, на неполную или частичную биологическую очистку. По технологическим схемам аэротенки проектируют на полную биологическую очистку, одноступенчатые, двухступенчатые, аэротенки с регенераторами.

В зависимости от способа подачи и распределения воздуха аэротенки бывают с пневматической, механической аэрацией, с аэрацией смешанного типа.

Циркуляционно-окислительные каналы (ЦОК). Впервые очистные канализационные станции с ЦОК построили в Нидерландах. Сооружение в плане имеет вид замкнутой траншеи с трапециевидным поперечным сечением. В траншею встроены аэраторы щеточного типа с горизонтальной осью вращения. Траншеи работали в периодическом режиме. В дальнейшем режим работы окислительного канала приближался к непрерывному. Это достигается применением двух траншей, которые параллельно работают в периодическом режиме. Со временем были разработаны конфигурации окислительных траншей, в которых основной канал работал непрерывно, а дополнительный — периодически.

Технологические испытания и санитарно-гигиенические исследования ЦОК проведены в НИКТИ ГК, АКХ им. К.Д. Памфилова, Национальном медицинском университете (НМУ) имени А.А. Богомольца, других научно-исследовательских учреждениях. Сооружение представляет собой замкнутый, овальной формы канал глубиной 1 м в комплексе с вертикальным отстойником. Объем его определяют из расчета

0,3 м³ на одного жителя. Продолжительность пребывания сточных вод в канализационном сооружении — не менее 1,5 сут. Сооружение предназначено для полной биологической очистки хозяйственно-бытовых и близких к ним по составу промышленных сточных вод от небольших населенных пунктов и отдельно расположенных объектов с водоотведением до 1400 м³/сут. Оптимальная концентрация активного ила в сооружении для достижения процесса составляет 4г/л.

Сточная вода от объекта канализования подается в зону работы роторного аэратора ЦОК, пройдя через решетки с прозорами 10—16 мм. В зоне аэрации сточная вода быстро смешивается с активным илом. Иловая смесь непрерывно выпускается из ЦОК во вторичный отстойник. Там активный ил оседает в течение 1,5 ч и снова перекачивается насосом в ЦОК. Излишек активного ила из вторичного отстойника подается на иловые площадки или подземные иловые траншеи, предложенные кафедрой коммунальной гигиены и экологии НМУ. Площадь иловых площадок определяют из расчета 0,38 м² на одного жителя. Дренажные воды желательно подавать в окислительный канал для очистки.

Биологически очищенная в сооружении сточная вода обеззараживается, а затем сбрасывается в ближайший водоем в соответствии с требованиями Правил. Сточные воды, очищенные в ЦОК, могут быть отведены на доочистку. В зависимости от местных условий с этой целью устраивают биологические или фильтрационно-обогащительные пруды, разработанные кафедрой коммунальной гигиены и экологии НМУ.

ЦОК разной конфигурации и компоновки отдельных элементов, которые упрощают строительство и эксплуатацию сооружений на равнинной местности и склонах, разработаны в НИКТИ ГХ, Укргипрокоммунстрое, других проект-но-конструкторских учреждениях в Украине и России. В частности, Львовское проектно-конструкторское бюро Министерства мясомолочной промышленности Украины разработало схему очистной станции с ЦОК для предприятий аналогичной отрасли. В состав такой схемы входят последовательно решетки с ручной очисткой, песколовка, нейтрализационная установка, жиросепаратор с электрофлоккоагуляцией, ЦОК, вертикальный вторичный отстойник, биологический пруд для доочистки сточной воды, хлораторная с контактным резервуаром, а также иловая насосная станция и устройства для приготовления и подачи биогенных добавок.

Результаты исследований работы ЦОК, проведенные летом и зимой, свидетельствуют об их высокой эффективности при очистке высокоинфицированных и близких к ним по составу промышленных сточных вод.

Аэроокислитель радиального типа (АРТ). Конструкции АРТ, совмещенных со вторичными отстойниками, были предложены впервые в Киеве в НИКТИ ГХ и разработаны в четырех типоразмерах для очистных канализационных станций разной производительности. Аэроокислитель конструктивно представляет собой круглый в плане железобетонный резервуар глубиной 2,5—3 м, в состав которого входят две секции — аэрационная и отстойная.

Аэрационная секция представлена внешним кольцом. В центральной его части концентрично расположен вторичный вертикальный отстойник с днищем в виде опрокинутого усеченного конуса.

Основным условием обеспечения надлежащей степени очистки сточных вод и минерализации активного ила в сооружении является поддержание нагрузок в диапазоне: $b = 8—12,5$ мг БПК₂₀/г ила в 1 ч.

Продолжительность аэрации сточных вод в АРТ при разных значениях БПК₂₀ должна быть от 0,5 до 1,5 сут.

Продолжительность пребывания ила в отстойной секции должна составлять не более 2 ч.

Очистные канализационные станции с АРТ предназначены для полной биологической очистки сточных вод небольших городов, рабочих поселков, сельских

населенных пунктов, отдельно расположенных объектов (лечебно-профилактических учреждений, санаториев, домов отдыха, пансионатов и др.), а также близких по составу промышленных сточных вод (плодоконсервных заводов, маслосырзаводов, пищекомбинатов, молочных заводов, сточных вод III категории сахарных заводов). Концентрация загрязнений сточных вод, подаваемых на биологическую очистку в АРТ, по величине БПК₂₀ не должна превышать 2000 мг/л. Расходы сточных вод на одно сооружение должны составлять от 300 до 2100 м³/сут.

Малогабаритные канализационные установки на полное окисление: КУ-12; КУ-25; КУ-200; УКО-25; УКО-100; БИО-25 (50,100) и др. К малогабаритным (компактным) канализационным установкам относят конструктивно компактные сооружения, которые сочетают (порой в одном блоке) весь комплекс процессов по очистке сточной воды — механическую и биологическую очистку, обработку осадка, доочистку и дезинфекцию. Установки занимают небольшие земельные территории, что позволяет разместить их вблизи объекта канализования, снизить стоимость, упростить эксплуатацию и санитарный контроль.

Все компактные канализационные установки рассчитаны на прием и полную биологическую очистку хозяйственно-бытовых и близких к ним по составу производственных сточных вод с концентрацией взвешенных частиц до 325 мг/л и БПК₅ — 270 мг O₂/л перед поступлением сточных вод в зону аэрации. Если в сточной воде взвешенные частицы и БПК₅ не превышают указанных величин, то такую сточную воду подают в установки без предварительной механической очистки. Если же концентрация их выше, то перед подачей сточной воды в зону аэрации компактных установок она должна пройти механическую очистку.

Эффективность очистки сточных вод на компактных канализационных установках заводского изготовления зависит от правильности устройства и эксплуатации сооружений, от систематичности технического надзора за их эксплуатацией и периодического (минимум 1 раз в 1 мес) санитарно-гигиенического контроля. Ежедневно наблюдает за работой компактных установок обученный механик-оператор или электрослесарь.

Наши исследования по гигиенической оценке компактных установок заводского изготовления дали возможность рекомендовать оценочную шкалу (табл. 24) эффективности очистки сточных вод в этих установках и доочистки биологически очищенных сточных вод на сооружениях третичной очистки по бактериологическим показателям.

Аэротенки-осветлители колонного типа конструкции НИКТИ ГХ. В системах малой канализации для биологической очистки сточных вод, малых в том числе, сельских населенных пунктов и отдельно расположенных объектов особенно актуальным является применение аэротенков-осветлителей колонного типа. Новую технологию процесса очистки сточных вод в аэротенках-осветлителях колонного типа разработали в НИКТИ ГХ Украины (Киев). Канализационное сооружение имеет вид вертикального резервуара круглой или прямоугольной в плане формы (рис. 50). При помощи системы перегородок сооружение разделяется на зоны аэрации, осветления, дегазации и рециркуляции. Зона осветления в виде ярусов расположена по всей высоте сооружения и значительно превышает по объему зону аэрации.

Последняя является практически камерой насыщения ило-водяной смеси кислородом воздуха. Образование ярусного взвешенного слоя активного ила с развитой суммарной поверхностью дало возможность интенсифицировать процесс очистки в сооружении и реализовать эффект, который обеспечивается биосорбцией микроорганизмами активного ила. Благодаря значительной гидравлической пропускной способности биологически очищенная сточная вода после кратковременного контакта с илом фильтруется с большой скоростью через взвешенный слой активного ила и

выводится из зоны аэрации. Окисляются загрязнения во время пребывания активного ила в зоне аэрации.

Следовательно, аэротенк-осветлитель колонного типа можно рассматривать как ферментер, который работает по принципу хемостата с внутренним содержанием биомассы. Многоярусный взвешенный слой активного ила в сооружении выполняет роль реактора. В нем одновременно происходят процессы сорбции органических веществ на частицах активного ила, их окисление и отделение ила из ило-водяной смеси. Принцип работы аэротенка-осветлителя колонного типа состоит в следующем: осветленная в первичном отстойнике (4) сточная вода поступает в зону аэрации установки (7). Там она аэрируется и смешивается с активным илом. Насыщенная кислородом иловая смесь с верхней части зоны аэрации через переливные окна (9) поступает в ярусную камеру осветления (10). Там она фильтруется через взвешенный слой активного ила, поднимается вверх и отводится по трубопроводу (13) из установки или на фильтр доочистки (14). Доочищенная сточная вода по трубопроводу (15) отводится из установки на следующий этап (сбрасывание в водоем).

По такому же принципу работают и аэротенки-осветлители колонного типа блочно-модульной конструкции со струйной аэрацией, также аэротенк-осветлитель коридорного типа.

Компактные очистные сооружения с биобарабанами предназначены для небольших объемов сточных вод. Это сооружения с фиксированной и свободно плавающей микрофлорой. Этот метод очистки сточных вод получил значительное распространение на станциях с разной производительностью, в том числе на малых объектах, в частности в сельской местности. Преимущество его состоит в том, что закрепленные на биобарабанах микроорганизмы не выносятся из сооружений во время колебания состава сточных вод, поступающих в установки, а также при наличии в стоках токсических примесей. В отличие от аэротенков, такие сооружения характеризуются высоким стойким эффектом очистки сточных вод, быстрым удалением загрязнений, меньшей материал- и металлоемкостью.

Погружные биофильтры новой конструкции — биобарабаны со стеклоершовой загрузкой для закрепления микроорганизмов — предложил Макеевский инженерно-строительный институт. Они имеют значительную сорбционную поверхность (1500 м² на 1 м³ объема биобарабана, что на порядок больше, чем у биодисков) и большее количество микрофлоры (до 15 кг на 1 м³ объема биобарабана). Это обеспечивает высокую стойкость очистного сооружения к качеству загрязняющих веществ, которые поступают со сточными водами. Очистка сточных вод на предложенном сооружении характеризуется интенсивным течением процессов минерализации органических веществ. Об этом свидетельствует уменьшение БПК₅ на 91,07%, содержания взвешенных частиц — на 97,41%, СПАВ — на 94,77%, нефтепродуктов — на 97,55%, фосфатов — на 27,71%, сапрофитной микрофлоры — на 84,21%, повышение коли-титра — на 99,57%, уменьшение количества азота аммонийного — на 75,51%.

При этом содержание сульфатов, хлоридов и жесткость сточных вод не изменяются. В то же время сточные воды, очищенные на сооружениях с биобарабанами, подлежат обязательному обеззараживанию. Для достижения эффективной очистки сточных вод носители иммобилизованных клеток бактерий должны иметь большую удельную поверхность сорбции, осуществлять малое гидравлическое сопротивление потоку движущейся жидкости и быть недорогими. Таким требованиям отвечают пенополиуретан, щебень, гравий, керамзит, изделия из стекловолокна. Как свидетельствуют исследования, указанный спектр носителей сорбирует в среднем до 80% бактериальных клеток. По уменьшению адсорбционных свойств эти материалы могут быть размещены в следующем порядке: керамзит — пенополиуретан — ерши из стекловолокна. В этой системе биологической очистки вместе с бактериями участвуют и

ресничные простейшие, способствующие флокуляции бактерий и минерализации органических соединений.

Автоматическая станция "Симбиотенк" является компактным комбинированным сооружением аэробной биологической очистки сточных вод. В симбиотенке формируется биоценоз, представленный авто- и гетеротрофной микрофлорой и микроводорослями, иммобилизованными на полупогружных дисках заключительных модулей сооружения. Благодаря жизнедеятельности микрочлеников родов *Chlorella*, *Ankistrodesmus* и *Scenedesmus*, компактно иммобилизованных на дисках, происходят в единой технологической цепи процессы деструкции органических загрязнений сточных вод, их нитрификация и удаление биогенных элементов. Кроме того, биоценоз симбиотенка обладает высокой антимикробной активностью благодаря продуцированию так называемых вторичных антимикробных соединений — гекса- и октадекатетраеновых жирных кислот.

Качество сточных вод, прошедших сооружение, отвечает требованиям, при соблюдении которых их можно сбрасывать в естественные водоемы. Высокая эффективность очистки и доочистки сточных вод, простота конструкции, минимальное количество обслуживающего персонала, долговечность и надежность в работе автоматической станции "Симбиотенк" свидетельствуют о перспективности применения экологически чистой и энергосберегающей технологии в системе малой канализации населенных пунктов.

Теоретические основы биологической очистки сточных вод в почве. В большей части сооружений, моделирующих процессы самоочищения в почве, биологическая очистка сточных вод происходит в слое естественной почвы.

В поверхностном слое почвы происходит биологическая очистка сточных вод на полях фильтрации и орошения. В глубоких слоях почвы — на площадках подземной фильтрации, в фильтрующих траншеях, фильтрующих колодцах. Основными задачами таких сооружений по очистке бытовых и близких к ним по составу промышленных сточных вод являются:

- обеспечение быстрого и эффективного разрушения органических соединений путем их минерализации и гумификации;

- освобождение сточных вод от патогенных бактерий, энтеровирусов, яиц гельминтов путем их поглощения (сорбции) и дальнейшего отмирания под влиянием естественных факторов самоочищения фильтрующего слоя почвы;

- предотвращение загрязнения грунтовых вод патогенными микроорганизмами и химическими веществами;

- предотвращение накопления химических веществ в почве в концентрациях, влияющих на процессы самоочищения или опасных с точки зрения накопления их в растениях;

- предотвращение загрязнения почвенного и атмосферного воздуха. Решают эти задачи путем правильного выбора гидравлической нагрузки сточных вод на почву. Это очень важно, так как с гигиенической точки зрения, почва является ведущим фактором, влияющим на скорость поглощения, обезвреживания и передвижения микробных и химических загрязнений.

Поскольку все растворенные и взвешенные в воде ингредиенты загрязнений могут мигрировать в почву только с почвенной влагой, важно знать, с участием какой почвенной влаги это происходит. Влага в почве может находиться в форме: гигроскопичной влаги, конденсирующейся на поверхности почвенных частиц; пленочной воды, удерживающейся на поверхности почвенных частиц под действием молекулярных сил; капиллярной воды, находящейся в капиллярах между почвенными частицами и удерживающейся силой поверхностного натяжения водяных менисков, и, наконец, свободной гравитационной воды, находящейся под влиянием только силы тяжести или гидростатического напора и заполняющей крупные (не капиллярные) промежутки почвы.

Вода может находиться в почве сразу во всех четырех формах или только в трех, двух или даже в одной форме — гигроскопической влаги, что наблюдается при чрезмерном высыхании почвы. Из всех четырех форм важное гигиеническое значение имеет капиллярная и свободная гравитационная влага почвы.

Именно с этой влагой перемещается основная часть бактериальных и химических загрязнений в почве.

Рассмотрим эти явления на примере площадки подземной фильтрации. В начальной стадии увлажнения почвы сточная вода, попавшая в почву через пропилы подземной оросительной сети, под действием капиллярных сил и силы тяжести продвигается во все стороны, увлажняя почву и образуя так называемое тело смачиваемости. В начале его образования нижний край продвигается вниз сравнительно медленно, так как сточная вода, попавшая в почву, растекается по капиллярам в большом объеме почвы. На форму и величину тела смачиваемости влияет ряд факторов. Например, при глубоком залегании грунтовых вод и незначительном поступлении воды к телу смачиваемости поступление воды может компенсироваться испарением. В таком случае тело смачиваемости перестает увеличиваться и смоченная почва как бы подвешивается в толще фильтрующего слоя. Такое явление чаще всего наблюдается в условиях жаркого климата при значительном дефиците влаги и глубоком залегании грунтовых вод.

С гигиенических позиций почву важно орошать таким образом, чтобы влага распространялась в ней как инфильтрационная, что обеспечивает разрыв гидравлической связи между телом смачиваемости и зоной капиллярного поднятия грунтовых вод. Е.И. Гончарук доказал, что в потоке грунтовых вод, медленно передвигающихся, минерализация органических веществ завершается в течение 400 сут, а санитарно-показательные микроорганизмы гибнут через 200 сут.

Органические вещества в виде белков, жиров, углеводов животного и растительного происхождения, а также продуктов их обмена, попавшие в почву со сточными водами, разрушаются и превращаются в неорганические вещества (процесс минерализации) или из органических веществ, сточных вод, синтезируется новое органическое вещество почвы — гумус (процесс гумификации). Процессы минерализации и гумификации органических веществ, сточных вод в почве являются очень сложными. В реальных условиях они протекают параллельно и одновременно под влиянием большого количества организмов, входивших в состав биоценоза почвы. Главную роль в этих процессах играют аэробные и анаэробные микробы почвы. Кроме микробов, в этих процессах принимают участие актиномицеты, грибы, простейшие и растения.

Микроорганизмы, которые разрушают и синтезируют органическое вещество при использовании почвенных методов очистки сточных вод, имеют двойное происхождение: одна их часть поступает в почву со сточными водами, а вторая — это бактериальная флора собственно почвы, приспособившаяся к определенным условиям существования.

По данным Т.С. Ремизовой, в 1 мл бытовой сточной воды содержатся сотни миллионов бактерий. Численность микроорганизмов бактериальной флоры чистой почвы, по данным Е.М. Мишустина и М.И. Перцовской, в различных почвах стран СНГ колеблется от 175 тыс. до 8,5 млн в 1 г почвы. После поступления в почву бытовых сточных вод количество бактерий достигает миллиардов в 1 г почвы. В частности, СМ. Строгановым установлено, что общее количество бактерий на Люберецких полях орошения составляло 7 млрд в 1 г почвы.

Наибольшее количество бактерий в почве содержится в поверхностном ее слое глубиной от 0,1 до 0,2 м. Этот наиболее активный слой почвы под 1 м² поверхности занимает объем почвы 0,2 м³, или 200 дм³. При плотности почвы 2 кг/дм³ масса этого слоя имеет 400 кг, или $4 \cdot 10^5$ г. Поскольку в 1 г почвы полей орошения или фильтрации содержится в среднем $5 \cdot 10^9$ бактерий, то число бактерий в такой массе почвы составит: $5 \cdot 10^9 \times 4 \cdot 10^5 = 2 \cdot 10^{15}$. При диаметре бактерии 2 мкм ($2 \cdot 10^{-3}$ мм), площади поверхности одной бактериальной клетки ($S = 4\pi r^2$), равной $1,2 \cdot 10^{-5}$ мм², суммарная поверхность

биоценоза почвы составит $2 \cdot 10^{15} \times 1,2 \cdot 10^{-5} = 2,4 \cdot 10^{10}$ мм² или $2,4 \cdot 10^4$ м², или 2,4 га. Поданным О.П. Селиванова, общая поверхность частиц такого активного рабочего слоя почвы толщиной 0,2 м под 1 м² поверхности составляет 2,5 га. Иначе говоря, почти вся поверхность частиц почвы занята бактериями.

Таким образом, сточная вода, попадая на 1 м² поверхности почвы, контактирует во время фильтрации через слой 0,2 м с поверхностью частиц почвы 2,5 га и поверхностью микроорганизмов 2,4 га. Такая огромная активная поверхность фильтрующего слоя почвы обеспечивает относительно быстрое и надежное поглощение и обезвреживание органических веществ, содержащихся в сточных водах. Несмотря на сложность процесса поглощения и разрушения органического вещества, его можно схематически представить следующим образом.

Попав на поверхность почвы или в ее толщу, взвешенные, коллоидные и растворенные органические вещества, бактерии, вирусы, яйца геогельминтов, содержащиеся в сточных водах, начинают поглощаться по мере продвижения в фильтрующем слое почвы. Такое поглощение связано с механической, физической, физико-химической, химической и биологической поглотительной способностью почвы. Интенсивность поглощения указанных ингредиентов тем выше, чем более мелкие фракции почвы. Она возрастает по мере заиливания промежутков между ними при одновременном снижении коэффициента фильтрации, то есть скорости, с которой вода продвигается в почве в вертикальном направлении под действием силы тяжести. Имеются данные о том, что разные ингредиенты неодинаково удерживаются почвой. Так, глубже всех продвигаются хлориды и нитраты, в меньшей степени — нитриты, аммиак и растворенные органические вещества; еще меньше — бактерии, вирусы, яйца геогельминтов. В целом большинство химических загрязнителей продвигаются в почве в 1,5 раза, а большинство бактериальных загрязнений — в 2—2,5 раза медленнее, чем вода. В то же время установлено, что синтетические детергенты моющих средств, содержащиеся в бытовых сточных водах, очень слабо поглощаются почвой и легко прилипают к грунтовым водам. При этом они способствуют и более глубокому проникновению в толщу почвы бактерий и вирусов. Одновременно с поглощением химических веществ (взвешенных, коллоидных и растворенных) происходит распад поглощенных почвой органических соединений благодаря процессам минерализации и гумификации.

В процессе биологической очистки сточных вод почвенными методами выделяют два периода: биологического созревания фильтрующего слоя почвы и биохимического окисления загрязнений.

Период биологического созревания фильтрующего слоя почвы — это время, в течение которого поверхность частичек фильтрующего слоя почвы (наиболее активного 0,2 м) покрывается биологической пленкой. Эта биопленка представлена в основном биоценозом микроорганизмов, наиболее приспособленным к определенным конкретным условиям (качеству сточных вод, гидравлической нагрузке, температуре, рН и др.). Этот период, по данным Е.И. Гончарука, длится от 5—6 мес до 1 года.

В первые дни периода биологического созревания взвешенные вещества, коллоиды и другие фракции сточных вод, в том числе микроорганизмы, задерживаются в фильтрующем слое почвы главным образом благодаря ее механической, физической, физико-химической и химической поглотительной способности. Вследствие этих процессов концентрация загрязнений в фильтрате сточной воды уменьшается, а на поверхности частиц фильтрующего слоя почвы увеличивается. Дальнейшее накопление органической субстанции, а также накопление и размножение аэробных микроорганизмов на поверхности частиц наиболее активного фильтрующего слоя почвы приводит к их обрастанию биопленкой. Благодаря развивающейся биопленке к физико-химическим

сорбции-онным процессам присоединяются очень интенсивные процессы биологической сорбции органических загрязнений сточной воды, получившие название биосорбции.

Биосорбция является ведущим механизмом биохимической очистки сточных вод в почве. Сорбированные биопленкой органические вещества сточных вод подвергаются биохимическому распаду под влиянием экзо- и эндоферментов аэробных микроорганизмов. Вследствие этого белки, жиры, углеводы и продукты их обмена преобразуются в гумус — новое, синтезированное микроорганизмами, органическое вещество почвы, CO_2 , H_2O , нитраты, сульфаты и фосфаты. Процесс протекает с выделением значительного количества тепла. При почвенных методах очистки сточных вод основное значение имеет процесс минерализации. Гумификация оказывает незначительное действие на распад органического вещества сточных вод. Механизм этого процесса очень сложный и не полностью изучен. Детальнее процессы минерализации и гумификации органических загрязнений в почве рассмотрены в разделе III.

Одновременно с биологической очисткой в почве происходит обеззараживание сточных вод. Под действием механического фактора, поверхностной энергии и электрохимических взаимоотношений в почве происходит поглощение бактерий. Интенсивность такого поглощения зависит от размеров почвенных частиц, вида бактерий, их подвижности, pH среды и других условий. В процессе фильтрации сточных вод промежутки между твердыми частицами почвы заполняются биопленкой. Поглощательная способность почвы при этом повышается, а проницаемость для бактерий снижается. Часть микроорганизмов сточных вод после поглощения биопленкой почвы выживает и входит в состав биоценоза почвы как активный участник микробиологических процессов. Часть микроорганизмов отмирает под влиянием различных внешних факторов и агентов биологического характера, освобождая сорбционную поверхность почвы.

Важным условием, влияющим на жизнеспособность поглощенной сапрофитной и патогенной кишечной микрофлоры, является антагонизм простейших и других сапрофитных микроорганизмов почвы. Бактерии тифозно-паратифозной группы, группы кишечной палочки и другие представители кишечной микрофлоры разрушаются бактериофагами и антимикробными соединениями, вырабатываемыми как микроорганизмами почвы, так и другими высокоразвитыми организмами, в том числе растениями и животными. Заметная роль в обеззараживании микроорганизмов, попадающих в почву со сточными водами, принадлежит ферментам как собственно сточных вод, так и образуемым вследствие процессов обмена веществ различной почвенной флоры и фауны.

Среди факторов, ускоряющих отмирание патогенных бактерий в почве, определенное место занимают недостаток питательных веществ, аэрация, колебание температуры. В естественных условиях, безусловно, действует обычно комплекс всех перечисленных факторов и от их влияния зависит большая или меньшая продолжительность жизни бактерий, поступающих в почву со сточными водами.

Яйца геогельминтов, попадая в почву, со временем отмирают. Но продолжительность их выживания в почве, по данным Н.А. Романенко, составляет 7—10 лет.

Используя естественную почву для биологической очистки сточных вод, следует предотвратить накопление химических веществ в почве в концентрациях, опасных для загрязнения грунтовых вод, атмосферного воздуха, растений и самоочищающей способности почвы. Этого достигают путем предотвращения внесения в почву вместе со сточными водами химических веществ в количествах, превышающих адаптационную возможность почвы.

Биологические фильтры являются сооружениями, в которых процесс биологической очистки сточных вод протекает в искусственно созданных условиях. Конструируют биофильтры двух типов: периодического (контактного) и непрерывного действия. Вследствие малой мощности и высокой стоимости контактные биофильтры

сегодня не применяют. Биофильтры непрерывного действия по мощности подразделяют на капельные и высокона-гружаемые. По способу аэрации, биофильтры устраивают с естественной и искусственной (аэрофильтры) аэрацией. Капельные биофильтры — биофильтры, действующие непрерывно. В зарубежной практике их еще называют оросительными, или перколяторными. Капельные биофильтры рекомендуют проектировать пропускной способностью не более 1000 м³/сут. Они предназначены для полной биологической очистки сточной воды (до БПК₂₀ 15 мг О₂/л). Высоконагружаемые биофильтры — биофильтры с искусственной аэрацией. В отечественной практике их используют с 1929 г. под названием аэрофильтров. В США такие биофильтры под названием высоконагружаемых появились в 1936 г.

Капельный биофильтр имеет вид водонепроницаемого резервуара круглой, прямоугольной или квадратной в плане формы, изготовленного из железобетона. Над цельным водонепроницаемым дном устраивают дренаж, на который насыпают фильтрующий материал (гравий, щебень и т. п.). Над этим слоем размещают распределительные устройства. Поверхность капельного биофильтра орошается сверху равномерно через небольшие промежутки времени. При этом сточная вода на поверхность фильтрующего материала попадает в виде капель, струи (капельные или оросительные) или тонкого слоя воды (перколяторные).

В отечественной практике в капельные биофильтры вода поступает естественным путем — сверху через открытую поверхность биофильтра и снизу через дренаж. Капельные биофильтры рассчитаны на низкие гидравлические нагрузки (не более 0,5—1 м³ сточной воды на 1 м³ фильтрующего материала), а также меньший по сравнению с высоконагружаемыми биофильтрами размер фракций загрузки (20—40 мм).

Биофильтр работает следующим образом. Осветленная в первичных отстойниках сточная вода самотеком (или под давлением) поступает в распределительные устройства, которые периодически напускают воду на поверхность фильтрующей загрузки биофильтра. Проходя через фильтрующую загрузку биофильтра, загрязненная вода вследствие адсорбции освобождается от взвешенных и коллоидных органических веществ, которые не задержались в первичных отстойниках. На поверхности фильтрующего материала вследствие адсорбции образуется пленка, интенсивно заселенная микроорганизмами. Микроорганизмы биопленки окисляют органические вещества и получают необходимую для жизнедеятельности энергию. Часть растворенных органических веществ микроорганизмы используют в качестве пластического материала для увеличения своей массы. Следовательно, со сточной воды, которая фильтруется через загрузку биофильтра, удаляются органические вещества, а в теле биофильтра увеличивается масса активной биологической пленки. Отработанная и отмершая биологическая пленка смывается сточной водой и выносится за пределы биофильтра.

Сточная вода, профильтрованная сквозь толщу фильтрующей загрузки биофильтра, проходит через отверстия (дренажи) в дырчатом дне, собирается на цельном водонепроницаемом днище, а оттуда стекает по отводным лоткам, расположенным за пределами биофильтра, и подается во вторичные отстойники. Там задерживается биологическая пленка, которая выносится из биофильтра вместе с биологически очищенной сточной водой. Эффект очистки биофильтров такого типа может достигать по БПК₂₀ 90% и более.

Поля фильтрации ' предназначены исключительно для полной биологической очистки сточных вод. Это земельные участки, на которых происходит распределение и фильтрация через почву сточных вод (рис. 54). Их надлежит устраивать на песках, супесках и легких суглинках. Продолжительность отстаивания сточных вод перед подачей на поля фильтрации должна составлять не менее 30 мин.

Земельные участки под поля фильтрации должны быть со спокойным или слабо выраженным рельефом с наклоном до 0,02. Их надлежит размещать по течению грунтовых вод ниже водозаборных сооружений из межпластовых водоносных горизонтов

на расстоянии, которое должно соответствовать радиусу зоны депрессии вокруг артезианской скважины, но не менее 200 м для легких суглинков, 300 м — для супесков и 500 м — для песков.

При размещении полей фильтрации выше течения грунтовых вод, их расстояние до водозаборных сооружений из межпластовых водоносных горизонтов надлежит определять с учетом гидрогеологических условий и требований санитарно-эпидемиологической службы. Не разрешается устраивать поля фильтрации на территориях, граничащих с местами выклинивания водоносных горизонтов, а также при наличии трещиноватых пород и карст, не перекрытых водоупорным слоем.

Поля орошения предназначены одновременно для очистки и утилизации сточных вод, как источника влаги и питательных веществ, при выращивании сельскохозяйственных культур.

Природные почвы, особенно на пахотных землях, заселены различной микрофлорой, способной в процессе питания разрушать, минерализовать и нитрифицировать органические вещества. Во время орошения микрофлора полей дополнительно обогащается значительным количеством микроорганизмов, которые вносятся со сточными водами. Эти микроорганизмы энергично размножаются, так как сточные воды непрерывно доставляют питательные вещества, увлажняют и согревают почву. Благодаря этому даже "мертвые" почвы под влиянием орошения сточными водами превращаются в плодородные. Попадая в почву, микроорганизмы адсорбируются, размножаются и образуют вокруг каждой структурной частицы сплошную биологическую пленку. На поверхности этой пленки в свою очередь адсорбируются и в процессе жизнедеятельности микроорганизмов минерализуются растворимые органические вещества сточных вод.

Для успешного течения биологической очистки на полях орошения наиболее важными являются два фактора: 1) соблюдение аэробных условий процесса за счет кислорода воздуха, содержащегося в порах почвы; 2) соответствие количества сточной воды, подаваемой на поля, способности почвы к минерализации. Количество сточной воды, подаваемой одновременно на поля, должно соответствовать влагоемкости почвы, которая выражается общим объемом заполненных воздухом пор почвы.

Расчетная гидравлическая нагрузка сточных вод на поля орошения выражается в кубических метрах сточной воды на 1 га поля в сутки. Она изменяется, согласно СНиП 2.04.03-85, в зависимости от фильтрующей способности почвы. Для полей орошения, кроме того, оросительная норма сточных вод ограничивается интересами вегетации растений. Дыхание корневой системы не может происходить в условиях чрезмерной влажности, поэтому нагрузку на поля орошения уменьшают вдвое по сравнению с полями фильтрации.

В зависимости от характера почвы (легкие суглинки, супески, пески), температурных условий и уровня залегания грунтовых вод от поверхности земли эти нормы нагрузки могут составлять соответственно от 55 до 100 м³/га, от 80 до 150 м³/га и от 120 до 250 м³/га.

В районах, где среднегодовое количество атмосферных осадков колеблется от 50 до 700 мм, гидравлическая нагрузка на поля снижается на 15—20%; свыше 70 мм, а также для I и IIIА климатического региона — на 25—30%.

Иногда площадь полей орошения (фильтрации) проверяют на намораживание сточных вод. Продолжительность его рассчитывают, исходя из количества дней в году со среднесуточной температурой воздуха ниже -10 °С. Условия фильтрации сточных вод в этом случае определяются с учетом коэффициента снижения величины фильтрации в период намораживания. Для легких суглинков этот коэффициент составляет 0,3, для супесков — 0,48, для песков — 0,55.

Поля орошения (фильтрации) разбивают на карты. Площадь одной карты при механизированной обработке поля должна быть не менее 1,5 га. В каждом случае размеры

оросительных карт определяют в зависимости от рельефа местности, общей рабочей площади полей, способа обработки. Отношение ширины карты к ее длине должно составлять от 1:2 до 1:4. При соответствующем обосновании длину карт можно увеличить.

Площадь резервных карт обосновывают в каждом отдельном случае. Она не должна превышать полезной площади полей фильтрации, которые проектируются в III—IV климатическом районе, на 10%, во II — на 20% и в I — на 25%.

Размеры полей орошения (фильтрации) увеличиваются дополнительно для устройства сетей, дорог, ограждающих валков, зеленых насаждений из расчета до 25% общей площади полей фильтрации свыше 100 га и до 35% — 1000 га и менее.

При полях орошения (фильтрации) нужно предусмотреть устройство душевой, помещений для высушивания спецодежды, отдыха, приема пищи персоналом. На каждые 75—100 га площади полей следует предусмотреть помещения для обогрева персонала, обслуживающего поля фильтрации.

Благодаря опыту эксплуатации (устройства в 30-х годах XX ст.) полей орошения на черноземах Харькова, Магнитогорска, по данным научных агрохимических исследований Н.М. Величкиной, была установлена пригодность этих почв для полной биологической очистки сточных вод.

Вместе с тем следует отметить, что со времени появления в нашей стране первых полей орошения сточными водами, значительные изменения произошли и в методах первичной подготовки воды и способах ее применения. В 60-х годах XX ст. значительно возросли требования к охране окружающей среды, особенно поверхностных водоемов, от загрязнения сточными водами. Из-за этого стала обязательной предварительная биохимическая очистка хозяйственно-бытовых сточных вод искусственными методами. Орошение сельскохозяйственных угодий биологически очищенными сточными водами начали рассматривать как метод доочистки (третичной) биологически очищенных сточных вод.

Для расширения масштабов применения методов очистки бытовых и промышленных (производственных) сточных вод в почве разработаны различные методы их первичной подготовки. Выбор таких методов, по мнению многих исследователей, определяется начальным качеством сточных вод, способом орошения почвы, климатическими условиями, уровнем залегания грунтовых вод и другими факторами.

Кроме предварительной подготовки сточных вод, разработаны и усовершенствованы методы их применения, начиная с полной заливки земельных угодий водами, орошение при помощи борозд, дождевания, наконец, подпочвенного орошения.

Со всех способов орошения наиболее приемлемым и безопасным в эпидемиологическом, санитарно-гигиеническом, агроэкономическом и водохозяйственном аспекте является подпочвенное орошение. При применении подпочвенного орошения соблюдается эпидемиологическая безопасность выращиваемых растений, уменьшается загрязнение поверхностных водоемов соединениями азота и фосфора. Благодаря этому устраняется эвтрофикация поверхностных водоемов, улучшается их санитарное состояние.

Используя почвенные методы очистки бытовых и промышленных сточных вод, прежде всего учитывают гигиенические показания, качество сточных вод, почвенно-климатические условия и экономические расчеты. Целесообразность орошения сточными водами сельскохозяйственных угодий определяется специализацией сельскохозяйственного производства и среднегодовым количеством атмосферных осадков на данной территории.

В Украине рекомендованы оросительные нормы основных сельскохозяйственных культур (разработанные при нашем участии) ведомственным нормативным документом Государственного комитета Украины водного хозяйства "ВНД 33-3.3-01-98. Переработка городских сточных вод и использование их для орошения кормовых и технических культур". В зависимости от погодных условий, потребности растений, для

предотвращения гидравлической связи с грунтовыми и межпластовыми водами и предупреждения их загрязнения, оросительные нормы для городских биологически очищенных сточных вод не должны превышать 250—300 м³/га. В засушливый период рекомендованные в Украине нормы орошения для разного вида культур колеблются от 800—1000 до 2400—3000 м³/га в условиях лесостепи и от 700 до 7000 м³/га — южной степи.

Влияние биологически очищенных сточных вод на санитарное состояние почвы и процессы ее самоочищения в условиях орошаемого земледелия нами изучено в различных климатогеографических регионах Украины — Киевской, Харьковской, Донецкой области, Крыму. Исследования показали, что орошение почв Крымского региона биологически очищенными городскими сточными водами при соблюдении оросительной нормы 3500 м³/га в год, не приводит к нарушению процессов самоочищения и значительному микробному загрязнению почвы сельскохозяйственных угодий. Количество санитарно-показательных микроорганизмов, отсутствие в исследуемых пробах почвы жизнеспособных яиц геогельминтов и сальмонелл на фоне низких титров выделенных кишечных вирусов, позволили оценить санитарное состояние орошаемых массивов как удовлетворительное.

Дополнительное удобрение сельскохозяйственных угодий минеральными удобрениями активизирует процессы самоочищения почвы от органических веществ, вносимых с биологически очищенными сточными водами.

В то же время использование с этой целью животноводческого навоза и осадка сточных вод на богарных и орошаемых сельскохозяйственных угодьях, способствует увеличению бактериального загрязнения почвы при орошении биологически очищенными сточными водами. Сказанное свидетельствует о необходимости дополнительного обеззараживания животноводческого навоза и осадка сточных вод перед использованием их в качестве удобрения.

Площадки подземной фильтрации (ППФ). В сельскохозяйственной терминологии полем обычно называют несколько гектаров земельного участка, используемого для выращивания сельскохозяйственных культур. Поскольку территория, которую отводят под местные очистные канализационные сооружения, чаще всего измеряется несколькими десятками, реже — сотнями квадратных метров (до 1 га), то местные очистные сооружения называют не полями, а площадками подземной фильтрации (орошения).

Исследованиями А.Г. Асланяна, Е.И. Гончарука, А.А. Роде, О. Израэльсона показано, что в почвах, где устройство площадок подземной фильтрации (орошения) возможно, постоянное увлажнение корневой зоны большинства сельскохозяйственных растений происходит лишь в том случае, если подземная оросительная сеть заглублена не более чем на 0,65—1,0 м от поверхности земли. Следовательно, если оросительная сеть заглублена до 1,0 м от поверхности земли, такой вид сооружений правильнее называть площадками подземного орошения, а при заглублении свыше 1,0 м — ППФ.

Требования к выбору и применению ППФ зависят от: количества сточных вод, подлежащих отведению от населенного пункта или отдельно расположенного объекта; фильтрующей способности почвы; глубины залегания грунтовых вод; температурных условий; среднегодового количества атмосферных осадков и др. Системы с ППФ устраивают на объектах с водоотведением от 1 до 25 м³/сут, то есть они принадлежат к местным очистным сооружениям малой канализации. Разновидностей схем с ППФ может быть как минимум 5: с 1, 2, 3-камерными септиками, с улавливателями жира, нефтепродуктов, с перекачкой сточных вод и др.

Основным элементом системы с ППФ является подземная оросительная сеть. Во время проведения экспертизы системы определяют: длину подземной оросительной линии, количество таких линий, площадь земельного участка, необходимого для устройства системы. Подземную оросительную сеть лучше устраивать из асбоцементных труб диаметром не менее 100—200 мм. Допускается оросительную сеть устраивать из

керамических и пластмассовых труб. Можно также применять оросительные лотки из кирпича, бетона, текстолитового стеклоцемента, но не из дерева.

При канализовании инфекционных отделений с применением ППФ, кроме обязательного обезвреживания инфицированного осадка из септиков, необходимо придерживаться таких условий: высота фильтрующего слоя должна быть не менее 3 м от лотка оросительных линий, гидравлическая нагрузка сточных вод — не превышать 15—20 л/сут на 1 м подземной оросительной сети.

Под ППФ сначала роют котлован шириной 0,8—1,0 м. Расстояние от его дна до наивысшего уровня грунтовых вод должно быть не менее 1 м. Именно в этом слое почвы под дном котлована будет происходить биологическая очистка сточных вод. Площадь под котлован рассчитывают по формуле: $S = a \cdot Q/q$. Длину котлована принимают не более 20 м, исходя из длины отдельной оросительной линии. Ширину его рассчитывают по формуле: $b = S/l$. Для ускорения созревания сооружения на дно котлована укладывают 1—2 см гумусового слоя почвы, далее — слой гравия толщиной 15 см. На гравий укладывают асбестоцементные трубы с пропилами на половину диаметра трубы. Пропилы делают по всей длине трубы на расстоянии 150—200 мм одна от другой. Трубы укладывают пропилами вниз и соединяют при помощи муфт. Обычно оросительные линии укладывают параллельно на расстоянии a одна от другой, которое зависит от типа почвы. Наклон труб не должен превышать 0,001 в песчаных почвах.

В супесчаных и суглинистых почвах укладывание труб должно быть горизонтальным. Можно укладывать оросительные линии радиально, тогда величина внутреннего угла не должна быть менее 30°. При этом лотки труб надлежит размещать на одном уровне. Наименьшая глубина укладывания оросительной сети — 0,5 м от уровня земли до верха трубы. Если в систему с ППФ поступают сточные воды больниц, глубина от поверхности земли должна быть не менее 1,0 м. В конце каждой оросительной линии оборудуют вентиляционный стояк в виде вертикально расположенной асбестоцементной трубы диаметром 100 мм, погруженной ко дну котлована. После укладывания труб оросительную систему засыпают гравием на 1—2 см выше пропилов. На оросительные трубы укладывают 1—2 см поверхностно-растительного (гумусового) слоя почвы. Засыпают котлован почвой, начиная с поверхностного слоя. Территорию ППФ желательно использовать для выращивания технических сельскохозяйственных культур или трав.

Площадки подземного орошения (ППО). Под ППО подразумевают увлажненные через подземную оросительную сеть земельные участки, предназначенные для выращивания сельскохозяйственных культур. Подземную оросительную сеть на таких участках укладывают не глубже 0,6 м от поверхности земли.

Поскольку в практике санитарно-технического строительства местных канализационных сооружений чаще всего применяют ППФ, то для удобства изложения материала часто условно площадки подземной фильтрации и подземного орошения называют площадками подземной фильтрации.

Площадки подпочвенного (внутрирядового) орошения (ПВО). Площадки подпочвенного (внутрирядового) орошения являются разновидностью ППО. Они предназначены для полной биологической очистки бытовых и близких к ним по составу производственных сточных вод (до 15—25 м³/сут). Обязательными составными частями этого вида сооружений являются септик и земельный участок, на котором укладывается оросительная сеть. Поскольку площадки подпочвенного орошения применяют для очистки небольшого количества сточных вод и они занимают незначительную площадь, то, по нашему мнению, их правильнее называть ПВО. От ППО они отличаются более поверхностным заложением оросительных дренажных труб, которые укладывают на глубине 0,05—0,1 м от поверхности почвы. Расстояние между оросительными линиями следует принимать в песках 1,3, в супесках — 1,7 м. Над оросительными дренами насыпают гряды из местных грунтов высотой 0,2 м и шириной 0,6—0,8 м.

На поверхности гряд выращивают сельскохозяйственные культуры. Д.Б. Пигута (1955) предложил такой вид очистных сооружений называть внутрпочвенным орошением. Мы также усматриваем в этом определенный смысл, так как слой почвы до материнской породы иногда может занимать несколько метров. Понятно, что в таких случаях теряется смысл "орошения" под слоем почвы.

Фильтрующие траншеи (ФТ). Системы ФТ с естественным слоем почвы являются разновидностью ППФ. Они отличаются от последних лишь высотой слоя подсыпки под оросительной сетью. Если при устройстве ППФ высота подсыпки крупнозернистым материалом не превышает 0,10—0,15 м, то в фильтрующих траншеях она составляет в песчаных почвах минимум 0,2—0,3 м, в супесчаных — 0,3—0,4 м, а в суглинистых — до 0,4—0,6 м. Такой слой подсыпки дает возможность увеличить нагрузку сточных вод в 1,5—2 раза. Биологическая очистка сточных вод на этом типе сооружений, как и на ППФ, происходит в естественном фильтрующем слое почвы. Очищенный в траншеях фильтрат поступает в поток грунтовых вод. А.И. Василенко, предложивший этот вид сооружений, рекомендует называть их высоконагружаемыми ППФ.

Среди разновидностей ФТ с естественным слоем почвы выделяют очистные сооружения с примитивными ФТ. Их особенностью является то, что в отличие от описанных выше, в таких сооружениях траншеи в почве закладывают вязками веток (фашинами) и присыпают незначительным слоем почвы, извлеченной во время рытья котлована.

Фильтрующие колодцы (ФК). В литературе, посвященной санитарно-техническим и гигиеническим проблемам водоотведения, не разграничивают понятия "всасывающий", "фильтрующий" и "поглощающий" колодцы. Однако в этих сооружениях существуют отличия, которые влияют на процесс очистки сточных вод и другие факторы.

Всасывающий колодец (ВК) имеет вид вертикальной, произвольных размеров шахты с проницаемыми стенками и дном, которые не доходят до водоносного горизонта. Сточные воды, попавшие в такой колодец или яму без какой-либо предварительной очистки, всасываются в почву, загрязняя ее, а затем и грунтовые воды. На подобных "установках" нагрузка сточных вод не нормируется. Они не подлежат предварительной обработке в септике. Не обусловлено и расстояние между дном колодца и верхним уровнем залегания грунтовых вод. Обычно в ВК попадает такое большое количество сточных вод, что ни о каких процессах их биологической очистки не может быть и речи.

Поглощающий колодец (ПК) — это яма, шахта или скважина, дно которой доходит до водоносного горизонта. Сточные воды, которые поступают в такой колодец без какой-либо предварительной очистки, проникают непосредственно в поток грунтовых вод, поглощаются и выносятся этим потоком. Нагрузка на таких сооружениях не нормируется.

Фильтрующий колодец (ФК), в отличие от всасывающего и поглощающего, является апробированным сооружением канализационных систем, предназначенных для механической и биологической очистки незначительного количества (1—3 м³/сут) сточных вод (рис. 60). Требования к устройству ФК определены СНиПом 2.04.03-85 (пп. 6.195—6.197). Устраивают их лишь после септика. Это своеобразный биологический фильтр. Резервуар ФК проектируют из железобетонных колец, огнеупорного кирпича или бутового камня. Размеры в плане должны быть не более 2 x 2 м, глубина — 2,5 м.

Ниже трубы, по которой в ФК поступают отстоявшиеся в септике сточные воды, устраивают донный фильтр высотой до 1 м из щебня, гравия, гранулированного или просеянного шлака (с размером зерен до 300—500 мм), с водонепроницаемыми стенками и дном, расположенным не ближе 1 м от наивысшего уровня грунтовых вод. В перекрытии колодца обязательно устанавливают люк диаметром 700 мм и вентиляционную трубу диаметром 100 мм.

С целью увеличения сроков эксплуатации ФК, повышения эффекта очистки сточных вод, создания рассредоточенного распределения сточной воды в почве

используют схемы, предусматривающие устройство нескольких подземных оросительных линий длиной 8—10 м, которые начинаются от ФК на уровне его дна.

Расчетная фильтрующая поверхность ФК определяется как сумма площадей дна и поверхности стен колодца на высоту фильтра. Нагрузка на 1 м² фильтрующей поверхности принимается из расчета 80 л/сут в песчаных грунтах и 40 л/сут в супесчаных. В средне- и крупнозернистых песках, также при расстоянии от дна колодца к верхнему уровню залегания грунтовых вод более 2 м, нагрузку следует увеличивать на 10—20%. На 20% допускается увеличение нагрузки на ФК при удельном водоотведении свыше 150 л/сут на одного жителя, а также на сезонных объектах.

Самой распространенной и эффективной является схема, состоящая из одно-, двухкамерного септика и ФК, заполненного внутри фильтром высотой 1 м из крупнозернистого материала. Такая схема используется при канализовании индивидуальных жилых зданий, дач, сельских аптек, амбулаторий, других объектов с водоотведением хозяйственно-бытовых сточных вод до 1 м³/сут.

Исследования А.А. Кирпичникова, Г.И. Иванова и др., проведенные в разные годы на территории Украины, России и стран Балтии показали, что очистные сооружения с ФК, построенные по такой схеме, с соблюдением всех санитарно-технических требований, обеспечивают достаточно надежный высокий эффект очистки бытовых сточных вод в течение 10—15 лет.

Песчано-гравийные фильтры (ПГФ) и фильтрующие траншеи (ФТ) с искусственной загрузкой фильтрующего слоя почвы. По устройству и способу очистки сточных вод ПГФ во многом напоминают площадки подземной фильтрации. Возможно, было бы правильным называть их искусственными площадками подземной фильтрации. Однако в практике санитарно-технического строительства в нашей стране, странах СНГ и дальнего зарубежья эти канализационные сооружения называют песчано-гравийными фильтрами (СНиП 2.04.03-85, п.п. 6.192—6.194). ПГФ и ФТ (рис. 61) применяют для биологической очистки сточных вод при водоотведении от объектов канализования не более 15 м³/сут. Их устройство проектируют в водонепроницаемых и слабофильтруемых почвах при наивысшем уровне залегания грунтовых вод не менее 1 м ниже лотка водоотводной трубы. Обязательным элементом системы с ПГФ (ФТ) является септик (одно-, двух- или трехкамерный). Для сбора очищенного фильтрата (биологически очищенной воды) после ПГФ (ФТ) устраивают накопительный резервуар. Из него очищенную сточную воду используют для орошения.

Если биологически очищенную сточную воду сбрасывают в ближайший водоем, это делают с соблюдением требований СанПиНа 4633-88 и "Правил санитарной охраны прибрежных вод морей".

В зависимости от условий местности (рельефа), уровня залегания грунтовых вод и др. применяют несколько разновидностей местных очистных систем с ПГФ.

При благоприятном рельефе со значительным перепадом отметок ($i = 0,08—0,1$) и глубоком залегании грунтовых вод устраивают обычные системы с ПГФ, в которых сточная вода движется самотеком, а выпускается по общей водосборной трубе или галерее, при помощи открытого лотка или галереи (в зависимости от санитарной ситуации). Такую систему применяют для очистки сточных вод до 3 м³/сут; при большем количестве сточных вод схема предусматривает применение дозирующего устройства.

При неблагоприятном рельефе местности после ПГФ устраивают накопительный резервуар с плавающим насосом, куда подается очищенная сточная вода. Из резервуара очищенную воду отводят для орошения или в ближайший овраг. После ПГФ можно устраивать инфильтрационный колодец, доведенный до уровня грунтовых вод, с фильтрующим слоем песка не менее 2 м.

Для местностей с высоким уровнем залегания грунтовых вод проектным институтом "Гипролестранс" предложены системы с устройством ПГФ в насыпном грунте. При этом в схему очистных сооружений включают дозирующую установку, а

после септика — насос. Этим насосом сточную воду подают по напорному трубопроводу в ПГФ. Отводят очищенную воду по указанному выше принципу.

В зависимости от местных условий могут быть и другие комбинации схем. В некоторых зарубежных странах практикуют отведение очищенного фильтрата в скважину, просверленную до водопроницаемых пород в конце общей водосборной трубы. Способ экономичен, но требует проведения дополнительных исследований для определения санитарной надежности отведения очищенного в песчано-гравийном фильтре фильтрата и перевода его в подземный поток.

Проектирование песчано-гравийных фильтров осуществляется одно- или двухступенчатыми. В качестве загрузочного материала для одноступенчатых биологических фильтров допускается применять крупно- и среднезернистый песок, другие материалы. При устройстве двухступенчатых песчано-гравийных фильтров для первой ступени очистки возможно применение гравия, щебня, котельного шлака и др. с размером частиц 70—100 мм. Для загрузки фильтра второй ступени — таких же материалов, как и в одноступенчатом фильтре.

Данные таблицы предназначены для районов со среднегодовой температурой воздуха от 3 до 6 °С. В районах со среднегодовой температурой атмосферного воздуха, превышающей 6 °С, гидравлические нагрузки увеличивают на 20—30%. Их также допускается увеличивать на 20—30% при удельном водоотведении от объекта канализования, превышающем 150 л/сут на человека. В районах со среднегодовой температурой воздуха ниже 3 °С, нагрузки снижают на 20—30%. Меньшие нагрузки соответствуют меньшей высоте фильтрующей загрузки очистного сооружения. Фильтрующие траншеи с искусственным слоем почвы являются конструктивной разновидностью песчано-гравийных фильтров. Принципиальные схемы их идентичны. Особенностью фильтрующих траншей является рассредоточенное расположение фильтров в отдельных траншеях и меньшая рабочая высота (от 0,6 до 0,8 м) искусственного слоя почвы. В тоже время при устройстве песчано-гравийных фильтров она составляет (СНиП 2.04.03-85) 1—1,5 м. Это имеет большое практическое значение, дает более широкие перспективы для применения траншей. Например, при рельефе со слабо выраженным уклоном местности и высоким уровнем залегания грунтовых вод, песчано-гравийные фильтры устраивать не рекомендуется, так как в этом случае следует проектировать насосные станции для перекачивания очищенных сточных вод. Необходимо предусматривать дополнительные мероприятия по снижению уровня грунтовых вод и т. д. Меньшая высота фильтрующего слоя почвы избавляет их от этого недостатка. В качестве загрузочного материала в фильтрующие траншеи рекомендуют использовать крупно- и среднезернистый песок, другие материалы.

Обеззараживание бытовых сточных вод. Задача третьего этапа очистки сточных вод — обеззараживания — состоит в уничтожении патогенных бактерий и вирусов, которые находятся или могут содержаться в сточных водах. Методы обеззараживания сточных вод делятся на две группы: реагентные и безреагентные или на химические, когда бактерицидное действие оказывают химические вещества, и физические, когда микроорганизмы гибнут вследствие действия физических факторов. К химическим (реагентным) методам относятся прежде всего хлорирование, как наиболее доступный, простой и надежный способ обеззараживания сточных вод, а к физическим (безреагентным) — озонирование и обработка сточных вод УФ-излучением, гидрокавитационное обеззараживание и др.

Удаление из сточных вод гетерогенных биодисперсий перед их выпуском в водоемы осуществляется обычно путем хлорирования. Проводя санитарную экспертизу проекта очистных сооружений канализации, врач-профилактик должен учитывать, что бытовые сточные воды и их смесь с промышленными необходимо обеззараживать после их механической и биологической очистки (см. СНиП 2.04.03-85). Обеззараживать следует хлором или натрия гипохлоритом.

Если на очистных сооружениях предполагается отдельная механическая очистка бытовых и промышленных сточных вод с последующей их совместной биологической очисткой, то в этом случае обеззараживание бытовых сточных вод необходимо проводить после механической очистки с обязательным дехлорированием перед подачей на сооружения для биологической очистки.

Расчетная доза активного хлора после механической очистки сточных вод должна составлять 10 г/м⁵; после механической очистки с эффективностью отстаивания сточных вод свыше 70% и неполной биологической очистки — 5 г/м³; после полной биологической доочистки и физико-химической очистки сточных вод — 3 г/м³. Дозу активного хлора нужно уточнять во время эксплуатации, исходя из того, что количество остаточного хлора в обеззараженной воде после контакта должно составлять не менее 1,5 г/м³. Смешивание сточной воды с хлором должно происходить в смесителях любого типа: дырчатых, перегородчатых, ершовых, вихревых и пр. Продолжительность контакта активного хлора со сточной водой в контактном резервуаре или в отводных лотках и трубопроводах должна составлять 30 мин. Для обеззараживания сточных вод после биологических прудов следует предусматривать отсек для контакта сточной воды с активным хлором.

Контактные резервуары (на очистной канализационной станции их должно быть не менее двух) проектируют конструктивно подобными первичным отстойникам без скребков. Допускается предусматривать барботаж сточной воды сжатым воздухом при интенсивности аэрации 0,5 м³/м² в 1 ч. Во время обеззараживания сточных вод в контактных резервуарах образуется осадок. При проведении санитарной экспертизы проекта очистных сооружений канализации необходимо учитывать, что количество осадка (с влажностью 98%) в контактных резервуарах, образуемого при хлорировании сточных вод после механической очистки, должно составлять 1,5 л на 1 м³ сточной воды. После хлорирования сточной воды, биологически очищенной в аэротенках и на биофильтрах, — 0,5 л осадка на 1 м³ сточной воды.

Хлорное хозяйство очистных сооружений должно обеспечивать возможность повышения расчетных доз хлора в 1,5 раза.

Из-за опасности образования в процессе хлорирования сточных вод токсических хлорорганических соединений, интенсивного загрязнения ими водоемов и угрозы вредного действия на организм населения внимание исследователей привлекают экологически чистые, безреагентные методы обеззараживания сточных вод.

Среди альтернативных хлорированию экологически чистых и эффективных методов обеззараживания сточных вод заслуживает внимания озонирование, УФ-излучение, электроимпульсная, радиационная обработка сточных вод, применение биоцидных полимеров. Но если остаточный озон в воде подлежит аналитическому контролю, то такой контроль при УФ-излучении, электроимпульсном и радиационном обеззараживании отсутствует. В связи с этим в двух последних случаях необходим ежедневный микробиологический контроль.

Применение УФ-излучения для обеззараживания сточных вод является перспективным благодаря разработке новых мощных источников излучения. Это ртутно-кварцевые лампы высокого давления типа ПРК и РКС (давление пара 400—800 мм рт. ст., температура оболочки — 250—300 °С). Также ртутно-аргонные лампы низкого давления (давление пара 3—4 мм рт. ст., температура поверхности — 40 °С). На 1 Вт потребляемой энергии ртутно-кварцевые лампы дают выход бактерицидной энергии 0,033 Вт, ртутно-аргонные — 0,146 Вт.

Высокая эффективность обеззараживания сточных вод УФ-излучением (от бактерий группы кишечной палочки — в 104 раза, сапрофитных микроорганизмов — в 103 раза) достигается при дозе излучения 150 мДж/см². Снижение общего количества микроорганизмов и количества бактерий группы кишечной палочки с 10⁵ до 10² КОЕ/мл

и с 104 до 2 КОЕ/мл соответственно наблюдалось даже при концентрации взвешенных веществ в обрабатываемой сточной воде от 5,5 до 16 мг/л.

В Институте технической теплофизики НАН Украины предложена экологически чистая технология безреагентного обеззараживания биологически очищенных бытовых сточных вод гидрокавитацией. Созданы суперкавитационные аппараты (СК-аппараты) проточного и реакторного типов, которые могут быть применены на малых очистных канализационных станциях. Нами проведены натурные исследования с целью научного обоснования оптимальных технологических параметров работы СК-аппаратов. Впервые было установлено, что гидрокавитационная обработка сточных вод обеспечивает значительную эффективность их обеззараживания от санитарно-показательных бактерий и энтеровирусов. Способ является перспективным для применения на очистных канализационных сооружениях. Недостатком способа обеззараживания является отсутствие аналитического контроля эффективности процесса.

Доочистка (третичная очистка) бытовых сточных вод предусматривает удаление загрязнений, оставшихся в них после биологической очистки. Хотя доочистка и является четвертым этапом очистки, ее применяют сразу после биологической очистки перед обеззараживанием сточных вод. Третичную очистку осуществляют в сооружениях, в которых моделируются процессы самоочищения в почве или водоемах.

Доочистка сточных вод может осуществляться в естественной почве на больших или малых полях орошения или фильтрации (см. с. 302), также в водной среде на биологических прудах с высшими водяными растениями (см. с. 283). С этой целью могут использоваться фильтрационно-обогащительные сооружения: фильтрационно-обогащительные колодцы, фильтрационно-обогащительные траншеи, фильтрационно-обогащительные пруды, созданные кафедрой коммунальной гигиены и экологии человека Национального медицинского университета имени А.А. Богомольца совместно с Гипростроем и УкрНИИграждан-сельстроем для очистных сооружений малой канализации.

Фильтрационно-обогащительные сооружения. В последнее время в Украине, странах СНГ для очистки небольших объемов сточных вод созданы различные малогабаритные комбинированные очистные сооружения и их прототипы. При сбросе в поверхностные водоемы сточных вод, биологически очищенных на таких сооружениях, следует руководствоваться Правилами.

Однако на практике чаще всего возникают ситуации, когда в районе размещения очистной канализационной станции с малогабаритными комбинированными сооружениями водоемы или отсутствуют, или они далеко расположены. В таком случае отводить биологически очищенные сточные воды допускается в почву или в грунтовой поток путем устройства фильтрационно-обогащительных сооружений (ФОС): фильтрационно-обогащительных прудов (ФОР); фильтрационно-обогащительных колодцев (ФОРК); фильтрационно-обогащительных траншей (ФОРТ). Их применяют одновременно как сооружения для естественной доочистки (третичной очистки) сточных вод, так и с целью пополнения запасов подземных вод, что способствует естественному водообмену.

На земельном участке, где предполагается применение ФОС, должны отсутствовать деревья (на расстоянии не менее 7—8 м), так как они своей корневой системой разрушают конструкции сооружений. Участок не должен затопляться дождевыми и талыми водами. Размещение ФОС на земельном участке в свою очередь должно гарантировать отсутствие подтопления подвальных помещений жилых домов. Санитарно-защитные разрывы между очистными канализационными станциями с ФОС и жилыми домами должны составлять: для ФОР — не менее 50—100 м; для ФОРТ — не менее 25—30 м; для ФОРК — не менее 15—20 м.

Размеры санитарных разрывов между ФОС и местными водозаборными сооружениями грунтовых вод зависят от скорости и направления движения потока грунтовых вод. Их устанавливают учреждения санитарно-эпидемиологической службы в

каждом отдельном случае с учетом местных условий. При скорости потока грунтовых вод, не превышающей 1 м/сут, и мощности водозабора, не более 10 м³/сут. При мощности водозабора, превышающей 10 м³/сут, и скорости движения грунтового потока свыше 1 м в/сут величину санитарного разрыва между ФОС и местом водозабора рассчитывают по формуле Салтыкова—Белицкого, дополненной Е.И. Гончаруком. Водозаборные сооружения, забирающие воду из межпластовых хорошо защищенных водоносных горизонтов, можно размещать на расстоянии не менее 80—150 м от ФОС.

Биологически очищенные сточные воды подаются на ФОС самотеком или перекачиваются. Для этого применяют импровизированные насосные станции с использованием водопроводных насосов. Значительное число их модификаций дает возможность перекачивать любое количество очищенной сточной воды. Такие насосные станции разработаны также кафедрой коммунальной гигиены и экологии человека Национального медицинского университета вместе с УкрНИИГраждансельстрой.

Фильтрационно-обогащительные пруды (ФОП) являются принципиально новым очистным комплексом, в котором сочетаются элементы медленных водопроводных фильтров, канализационных песчано-гравийных фильтров и биологических прудов для доочистки сточных вод. Сооружения применяют в песчаных или супесчаных почвах и при высоком уровне залегания грунтовых вод (свыше 1,5 м) на очистных станциях производительностью от 10 до 700 м³/сут. Инженерами в отрасли канализования населенных мест разработаны ФОП двух размеров — 20 x 20 м и 20 x 40 м.

Конструктивно ФОП состоят из нескольких секций фильтрационных и биологических прудов.

Первичная доочистка сточных вод на сооружениях после малогабаритных очистных установок или их прототипов достигается во время фильтрации через слой песка и песчаный (биологический) фильтр возле основания фильтрационных прудов, вторичная — в биологических прудах.

С целью уменьшения стоимости строительства ФОП сооружают с использованием преимущественно местных почв. Почвы с высокими фильтрационными свойствами укладывают возле основания фильтрационных прудов слоем 1—1,2 м. Почвы с меньшими фильтрационными свойствами используют для обвалования сооружения. Карьеры, образовавшиеся во время извлечения почвы, могут быть использованы как биологические пруды.

Под песчаным фильтром обязательно размещают дренаж для отведения фильтрата в биологические пруды. Если почвы хорошо проницаемые, воды из биологических прудов попадают в грунтовой поток.

При строительстве ФОП почву возле их основания удаляют и укладывают на наружные откосы дамб.

Ориентировочно гидравлическая нагрузка на ФОП составляет до 250 л/м² в супесках, 50 л/м² — в песках или соответственно 2500 и 5000 м³ на 1 га поверхности водного зеркала в сутки.

Фильтрационно-обогащительные колодцы (ФОК) применяют для выпуска в почву или в грунтовой поток биологически очищенных сточных вод из компактных канализационных установок заводского изготовления при их производительности до 25 м³/сут. Сооружения могут быть рекомендованы для доочистки сточных вод в местностях, где имеется свободная территория с хорошо фильтрующими почвами, представленными песками, супесками, легкими суглинками, и возможность создать санитарно-защитные разрывы. Глубина залегания грунтовых вод на территории должна быть не менее 1,5 м от поверхности земли.

Конструктивно ФОК имеет вид круглой или прямоугольной шахты. Стенки его выкладывают кирпичом или бетоном. Дно должно быть открытым. На дно помещают фильтрующую загрузку (1 м) из пенопласта, пеностекла, гравия, щебня. Сверху колодец перекрывают двойной съемной крышкой. Под перекрытием устанавливают

вентиляционную трубу. К центру колодца подводят трубу, по которой подают на доочистку биологически очищенную сточную воду после компактной установки.

При применении ФОК в местностях с высоким уровнем залегания грунтовых вод (менее 1,5 м от поверхности земли) допускается устраивать их в насыпной почве. В этом случае биологически очищенная сточная вода из установки отводится в накопительный резервуар. Затем с помощью насоса биологически очищенную сточную воду подают в ФОК.

В отдельных случаях ФОК допускается применять в плохо фильтрующейся почве. Грунтовые воды при этом должны залегать на глубине не менее 5 м от поверхности земли. Стенки колодца устраивают до водоносного горизонта. Колодец заполняют песком на высоту не менее 1,5 м от уровня грунтовых вод. На песок в верхней части колодца помещают слой (1 м) блоков из пеностекла, пластмассы.

Гидравлическую нагрузку на ФОК при отведении очищенных сточных вод в почву рассчитывают на 1 м² суммарной водопроницаемой поверхности колодца, ориентируясь на внутренний контур, а при переводе в грунтовой поток — на 1 м² дна колодца. Ориентировочно гидравлическая нагрузка на ФОК в сутки (см. табл. 31) равна 300 л/м² в песках и 200 л/м² в супесках.

Фильтрационно-обогатительные траншеи (ФОТ) рекомендуют устраивать при водоотведении от объекта канализования 25—100 м³/сут в местностях с песчаными и легкими супесчаными почвами при уровне залегания грунтовых вод не менее 1,5 м от поверхности земли.

Конструктивно ФОТ — это траншеи глубиной 1—1,2 м, шириной 0,6—0,8 м, длиной — до 40 м. Расстояние между траншеями — 3 м. Стены траншеи сооружают из бетона или кирпича. Нижняя часть стены (0,5—0,6 м) должна быть водопроницаемой. На дно траншеи на эту высоту укладывают фильтрующий материал (гравий, щебень, блоки из пеностекла или пластмассы). Траншеи перекрывают деревянными съемными щитами. Сточная вода в траншее распределяется через сеть асбоцементных труб диаметром 100—150 мм с пропилами в нижней части на половину диаметра трубы. Ширина пропила должна составлять 12—15 мм через каждые 100—200 мм.

Трубы длиной 3—4 м соединяют муфтами (сухая укладка) в распределительную сеть длиной 40 м и укладывают на слой фильтрующей загрузки. Соединение труб при помощи муфт гарантирует герметичность распределительной сети. Биологически очищенная сточная вода из компактных установок поступает в траншею самотеком или с помощью насоса (периодически, с интервалом 5—6 ч). В этом случае после установок устраивают накопительный резервуар.

При высоком уровне залегания грунтовых вод (менее 1,5 м от поверхности земли) ФОТ допускается строить в насыпной почве. В этом случае биологически очищенные сточные воды отводят в накопительный резервуар, а затем насосом их подают в траншею.

ФОТ иногда применяют для перевода доочищенных сточных вод под русло реки. В этом случае их сооружают шириной 5 м, длиной 50 м, глубиной до 1,5 м на расстоянии не менее 5 м от водоема. Производительность таких траншей возрастает до 10 000 м³/сут. Во время строительства и эксплуатации таких сооружений необходимо придерживаться мер, препятствующих доступу к траншеям населения и животных.

Гидравлическую нагрузку на ФОТ следует принимать на 1 м² суммарной водопроницаемой поверхности траншеи в сутки, ориентируясь на внутренний контур, из расчета 350 л в песках и 250 л — в супесках.

Государственный санитарный надзор предусматривает: участие врача-профилактика в выборе и отведении земельного участка под строительство очистных сооружений малой канализации, имеющих в своем составе ФОС для до-очистки сточных вод; санитарную экспертизу проекта; санитарный надзор во время строительства, приемки и эксплуатации объекта.

Текущий санитарный надзор предусматривает контроль за: санитарно-техническим состоянием и правильностью эксплуатации ФОС; эффективностью доочистки сточных вод; влиянием ФОС на окружающую среду; соблюдением техники безопасности в процессе эксплуатации сооружений.

Контроль за ФОС необходимо осуществлять не менее 2—3 раз в год. Исследования биологически очищенных сточных вод, поступающих на доочистку в ФОС, проводят 1—2 раза в год. При этом необходимо помнить, что высокая эффективность доочистки на сооружениях обеспечивается при следующих исходных показателях качества биологически очищенных сточных вод: БПК₅ — 15—20 мг О₂/л; ХПК — 30—40 мг О₂/л; взвешенные вещества — 15—20 мг/л.

Качество грунтовых вод, отобранных по методике Е.И. Гончарука (см. раздел III) на расстоянии 1 м от ФОС, при правильном их устройстве и эксплуатации, должно отвечать следующим требованиям: индекс БГКП — не более 100, общее количество сапрофитных микроорганизмов — не более 200—300, титр вирусов по коли-фагу не менее 100; превышение содержания аммиака в сравнении с контролем — не более чем на 0,5 мг/л; перманганатной окисляемостью — не более чем на 2—3 мг О₂/л.

Другая группа сооружений третичной очистки представлена искусственными методами доочистки сточных вод при помощи фильтров с различными видами фильтрующего материала, ионообменных, флотационных, адсорбционных и других установок.

Четвертичная очистка. С целью охраны поверхностных водоемов и подземных источников водоснабжения от органических и бактериальных загрязнений, которые могут остаться в сточных водах после их доочистки, предусматривается при необходимости четвертичная очистка сточных вод путем применения искусственных методов обработки воды.

Сравнительная гигиеническая оценка методов и сооружений для очистки бытовых сточных вод. Одним из основных критериев гигиенической оценки очистных канализационных сооружений является эпидемическая безопасность очищенных в этих сооружениях сточных вод и активного ила. Особенно важно это на этапе гигиенического обоснования возможности применения тех или иных методов и канализационных сооружений для очистки сточных вод городов, поселков городского типа, сельских населенных пунктов, отдельно расположенных объектов, в частности инфекционных больниц или инфекционных отделений многопрофильных больниц, где образуются высокоинфицированные сточные воды.

В выборе метода и вида канализационных сооружений для очистки сточных вод необходимо учитывать ряд условий. Прежде всего, количество сточных вод, образующихся на объекте канализования, их физико-химические свойства и бактериальный состав, возможность использования для орошения растений в сельском хозяйстве, требования к глубине (эффективности) очистки сточных вод и образуемого при этом осадка, возможность утилизации осадка сточных вод в сельском хозяйстве и пр. Может возникнуть вопрос о возможности применения только механической очистки сточных вод или необходимости предусмотреть также биологическую очистку или даже доочистку и обеззараживание.

Выбирая сооружения механической очистки, необходимо учитывать, что в схемах большой канализации применяют горизонтальные, вертикальные или радиальные отстойники. По технико-экономическим показателям горизонтальные отстойники более простые в устройстве и эксплуатации, чем вертикальные, но последние более эффективны.

В схемах малой канализации лучше применять двухъярусные отстойники. Для водоотведения объектов, на которых образуется до 25 м³ сточных вод в сутки, предусматривают септики или септики-дегельминтизаторы.

Выбирая методы и сооружения биологической очистки сточных вод, предпочтение следует отдавать методам, моделирующим процессы самоочищения в почве, с устройством очистных сооружений, в которых этот процесс происходит в естественной почве: наземным полям фильтрации, орошения, площадкам подземной фильтрации.

Искусственные сооружения биологической очистки сточных вод, в которых моделируются процессы самоочищения в водоемах (аэротенки, малогабаритные очистные сооружения на полное окисление и пр.), целесообразно применять в том случае, если местные условия не дают возможности использовать почвенные методы очистки. Такими условиями являются плохая фильтрующая способность почвы, высокий уровень залегания грунтовых вод, недостаток свободных земельных территорий достаточных размеров и др.

В последнее время в научной литературе появляются сведения о том, что при современных методах биологической очистки сточные воды не допускается повторно использовать. Не всегда качество биологически очищенных сточных вод отвечает требованиям к выпуску в поверхностные водоемы. Это обусловило потребность в проведении гигиенических исследований и оценки эффективности различных методов и технологических схем очистки и доочистки сточных вод, включающих, например: коагуляцию — фильтрацию — адсорбцию; коагуляцию — адсорбцию — фильтрацию — ионный обмен; адсорбцию — фильтрацию — ионный обмен и др.

Следует помнить, что заслуживают внимания лишь те методы и способы очистки или доочистки сточных вод, которые удовлетворяют технико-экономические решения и отвечают гигиеническим требованиям. Они должны гарантировать эпидемическую безопасность и безвредность по химическому составу для населения поступления очищенных сточных вод в поверхностные водоемы, используемые населением в качестве источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, для массового отдыха, спортивно-оздоровительных целей.

В связи с этим авторы изучали эффективность очистки сточных вод, в том числе интенсивно контаминированных патогенными микроорганизмами, в разных типах очистных канализационных сооружений, в частности с активным илом.

Результаты проведенных исследований свидетельствуют, что при соблюдении научно обоснованных оптимальных технологических параметров работы канализационных, в том числе малогабаритных, очистных сооружений с активным илом в стационарном режиме достигается высокий эффект очистки сточных вод по санитарно-химическим и бактериологическим показателям.

В изученных очистных сооружениях на полное окисление (компактных канализационных установках заводского изготовления и их прототипах, аэротенках-осветлителях колонного типа, симбиотенках) достигается более высокая степень биологической очистки сточных вод: снижение БПК₅ до 5—3 мг O₂/л, (на 86—96%) (обычные аэротенки позволяют снизить БПК₅ до 10—15 мг O₂/л). Общая численность сапрофитных микроорганизмов сточных вод, прошедших биологическую очистку в изученных сооружениях, уменьшается до 15—30 тыс., индекс БГКП — до 103—104 КОЕ/л (на 99—99,99%). В 1000—10 000 раз уменьшается в биологически очищенных сточных водах количество шигелл, сальмонелл, энтеропатогенных кишечных палочек, энтеровирусов.

В то же время, несмотря на достаточно высокую эффективность изученных очистных сооружений, количество санитарно-показательных микроорганизмов в биологически очищенных сточных водах остается высоким (несколько тысяч в 1 л). Такие сточные воды остаются потенциально опасными в эпидемическом отношении и должны быть обязательно обеззаражены перед выпуском в поверхностные водоемы.

По данным литературы и результатам проведенных авторами исследований установлено, что для получения безопасных в эпидемическом отношении сточных вод (с индексом БГКП — не более 1000, колифагов — не более 1000), прошедших

биологическую очистку в различных типах искусственных сооружений, необходимо их эффективное обеззараживание.

Гигиенические требования к канализованию населенных пунктов. Различают несколько схем канализования населенных пунктов. Во-первых, это централизованная схема, предусматривающая подключение всех объектов, на которых образуются сточные воды (жилых и общественных зданий, промышленных предприятий после локальных очистных сооружений и др.) к общей канализационной сети. В этом случае хозяйственно-бытовые, производственные, иногда частично и дождевые сточные воды смешиваются в канализационной сети, образуя городские сточные воды. Эти сточные воды общим потоком поступают на единые очистные канализационные сооружения, расположенные за пределами населенного пункта.

Вторая схема канализования населенных пунктов — децентрализованная. Она предусматривает подключение каждого объекта к местным очистным сооружениям малой канализации, которые расположены на территории (земельном участке) этого объекта.

При смешанной схеме канализования объекты, расположенные в центральной части населенного пункта, подключают к общей канализационной сети. Там все сточные воды смешиваются и вместе поступают на единые очистные канализационные сооружения за пределами населенного пункта. Объекты, расположенные на окраине населенного пункта, подключают к местным очистным канализационным сооружениям, которые устраиваются на земельном участке каждого объекта.

При частичной схеме канализования лишь часть населенного пункта подлежит канализованию. При этом возможно подключение ряда объектов к общей канализационной сети и отведение сточных вод на общие очистные сооружения. Может иметь место устройство на каждом отдельном объекте местных очистных канализационных сооружений или смешанный вариант канализования. В другой части населенного пункта, где нет канализации, жидкие отходы удаляют путем ассенизации.

Гигиенические требования к канализованию лечебно-профилактических учреждений. Сточные воды в лечебно-профилактических учреждениях (далее — больницах) отводятся из санитарно-технических приборов: раковин, унитазов, душевых установок, ванн. Они выпускаются из прачечных, моечной пищеблока, из санитарной комнаты (где моют и дезинфицируют судна и другие предметы, бывшие в соприкосновении с больными). Загрязненные сточные воды отводятся также из радиологического, патологоанатомического отделений, аптеки, лабораторий и других специализированных отделений.

Устраивая внутреннюю канализацию, следует обращать внимание на то, что прокладывать внутренние канализационные трубопроводы в кабинетах и палатах для больных недопустимо. Трубопроводы для отведения сточных вод от приборов необходимо размещать под полами. Непременным условием при этом должно быть проведение гидроизоляционных работ и облицовка полов.

Для решения вопроса о соответствии канализации потребностям конкретной больницы учитывают суточное количество сточных вод, образуемых в ней. Водоотведение от больниц определяют нормой водопотребления. Оно значительно колеблется в течение суток. Обычно в потреблении воды в течение суток в больнице наблюдается 2—3 пика, которые обусловлены утренним и вечерним туалетом больных, началом выполнения лечебных процедур, режимом приготовления пищи и мытья посуды и т.д. Такой режим водопотребления накладывает соответствующий отпечаток и на режим отведения сточных вод.

Физико-химические свойства сточных вод, образующихся в больницах, также имеют определенные особенности.

Во-первых, в больницах общего профиля физико-химический состав сточных вод принято считать идентичным составу хозяйственно-бытовых сточных вод, образующихся в населенном пункте. Это может быть продемонстрировано на таком примере.

Установлено, что человек за сутки выделяет определенное количество загрязнений, а именно: 65 г взвешенных веществ, 40 г органических веществ по БПК₂₀, 9 г хлоридов, 8 г азота аммонийного, 3,3 г фосфатов, $4,48 \cdot 10^2$ микроорганизмов. Концентрация загрязнений в бытовых сточных водах обусловлена нормой водопотребления. Чем меньше водопотребление, тем выше уровень загрязнения сточных вод. И, наоборот, чем больше норма водопотребления, тем меньшая концентрация загрязнений сточных вод.

Расчет концентрации бытовых сточных вод осуществляется по формуле:

$$C_{\text{быт}} = a \cdot 1000 / p,$$

где $C_{\text{быт}}$ — концентрация загрязнений бытовых сточных вод (мг/дм³); a — количество загрязнений (г от 1 жителя в сутки); p — норма водопотребления (дм³ на 1 жителя в сутки).

Концентрацию городских сточных вод рассчитывают так же, как средневзвешенную величину, исходя из концентрации бытовых (в том числе от лечебно-профилактических учреждений) и промышленных сточных вод:

$$C_{\text{г.с.в.}} = (C_{\text{быт}} \cdot Q_{\text{быт}} + C_{\text{пр}} \cdot Q_{\text{пр}}) : (Q_{\text{быт}} + Q_{\text{пр}}),$$

где $C_{\text{пр}}$ — концентрация загрязнений промышленных сточных вод (мг/дм³); $Q_{\text{быт}}$ $Q_{\text{пр}}$ — количество бытовых и промышленных сточных вод соответственно (м³/сут).

Во-вторых, сточные воды, которые отводятся из больниц, могут содержать специфические компоненты — лекарственные и диагностические препараты, дезинфицирующие средства.

В-третьих, особенно опасны сточные воды специализированных больниц и специализированных отделений соматических клиник. Прежде всего, это сточные воды инфекционных больниц и отделений, которые могут содержать возбудителей кишечных инфекций. Кроме того, сточные воды радиологических отделений и лабораторий содержат радиоактивные изотопы.

Все это дает основание квалифицировать сточные воды больниц как специфическую категорию. К очистке и обеззараживанию их перед выпуском в общегородскую канализационную сеть следует предъявлять особые требования. Очистку сточных вод из больниц и других стационаров, в том числе и инфекционных, необходимо осуществлять на общегородских или других очистных сооружениях канализации, гарантирующих эффективную очистку и обеззараживание. При отсутствии общегородских или других очистных сооружений канализации, сточные воды больниц необходимо очищать и обеззараживать на локальных очистных сооружениях с полной биологической очисткой. Дезактивацию сточных вод из радиологических корпусов (отделений) необходимо проводить в соответствии с технологическим заданием. Эти требования предусмотрены "Санитарными правилами устройства, оборудования и эксплуатации больниц, родильных домов и других лечебных стационаров" (СанПиН № 5179-90), другими нормативными документами.

От организации и осуществления водоотведения, очистки и обеззараживания сточных вод больницы зависит успех профилактики инфекционных заболеваний среди населения, которые передаются через воду, в том числе и внут-рибольничных инфекций.

На основании существующих в нашей стране официальных нормативных документов, зарубежных данных, а также опыта, приобретенного на кафедре коммунальной гигиены и экологии человека Национального медицинского университета имени А.А. Богомольца, обобщены требования к канализованию больниц различного профиля.

Из-за большой эпидемической опасности больничных сточных вод крайне необходимо правильно проектировать сооружения для их очистки и обеззараживания. Обязательным условием при отведении сточных вод больниц в канализационную сеть населенного пункта является отсутствие в сточных водах возбудителей инфекционных заболеваний.

Для специализированных инфекционных больниц, а также инфекционных отделений соматических больниц обязательным требованием является предварительная очистка и обеззараживание сточных вод на локальных очистных сооружениях с последующим выпуском обеззараженных сточных вод в канализационную сеть населенного пункта.

При подключении инфекционной больницы к канализации населенного пункта, имеющего сооружения полной биологической очистки и обеззараживания сточных вод, в комплексе локальных очистных сооружений по предварительному централизованному обеззараживанию сточных вод больницы сооружения биологической очистки могут отсутствовать. В канализованном населенном пункте, не имеющем очистных сооружений для вновь строящихся инфекционных больниц, подключаемых к канализации, должны быть предусмотрены локальные очистные сооружения с полной биологической очисткой и обеззараживанием сточных вод.

Поступление сточных вод из противотуберкулезных больниц в канализационную сеть населенного пункта допустимо только после предварительной полной биологической очистки и обеззараживания на локальных сооружениях.

При наличии в сточных водах токсических химических веществ содержание их должно отвечать требованиям "Правил приема производственных сточных вод в системы канализации населенных пунктов". Такие Правила разрабатывают водопроводно-канализационные предприятия каждого города. Их согласовывают с местными органами по урегулированию использования и охраны вод и утверждают в советах народных депутатов. Допустимые концентрации токсических химических веществ в сточных водах больницы, принимаемых в канализационную сеть населенного пункта, а затем на очистные сооружения, подлежат определению согласно условиям выпуска очищенных сточных вод в водоем. Такие условия устанавливаются разрешением на специальное водопользование или в обязательной приписке для водопроводно-канализационного предприятия на основании ПДК веществ в воде водоема соответствующего вида водопользования.

Если в сточных водах больницы будут содержаться радиоактивные вещества, их прием в систему канализации населенного пункта, очистка, обеззараживание, дезактивация должны осуществляться в соответствии с Правилами, действующими нормами радиационной безопасности, санитарными правилами работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений.

После биологической очистки и обеззараживания сточные воды больниц выпускают в ближайший водоем. В соответствии с Правилами в водоемы разрешается сбрасывать опасные в эпидемическом отношении сточные воды только после соответствующей их очистки и обеззараживания до индекса БПК_п не более 1000 КОЕ/л и индекса коли-фагов — не более 1000 БОЕ в 1 л. В каждом случае должен быть проведен расчет условий выпуска сточных вод в конкретный водоем.

Принципиальные схемы очистки сточных вод больниц в канализованном населенном пункте. Безусловно, наилучшей является централизованная схема, когда сточные воды больницы выпускаются в канализационную сеть населенного пункта. Затем сточные воды отводятся на очистные сооружения населенного пункта, где проходят соответствующую биологическую очистку и обеззараживание. После биологической очистки и обеззараживания сточные воды отводят обычно в ближайший водоем. В устройстве централизованной схемы канализации существуют определенные особенности. Так, еще в 1954 г. Министерством здравоохранения была утверждена "Инструкция о режиме инфекционных больниц и инфекционных отделений общих городских больниц", которой был регламентирован судно-ручной способ обеззараживания выделений больных. После такого обеззараживания выделения больных поступают в канализацию больницы, а уже затем — в канализационную сеть населенного пункта и на очистные сооружения.

Надежность способа зависит от многих причин, а именно:

- а) консистенции выделений;
- б) вида дезинфицирующего средства;
- в) режима обеззараживания (доза реагента, экспозиция, полнота перемешивания);
- г) наличия персонала, его квалификации и сознательности.

Целесообразно централизованное обеззараживание сточных вод инфекционных отделений проводить на локальных очистных сооружениях перед выпуском сточных вод в общегородскую канализационную сеть. Затем сточные воды принимаются в канализационный коллектор населенного пункта, по которому отводятся на очистные сооружения полной биологической очистки. Такой способ дает гарантию надежного противозидемического эффекта. Он дает возможность улучшить санитарный режим лечебного учреждения, автоматизировать управление процессом.

Выбор комплекса очистных сооружений производится с учетом следующих условий: профиля лечебно-профилактического учреждения, достаточности размеров земельного участка для размещения очистных сооружений, климатических, гидрогеологических, почвенных и санитарных условий местности, количества сточных вод, подлежащих очистке.

Комплекс сооружений для централизованного обеззараживания сточных вод инфекционных больниц или отделений должен включать сооружения для механической очистки сточных вод (септики, если количество сточных вод не превышает 25 м³/сут; двухъярусные отстойники при расходе сточных вод до 100—150 м³/сут) и обеззараживанию (хлораторная с ершовым смесителем и контактным резервуаром или электролитическая установка с контактным резервуаром, СК-аппарат проточного типа или др.). Осадок из отстойников и контактных резервуаров подлежит обязательному обезвреживанию в дегельминтизаторе.

Локальные очистные сооружения для централизованного обеззараживания сточных вод противотуберкулезных больниц должны включать сооружения механической (разновидности отстойников), биологической (разновидности биофильтров, аэротенки, ЦОК, АРТ, компактные установки заводского изготовления, аэротенки-осветлители колонного типа и др.) очистки и обеззараживания. Осадок из отстойников и контактных резервуаров также подлежит обязательному обеззараживанию при помощи дегельминтизатора.

Для очистки сточных вод инфекционных больниц и инфекционных отделений соматических больниц, а также противотуберкулезных клиник при их размещении в канализованном населенном пункте можно рекомендовать следующие принципиальные схемы очистки. В комплекс локальных канализационных сооружений входят хлораторная, ершовый смеситель, контактные отстойники, промежуточный колодец пропускания осадка и корки. По этой схеме сточная вода из инфекционного отделения больницы смешивается с хлором в ершовом смесителе, последовательно проходит через ряд контактных отстойников, в которых осуществляется контакт сточной воды с активным хлором в течение 45—60 мин, и после этого выпускается в канализационную сеть населенного пункта. Осадок из контактных отстойников после длительного контакта с хлором 1 раз в 15 сут через промежуточный колодец также выпускается в канализационную сеть населенного пункта.

Схема сможет быть рекомендована для канализования инфекционных отделений с расходом сточных вод до 10—15 м³/сут при наличии высокоэффективных очистных канализационных сооружений в населенном пункте. Такой способ нашел применение при очистке и обеззараживании сточных вод инфекционного отделения Центральной больницы в Киеве, других населенных пунктах страны.

В схемах централизованного обеззараживания сточных вод инфекционных отделений и больниц нашел успешное применение септик-дегельминтизатор, предложенный Е.И. Гончаруком.

Принципиальные схемы очистки сточных вод больниц в неканализованном населенном пункте. При выборе схемы канализования больниц вообще, а также больниц, имеющих инфекционные отделения, предпочтение следует отдавать методам очистки сточных вод, моделирующим процессы самоочищения в почве. Прежде всего врач должен ознакомиться со следующими данными: количеством сточных вод, подлежащих очистке; качественным составом сточных вод и характером местных условий (достаточности размеров земельного участка, фильтрационной способностью почвы, уровнем залегания грунтовых вод, среднегодовой температурой воздуха и количеством атмосферных осадков за год). Кроме того, врач должен располагать данными о возможности и условиях обезвреживания осадка сточных вод и условий для отведения сточных вод в ближайший водоем.

При наличии в населенном пункте свободного земельного участка достаточных размеров, имеющего хорошую фильтрующую способность почвы, низкий уровень залегания грунтовых вод (не менее 2—3 м от поверхности земли), наиболее целесообразно для очистки сточных вод больниц применять небольшие наземные поля фильтрации или орошения. Рекомендованы также местные очистные сооружения малой канализации, прежде всего площадки подземной фильтрации.