

Международное общественное объединение
«Экопартнёрство»

В.Н. Ануфриев

Рекомендации по организации водоотведения в сельской местности

Минск
«Позитив-центр»
2014

УДК 628.2/.3(1-22)(083.132)

ББК 38.761.2

A73

Автор:

Канд. техн. наук В.Н. Ануфриев (Белорусский национальный технический университет).

В книге обобщен отечественный и зарубежный опыт организации водоотведения в сельской местности и от небольших объектов, а также изложены принципы организации сетей водоотведения и устройство канализационных очистных сооружений небольшой производительности.

Данная публикация предназначена для круга читателей, связанных с проектированием, строительством и эксплуатацией систем водоотведения, а также для служб санитарного и природоохранного контроля.

ISBN 978-985-6983-31-6

© Ануфриев В.Н., 2014

© МОО «Экопартнёрство», 2014

© Оформление. ИУ «Позитив-центр», 2014

Перечень условных обозначений и сокращений

БПК₅ (биохимическое потребление кислорода в сточных водах за пять суток) — количество кислорода, потребляемое на биологическое окисление органических загрязняющих веществ в сточных водах (согласно СТБ 1883—2008 «Строительство. Канализация. Термины и определения»), мг/л.

ХПК (химическое потребление кислорода) — количество кислорода, потребляемое при химическом окислении органических и неорганических загрязняющих веществ в сточных водах (согласно СТБ 1883—2008 «Строительство. Канализация. Термины и определения»), мг/л.

ЭН (эквивалент населения) — показатель, отражающий массу органических веществ в составе сточных вод, выраженный в БПК₅ и равный 60 г кислорода в сутки в расчете на одного человека.

КПД — коэффициент полезного действия.

ТНПА — технические нормативные правовые акты.

НПА — нормативные правовые акты.

ТКП — технический кодекс установившейся практики.

СТБ — стандарт Республики Беларусь.

EN — Европейский стандарт.

Введение

Настоящая публикация подготовлена в рамках Кампании по воде и здоровью, реализуемой Международным общественным объединением (МОО) «Экопартнерство» в сотрудничестве с коалицией «Чистая Балтика». Кампания по воде и здоровью направлена на информирование широких слоев общества о проблемах воды и здоровья, о необходимости рационального использования ресурсов питьевой воды и защиты их от загрязнения, а также на популяризацию эффективных и доступных технологий очистки бытовых сточных вод.

Поступление азота и фосфора, содержащихся в бытовых сточных водах, в водные объекты приводит к их эвтрофикации — увеличению образования биомассы. Для водных экосистем это влечет за собой ряд серьезных негативных последствий, таких как снижение прозрачности воды, бурное развитие водорослей, дефицит кислорода в придонных слоях и как следствие — мор рыбы. Одним из путей решения этой проблемы является внедрение эффективных систем водоотведения.

Целью данной публикации является распространение информации о различных технологиях водоотведения в сельской местности среди широкого круга заинтересованных, в том числе проектировщиков, работников санитарных и природоохранных служб, местных органов власти, студентов технических учебных заведений. Также данная книга будет полезна для жителей сельских населенных пунктов, владельцев агроусадб и объектов придорожного сервиса, планирующих создание систем водоотведения.

Выражаем благодарность нашим партнерам и экспертам, предоставившим материалы для данной публикации:

Гуннар Норен, Нина Лингквист — коалиция «Чистая Балтика»;

Мария Станишевска — Польский экологический клуб;

Анджей Ючерский — Институт технологических и естественных наук;

Маттиас Ворст — Баварское экологическое агентство;

Штефан Дигенер — Гамбургский технологический университет.

В настоящее время требования действующих ТНПА к системам водоотведения небольших населенных пунктов и отдельных объектов аналогичны требованиям, предъявляемым к более крупным объектам. Это отражается и на сложившейся практике строительства систем канализации в сельской местности. Вместе с тем удаленность и расположение отдельных объектов на значительном расстоянии друг от друга, отведение небольших объемов сточных вод приводят к необходимости поиска технических решений, которые при соответствующем уровне санитарной и экологической безопасности характеризовались бы приемлемыми технико-экономическими показателями. При этом в стоимости строительства системы водоотведения в населенных пунктах до 70—90% составляет доля сетей, а остальная часть соответственно стоимость очистных

сооружений сточных вод. Исходя из этого, создание централизованных систем водоотведения в сельской местности и отдельных объектов является весьма затратным, особенно при необходимости транспорта сточных вод на очистку на значительные расстояния. С другой стороны застройка без организации водоотведения, применение примитивных санитарно-технических устройств в индивидуальной застройке (выгребы) и традиционных простейших сооружений для очистки сточных вод небольшой производительности для сельских населенных пунктов (поля фильтрации) ведет к значительному негативному воздействию на окружающую среду, ухудшает санитарную обстановку, делает проживание людей в таких условиях весьма некомфортным. На проблему дефицита альтернатив в части технологий в области водоотведения указывает Международный банк реконструкции и развития в отчете об исследовании сектора водоснабжения и водоотведения в Республике Беларусь [1].

Государственные программы и НПА направлены на снижение антропогенного воздействия на окружающую среду таких источников загрязняющих веществ, как системы канализации. Так, в соответствии с Водной стратегией Республики Беларусь планируется сокращение к 2015 году использования полей фильтрации в Беларуси на 50% [2]. По данным, приведенным в Государственной программе по водоснабжению и водоотведению «Чистая вода» на 2011—2015 годы [3], по состоянию на 2011 год обеспеченность населения централизованным водоснабжением составила 86% (8,2 млн. человек из 9,5 млн), в том числе сельского — 57% (1,4 млн. человек из 2,4 млн). Обеспеченность населения централизованными и местными системами хозяйственно-бытового водоотведения — 74% (7,1 млн. человек), в том числе сельского — 30% (0,7 млн. человек). Таким образом, исходя вышеприведенных данных, 1,7 млн. человек, проживающих в сельской местности, не имеют доступа к централизованным и локальным системам хозяйственно-бытового водоотведения. А учитывая неполный охват системами водоотведения площади городской застройки, количество населения, не имеющее такого доступа, будет намного больше. Таким образом, задача, связанная с поиском, апробацией и внедрением эффективных технических решений для организации водоотведения в сельской местности, является актуальной. Для ее решения может быть использован международный и европейский опыт в этой сфере. В данной публикации проанализирована и обобщена практика проектирования и строительства систем водоотведения в сельской местности с учетом природоохранных требований и экономических возможностей.

1. Системы водоотведения в сельской местности

Согласно требованиям ТКП 45-4.01-53 [4], канализация сельских населенных пунктов и отдельных объектов должна предусматриваться, как правило, по неполной раздельной системе. Это подразумевает устройство одной сети для отведения хозяйственно-бытовых сточных вод без строительства отдельных подземных сетей для отведения поверхностных сточных вод, которые отводятся по открытым кюветам, канавам и т.д. При этом должна рассматриваться возможность применения централизованных схем канализации для одного или нескольких населенных пунктов. Вышеуказанный документ предписывает, что централизованные схемы канализации должны проектироваться объединенными для жилых и производственных зон, исключая отвод и очистку навозосодержащих сточных вод. Устройство централизованных схем раздельно для жилой и производственной зон допускается при технико-экономическом обосновании.

Децентрализованные схемы канализации допускаются:

- при отсутствии опасности загрязнения используемых для водоснабжения водоносных горизонтов;
- при отсутствии централизованной схемы канализации в населенных пунктах для объектов, которые должны быть канализованы в первую очередь (больниц, школ, детских садов и яслей, административно-хозяйственных зданий, отдельных жилых домов, промышленных предприятий и других), а также для первой стадии строительства населенных пунктов при расположении объектов, от которых отводятся сточные воды на расстояние не менее 500 м, и при соответствующем снижении затрат на развитие инженерно-транспортной инфраструктуры без нарушения требований природоохранного законодательства.

Как следует из вышеприведенного, нормами проектирования предполагается развитие объединенных систем для жилой застройки и для сельскохозяйственных предприятий. Такой подход может быть приемлем при эксплуатации объединенной системы сельскохозяйственным предприятием. В последнее время наблюдается обратная тенденция: передача систем водоснабжения и водоотведения в сельской местности на баланс местных органов исполнительной власти и их эксплуатация силами предприятий водопроводно-канализационного хозяйства или районными предприятиями жилищно-коммунального хозяйства. В таких условиях ограничение строительства децентрализованных систем является нерациональным, так как складывающаяся структура эксплуатации в ближайшее время не имеет возможностей для обслуживания большого количества сельских централизованных систем. Возможности применения централизованных схем канализации для нескольких населенных пунктов также представляются ограниченными, поскольку перекачка сточных вод на значительные

расстояния с ужесточением требований по энергосбережению и в условиях удорожания электроэнергии представляется весьма затратной.

Действующие ТНПА в большей мере направлены на развитие централизованных систем водоотведения в традиционном исполнении. Вместе с тем использование централизованных систем водоотведения может иметь определенные особенности. Большие водосборные территории, которыми характеризуются сельская местность, при относительно небольшой плотности населения требуют поиска решений при проектировании сетей канализации, которые бы эффективно работали в таких условиях. В этом отношении представляется рациональным изучение опыта создания подобных систем водоотведения в других странах. Наиболее детально принципы проектирования таких систем изложены в стандарте ATV-A 200 (Германия) [5], ряд положений и рекомендаций которого может быть использован в практике проектирования и строительства объектов в Беларуси.

1.1. Самотечная система водоотведения

Самотечная (гравитационная) система — традиционная и наиболее распространенная система водоотведения, в которой отведение сточных вод осуществляется по безнапорным трубопроводам. Для сельской местности создание таких сетей предусматривает подключение каждого здания отдельным трубопроводом к сборному уличному трубопроводу и дальнейшее объединение уличных сборных трубопроводов в коллектор для транспортирования сточных вод к очистным сооружениям (Рис. 1.1., 1.2.). Таким образом, в данном случае воспроизводится принцип устройства сетей, характерный для больших населенных пунктов. Для объектов канализования такой подход характеризуется минимальными затратами на подключение и простотой последующей эксплуатации. Недостатком такой схемы водоотведения является необходимость использования канализационных трубопроводов большого диаметра и заложения труб на значительную глубину. При большой удаленности канализуемых объектов друг от друга и от сборных трубопроводов или коллекторов возникает необходимость прокладывать отводящие трубопроводы от зданий из труб малых диаметров с большим уклоном, что требует значительной глубины прокладки сети. Значительный уклон труб необходим для предотвращения засорения труб при отведении небольших объемов сточных вод из-за относительно низкой плотности населения на канализуемой территории. Для снижения величины уклона, но сохранения требуемого уровня незасоряемости трубопроводов, в ряде случаев прибегают к увеличению диаметра труб сетей. Такое решение позволяет снизить уклон и глубину прокладки, однако значительно удорожает стоимость сетей.

В зарубежной практике используют приемы, позволяющие уменьшить диаметр канализационных сетей при самотечном водоотведении. Простейшим

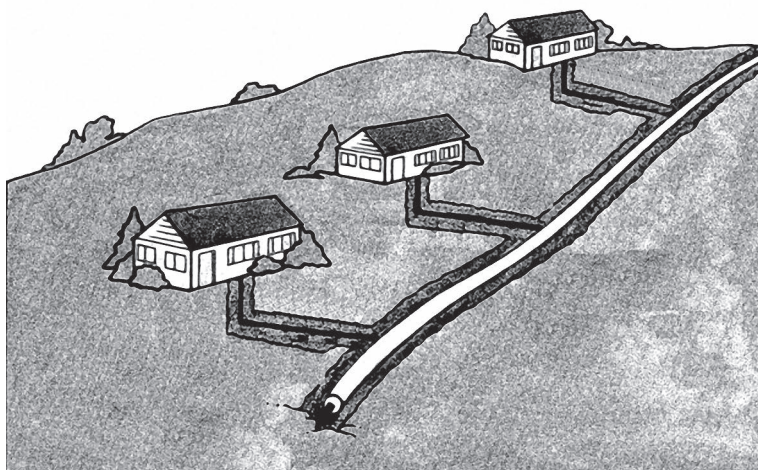


Рис. 1.1. Водоотведение при использовании самотечной канализации.

способом является устройство септиков на отводящих трубопроводах каждого здания, подключенного к системе (Рис. 1.2).

Предварительное осветление воды в септиках уменьшает содержание примесей в сточной воде и уменьшает вероятность засора в трубах, что позволяет

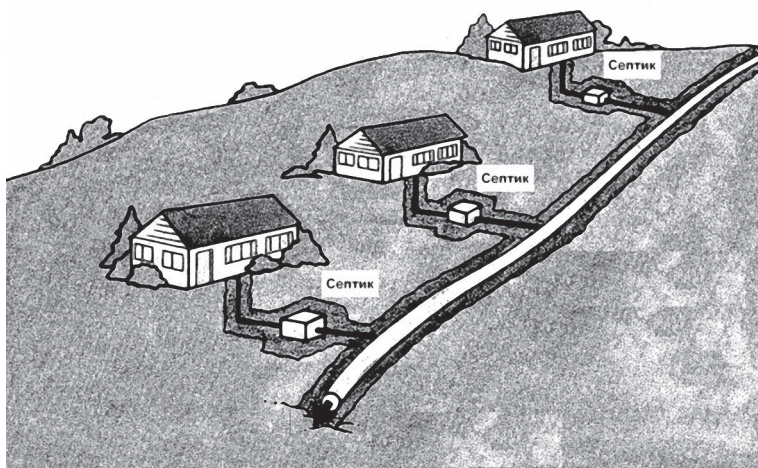


Рис. 1.2. Водоотведение при использовании самотечной канализации с предварительным осветлением сточных вод.

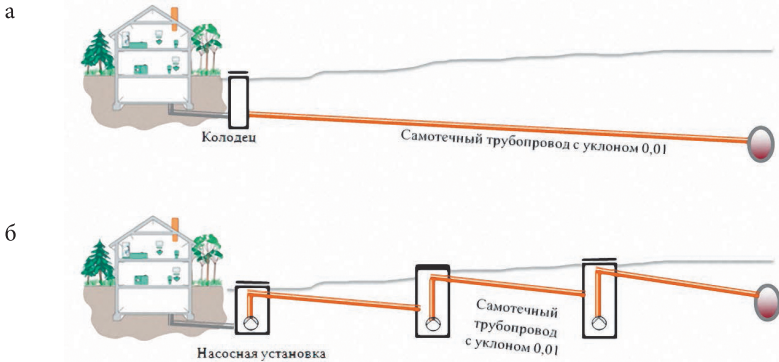


Рис. 1.3. Водоотведение при использовании самотечной канализации в сочетании с механическим подъемом сточных вод:

а — самотечная канализация;

б — использование механического водоподъема.

использовать меньшие диаметры [6]. Такой подход снижает стоимость строительства сетей. Вместе с тем устройство септиков требует их последующего обслуживания владельцами зданий, пользующихся системой водоотведения. При этом эффективная работа системы возможна только при поддержании эксплуатации септиков на должном уровне. При их ненадлежащем обслуживании и выносе осадка в трубопроводы вероятность возникновения засоров резко возрастает. Следует указать, что такая практика не регламентируется национальными строительными нормами Беларуси.

Для снижения глубины заложения трубопроводов может использоваться комбинация самотечного водоотведения с механическим водоподъемом, т.е. с использованием т.н. подкачивающих канализационных насосных станций. В этом случае предусматривается устройство ряда насосных станций, предназначенных для подъема сточных вод на определенную высоту, с последующем их самотечным отведением по безнапорным трубопроводам. На рис. 1.3 показана возможность уменьшения заглубления трубопроводов при использовании механического водоподъема (б) в сравнении с традиционной схемой (а).

Преимущества и недостатки самотечной (гравитационной) системы

Преимущества

Простота устройства и подключения канализуемых объектов.

Меньший расход электроэнергии по сравнению с альтернативными способами.

Недостатки

Необходимость использования труб большого диаметра со значительным заглублением трасс трубопроводов.

Опасность возникновения газовой коррозии труб вследствие гидролиза примесей в сточной воде.

Значительное количество смотровых колодцев.

Большая стоимость строительства.

1.2. Напорная система водоотведения

Применение такой системы предполагает подключение к канализации больших участков с низкой плотностью населения, ферм, небольших групп домов с использованием труб небольшого диаметра. В данном случае предусматривается использование насосных установок для отведения сточных вод от каждого подключенного здания или группы зданий. При этом система сборных трубопроводов и коллекторов также работает в напорном режиме. На рисунках 1. 4—1. 6 приведены различные схемы подключения отдельных объектов к сборному напорному коллектору сети: линейная, кольцевая, кольцевая со станциями прочистки.

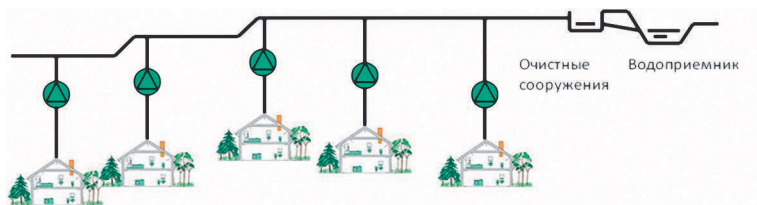


Рис. 1.4. Линейная система напорной канализации.

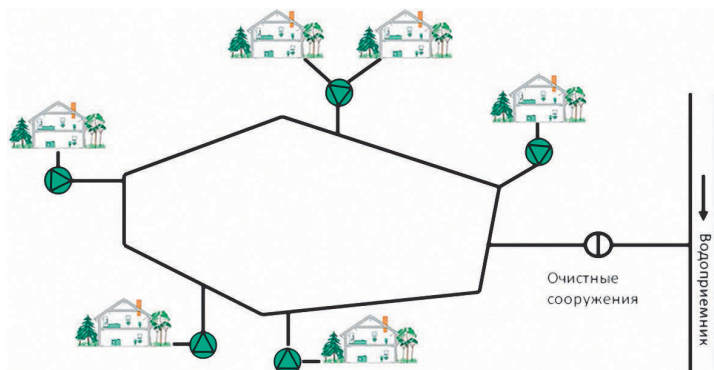


Рис. 1.5. Кольцевая система напорной канализации.

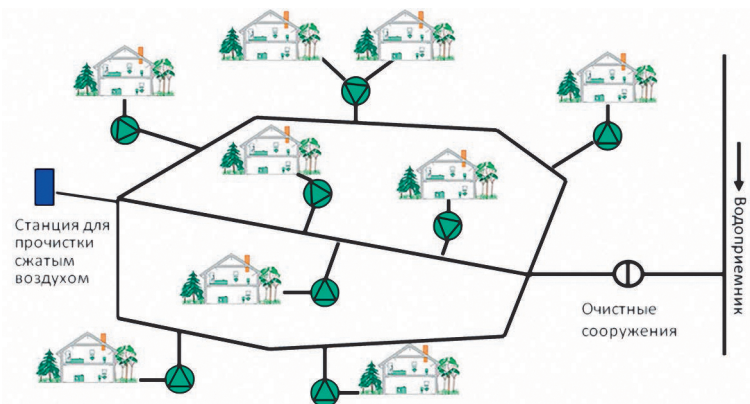


Рис. 1.6. Разветвленная кольцевая система напорной канализации.

При использовании напорной системы каждый объект должен быть оснащен насосной установкой. Учитывая небольшие размеры канализационных насосов и небольшой диаметр напорных трубопроводов, для предотвращения блокировки насосов и засорения трубопроводов примесями необходимо их техническое обслуживание. Для обеспечения нормального режима эксплуатации требуется, чтобы скорость движения сточных вод в трубопроводах была не менее $0,7 \text{ м/с}$. Кроме того, в напорных трубопроводах диаметром менее 80 мм рекомендуется предусматривать насосы с измельчающими (режущими) механизмами (которые не следует путать с кухонными мусородробилками). Канализационные насосы такого типа производятся рядом предприятий и представляют собой центробежные погружные насосы с производительностью до $10\text{--}12 \text{ м}^3/\text{ч}$, которые оснащены специальным режущим механизмом, монтируемым на всасывающей части насоса (Рис. 1.7).



Рис. 1.7. Насосы с измельчающими устройствами:
 а — вид смонтированного насоса в установке;
 б — вид насоса;
 в — вид режущего механизма насоса.

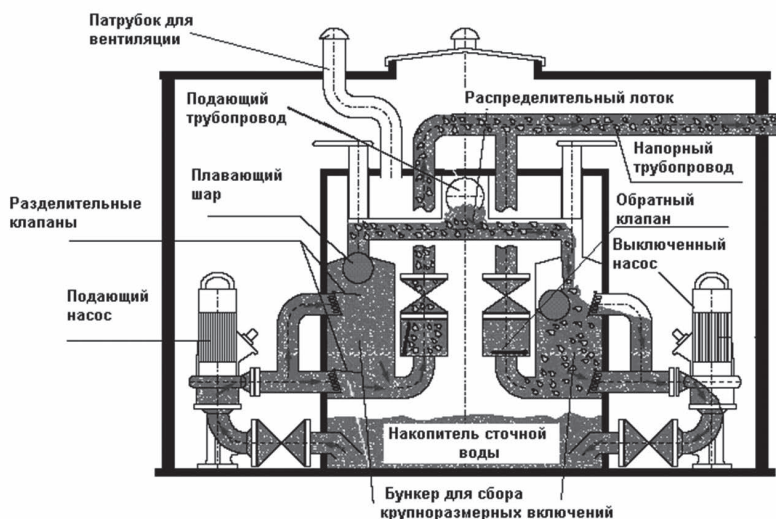


Рис. 1.8. Схема работы насосной станции с разделением примесей.

Такие насосы позволяют отказаться от использования решеток, корзин для задержания крупноразмерных примесей и обеспечить достаточную надежность водоотведения. Вместе с тем следует учитывать, что такие насосы имеют низкий КПД и характеризуются значительным энергопотреблением, поэтому область их применения ограничена по производительности.

Для более крупных установок могут применяться другие системы, например насосные станции с разделением твердых примесей. Принцип действия такой станции заключается в отделении крупноразмерных включений, содержащихся в поступающей сточной воде, и их последующую подачу вместе с потоком



Рис. 1.9. Вид смонтированного оборудования насосной станции с разделением примесей.

нагнетаемой сточной воды в напорный трубопровод без контакта указанных примесей с рабочим колесом насоса. Пример оборудования такой насосной станции приведен на рисунках 1.8 и 1.9.

В оборудование станции входит два насоса, подводящий трубопровод с распределительными лотками, накопитель сточной воды, освобожденной от крупноразмерных примесей, бункеры для сбора твердых примесей с шаровыми клапанами, разделительные клапаны с решетками, напорные трубопроводы с обратными клапанами, вспомогательное оборудование.

Насосы на станции могут работать поочередно либо в режиме «основной–резервный». В случае, когда насос выключен и находится в неработающем состоянии, сточная вода с крупными примесями из подводящего трубопровода по подводящему лотку поступает в связанный с данным насосом бункер для сбора крупноразмерных включений. Далее сточная вода самотеком проходит через нижний разделительный клапан, оборудованный решеткой, и далее через насос поступает в накопитель сточной воды. При этом крупноразмерные примеси задерживаются решеткой и в накопитель не попадают. Процесс происходит до момента полного заполнения бункера. По мере увеличения уровня сточной воды в бункере для сбора крупноразмерных включений плавающий на поверхности шар будет подниматься и при полном заполнении емкости водой перекроет входное отверстие. Второй цикл начинается с момента включения насоса в работу. В этом случае насос забирает сточную воду, освобожденную от крупных примесей, и подает ее по трубопроводу через разделительные клапаны. Клапаны открываются, позволяя воде поступать в бункер для сбора крупноразмерных включений. В бункере увеличивается давление, которое увеличивает силу, с которой плавающий шар прижимается к входному отверстию. При этом обеспечивается надежное перекрытие входного трубопровода, что не позволяет сточной воде уходить в распределительный лоток. Обратный клапан на напорном трубопроводе станции открывается, и сточная вода начинает подаваться насосом в напорный трубопровод. Поток сточной воды, поступающий из насоса, начинает транспортировать крупногабаритные примеси, которые содержались в бункере. Через некоторое время все накопленные примеси будут перекачаны в напорный трубопровод, и цикл повторится [7]. Таким образом обеспечивается надежная работа насосов при перекачке проблемных сточных вод.

В таких станциях могут использоваться насосы с многолопастными рабочими колесами либо насосы с относительно небольшими свободными проходами, применение которых в других условиях было бы проблематичным. Кроме предотвращения блокировки рабочих колес насосов, станция может обеспечить и снижение энергопотребления перекачки сточных вод за счет использования более экономичных марок насосов (с большим числом лопастей рабочих колес, с меньшими свободными проходами).

Преимущества и недостатки напорной системы

Преимущества

Возможность водоотведения с использованием труб небольшого диаметра с небольшим заглублением трасс трубопроводов.

Предотвращение газовой коррозии труб вследствие гидролиза примесей в сточной воде.

Не требуется поддержание равномерного уклона трубопроводов и строительство большого количества смотровых колодцев.

Недостатки

Требуется значительное количество насосных установок и их обслуживание.

Значительный расход электроэнергии, особенно при использовании насосов с измельчающими устройствами.

1.3. Вакуумная канализация

Принцип работы вакуумной канализации основан на транспорте сточных вод под давлением ниже атмосферного. На центральной вакуумной станции вакуумные насосы создают рабочее давление от минус 0,04 МПа до минус 0,06 МПа. Сточные воды транспортируются по трубопроводам, в которых поддерживается вакуум, на центральную вакуумную станцию (Рис. 1.10). При этом центральная вакуумная станция является единственным элементом системы водоотведения, который должен снабжаться электроэнергией.

Клапаны, которые устанавливаются внутри смотровых колодцев у зданий, работают, используя энергию вакуума (Рис. 1.11). Сточные воды отводятся из здания в колодец; после его наполнения доопределенного уровня клапан

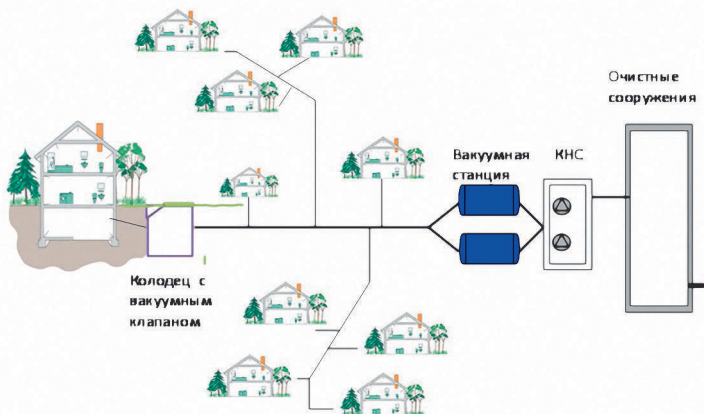


Рис. 1.10. Схема водоотведения при использовании вакуумной канализации.



Рис. 1.11. Вид вакуумного клапана и смотрового колодца со смонтированным клапаном.

в колодце открывается, и сточная вода под действием вакуума направляется в трубопровод. Импульс для открытия клапана, как правило, передается на управляемый блок контроллера за счет давления воздуха, создаваемого при повышении уровня сточных вод в колодце. Чтобы открыть или закрыть клапан, не нужно использовать электропривод.

Системы с большим количеством зданий, от которых отводятся сточные воды, и, соответственно, большим числом колодцев с клапанами могут оснащаться системой мониторинга для обеспечения удаленного контроля за колодцами и вакуумными клапанами. Системы мониторинга позволяют гораздо быстрее устранять неисправности и повышают качество работ по техническому обслуживанию. Тем не менее, такие системы являются лишь дополнительным сервисом, и их отсутствие не влияет на работоспособность системы вакуумной канализации.

Вакуумная станция оснащается вакуумными насосами для создания вакуума в сети канализации, сборным резервуаром и канализационными насосами для подачи сточных вод из сборных резервуаров к очистным сооружениям. Периодически включаясь, вакуумные насосы поддерживают отрицательное давление в сборном резервуаре. Когда давление в резервуаре поднимается выше заданного предела, насосы включаются — и вакуум восстанавливается. Таким образом, вакуумные насосы работают только в течение нескольких часов в день.

Размеры сборных резервуаров определяются количеством сточных вод и требованиями к поддержанию вакуума в канализационных трубопроводах. Как правило, объем сборных резервуаров находится в пределах от 5 до 12 м³. Около 75% объема резервуаров работает как емкость для вакуумирования. Сборные резервуары обеспечивают равномерную эксплуатацию вакуумных насосов с количеством включений не более 10—15 в час.

Преимущества и недостатки вакуумной системы

Преимущества

Электрическая энергия для обеспечения работы необходима только на центральной вакуумной станции.

Благодаря высокой скорости движения сточных вод не происходит засорения труб.

Не требуется строительства смотровых колодцев, возможно использование гибких полимерных труб малого диаметра, которые могут укладываться на небольшой глубине.

Применение гибких труб дает возможность обходить препятствия при прокладке трасс трубопроводов, что уменьшает затраты.

Отсутствуют запахи, инфильтрация, а также утечки сточной воды, что позволяет размещать трубопроводы рядом с дождевой канализацией и водопроводом, а также в водоохраных зонах.

Предотвращается газовая коррозия труб вследствие гидролиза примесей в сточной воде.

Недостатки

Ограничение длины канализационных линий из-за потери напора: не более 3—4 км при плоском рельефе.

Эксплуатация центральной вакуумной станции может сопровождаться выделением газов (сероводорода), что может потребовать применения биологической очистки воздуха.

Канализационные трубопроводы должны быть герметичными.

Требуется постоянное профилактическое обслуживание и своевременная замена изношенных деталей и уплотнений механического контроллера вакуумного клапана, так как блокировка и открытое состояние клапана вызывают остановку работы системы из-за отсутствия вакуума.

Для проектирования, строительства и эксплуатации систем вакуумного водоотведения требуются специалисты высокого уровня компетентности.

1.4. Нецентрализованная система водоотведения

При применении нецентрализованной системы предусматриваются отведение и очистка сточных вод от каждого объекта в отдельности либо от нескольких объектов — с устройством сборных трубопроводов небольшой протяженности.

Преимущества

Отсутствие протяженных сетей трубопроводов и необходимости их строительства и эксплуатации.

Недостатки

Необходимость устройства большого числа очистных сооружений на каждом объекте.

2. Очистка сточных вод

Как уже указывалось, практика проектирования и строительства систем водоотведения в сельской местности, в том числе очистных сооружений, выявила системные проблемы. ТНПА и типовые технические решения направлены либо на перенесение принципов проектирования, характерных для больших и средних городов, либо на применение простейших сооружений, морально устаревших и наносящих значительный вред окружающей среде, тогда как для очистки сточных вод в сельской местности должны использоваться простые в исполнении и эксплуатации сооружения, позволяющие достигнуть требуемой степени очистки. Нормативы очистки сточных вод в сельской местности в соответствии с требованиями ТКП 17.06-08 [8] предполагают удаление взвешенных частиц и органических веществ, оцениваемых по БПК₅.

Как следует из таблицы 2.1, ограничения по содержанию биогенных веществ (азот и фосфор) либо не устанавливаются для сооружений мощностью до 500 ЭН, либо устанавливаются только по содержанию аммонийного азота 500—10 000 ЭН. Такой же подход к проектированию очистных сооружений сточных вод принят в Европе в соответствии с требованиями Директивы об очистке городских сточных вод — базового документа ЕС в этой области [9].

Таблица 2.1. Допустимые концентрации загрязняющих веществ в очищенных сточных водах в зависимости от массы органических веществ в составе сточных вод

Масса органических веществ в составе сточных вод, поступающих на очистные сооружения, ЭН (М БПК ₅)	ХПК, мгО ₂ /дм ³	БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	Взвешенные вещества, мг/дм ³	Аммоний-ион, мгN/дм ³	Азот общий, мгN/дм ³	Фосфор общий, мг/дм ³
До 500 (до 30 кг/сут.)	125	35	40	н/н	н/н	н/н
501–2000 (от 30 до 120 кг/сут.)	120	30	35	20	н/н	н/н
2001–10 000 (от 120 до 600 кг/сут.)	100	25	30	15	н/н	н/н
10 001–100 000 (от 600 до 6000 кг/сут.)	80	20	25	н/н	20	4,5
Более 100 001 (более 6000 кг/сут.)	70	15	20	н/н	15	2,0
Примечания: н/н – показатель не нормируется.						

Требования, сформулированные в этом документе, учитывают как возможности применения наилучших доступных технических методов для очистки сточных вод, так и задачи, связанные с охраной и предотвращением загрязнения водных объектов.

Директива об очистке городских сточных вод требует как минимум так называемой вторичной (полной биологической) очистки или же эквивалентной ей, которая обеспечивает очистку по БПК₅ не выше 25 мг/дм³, т. е. на 70—90%. Эти требования являются базовыми для установления степени очистки, которую должны обеспечивать очистные сооружения. Такие нормативы могут быть обеспечены сооружениями биологической очистки, рассчитанными на деструкцию и удаление органических веществ, подверженных биологическому разложению.

Как указывается, в ряде случаев строительство и эксплуатация небольших канализационных очистных сооружений являются более сложной задачей, нежели строительство и эксплуатация очистных сооружений в больших населенных пунктах [5]. Это объясняется тем, что поступление сточных вод на очистные сооружения с небольших водосборных площадей характеризуется значительной удельной нагрузкой по загрязняющим веществам и более высоким коэффициентом неравномерности. Кроме того, небольшие механизмы и технические устройства, как правило, более подвержены отказам, нежели большие. Также очень сложно обеспечить небольшие канализационные очистные сооружения квалифицированным техническим персоналом, особенно с учетом применения современных систем автоматизации.

Из характерных особенностей малых канализационных очистных сооружений вытекают следующие выводы, определяющие принципы их проектирования:

- малые канализационные очистные сооружения не могут быть маленькими копиями больших;
- регулирование притока сточной воды более важно, чем применение самых высокотехнологичных методов очистки;
- предпочтение должно отдаваться простым универсальным конструкциям, а не сложным многоступенчатым технологиям;
- сооружения должны быть простыми в исполнении и обслуживании, с использованием надежных механических устройств, без применения высокопроизводительной автоматики;
- преимущество должно отдаваться эксплуатационной безопасности и удобству, а не сверхвысокой производительности и энергосбережению.

Основными критериями для такого выбора являются:

- эффективность и стабильность процесса очистки, а также гарантия поддержания требуемого расхода сточных вод;
- надежность и простота технологии очистки;

- простота сервисного обслуживания и доступность для проведения необходимых работ и требуемых измерений для контроля;
- возможность удаления активного ила;
- возможность очистки и удаления отходов (примесей, отходов из отстойника для песка, канализационных осадков);
- возможности для поэтапного расширения.

2.1. Биологические пруды

Область применения и устройство

Биологические пруды могут применяться как самостоятельные сооружения для биологической очистки городских, производственных и поверхностных сточных вод, содержащих органические вещества. Допускается использовать биологические пруды для глубокой очистки сточных вод после полной биологической очистки при реконструкции очистных сооружений при их производительности, не превышающей 10 000 ЭН.

Биологические пруды устраивают с естественной и искусственной аэрацией, контактные, проточные, многоступенчатые (состоящие из каскада прудов). Биологические пруды представляют собой мелкие котлованы глубиной от 0,5—1 м при естественной аэрации до 3—4,5 м (в зависимости от вида применяемых аэраторов) при искусственной. Как правило, биологические пруды имеют прямоугольную форму с направлением движения воды к более длинной стороне. По характеру протекающих в биологическом пруду процессов они подразделяются на три основных вида: аэробные, факультативные и анаэробные (рис. 2.1, 2.2).

Аэробные биологические пруды содержат кислород по всей глубине воды, которая составляет обычно 0,3—0,45 м, что достигается за счет реаэрации и процессов фотосинтеза.

Факультативные биологические пруды, имеющие глубину от 1,2 до 2,5 м, наиболее часто применяются для глубокой очистки сточных вод после механической и неполной биологической очистки. Также эти пруды называются аэробно-анаэробными. Верхний слой таких прудов насыщен растворенным кислородом, а в нижнем слое происходит анаэробное разложение донных осадков. Анаэробные биологические пруды работают с очень высокой нагрузкой по органическим загрязнениям. Основные биохимические процессы, протекающие в них, — образование кислот и метановое брожение.

Искусственная аэрация биологических прудов позволяет значительно интенсифицировать процессы биохимической очистки сточных вод, увеличить глубину воды, где могут быть созданы аэробные условия, до 3—4 м, что стабилизирует процесс очистки и позволяет сделать биопруды значительно компактнее.



Рис. 2.1. Биологический пруд с естественной аэрацией.

Принципы проектирования

Проектирование биологических прудов осуществляется в соответствии с требованиями ТКП 45-4.01-202 [10]. Биологические пруды проектируются как с естественной, так и с искусственной аэрацией (пневматической или механической).

При очистке в биологических прудах максимальное содержание взвешенных веществ в сточных водах, поступающих на очистку, не должно превышать более 150 мг/л. Максимальная величина БПК₅ — не более 130 мг/дм³ для прудов с естественной аэрацией и не более 330 мг/дм³ для прудов с искусственной аэрацией. При БПК₅ более чем 330 мг/дм³ предусматривается предварительная очистка сточных вод. В пруды для глубокой очистки отводится сточная вода после биологической или физико-химической очистки с БПК₅ не более чем 25 мг/дм³ — для прудов с естественной аэрацией и не более чем 50 мг/дм³ — для прудов с искусственной аэрацией.

Перед отведением в пруды предусматривается очистка сточных вод на решетках с прозорами не более 16 мм и отстаивание сточных вод в течение не менее 30 мин. После прудов с искусственной аэрацией предусматривается отстаивание очищенной воды в течение 2,0—2,5 ч. Биологические пруды устраивают

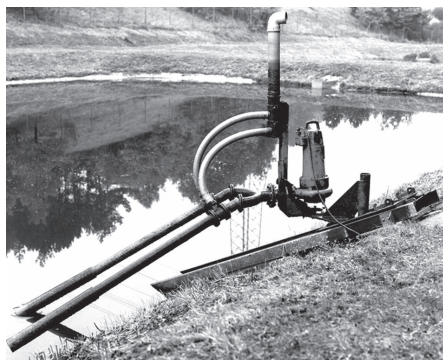


Рис. 2.2. Биологические пруды с искусственной аэрацией.

на нефiltrующих или слабофилтрующих грунтах. При неблагоприятных в филтрационном отношении грунтах осуществляются противофилтрационные мероприятия (устройство противофилтрационных экранов различных конструкций).

Биологические пруды размещаются с подветренной по отношению к жилой застройке стороны господствующего направления ветра в теплое время года. Направление движения воды в пруде должно быть перпендикулярным к господствующему направлению ветра. Биологические пруды проектируются не менее чем из двух параллельных секций с тремя-пятью последовательными ступенями в каждой, с возможностью отключения любой секции пруда для чистки или профилактического ремонта без нарушения работы остальных. Отношение длины к ширине пруда с естественной аэрацией должно быть не менее 20. При меньшем отношении следует предусматривать конструкции впускных и выпускных устройств, обеспечивающие движение воды по всему живому сечению пруда.

В прудах с искусственной аэрацией соотношение сторон секций может быть любым, при этом аэрирующие устройства должны обеспечивать движение воды в любой точке пруда со скоростью не менее 0,05 м/с. Форма прудов в плане принимается исходя из предусматриваемого типа и конструктивных особенностей аэраторов. Отметка лотка перепускной трубы из одной ступени в другую должна быть выше дна на 0,3—0,5 м. Выпуск очищенной воды следует осуществлять через сборное устройство, расположенное ниже уровня воды на 0,15—0,20 м.

Рабочий объем пруда определяется по времени пребывания в нем среднесуточного расхода сточных вод с учетом вида применяемых аэрационных устройств. Расчетная зависимость для определения времени пребывания сточных вод приведена в ТКП 45-4.01-202-2010 (раздел 7) [10].

Преимущества и недостатки очистки сточных вод в биологических прудах

Преимущества

Простота устройства и высокая надежность работы при минимальном текущем обслуживании.

Недостатки

Низкая скорость окислительных процессов требует больших объемов воды и значительных площадей для их размещения.

Подвержены заилению и требуют периодической чистки от отложений.

2.2. Поля фильтрации

Область применения и устройство

Поля фильтрации относятся к так называемым сооружениям для очистки сточных вод в естественных условиях и представляют собой спланированные участки земли, разделенные на отдельные участки (карты) распределительными и оградительными земляными валиками. Как правило, отношение ширины карты к длине составляет от 1:2 до 1:4. Использование таких очистных сооружений имеет продолжительную историю — более 150 лет. В настоящее время они продолжают широко использоваться в Республике Беларусь. Их применение допускается для очистки сточных вод, отводимых от объектов, расположенных вне населенных пунктов, если их расход не превышает $200 \text{ м}^3/\text{сут.}$, а дальность транспортирования очищенных сточных вод до водотока-приемника не превышает 1 км.

При расположении полей фильтрации ниже по течению потока подземных вод расстояние их до сооружений забора подземных вод должно быть не менее чем величина радиуса депрессионной воронки, но не менее 200 м — для легких суглинков, 300 м — для супесей и 500 м — для песков.



Рис. 2. 3. Вид полей фильтрации.

При расположении полей фильтрации выше по течению потока подземных вод расстояние их до сооружений для забора подземных вод должно соответствовать требованиям санитарной охраны источника водоснабжения с учетом гидрогеологических условий.

Процесс биологической очистки на полях фильтрации заключается в контакте сточных вод с микроорганизмами, находящимися в почвенном слое. При просачивании сточных вод в почву происходит их очистка за счет процессов биосорбции, биодеструкции и механического фильтрования.

Размеры распределительных и оградительных валиков зависят от типа грунта и конструкции подводящей и распределительной сети. Высота валиков, как правило, должна быть не более 1 м, а ширина по верху — не менее 0,7 м. Величина заложения откосов — от 1:1,5 для супесей и легких суглинков до 1:2 для песка.

Для отведения очищенных сточных вод устраивается водоотводящая сеть. Она включает дренаж, сборную сеть, отводящие линии и выпуски. В зависимости от характера грунта дренажную сеть устраивают в виде открытых осушительных каналов или закрытого дренажа. В слабопроницаемых грунтах (суглинках) устраивают закрытый дренаж, в сильнопроницаемых грунтах или дренаж не устраивают, или устраивают открытые осушительные канавы.

Принципы проектирования

В соответствии с требованиями норм проектирования Республики Беларусь [10], сточная вода перед направлением на поля фильтрации должна отстаиваться. Продолжительность отстаивания сточных вод — не менее 30 мин. Отстаивание сточных вод в зависимости от расхода может предусматриваться или в септиках — при расходе до 25 м³/сут., или отстойниках. Гидравлическая нагрузка сточных вод на поля фильтрации определяется на основании данных по эксплуатации полей фильтрации, находящихся в аналогичных условиях. При очистке хозяйственно-бытовых сточных вод нагрузка сточных вод может определяться по таблице 2.2 [10].

Также учитывается режим эксплуатации сооружений в зимний период, когда происходит намораживание сточных вод на картах очистных сооружений.

Продолжительность периода намораживания определяется по количеству дней со среднесуточной температурой воздуха ниже минус 10 °С. Величина фильтрации сточных вод в период их намораживания уменьшается на величину коэффициента, значение которого зависит от типа грунта. Коэффициент снижения величины фильтрации в период намораживания для легких суглинков — 0,3, супесей — 0,45 и песков — 0,55.

Требуемая площадь полей фильтрации определяется с учетом резервных карт, площадь которых не должна превышать полезную площадь полей фильтрации более чем на 20%. Кроме того, должна предусматриваться дополнительная площадь, используемая для устройства сетей, дорог, оградительных

Таблица 2.2.

Грунт	Среднегодовая температура воздуха, °С	Нагрузка сточных вод, м³/ (га-сутки), при залегании грунтовых вод на глубине, м		
		1,5	2,0	3,0
Легкий суглинок	От 0 до 3,5включ.	—	41	45
	-"-3,5-"-6-"	—	52	56
	-"-6-"-11-"	—	56	64
	Свыше 11	—	64	75
Супесь	От 0 до 3,5 включ.	64	68	88
	-"-3,5-"-6-"	72	80	96
	-"-6-"-11-"	80	88	104
	Свыше 11	96	104	120
Песок	От 0 до 3,5 включ.	102	119	153
	-"-3,5-"-6-"	127	148	191
	-"-6-"-11-"	136	161	200
	Свыше 11	153	178	212

валиков, древесных насаждений. Дополнительная площадь составляет до 25% при площади полей фильтрации более 1000 гаи до 35% — при площади 1000 га и менее.

Преимущества и недостатки очистки сточных вод на полях фильтрации

Преимущества

К достоинствам данных сооружений относится простота проектирования, строительства и эксплуатации. С учетом того, что устройство и эксплуатация таких сооружений не требуют применения электромеханического оборудования, практика их применения для объектов с небольшим расходом водоотведения остается довольно распространенной.

Недостатки

В настоящее время поля фильтрации можно отнести к типу сооружений, которые морально устарели в технологическом отношении, и их применение оказывает значительное негативное воздействие на окружающую среду. Довольно распространенной практикой является устройство полей фильтрации без водоотводящей сети. При значительных нагрузках велика вероятность фильтрации и сточных вод, содержащих значительные количества биогенных веществ (азот, фосфор), в грунт и далее в нижележащие водоносные горизонты.

Непосредственный контакт сточных вод с атмосферным воздухом на больших площадях приводит к появлению неприятных запахов, размножению насекомых и т. д. и требует устройства санитарно-защитных зон.

2.3. Септики

Область применения и устройство

Септики применяют для очистки сточных вод, поступающих от малых населенных пунктов и отдельно расположенных объектов с расходом, как правило, не превышающим 25 м³/сут. Септики используются для предварительной обработки сточных вод с их последующей подачей на поля подземной фильтрации, в песчано-гравийные фильтры, в фильтрующие траншеи или колодцы и на другие типы сооружений.

Септик представляет собой сооружение для очистки сточных вод и обработки осадка, состоящее из одной емкости с несколькими камерами или нескольких емкостей, через которые последовательно протекает сточная вода. Количество камер или отдельных емкостей септиков, как правило, от одной до трех. В зарубежной практике проектирования количество камер может достигать пяти [11].

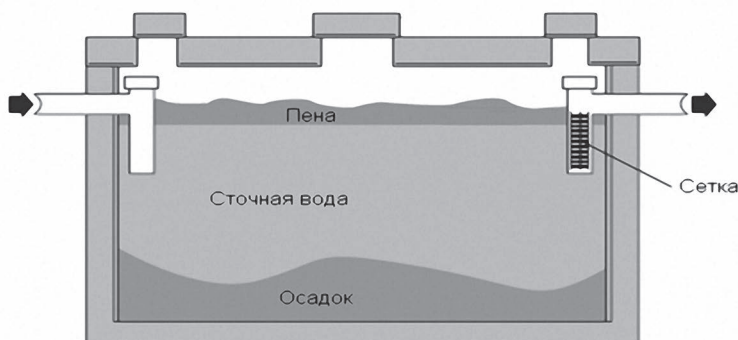


Рис. 2.4. Схема однокамерного септика.

Септики сооружаются из сборного или монолитного железобетона, кирпича с гидроизоляцией. Септики заводского изготовления могут быть из металла или пластмассы.

При медленном движении сточных вод в объеме септика происходит осветление сточных вод за счет осаждения нерастворимых примесей и взвешенных веществ. Выпавший осадок находится в резервуаре септика от 6 до 12 месяцев, в течение которых он подвергается анаэробному разложению. Чтобы обеспечить малую скорость движения сточной воды и возможность длительного пребывания осадка, объем септиков должен быть достаточно большим.

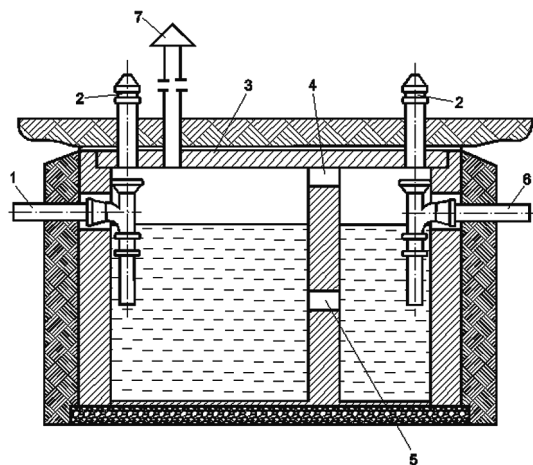


Рис. 2.5. Схема двухкамерного септика:

1 — подающая труба; 2 — прочистка; 3 — перекрытие из сборных плит; 4 — вентиляционное отверстие; 5 — перепускной патрубок; 6 — выпуск осветленной воды; 7 — вентиляционная труба.

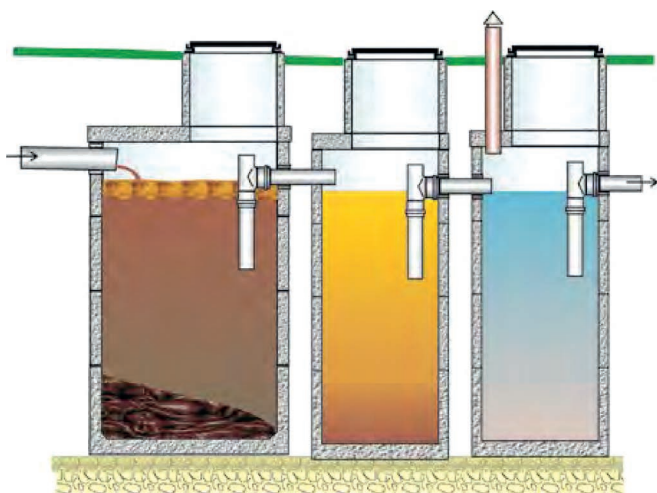


Рис. 2.6. Схема трехкамерного септика.

Принципы проектирования

Проектирование септиков выполняется в соответствии с требованиями ТКП 45-4.01-51 [12]. Емкость септика должна быть прямоугольной или круглой, с водонепроницаемыми стенками и дном, с гидроизолированной

наружной поверхностью. Сверху септики перекрываются крышкой или плитой с люком, имеющей вентиляционное отверстие, и засыпаются слоем грунта 0,5 м.

Рабочая глубина септика от максимального уровня сточных вод до дна септика должна быть не менее 1,3 м. Между перекрытием септика и уровнем находящихся в нем сточных вод должно быть пространство высотой не менее 0,35 м.

Септики должны отвечать следующим требованиям:

- лоток трубы, подводящей сточные воды в септик, должен быть расположен не менее чем на 0,05 м выше расчетного уровня сточных вод в септике;
- впуск и выпуск сточных вод должен осуществляться через тройники, устанавливаемые на подводящем и отводящем трубопроводах;
- отверстия верхних патрубков тройников следует оставлять открытыми, а нижние патрубки с присоединенными трубами должны быть расположены на 0,3 м ниже расчетного уровня воды в септике;
- в перекрытии септика над верхними отверстиями тройников следует устанавливать прочистки; между нижними концами прочисток и верхом тройников должен быть сделан разрыв не менее 0,05 м;
- в двухкамерных септиках, в стенке, разделяющей камеры, следует предусматривать вентиляционное отверстие размером 200×200 мм, нижняя кромка которого должна быть расположена не менее чем на 0,2 м выше расчетного уровня сточных вод в септике;
- в двухкамерных септиках для перепуска сточных вод из одной камеры в другую следует предусматривать патрубок диаметром 150 мм, центральная ось которого должна располагаться ниже расчетного уровня сточных вод в септике на расстояние 0,4 рабочей глубины.

При расходе сточных вод до 5 м³/сут. полный расчетный объем септика принимается равным притоку сточных вод за 3 суток, а при расходе сточных вод более 5 м³/сут. указанный объем принимается равным притоку сточных вод за 2,5 суток. Под полным расчетным объемом понимается объем септика, заполняемый во время работы сточными водами без учета объема воздушного пространства между уровнем сточных вод и перекрытием септика. При этом для очистки фекальных сточных вод допускается применение септиков при расходе не более 1,2 м³/сут.

При расходе сточных вод до 1,0 м³/сут. применяются однокамерные септики, при расходе от 1 до 10 м³/сут. — двухкамерные, при большем расходе — трехкамерные. В двухкамерных септиках объем первой камеры принимается равным 0,75, второй — 0,25 от расчетного объема септика, в трехкамерных септиках объем первой камеры — 0,5, второй и третьей — по 0,25 расчетного объема.

В случае применения септиков из сборных железобетонных колец камеры могут быть одинаковыми по объему.

Сброженный осадок из септика удаляется (как правило, ассенизационными машинами) не реже 1 раза в год. Причем не весь осадок: оставляется примерно пятая часть объема для размножения бактерий, с помощью которых происходит процесс распада органических веществ. Средняя влажность осадка септиков принимается за 90%.

Преимущества и недостатки очистки сточных вод в септиках

Преимущества

Достоинство септиков состоит в довольно высокой эффективности задержания примесей при простоте конструкции и их эксплуатации.

Недостатки

Вследствие непрерывного поступления в септики осадка распад органического вещества происходит преимущественно до образования жирных кислот без последующего получения метана и углекислого газа. Накопление кислот вызывает замедление процесса сбраживания.

Основным недостатком септика является образование на поверхности воды корки толщиной от 0,35 до 0,4 м, что затрудняет выход газов. Также наблюдается циркуляция осадка в толще очищаемой воды: подъем частиц выпавшего осадка вместе с пузырьками газа и их последующее осаждение после газоотделения. Всплывающие частицы осадка, контактируя с очищаемой водой в септике, снова загрязняют ее, затрудняя дальнейшую очистку.

Сточная вода, отводимая из септика, приобретает неприятный резкий запах сероводорода и кислую реакцию. Очистка такой воды иногда более затруднительна, чем исходной.

Под влиянием сероводорода стенки железобетонного септика быстро разрушаются.

2.4. Фильтрующие колодцы

Область применения и устройство

Фильтрующие колодцы применяются для очистки сточных вод после септика при расходе до 1,0 м³/сут. в песчаных и супесчаных грунтах. Без предварительного осветления в септиках возможна очистка в фильтрующих колодцах «серых» бытовых сточных вод, не содержащих фекальных примесей и жиров,— например, отводимых от умывальников, душевых или ваннных комнат.

Фильтрующие колодцы выполняются из кирпича, сборного или монолитного железобетона, чаще всего из железобетонных колец диаметром 1,5—2 м и глубиной до 2 м, а также могут быть в виде емкостей из полимерных

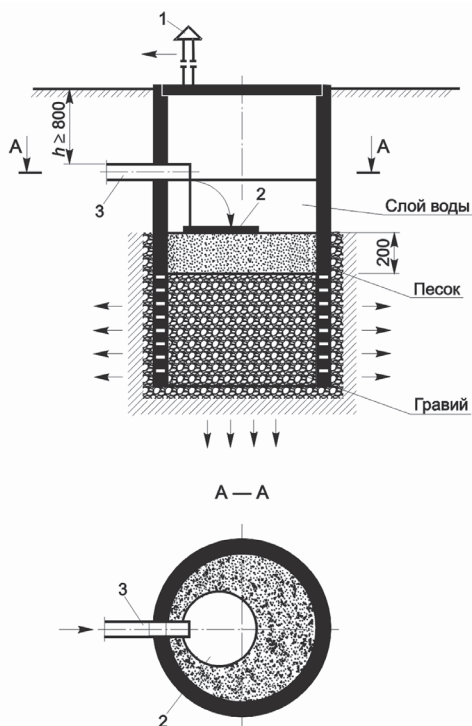


Рис. 2.7. Схема и вид фильтрующего колодца.

материалов. Днище и стенки фильтрующих колодцев обсыпают щебнем крупностью 40—60 мм. Внутри колодца засыпают такой же щебень слоем до 1 м.

Принципы проектирования

Проектирование фильтрующих колодцев выполняется в соответствии с требованиями ТКП 45-4.01-51 [12]. Вентиляция колодца осуществляется через трубу диаметром 100 мм с флюгаркой. Верх вентиляционной трубы должен быть расположен над поверхностью земли на высоте не менее 0,7 м. Фильтрующая поверхность колодца состоит из площади его дна и перфорированных стенок. За допустимую нагрузку сточных вод (поглощающую способность грунта) в пересчете на 1 м² фильтрующей поверхности, q_1 , м³/ (м²·сут.), принимаются следующие значения: для грунтов, сложенных из гравия и крупнозернистого песка — 0,15—0,20 м³/ (м²·сут.); для песчаных грунтов — 0,10—0,15 м³/ (м²·сут.); для супесчаных грунтов — 0,05—0,10 м³/ (м²·сут.). Для объектов сезонного действия приведенные выше параметры могут быть увеличены на 20%.

Преимущества и недостатки очистки сточных вод в фильтрующих колодцах

Преимущества

Экономичность строительства и простота эксплуатации.

Недостатки

Ограниченная производительность и ограничение области применения только хорошо фильтрующими грунтами.

Значительный вынос загрязняющих веществ со сточной водой в грунт.

2.5. Поля подземной фильтрации

Область применения и устройство

Поля подземной фильтрации применяются на территориях с песчаными и супесчаными грунтами для биологической очистки сточных вод в почве. В состав очистных сооружений с полями подземной фильтрации входят септик, дозирующая камера, распределительные трубопроводы и оросительная сеть. Оросительная сеть из перфорированных труб укладывается на глубине 0,6—0,9 м, но не менее 1 м выше уровня подземных вод (Рис. 2.8).

Сточные воды, предварительно осветленные в септиках, направляются в оросительную сеть и далее распределяются в грунте по площадке подземного фильтрования. При поступлении сточной воды в грунт происходит ее биологическая очистка (фильтрование).

Принципы проектирования

Проектирование полей подземной фильтрации выполняется в соответствии с требованиями ТКП 45-4.01-51. Оросительная сеть устраивается из дренажных пластмассовых гофрированных или керамических труб диаметром 110 или 125 мм с уклоном не менее 0,002. Расстояние от поверхности земли до верха трубы — не менее 0,5 м. Оросительные трубы рекомендуется укладывать на слой подсыпки толщиной от 20 до 50 см из гравия, шлака, щебня, битого кирпича или крупнозернистого песка.

К концам трубопроводов оросительной сети присоединяют вентиляционные стояки диаметром 100 мм и высотой не менее 0,7 м над поверхностью земли и защитной флюгаркой над срезом вентиляционной трубы.

Допустимые нагрузки сточных вод на оросительные трубы $q_{\text{сут.}}$, м³/(м·сут.), и расстояния между соседними оросительными трубами в зависимости от вида грунта и коэффициента фильтрации приводятся в таблице 2.3.

Нагрузка на оросительные трубопроводы уменьшается в зависимости от среднегодового количества осадков путем умножения на коэффициент уменьшения нагрузки. При среднегодовом количестве осадков от 500 до 600 мм коэффициент уменьшения нагрузки K_1 принимается интерполяцией от 0,9

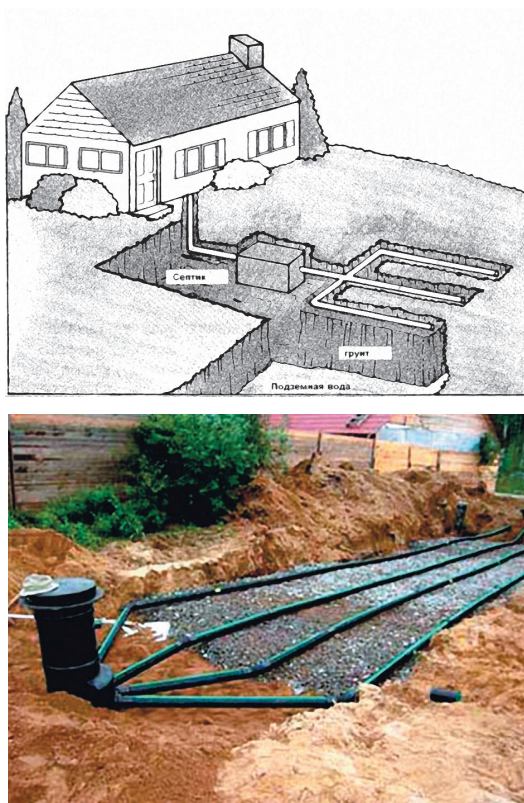


Рис. 2.8. Схема и вид полей подземной фильтрации.

Таблица 2.3.

Вид грунта		Коэффициент фильтрации K_f , м/сут.	Допустимая нагрузка сточных вод на оросительные трубы $q_{сут.}$, м ³ / (м·сут.)	Расстояние между соседними оросительными трубами, м, не менее
Гравий	мелкий	75—100	0,012—0,025	2,0
	средний	100—200		
	крупный	200—300		
Песок	гравелистый	75—100	0,006—0,020	2,5
	крупнозернистый	25—75		
	среднезернистый	10—25		
	мелкозернистый	5—10		

до 0,8, при среднегодовом количестве осадков более 600 мм — с интерполяцией от 0,8 до 0,7. При устройстве подсыпки из крупнозернистого песка нагрузка на оросительные трубопроводы может быть увеличена на 20—50%.

Преимущества и недостатки очистки сточных вод в полях подземной фильтрации

Преимущества

Экономичность строительства и простота эксплуатации.

Недостатки

Потребность в значительных площадях.

Производительность ограничивается фильтрующими свойствами грунта на площадке строительства.

Подверженность колюматации (накоплению примесей и биомассы в фильтрующей загрузке, снижающей ее проницаемость).

Значительный вынос загрязняющих веществ со сточной водой в грунт.

2.6. Фильтрующие траншеи и песчано-гравийные фильтры

Назначение и устройство

Фильтрующие траншеи и песчано-гравийные фильтры имеют схожее конструктивное исполнение. Применяются для биологической очистки сточных вод и устраиваются на слабофильтрующих грунтах (суглинок, глина). Принцип их работы основан на фильтровании сточных вод, предварительно осветленных на септиках, через слой загрузки из гравия, песка. Различие между фильтрующими траншеями и песчано-гравийными фильтрами заключается в геометрической конфигурации данных сооружений и их элементов.

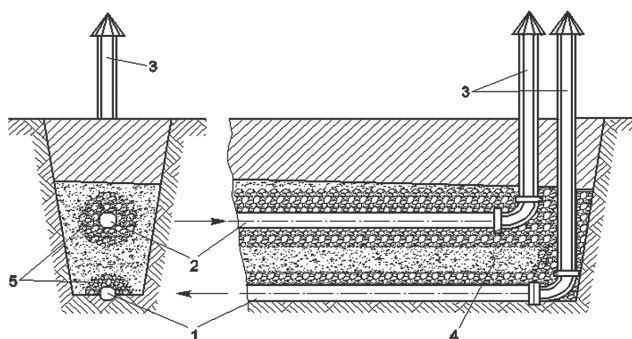


Рис. 2.9. Схема и вид фильтрующей траншеи:

1 — дренажная сеть; 2 — оросительная сеть; 3 — вентиляционные трубы; 4 — засыпка крупнозернистым песком; 5 — гравийная обсыпка.

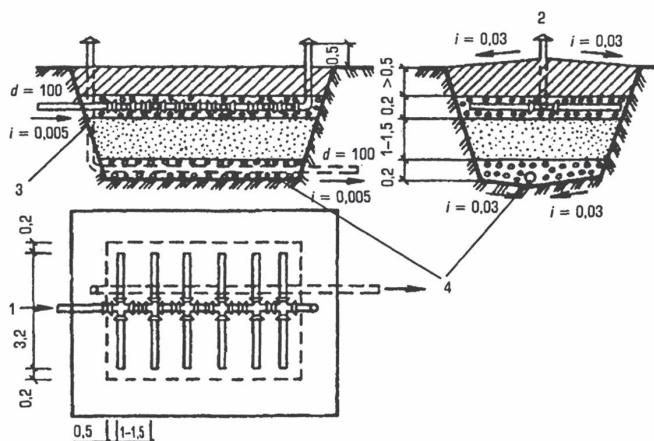


Рис. 2.10. Схема и вид песчано-гравийного фильтра:

1 — подача осветленной сточной воды; 2 — вентиляционные трубы; 3 — оросительная сеть; 4 — дренажная сеть.

Фильтрующие траншеи представляют собой искусственные углубления, заполненные крупнозернистым песком, в которые уложены оросительные и дренажные сети, обсыпанные мелким гравием или щебнем слоем до 20 см. Сверху слой крупнозернистого песка перекрывается слоем торфа или перегноя толщиной 0,5 м и грунтом.

Песчано-гравийные фильтры конструктивно сходны с фильтрующими траншеями. Однако расстояние между оросительными и дренажными трубопроводами принимается 1—1,5 м по высоте. При этом оросительная сеть трубопроводов выполняется в виде центрального трубопровода, из которого вода направляется в ряд распределительных трубопроводов, размещаемых в котловане параллельными линиями также на расстоянии 1—1,5 м.

Песчано-гравийные фильтры делают одно- или двухступенчатыми. В качестве основного загрузочного материала для одноступенчатых фильтров используется крупно- и среднезернистый песок. В качестве загрузочного материала для первой ступени двухступенчатого фильтра применяется гравий или щебень с размером фракций от 20 до 70 мм, а для второй ступени, как и для одноступенчатых фильтров, крупно- и среднезернистый песок.

К отдельной разновидности сооружений относят наземные песчано-гравийные фильтры. По конструкции такие сооружения очень близки к традиционным песчано-гравийным фильтрам, с тем отличием, что песчано-гравийная фильтрующая загрузка располагается над уровнем поверхности земли в виде холма (рис. 2.11—2.13).

Наземные песчано-гравийные фильтры распространены в зарубежной практике ряда стран, прежде всего США [6, 11]. В США их так и называют —

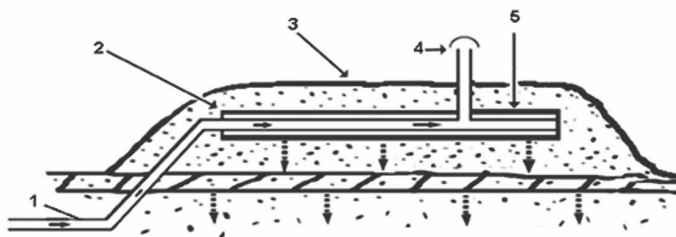


Рис. 2.11. Схема наземного песчано-гравийного фильтра:

1 — подача сточных вод от септика; 2 — фильтрующая загрузка (песок, гравий); 3 — покрывающий слой грунта с растительностью; 4 — вентиляция; 5 — распределительная система.

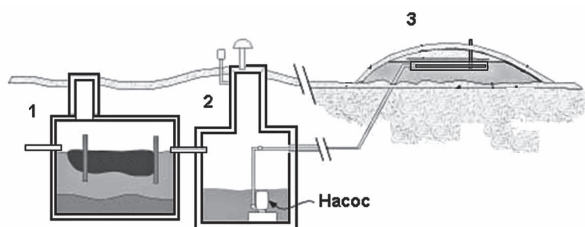


Рис. 2.12. Схема очистных сооружений с использованием наземных песчано-гравийных фильтров:

1 — септик; 2 — насосная установка; 3 — наземный песчано-гравийный фильтр.

«система очистки «холм»». В системах водоотведения Беларуси и стран СНГ такие фильтры встречаются редко, в связи с чем отсутствует и информация о таких сооружениях в технической литературе и нормативных документах.

Как и другие сооружения такого типа, наземные песчано-гравийные фильтры предназначены для биологической очистки сточных вод, предварительно осветленных на септиках, путем фильтрования через слой загрузки из гравия, песка. Поэтому схема очистки, приведенная на рисунке 2.12, является типичной для большей части очистных установок небольшой производительности. Учитывая, что фильтрующая загрузка расположена выше уровня воды в септике, для направления сточных вод в оросительный трубопровод в данных сооружениях используется насосная установка, как правило, размещаемая в отдельном колодце.

Дренажных трубопроводов в фильтрующей загрузке данное сооружение не предусматривает, так как очищенная сточная вода распределяется по значительной площади и отводится в слой почвы на прилегающей территории и нижележащий грунт. Могут предусматриваться ограждающие канавы вдоль подошвы сооружения, как это показано на рисунке 2.13, для сбора профильтрованной воды.



Рис. 2.13. Внешний вид наземных песчано-гравийных фильтров.

Принципы проектирования

Проектирование фильтрующих траншей и песчано-гравийных фильтров выполняется в соответствии с требованиями ТКП 45-4.01-51 [12]. Ширина фильтрующей траншеи должна быть не менее 0,5 м. Расстояние между дренажными и оросительными трубопроводами по высоте должно быть от 0,8 до 1,0 м. Трубопроводы оросительной сети укладываются на глубине не менее 0,5 м от поверхности земли.

Длина фильтрующей траншеи определяется расчетом, но не должна превышать 30 м. Расстояние между осями отдельных параллельно расположенных траншей — не более 3 м. Диаметр трубопроводов оросительной и дренажной сетей — 110 или 125 мм. Трубопроводы укладываются с уклоном 0,005. К концам трубопроводов оросительной и дренажной сети присоединяют вентиляционные стояки диаметром 100 мм и высотой не менее 0,7 м над поверхностью земли и защитной флюгаркой над срезом вентиляционной трубы. Загрузка фильтров по высоте должна быть выполнена из материала одинаковой крупности

Таблица 2.4.

Вид сооружения	Высота слоя загрузки, м	Нагрузка на 1 м оросительного трубопровода $q_{ор}$, м ³ /сут.
Одноступенчатый песчано-гравийный фильтр или вторая ступень двухступенчатого фильтра	1,0–1,5	0,08–0,10
Первая ступень двухступенчатого фильтра	1,0–1,5	0,15–0,20
Фильтрующая траншея	0,8–1,0	0,05–0,07

с устройством нижнего поддерживающего слоя высотой не менее 0,2 м. Нагрузка на оросительные трубы песчано-гравийных фильтров и фильтрующих траншей, а также толщина слоя загрузки принимаются по таблице 2.4.

При удельном водоотведении на одного человека более 150 л/сут. нагрузка на оросительные трубы может быть увеличена на 20—30%. Для местности со средней годовой температурой воздуха выше 6° С нагрузка на оросительные трубопроводы увеличивается на 20—30%.

Правила проектирования наземных песчано-гравийных фильтров в ТНПА детально не регламентируются. Вместе с тем нормы проектирования не содержат запретов на применение таких сооружений. Согласно пункту 7.10.2 ТКП 45-4.01-202 [10], допускается применение методов биологической очистки сточных вод в условиях, близких к естественным (полей фильтрации, полей подземной фильтрации, фильтрующих колодцев и траншей, биологических прудов, грунтово-растительных биофильтров), при соответствующем обосновании: благоприятных инженерно-геологических условиях, низком уровне стояния грунтовых вод, защищенности подземных вод и водных объектов от загрязнения.

Высота фильтрующего слоя принимается не менее 0,7 м, уклон откосов фильтрующего слоя — не более 0,15. Требуемая площадь фильтров принимается в зависимости от допустимых гидравлических нагрузок и нагрузок по содержанию загрязняющих веществ в сточных водах и вида фильтрующей загрузки [6]. Если рассматривать принцип функционирования данных сооружений, то гидравлическая нагрузка может быть принята по нормативам, установленным для традиционных конструкций песчано-гравийных фильтров.

Преимущества и недостатки очистки сточных вод в фильтрующих траншеях и песчано-гравийных фильтрах

Преимущества

Экономичность строительства: для сооружения таких конструкций в основном используются местные строительные материалы (грунт, песок, гравий).

Простота эксплуатации.

Недостатки

Значительный вынос загрязняющих веществ со сточной водой в грунт, особенно при высоком уровне грунтовых вод. Данный недостаток для наземных песчано-гравийных фильтров характерен в меньшей степени. Однако в условиях низких температур песчано-гравийные фильтры подвержены промерзанию с уменьшением рабочей площади, через которую производится фильтрование.

Потребность в значительных площадях для размещения. Производительность ограничивается фильтрующими свойствами грунта на площадке строительства.

Подверженность кольматации.

2.7. Вентилируемые площадки подземной фильтрации

Назначение и устройство

Вентилируемые площадки подземной фильтрации предназначены для биологической очистки предварительно осветленных в септиках сточных вод путем фильтрования в слое фильтрующей загрузки и грунте. Принцип работы данного сооружения близок к фильтрующим траншеям. Осветленная сточная вода распределяется оросительными лотками по фильтрующей загрузке. Однако данное сооружение не предусматривает устройство дренажной системы и отведение очищенной воды. Существенным отличием является то, что в вентиляруемых площадках подземной фильтрации распределение сточных вод происходит в результате их излива с определенной высоты на фильтрующую загрузку. Благодаря аэрации это позволяет интенсифицировать процесс биологической очистки.

Вентилируемые площадки подземной фильтрации устраиваются в песчаных, супесчаных и суглинистых грунтах на искусственном фильтрующем основании с толщиной слоя от 0,4 до 0,5 м, причем низ фильтрующего основания располагают выше уровня грунтовых вод не менее чем на 1 м.

В качестве материала фильтрующей загрузки используют гравий, шлак, щебень размером от 10 до 15 мм. Над слоем фильтрующей загрузки устраивают вентиляруемую полость за счет перекрытий из П-образных железобетонных плит или лотков. Высота воздушного слоя над фильтрующей загрузкой должна быть не менее 0,4 м.

Принципы проектирования

Проектирование вентиляруемых площадок подземной фильтрации выполняется в соответствии с положениями ТКП 45-4.01-262 [13]. Площадь вентиляруемых площадок подземной фильтрации принимается в зависимости от гидравлической нагрузки q , $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{сут.})$, указанной в таблице 2.5.

Таблица 2. 5. Допустимая гидравлическая нагрузка q , $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{сут.})$

Грунт	Расстояние от отметки подошвы фильтрующей площадки до отметки максимального уровня грунтовых вод, м			
	от 1,0 до 1,5 включ.	от 1,5 до 2,0 включ.	от 2,0 до 3,0 включ.	свыше 3,0
Песок	0,110	0,130	0,150	0,180
Супесь	0,040	0,050	0,060	0,070
Легкий суглинок	0,015	0,020	0,025	0,030

При среднесуточной норме водоотведения более 150 л/ (чел. сут.), а также для объектов сезонной эксплуатации допустимая гидравлическая нагрузка q , указанная в таблице 2.5, может быть увеличена на 20%.

Распределение сточных вод по поверхности фильтрующей загрузки предусматривается лотками из труб круглого сечения с диаметром не менее 150 мм. При ширине площадки более 1,5 м устраивается несколько линий распределительных лотков, укладываемых параллельно на расстоянии между лотками не более 1 м. Для притока воздуха в вентилируемую полость площадки подземной фильтрации устраиваются вентиляционные стояки из труб диаметром не менее 100 мм, размещаемые по краям площадки. Полость площадки подземной фильтрации над слоем фильтрующей загрузки должна вентилироваться через стояки, вытяжная часть которых выводится через плиту перекрытия на высоту не менее 0,5 м над уровнем земли.

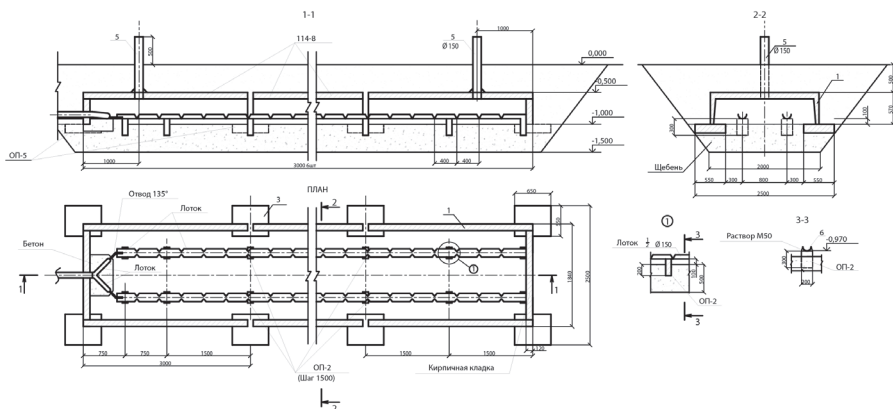


Рис. 2.14. Схема вентилируемых площадок подземной фильтрации.

Преимущества и недостатки очистки сточных вод на вентилируемых площадках подземной фильтрации

Преимущества

Вентилируемые площадки подземной фильтрации за счет аэрации имеют большие нагрузки и, соответственно, меньшие площади в сравнении с выше-рассмотренными сооружениями подземной фильтрации.

Также данные сооружения характеризуются простотой конструкции и эксплуатации.

Недостатки

Для строительства требуются железобетонные конструкции, что делает стоимость сооружений более высокой в сравнении с альтернативными вариантами.

Подверженность кольматации.

Значительный вынос загрязняющих веществ со сточной водой в грунт.

2.8. Грунтово-растительные площадки

Назначение и устройство

Грунтово-растительные площадки (в англоязычной литературе обозначаются терминами *wetland*, *constructed wetlands*) предназначены для биологической очистки с использованием влаголюбивой растительности. Отличительным признаком указанных сооружений является использование водной, околотовной и влаголюбивой растительности. К грунтово-растительным площадкам в настоящее время относят большое количество сооружений, различающихся по конструкции и принципу действия. Во-первых, это пруды, как правило, небольших и средних размеров, в которых очистка сточных вод производится с применением биоценоз свободно плавающих растений; растений, произрастающих на грунте под водой и имеющих надводную часть; а также растений, произрастающих на берегу пруда. Во-вторых, это сооружения, использующие для очистки сточных вод слой фильтрующей загрузки и влаголюбивую растительность, которая высаживается на почвенном слое над фильтрующей загрузкой.

Если первая группа сооружений по принципу действия является близкой к биологическим прудам, то вторая — к сооружениям очистки сточных вод в грунте. Грунтово-растительные площадки имеют собственную классификацию в зависимости от направления движения фильтрационного потока сточных вод в грунте.

В основном выделяют площадки с горизонтальным и вертикальным потоком в грунте. При использовании площадок с горизонтальным потоком предварительно осветленная в септике вода может подаваться самотеком на площадку

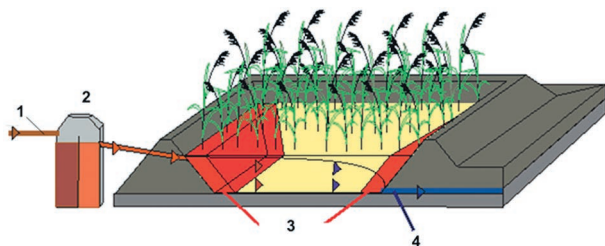


Рис. 2.15. Схема грундово-растительной площадки с горизонтальным потоком:
1 — подведение исходной сточной воды; 2 — септик; 3 — распределительная система
и дренажная система из щебня; 4 — отведение очищенной сточной воды.

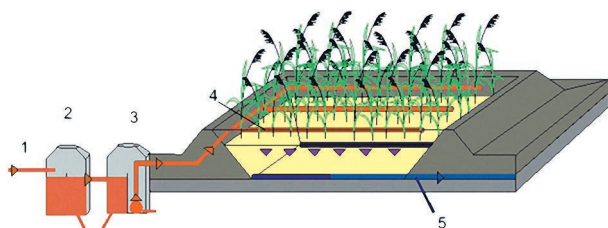


Рис. 2.16. Схема грундово-растительной площадки с вертикальным потоком:
1 — подведение исходной сточной воды; 2 — септик; 3 — насосная установка; 4 — рас-
пределительная система; 5 — дренажная система и отведение очищенной сточной воды.

с фильтрующей загрузкой (мелкий гравий, крупнозернистый песок). Распределение сточной воды по площадке производится путем устройства слоя фильтрующего материала с большой проницаемостью (щебень), расположенного наклонно во внутренней части сооружения. Дренаж, который собирает профильтрованную воду, выполняется аналогичным способом с противоположной стороны сооружения (Рис. 2.15).

Таким образом, фильтрационный поток в фильтрующей загрузке направлен от распределительного устройства к дренажу со снижением уровня воды в грунте.

На площадках с вертикальным потоком предварительно осветленная в септике вода забирается насосом и подается в верхнюю распределительную систему трубопроводов, которая распределяет сточную воду по площади фильтрационной загрузки. Профильтровавшаяся вода собирается дренажными трубопроводами, уложенными в нижней части загрузки. В отличие от других типов сооружений для очистки сточной воды в грунте, в данном случае не предусматривается последующее просачивание воды, профильтровавшейся через загрузку, в нижележащие слои грунта. Для предотвращения просачивания фильтрующая загрузка размещается над слоем гидроизоляции, который делают из полимерной пленки.

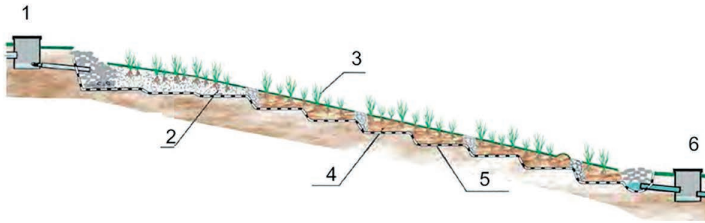


Рис. 2.17. Схема грунтово-растительной площадки с наклонным потоком:
1 — септик; 2 — гравийно-песчаная смесь; 3 — посаженные растения; 4 — смесь растительного грунта с песком; 5 — полимерная пленка; 6 — отведение очищенной воды.

К отдельному виду грунтово-растительных площадок можно отнести сооружения, устраиваемые на склонах (Рис. 2.17). По принципу работы такие сооружения ближе к площадкам с горизонтальным потоком. Здесь также вода подается из септиков самотеком, при этом фильтрационный поток направлен параллельно поверхности земли.

Принципы проектирования

Правила проектирования данного типа сооружений детально не регламентируются. Вместе с тем ТНПА Республики Беларусь не содержат запретов на применение таких сооружений. Так, согласно п. 7.10.2 [10], допускается применение методов биологической очистки сточных вод в условиях, близких к естественным, в том числе с помощью грунтово-растительных биофильтров.

Правила проектирования и эксплуатации таких сооружений приведены в стандарте DWA-A 262 (Германия) [14]. Согласно данному стандарту, для грунтово-растительных площадок с горизонтальным потоком общая фильтрующая площадь принимается $A_F = 5 \text{ м}^2/\text{ЭН}$, нагрузка по ХПК — $16 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут.})$, гидравлическая нагрузка — $40 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут.})$. Для грунтово-растительных площадок с вертикальным потоком общая фильтрующая площадь принимается $A_F = 4 \text{ м}^2/\text{ЭН}$, нагрузка по ХПК — $20 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут.})$, гидравлическая нагрузка — $80 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут.})$.

Преимущества и недостатки очистки сточных вод на грунтово-растительных площадках

Преимущества

Простота конструкции. Отсутствие сложных систем управления. Широкое использование местных строительных материалов (грунт, песок, гравий).

Недостатки

Для размещения требуются значительные площади.

Стоимость строительства выше в сравнении с сооружениями с очисткой сточных вод в естественных условиях.

Подверженность колыматации.

2.9. Очистные установки заводского изготовления

Назначение и устройство

Компактные установки заводского изготовления предназначены для биологической очистки сточных вод с использованием свободно плавающих (активного ила) или прикрепленных (биопленка) форм микроорганизмов. Конструктивные особенности таких установок определяются классом очистки и тем, какая форма микроорганизмов используется. Кроме того, установки могут быть открытого и закрытого (в виде колодцев) типа. В первом случае установки изготавливаются в виде открытых емкостей, монтируемых в зданиях или вне их, во втором — в виде закрытых емкостей, размещаемых в грунте, реже в зданиях.

Для определения существенных различий в таких установках может быть использована классификация Немецкого института строительной техники (Deutsche Institut für Bautechnik) [15]. Согласно данной классификации, все установки заводского изготовления подразделяются на 5 классов в зависимости от степени очистки сточных вод.

1. Класс С — установки с удалением органических веществ.
2. Класс N — установки с удалением органических веществ и дополнительной нитрификацией.
3. Класс D — установки с удалением органических веществ и дополнительной денитрификацией.
4. Класс C, N, D, +P — установки с удалением органических веществ, денитрификацией и дополнительным удалением фосфора.
5. Класс C, N, D, +H — установки с удалением органических веществ, денитрификацией и дополнительной гигиенизацией.

Таблица 2.6. Параметры очищенной сточной воды, обеспечиваемые различными классами очистных установок.

Класс	ХПК, мг/дм3	БПК5, мг/дм3	Аммоний- ион, мг/дм3	Азот неоргани- ческий, мг/дм3	Фосфор общий, мг/дм3	Фекальные колиформные микро- организмы в 100 мл	Взвешенные вещества, мг/дм3
C	150*/100**	40*/25**					75*
N	90*/75**	25*/15**	10**				50*
D	90*/75**	25*/15**	10**	25**			50*
C, N, D, +P					2**		
C, N, D,+H						100*	
Примечания: * – значения, полученные на основании одиночной пробы; ** – значения, полученные на основании смешанной пробы за 24 ч.							

Параметры степени очистки, которые должны быть достигнуты, приведены в таблице 2.6.

Технологии, применяемые в компактных установках заводского изготовления, аналогичны способам очистки, используемым на очистных сооружениях большой производительности, с тем отличием, что из-за требований по обеспечению компактности технологические емкости блокируются и унифицируются по типу применяемого механического оборудования (насосы, эрлифты). Последнее означает, что количество типов механического оборудования должно быть как можно меньшим для обеспечения простоты эксплуатации.

Класс С, установки с удалением органических веществ. Обеспечивают снижение содержания органических веществ, оцениваемых по БПК или ХПК, и не предназначены для глубокого удаления биогенных веществ, таких как азот и фосфор. Частичное удаление азота и фосфора происходит в данном случае при осаждении нерастворимых примесей и в процессе ассимиляции при росте биомассы активного ила или биопленки. Процессы, используемые в таких устройствах, аналогичны происходящим в аэротенках или биофильтрах (Рис. 2.18). Предварительное отстаивание исходной сточной воды предусматривается в большей части случаев.

Класс N, установки с удалением органических веществ и дополнительной нитрификацией. Указанный тип установок по конструктивному исполнению близок к установкам класса С. Основное отличие — во времени пребывания сточных вод в аэрируемой емкости. Время должно быть достаточным не только для окисления органических веществ микроорганизмами, но и для нитрификации — окисления аммонийного азота.

Микробиологическая нитрификация представляет собой двухстадийный процесс окисления аммония до нитрита и далее нитрита до нитрата. На первой стадии окисление аммония осуществляется бактериями *Nitrosomonas*, далее полученный нитрит перерабатывается в нитрат бактериями *Nitrobacter*.

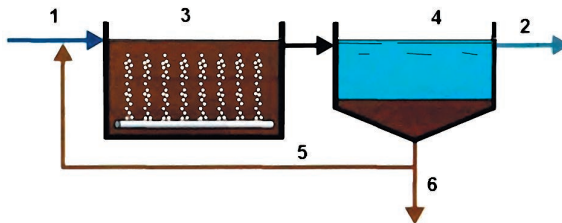


Рис. 2.18. Схема очистки сточных вод в системах с активным илом:

1 — подведение исходной сточной воды; 2 — отведение очищенной воды; 3 — аэротенк (аэрируемая емкость); 4 — отстойник; 5 — рециркуляция возвратного активного ила; 6 — отведение избыточного активного ила.

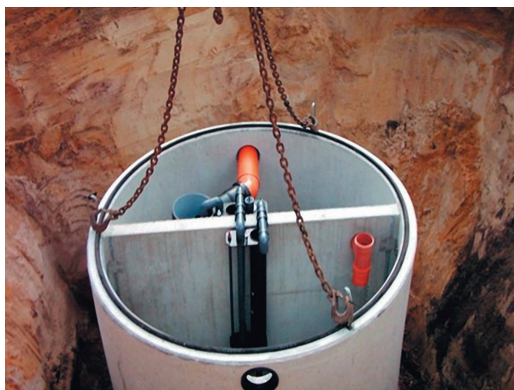


Рис. 2.19. Вид установки для очистки сточных вод с удалением органических веществ.

Причем следует отметить, что интенсивное окисление аммонийного азота начинается только после снижения концентрации БПК₅ до 25—30 мг/л, так как при большей концентрации биоразлагаемых органических веществ микроорганизмы-нитрификаторы оказываются в угнетенном состоянии по сравнению с гетеротрофными микроорганизмами. В связи с этим объем аэрационных камер у установок класса N при одинаковой производительности должен быть в 2—3 раза больше, чем у установок класса С.

Класс D, установки с удалением органических веществ и дополнительной денитрификацией. Обеспечивают снижение содержания органических веществ и более глубокое удаление соединений азота.

Как указывалось, процесс биологической денитрификации основан на де-струкции ионов нитратов при дыхании микроорганизмов активного ила (биопленки) с поглощением связанных форм кислорода и выделением газо-образного азота.

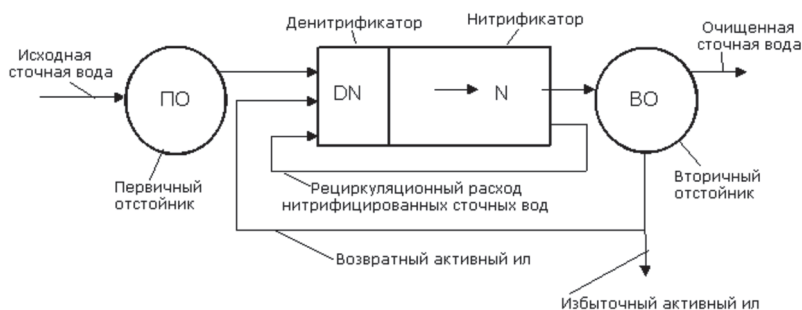


Рис. 2.20. Схема предварительной денитрификации.

Если нитрификация осуществляется за счет жизнедеятельности только специализированных нитрифицирующих бактерий, то значительная часть бактерий активного ила в состоянии использовать связанный кислород нитратов как источник дыхания и таким образом обеспечивать процесс денитрификации. Это упрощает эксплуатацию очистных сооружений, так как отсутствует необходимость выращивания специальной микрофлоры.

Установки такого типа в основном работают с использованием принципа предварительной денитрификации. При таком устройстве очистных сооружений исходная сточная вода, возвратный активный ил и поток внутренней рециркуляции иловой смеси из нитрификатора перемешиваются в денитрификаторе (Рис. 2.20). При этом организация внутренней циркуляции становится необходимой для подачи получаемого нитрата в денитрификатор. Такая схема функционирования очистных сооружений стала классической и весьма распространена в мировой практике.

Степень удаления нитрата в рассматриваемой схеме пропорциональна степени рециркуляции. В среднем при расходе циркуляции в 200% удаление азота составляет примерно 70% с учетом потребности в азоте на ассимиляцию при росте клеток активного ила. Увеличением степени рециркуляции можно добиться большего удаления нитратов, однако это ведет к значительному увеличению расхода электроэнергии для перекачивания иловой смеси. В отличие от установок классов С и N, здесь должна быть дополнительная емкость с аноксичными условиями для денитрификации. В компактных установках рециркуляция иловой смеси и заэрируемой камеры в денитрификатор осуществляется, как правило, эрлифтами, работа которых обеспечивается подачей воздуха от компрессора, предназначенного также для аэрации иловой смеси. Соотношение между различными формами азота в сточных водах при различных видах очистки приведено на рисунке 2.21.

Класс С, N, D, +P, установки с удалением органических веществ, денитрификацией и дополнительным удалением фосфора. В дополнение к процессам удаления органических веществ и денитрификации в таких установках предусмотрено и биологическое удаление фосфора. Биологическое удаление фосфора основано на выдерживании микроорганизмов активного ила со сточной водой в анаэробных условиях. В этих условиях происходит выделение фосфора из клеток микроорганизмов в сточную воду. При последующей обработке иловой смеси в аэробных условиях происходит интенсивное поглощение фосфора микроорганизмами из сточной воды, после чего поглощенный фосфор вместе с избыточным активным илом удаляется из сооружений (Рис. 2.22).

Для эффективного удаления фосфора из сточной воды необходима емкость с анаэробными условиями, т.е. среда, в которой отсутствуют растворенный в воде кислород и соединения, содержащие кислород в связанной форме (нитраты). На рисунке 2.23 приведен пример установки данного класса.

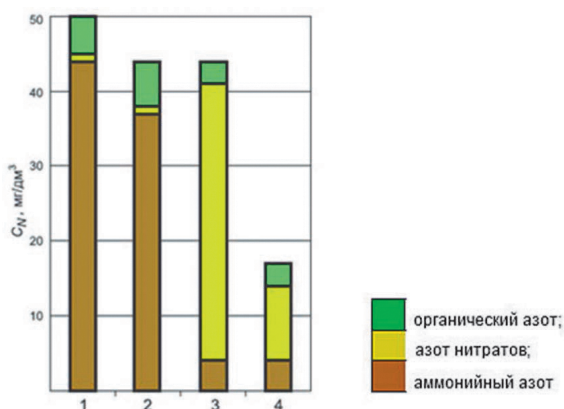


Рис. 2.21. Преобразование форм азота в сточных водах на биологических очистных сооружениях:
 1 — после механической очистки; 2 — после биологической очистки без нитрификации; 3 — после биологической очистки с нитрификацией; 4 — после биологической очистки с денитрификацией.

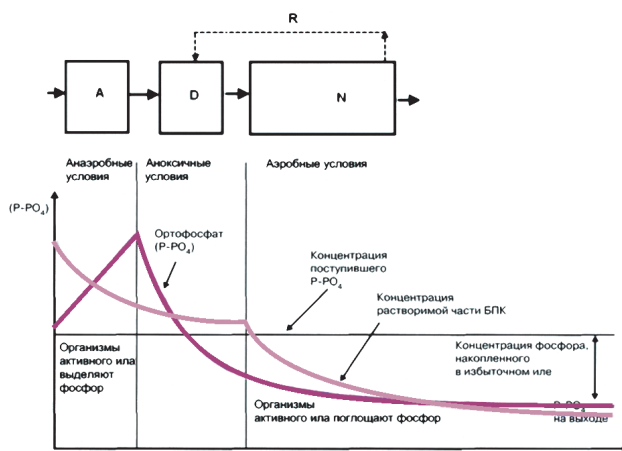
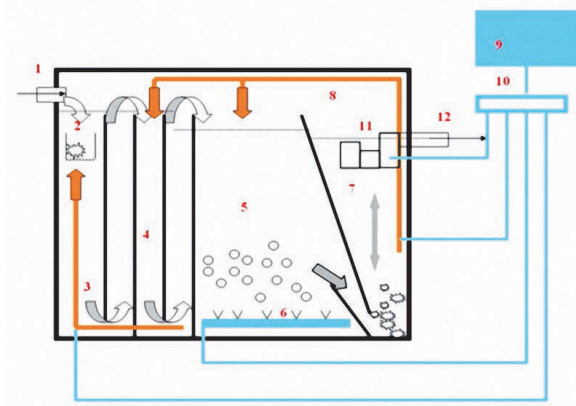


Рис. 2.22. Принципиальная схема биологических очистных сооружений и график изменения содержания соединений фосфора в сточной воде в процессе очистки:
 A — анаэробная технологическая емкость; D — денитрификатор; N — нитрификатор;
 R — рециркуляция иловой смеси из нитрификатора в денитрификатор.

Класс С, N, D, +N, установки с удалением органических веществ, денитрификацией и дополнительной гигиенизацией. Кроме очистки сточных вод от органических веществ и денитрификации, установки такого рода выполняют еще и функцию обеззараживания воды — как правило, с помощью ультрафиолета, для чего оснащены дополнительным блоком.



Рис. 2.23. Внешний вид и схема установки для очистки сточных вод с денитрификацией и дополнительным удалением фосфора:



1 — подведение исходной сточной воды; 2 — решетка; 3 — анаэробная камера; 4 — аноксичная камера; 5 — аэробная (аэрируемая) камера; 6 — аэратор; 7 — зона вторичного отстаивания; 8 — эрлифт; 9 — компрессор; 10 — система распределения воздуха; 11 — регулятор расхода; 12 — отведение очищенной воды.

Принципы проектирования

Поскольку такое оборудование комплектно производится в заводских условиях, то и требования к его использованию отличаются от требований, предъявляемых к сооружениям, которые возводятся по строительным проектам. В большинстве случаев выбор того или иного типа сооружений производится на основании расчетного расхода сточных вод, который требуется очищать; параметров исходной сточной воды и требований к степени очистки. Подбор осуществляется по данным производителей установок и под их гарантии.

В настоящее время требования к таким установкам приведены в СТБ 17.17.07-01 [16]. Кроме того, ТКП 17.14-01 [17] устанавливает порядок испытаний такого оборудования. При разработке данных документов предполагалось создание сети испытательных лабораторий для проведения испытаний очистных сооружений на соответствие нормативам допустимых сбросов и требованиям стандарта.

Отсутствие до настоящего времени испытательных лабораторий, которые могли бы выполнять такие испытания, привело к ситуации, когда на рынке предлагаются многочисленные типы и конструкции компактных очистных сооружений заводского изготовления без каких-либо сертификатов, подтверждающих их соответствие требованиям стандарта. При этом ни потребители, ни органы государственной экспертизы не имеют возможности контролировать обеспечение параметров очистки воды данными сооружениями при их последующей эксплуатации.

В европейских странах требования к конструктивному исполнению таких сооружений с производительностью до 50 ЭН приведены в стандартах серии EN 12566 [18]. Данный документ введен и в Республике Беларусь в качестве национального стандарта СТБ EN 12566-3 [19]. Таким образом, в настоящее время данный тип продукции регламентируется двумя различными документами. Одним из решений данной проблемы могло бы стать введение системы европейских стандартов серии EN 12566 с исключением СТБ 17.17.07-01 из состава действующих ТНПА и переработкой ТКП 17.14-01 в части установления порядка испытаний на подтверждение соответствия требованиям стандарта EN 12566 и регламентации области применения сооружений различных классов.

Такой подход позволит:

- унифицировать требования к компактным очистным сооружениям заводского изготовления с европейскими стандартами;
- использовать существующую базу европейских испытательных лабораторий при подтверждении соответствия;
- при создании испытательных лабораторий в Беларуси расширить круг объектов подтверждения соответствия за счет производителей других стран, в том числе производящих поставки очистных сооружений на рынки третьих стран;
- ограничить поступление на белорусский рынок некачественной продукции за счет включения требований о предоставлении сертификатов соответствия в составе документации, подаваемой на торги.

Преимущества и недостатки очистных установок заводского изготовления

Преимущества

Высокая степень очистки при компактности исполнения, что позволяет снизить негативное воздействие на окружающую среду и получить очищенную сточную воду, которая может использоваться в технических целях (полив и т. п.).

Упрощается проектирование и строительство. Тип установки выбирается по производительности, и после поставки и монтажа к нему подключаются коммуникации.

Недостатки

Довольно высокая стоимость оборудования.

Потребность в техническом обслуживании (удаление избыточного активного ила, обслуживание компрессора).

Потребность в подведении и потреблении электроэнергии.

2.10. SBR-реакторы

SBR-реакторы являются разновидностью сооружений для очистки сточных вод с использованием активного ила, принцип работы которых описан в разделе 2.9. Данные сооружения выделены в отдельный раздел из-за ряда особенностей, которые требуют отдельного рассмотрения.

SBR-реакторы (сокращение от Sequence Batch Reactor, или реакторы последовательного действия) представляют собой установки с активным илом, в большей части управляемые по времени (Рис. 2.24). Они отличаются от традиционных очистных сооружений с активным илом тем, что большая часть процессов биологической очистки (а для установок небольшой производительности — все процессы) совмещается в одной технологической емкости, тогда как традиционные схемы предполагают использование многочисленных технологических емкостей с последовательным прохождением сточной воды через них.

При биологической очистке сточных вод с использованием SBR-реакторов также предусматривается предварительная очистка сточных вод от механических примесей на решетках и песколовках. Необходимость первичного отстаивания определяется качественным составом и режимом поступления очищаемых сточных вод и не является обязательным элементом очистки.

Количество параллельно работающих реакторов последовательного действия и необходимость включения в состав очистных сооружений приемных



Рис. 2.24. Вид очистных сооружений с реакторами последовательного действия.

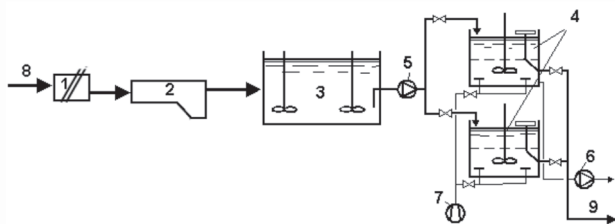


Рис. 2.25. Схема возможной компоновки очистных сооружений с использованием реакторов последовательного действия:

1 — решетка; 2 — песколовка; 3 — приемный резервуар-накопитель для сточных вод перед биологической очисткой; 4 — реактор последовательного действия; 5 — насосная установка для подачи сточной воды в реактор; 6 — насосная установка для отведения избыточного активного ила; 7 — воздухоудовная станция; 8 — подача исходной сточной воды; 9 — отведение очищенной сточной воды.

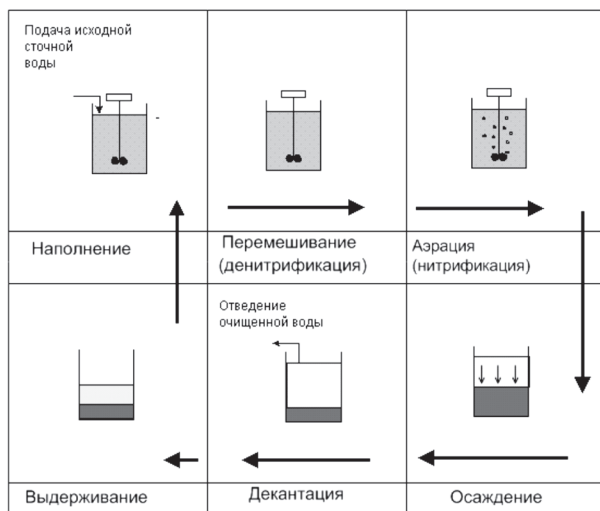


Рис. 2.26. Схема чередования фаз обработки в SBR-реакторах.

резервуаров-накопителей для сточных вод перед биологической очисткой и резервуаров-накопителей для очищенной воды зависит от неравномерности поступления сточных вод на очистку и условий отведения очищенных сточных вод. Пример схемы компоновки очистных сооружений с использованием реакторов последовательного действия приведен на рисунке 2.25.

Каждый резервуар в системе очистки с SBR-реакторами заполняется в течение определенного периода и затем используется как порционный реактор. После обработки иловая смесь разделяется путем осаждения активного ила

и осветления сточных вод над уровнем оседающего ила. После осаждения ила производится отведение очищенной сточной воды, образующейся при оседании флоккул активного ила, а также удаление избыточного ила. После выдерживания активного ила в резервуаре в течение некоторого времени цикл обработки можно начинать снова. Последовательность фаз обработки представлена на рисунке 2.26. Продолжительность каждой фазы определяется исходя из цели очистки и параметров активного ила.

Цикл обработки может быть задан таким образом, чтобы создавались аэробные, анаэробные и аноксичные условия для биологического удаления биогенных веществ, включая нитрификацию, денитрификацию с достижением концентрации общего азота менее 5 мг/л, а также частичное удаление соединений фосфора. Для более глубокого удаления фосфора из сточной воды может использоваться химическое осаждение за счет дозирования химических реагентов.

При использовании реакторов последовательного действия для биологической очистки сточных вод с нитрификацией и денитрификацией периоды перемешивания в аноксичных условиях и периоды аэрации могут определяться с учетом требуемой степени удаления азота.

При необходимости удаления из сточных вод только органических соединений, оцениваемых по БПК, проектирование и эксплуатация реакторов упрощается.

Принципы проектирования

Проектирование реакторов последовательного действия выполняется в соответствии с ТКП 45-4.01-262 [13]. При проектировании таких сооружений определяются состав устройств, решетки, песколовки, резервуары-накопители для сточных вод перед биологической очисткой, реакторы, насосы и их характеристики. Расчет и определение объема реакторов, продолжительности фаз обработки, параметров вспомогательных устройств требует значительного объема вычислений. Расчетная зависимость, нормативы и методика расчета приведены в ТНПА [10, 13].

Для SBR-реакторов небольшой производительности, применяемых для очистки отдельных объектов, такие расчеты и определения производятся производителями. Выбор такого оборудования, как и других типов установок заводского изготовления, определяется количеством человек, проживающих на территории, от которой отводятся хозяйственно-бытовые сточные воды (эквивалент населения), или расходом сточных вод, требующих очистки.

Преимущества и недостатки SBR-реакторов

Преимущества

Преимущества таких очистных систем проявляются при недостатке площади для размещения сооружений. За счет обработки воды водной технологической

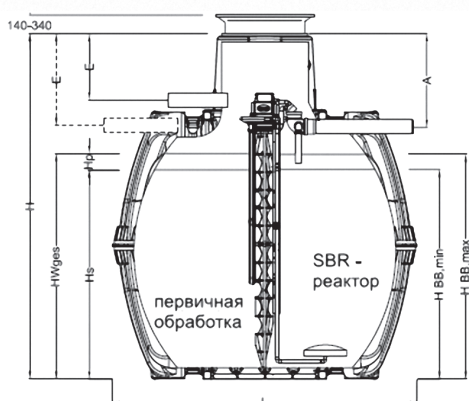
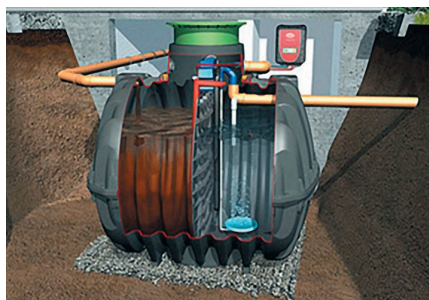


Рис. 2.27. Вид очистных сооружений с реакторами последовательного действия заводского изготовления.

емкости резко уменьшается потребность в дополнительных площадях для размещения очистных сооружений.

Кроме того, при использовании декантации (отведения осветленной воды из слоя над уровнем активного ила) после обработки воды на таких сооружениях остаточное содержание взвешенных веществ в ней может составить менее 10 мг/л, что устраняет необходимость в дополнительных сооружениях, таких как вторичные отстойники, для разделения иловой смеси и очищенной сточной воды.

Недостатки

Меньшая стабильность процессов очистки.

Потребность в использовании систем контроля.

Значительная стоимость оборудования SBR-реакторов, как и других установок заводского изготовления с активным илом.

3. Автономные системы водоотведения. Применение бессмывных туалетов

Относительно новым направлением развития нецентрализованных систем канализации являются раздельное отведение и обработка сточных вод с использованием бессмывных, т. н. «сухих» туалетов, позволяющих минимизировать негативное воздействие на грунтовые воды и снизить санитарно-гигиенический риск при обращении с отходами, возникающими при обработке сточных вод. Одним из принципов, лежащих в основе приведенного способа санитарно-технического обустройства зданий, является разделение потоков сточных вод, имеющих разные источники образования, и их последующая раздельная обработка. Известно, что при эксплуатации общесплавных систем канализации смешивание различных видов сточных вод (хозяйственно-бытовых, производственных, поверхностных) усложняет их очистку, а получаемый при этом осадок очень трудно утилизировать. При раздельной обработке различных видов сточных вод появляется возможность повысить стабильность процессов очистки, ее эффективность и упростить утилизацию получаемых осадков. Такой же подход может быть использован при отведении и обработке бытовых сточных вод от отдельных объектов.

Если рассматривать расход сточных вод, образующихся в односемейном доме, то наибольший объем (25000—100000 л/чел. в год) дают так называемые «серые» сточные воды, отводимые от стиральных машин, душа, ванн, кухонь. Они характеризуются отсутствием выделений человека, низким содержанием загрязняющих веществ и, соответственно, простотой очистки, а также относительно низкой санитарно-эпидемиологической опасностью. Отводимые от туалетов «черные» сточные воды имеют меньший объем (6000—25000 л/чел. в год). При этом «желтые» сточные воды (урина) составляют всего 500 л/чел. в год, а «коричневые» (фекалии) — 50 л/чел. в год, остальной объем — это вода, расходуемая смывными бачками. Таким образом, разделив данные объемы сточных вод, можно получить относительно легко очищаемые «серые» и фекальные «черные» сточные воды, значительно уменьшив расход водоотведения. Следующий шаг в снижении расхода сточных вод — отказ от гидросмыва и раздельный сбор урины и фекалий с их последующей обработкой и утилизацией.

Таким образом, использование бессмывных туалетов позволит уменьшить потребление воды и снизить гигиенический риск при очистке «серых» сточных вод, которые достаточно эффективно можно очищать на почвенных фильтрах с растениями либо в системах с септиками и подземной фильтрацией, поскольку нагрузка по загрязняющим веществам, особенно биогенным, значительно снижается. Раздельный сбор «желтых» и «коричневых» сточных вод в бессмывных туалетах осуществляется за счет применения специальных конструкций

унитазов, обеспечивающих процесс разделения непосредственно при пользовании туалетом (Рис. 3.1).

При необходимости такие туалеты могут дополнительно оборудоваться писсуарами со встроенными клапанами для предотвращения поступления воздуха в помещение из отводящих трубопроводов. Собранные в отдельные емкости урина и фекалии в последующем утилизируются. При этом урина здоровых людей считается безопасной по наличию микроорганизмов и может использоваться как жидкое удобрение без какой-либо дополнительной обработки [20, 21, 22].

Фекальные же массы, накапливаемые в таких туалетах, напротив, должны подвергаться обработке, так как в 1 грамме таких отходов могут содержаться десятки миллионов вирусов, бактерий, спор паразитов и яиц гельминтов. Обработка фекальных масс может производиться различными способами. Например, путем внесения щелочных реагентов (зола, известь) с получением смеси более 9,0 pH и выдерживания в течение 6 месяцев при температуре более 35 °C и влажности менее 25%. При компостировании с органикой при температуре 50 °C срок выдерживания сокращается до 1 недели. При обычном хранении в условиях с температурой 2—20 °C отходы должны выдерживаться 1,5—2 года, при увеличении температуры до 20—35 °C срок сокращается до 1 года. После этого полученный компост также может использоваться как удобрение.

Применение отходов от бесшмыговых туалетов в качестве удобрений реализует принцип так называемого замкнутого цикла биогенных соединений. При использовании компоста и урины как удобрений биогенные вещества возвращаются в почву и используются растениями, в отличие от разорванного цикла биогенных соединений, когда для восполнения плодородия почв используются

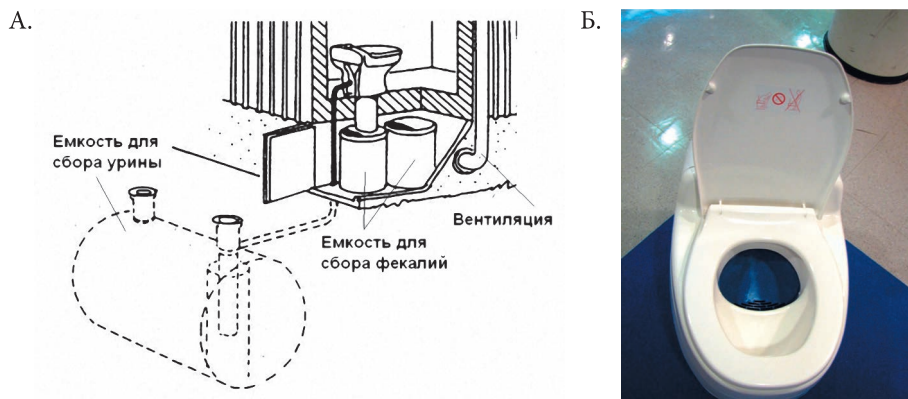


Рис. 3.1:

А — схема оборудования бесшмыгового туалета;

Б — конструкция унитаза для бесшмыговых туалетов.

минеральные удобрения заводского изготовления. После выращивания растений и их пищевого употребления биогенные вещества поступают в сточные воды и далее частично сбрасываются в природные водные объекты, вызывая их эвтрофикацию, а частично депонируются вместе с осадком, выделенным из сточных вод.

Практика применения бессмывных туалетов дает положительные результаты в странах с различными климатическими и социально-экономическими условиями — Швеции, Германии, Филиппинах, Румынии, Армении, Китае, Мексике, Украине и др. Есть примеры использования бессмывных туалетов в общественных зданиях, в 1—4-этажных жилых домах. Применение бессмывных туалетов позволяет обустроить здание с минимальными затратами и получить комфортные условия при пользовании санитарно-техническими устройствами такого рода: отсутствие запахов, насекомых и т. д.

Существует ряд исследований на тему использования получаемых отходов для удобрения сельскохозяйственных культур и возникающего при этом гигиенического риска, а также имеются рекомендации ВОЗ о мерах по обеспечению безопасности в обращении с такими удобрениями. ВОЗ указывает, что приемлемость использования выделений человека для удобрения сельскохозяйственных посадок в большей мере определяется культурологическими особенностями населения в различных странах, чем научными обоснованиями санитарного риска. С другой стороны, даже при захоронении получаемого компоста либо использовании его для удобрения посадок не сельскохозяйственного назначения бесспорно снижение интенсивности воздействия на грунтовые воды по сравнению с использованием выгребов. Этот факт даже может рассматриваться как определяющий при решении о приемлемости бессмывных туалетов. Сегодня в Республике Беларусь уже имеется опыт использования туалетов такого типа в односемейных домах и дачных постройках, что позволяет распространить практику их применения в более широких масштабах. Более подробную информацию можно получить в МОО «Экопартнерство», которое занимается внедрением бессмывных туалетов в Беларуси с 2008 года.

Заключение

Практика проектирования и строительства в сельской местности систем водоотведения, в том числе очистных сооружений, характеризуется системными проблемами. ТНПА и типовые технические решения для систем водоотведения в сельской местности в настоящее время ориентируются или на принципы проектирования, характерные для больших и средних городов, или на применение простейших сооружений, морально устаревших и наносящих значительный вред окружающей среде.

В сельской местности должны использоваться простые в исполнении и эксплуатации очистные сооружения, позволяющие достигнуть требуемой степени очистки сточных вод.

Сравнительные характеристики различных типов очистных сооружений приведены в таблице 4.

Выбор конкретного технического решения в немалой степени определяется местными условиями (рельеф, грунты, доступность коммуникаций и т.д.), а также финансовыми возможностями. Использование высокотехнологичных установок при их высоком качестве может значительно удорожать строительство и эксплуатацию этих сооружений. Во многих случаях приходится искать компромиссные решения, которые удовлетворяли бы требованиям к качеству очищенных вод и экологическим требованиям, но были бы достаточно доступны в строительстве и эксплуатации по экономическим параметрам.

Таблица 4.

Тип очистных сооружений	Биологический пруд	Грунтово-растительная площадка	Очистная установка заводского изготовления	SBR-реактор
Требуемая площадь для размещения	Очень большая (более 10 м ² /ЭН)	Большая (минимум 2-4 м ² /ЭН)	Средняя	Средняя
Уровень потребления энергии	Низкий	Низкий	Средний	Высокий
Стоимость строительства	Низкая	Средняя	Высокая	Высокая
Стоимость эксплуатации	Низкая	Низкая	Средняя	Высокая
Потребность в квалифицированных специалистах для строительства и технического обслуживания	Низкая	Низкая	Средняя	Высокая
Санитарная безопасность при обращении с очищенными сточными водами	Приемлемая	Приемлемая	Хорошая	Хорошая

Список использованных источников

1. Исследование сектора водоснабжения и водоотведения в Республике Беларусь. The World Bank, Washington. 2013. 92 с.
2. Водная стратегия Республики Беларусь на период до 2020 года. Утв. решением коллегии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 11.08.2011 N 72-Р.
3. Постановление Совета министров Республики Беларусь от 15 сентября 2011 г. № 1234 «О Государственной программе по водоснабжению и водоотведению «Чистая вода» на 2011–2015 годы».
4. ТКП 45-4.01-53-2012 (02250). Системы канализации населенных пунктов. Основные положения и общие требования. Строительные нормы проектирования.
5. ATV-A 200E. Principles for the Disposal of Wastewater in Rurally Structured Areas.
6. EPA Design Manual. Onsite wastewater treatment and disposal system. 1980. 409 p.
7. Насосные станции с сепарацией примесей. Каталог Wilo SE, 2012. 50 с.
8. ТКП 17. 06-08-2012 (02120). Охрана окружающей среды и природопользование. Порядок установления нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод.
9. Директива Совета ЕС 91/271/ЕЕС об очистке городских сточных вод.
10. ТКП 45-4.01-202-2010 (02250). Очистные сооружения сточных вод. Строительные нормы проектирования.
11. EPA Onsite Wastewater Treatment Systems Manual. 2004. 367 p.
12. ТКП 45-4.01-51-2007 (02250). Системы водоснабжения и канализации усадебных жилых домов. Правила проектирования.
13. ТКП 45-4.01-262-2012 (02250). Очистные сооружения сточных вод. Правила проектирования.
14. Arbeitsblatt DWA-A 262. Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Pflanzenkläranlagen mit bepflanzten Bodenfiltern zur biologischen Reinigung kommunalen Abwassers. ATV-DVWK-Regelwerk, März 2006.
15. Anforderungen an Einleitungen von häuslichem und kommunalem Abwasser sowie an Einleitungen aus Kanalisationen. Bayerisches Landesamt für Umwelt. Merkblatt Nr. 4. 4/22. Stand: 01.10.2008.
16. СТБ 17.17.07-01-2009. Охрана окружающей среды и природопользование. Сооружения очистные автономные. Общие технические требования.
17. ТКП 17.14-01-2009 (02120). Охрана окружающей среды и природопользование. Сооружения очистные автономные. Правила и порядок испытаний на соответствие нормативам допустимых сбросов.
18. EN 12566-3. Small wastewater treatment systems for up to 50 PT. – Part 3: Packaged and/or site assembled domestic wastewater treatment plants.
19. СТБ EN 12566-3-2009. Сооружения очистные малой канализации для использования до 50 РТ. Часть 3. Комплектные и/или собранные на месте бытовые очистные установки.
20. D. R. Gajurel, C. Wendland. Ecological sanitation and associated hygienic risk. An overview of existing policy making guidelines and research. Munich:WECF, 2007. 27 p.
21. A. R. Stintzing. Urine diverting toilets in climates with cold winters. Technical consideration and the reuse of nutrients with a focus on legal and hygienic aspects. Munich: WECF, 2007. 39p.
22. M. Samwel, S. Gabizon, A. Wolters, MWolters. From pit latrine to ecological toilet. Munich:WECF, 2006. 31 p.

Приложение 1.

Пример расчета грунтово-растительной площадки

Исходные данные.

Количество жителей – 20 человек.

Удельное водопотребление – 140 л/сут. на человека.

Требуется определить параметры сооружения.

Расчет.

1. Суточный расход сточных вод:

$$Q = 20 \times 140 = 2800 \text{ л/сут.} = 2,8 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

2. Требуемый объем септика:

$$V_{\text{сеп}} = 3 \times 2,8 = 8,4 \text{ м}^3$$

Септик должен быть двухкамерный.

Объем первой камеры септика:

$$V_{\text{сеп.1}} = 0,75 \times 8,4 = 6,3 \text{ м}^3$$

Объем второй камеры септика:

$$V_{\text{сеп.2}} = 0,25 \times 8,4 = 2,1 \text{ м}^3$$

3. Требуемая площадь растительно-грунтовой площадки определяется исходя из двух параметров.

Требуемая площадь исходя из количества населения (ЭН):

$$F = 4 \times 20 = 80 \text{ м}^2$$

Требуемая площадь исходя из гидравлической нагрузки:

$$F = 2800/80 = 35 \text{ м}^2$$

Принимается большее значение площади. Схема компоновки сооружений показана на рисунке П1.

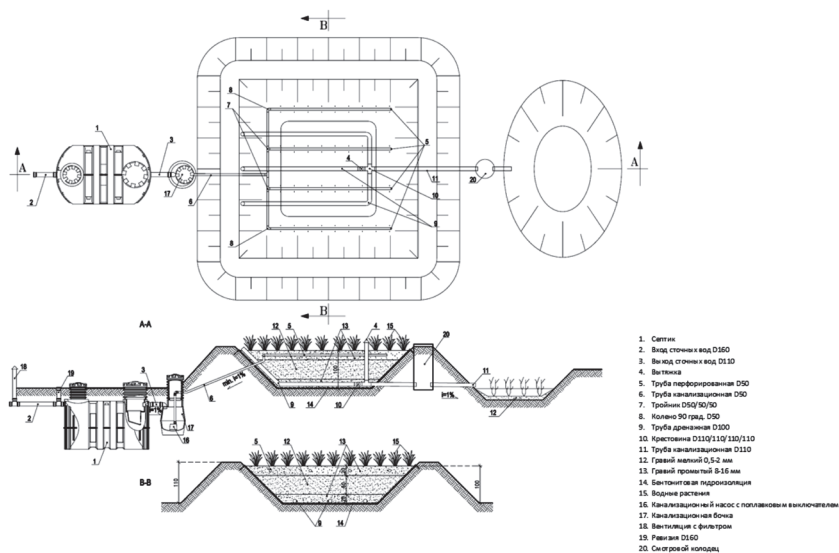


Рис. П1. Компоновка сооружений грунтово-растительной площадки.

Содержание

Перечень условных обозначений и сокращений	3
Введение	4
1. Системы водоотведения в сельской местности	6
1.1. Самотечная система водоотведения	7
1.2. Напорная система водоотведения	10
1.3. Вакуумная канализация	14
1.4. Нецентрализованная система водоотведения	16
2. Очистка сточных вод	17
2.1. Биологические пруды	19
2.2. Поля фильтрации	22
2.3. Септики	25
2.4. Фильтрующие колодцы	28
2.5. Поля подземной фильтрации	30
2.6. Фильтрующие траншеи и песчано-гравийные фильтры	32
2.7. Вентилируемые площадки подземной фильтрации	37
2.8. Грунтово-растительные площадки	39
2.9. Очистные установки заводского изготовления	42
2.10. SBR-реакторы	49
3. Автономные системы водоотведения. Применение бесшумных туалетов	53
Заключение	56
Список использованных источников	57
Приложение 1	58

Производственно-практическое издание

Ануфриев Владимир Николаевич

**Рекомендации
по организации водоотведения
в сельской местности**

Ответственный за выпуск И.А. Ластовка

Редакторы:

А.М. Бушмович

И.А. Ластовка

Корректор Е.И. Плиско

Верстка Ю.А. Пришивалко

Подписано в печать 0.02.2014. Формат 60х84/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 3,48. Уч. изд. л 3,61. Тираж 700 экз.

Заказ 027

Издательское учреждение «Позитив-центр».

ЛИ № 02330/914 от 13.07.2010.

ЛП № 02330/373 от 08.10.2013.

Ул. Бельского, 15-206/1, 220092, Минск, Республика Беларусь.

Тел./ф. +375 17 216 11 20.