

Взаимосвязь протяженности загрязненной струи до расчетного створа L_{cm} и коэффициента смешения a устанавливается формулой:

$$L_{\bar{n}\delta} = \left[\frac{2,3}{\alpha} \cdot \lg \frac{aQ+q}{(1-a) \cdot q} \right]^3. \quad (7.6)$$

При определении в проточных водоемах кратности разбавления n в расчетных створах пользуются формулой:

$$n = \frac{aQ+q}{q}. \quad (7.7)$$

7.5. Очистка сточных вод

Хозяйственная деятельность человека все чаще вносит свои коррективы в качество водных ресурсов. Влияние этой деятельности сказывается, прежде всего, на наиболее уязвимых для загрязнения поверхностных водах.

Основными источниками загрязнения поверхностных вод в бассейне р. Мухавец являются неочищенные или недостаточно очищенные сточные воды промышленных предприятий, предприятий коммунального хозяйства и сельскохозяйственных объектов (в особенности животноводческих ферм и комплексов), неблагоустроенные хранилища ядохимикатов и минеральных удобрений, карьеры по добыче полезных ископаемых.

В зависимости от пропускной способности очистные сооружения могут быть подразделены на 3 группы:

- крупные (пропускная мощность от 25 000 до 400 000 м³/сут), население – 100 тыс. – 1 млн чел
- средние (1000 – 25 000 м³/сут), население – 50 – 100 тыс. чел;
- малые (пропускная способность 0,5 – 10 – 15 м³/сут), население – 3 – 50 тыс. чел.

Построенные очистные сооружения представляют собой сооружения полной биологической очистки стока в искусственных условиях. Эти сооружения работают на базе аэротенков или биофильтров и построены, как правило, по традиционно сложившейся технологической схеме на основе типовых проектов.

Сельские очистные сооружения – это сооружения полной биологической очистки в естественных условиях (как правило, на полях фильтрации или в биопрудах).

Очистка сточных вод городов

Очистные сооружения городов Брест, Пружаны, Кобрин, Малорита представляют сложный комплекс инженерных сооружений, в которых осуществляется очистка сточных вод и обработка осадка.

На рис. 7.2. представлена технологическая схема очистки сточных вод и обработки осадка на Брестских городских очистных сооружениях.

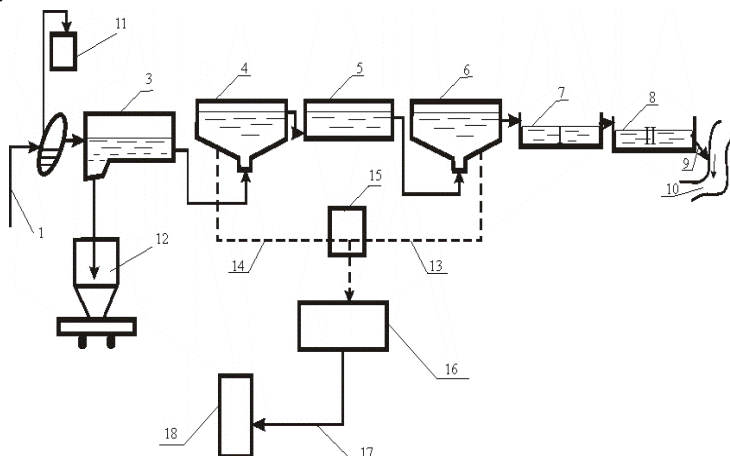


Рис. 7.2. Технологическая схема очистки сточных вод и обработки осадка на Брестских городских очистных сооружениях канализации: 1 – трубопровод для подачи сточной воды; 2 – решетка; 3 – песколовка; 4 – первичный отстойник; 5 – аэротенк; 6 – вторичный отстойник; 7 – биопруд 1-й ступени; 8 – биопруд 2-й ступени; 9 – выпуск очищенных сточных вод; 10 – приемник очищенных сточных вод – р. Западный Буг; 11 – контейнер для сбора отходов; 12 – бункер для песка; 13 – трубопровод подачи избыточного активного ила; 14 – трубопровод подачи сырого осадка; 15 – резервуар-накопитель сырого осадка и избыточного активного ила; 16 – цех механического обезвоживания осадка; 17 – площадка для складирования обезвоженного осадка

Технология очистки сточных вод включает следующие основные сооружения: решетки, песколовки, первичные отстойники, аэротенки, вторичные отстойники, биологические пруды. На очистных сооруже-

ниях г. Бресте установлены (в результате их реконструкции) механизированные решетки с прозорами 6 мм.

На очистных сооружениях городов Пружаны и Кобрин технология очистки сточных вод аналогична – как для г. Бреста. Отличительной особенностью является то, что осадков сточных вод на Брестских очистных сооружениях подвергается механическому обезвоживанию, а во всех других городах, расположенных в бассейне р. Мухавец, складируется в илонакопителях.

В г. Жабинка очистные сооружения представлены полями фильтрации и выпуска в поверхностный водоем не имеют.

В табл. 7.1. представлены показатели качества очищенных сточных вод, сбрасываемых в р. Мухавец и ее притоки в городах Брест, Пружаны, Кобрин, Малорита.

Таблица 7.1. Показатели очищенных сточных вод, сбрасываемых в р. Мухавец и ее притоки в городах Брест, Пружаны, Кобрин, Малорита

Показатель качества	город			
	Брест	Пружаны	Кобрин	Малорита
Взвешенные вещества, мг/дм ³	3,7 – 15,0	3,2 – 5,8	3,2 – 10,6	9,6 – 20,4
БПК ₅ , мг/дм ³	2,74 – 10,0	1,5 – 5,1	2,6 – 6,4	8,74 – 10,4
Азот аммонийный, мг/дм ³	6,05 – 9,97	0,3 – 6,4	1,62 – 5,44	7,06 – 8,29
Нитриты, мг/дм ³	0,02 – 2,66	0,06 – 0,17	0,03 – 0,49	0,55 – 0,89
Нитраты, мг/дм ³	0,47 – 36,8	0,19 – 0,3	0,26 – 1,9	4,6 – 9,08
Фосфор (по Р), мг/дм ³	3,68 – 5,56	5,8 – 13,2	2,33 – 6,96	–

Примечание: В таблице указаны минимальные и максимальные значения показателей, соответственно.

Анализ данных табл. 7.1. показывает, что механическая и биологическая очистка сточных вод осуществляется удовлетворительно. На ряде сооружений назрела необходимость в модернизации оборудования, например, в замене решеток на более совершенные, насосов, аэрационных систем.

Но самым слабым звеном в системе современных очистных сооружений является отсутствие сооружений по обработке осадка сточных вод и удалению биогенных элементов, азота и фосфора. В этих направлениях в настоящее время должны быть сосредоточены усилия

ученых, проектировщиков, специалистов в области охраны водных ресурсов.

Очистка сточных вод сельских населенных пунктов

В настоящее время на территории бассейна очистные сооружения имеют только 26 сельских населенных пунктов (приложение). Производительность сельских коммунальных очистных сооружений колеблется в пределах от 100 до 900 м³/сут. Наиболее многочисленной является группа сооружений с производительностью не более 200 м³/сут – к ней относится около половины от всего количества сельских коммунальных очистных сооружений. Общая площадь сельских коммунальных очистных сооружений по бассейну составляет 39,0038 га.

Практически все имеющиеся сооружения работают по одной технологической схеме: сточная вода, поступив на канализационную насосную станцию, оттуда насосами подается в приемную камеру очистных сооружений.

Для перекачки сточной воды используются различные типы насосов, наиболее распространенными из которых являются: НПК 20/22, мощностью 3кВт; СМ 100-65-200, СМ-100-65-200, мощностью 7,5кВт; СД 32/40(11кВт), СД 100/40 (22кВт), СД 16/25(4кВт). Энергоемкость основной массы сельских коммунальных очистных сооружений находится в пределах от 0,3 до 2,5 кВт. При этом в среднем на перекачку 1м³ сточной воды затрачивается 1,64 кВт энергии, что связано с большой энергоемкостью большинства используемых насосов.

Из приемной камеры вода самотеком поступает на песколовки, где происходит удаление минеральных примесей крупностью 0,25 мм и более.

Очищенная от грубых и минеральных примесей вода поступает на механическую очистку. Наиболее часто встречаемыми сооружениями механической очистки в системах водоотведения сельских населенных мест, расположенных на территории бассейна Мухавца, являются двухъярусные отстойники. Двухъярусные отстойники представляют собой сооружения цилиндрической или прямоугольной формы с коническим или пирамидальным днищем. В желобах, расположенных в верхней части сооружения, происходит осветление сточной воды, а в нижней части сооружения, септической части отстойника, происходит уплотнение и сбраживание образовавшегося в результате осаждения взвешенных веществ осадка.

После механической очистки вода поступает на биологическую очистку. В качестве основного сооружения биологической очистки запроектированы и эксплуатируются в настоящее время поля фильтрации. Поля фильтрации представляют собой специально подготовленные и спланированные участки земли – карты. Сущность процесса почвенной очистки на полях фильтрации заключается в контакте загрязнителей сточных вод, которые находятся во взвешенном, коллоидальном, или растворенном состоянии, с иммобилизованными микроорганизмами почвенного слоя. Эти микроорганизмы сосредоточены, в основном, на глубине до 0,4 м, что обеспечивает оптимальную аэрацию. Во время этого контакта за счет процессов биосорбции, био-разложения и механической фильтрации сточных вод происходит их очистка.

В процессе механической очистки, биологической и физико-химической очистки сточных вод на очистных сооружениях образуются различного вида осадки, содержащие органические и минеральные компоненты.

В зависимости от условий формирования и особенностей отделения различают осадки первичные и вторичные. К первичным осадкам, образующимся при используемой технологической схеме очистки, относят тяжелые осадки, задерживаемые песколовками. В их состав входят песок, обломки отдельных минералов, кирпич, битое стекло и т.п. Осадок, выгружаемый из песколовков, обладает высокой влажностью (влажность пульпы 98 – 99 %). Для его обезвоживания на очистных сооружениях, как правило, устроены песковые площадки.

Осадком вторичного типа, образующимся на очистных сооружениях малой производительности, является осадок, сброженный в двухъярусных отстойниках, который отводится на иловые площадки, предназначенные для естественного обезвоживания осадков.

Анализ работы очистных сооружений показал, что в настоящее время последние не эксплуатируются должным образом. Эксплуатация очистных сооружений сводится, как правило, к эксплуатации насосной станции. Сооружения механической очистки находятся в упадочном состоянии и требуют либо реконструкции, либо полной их замены.

Запроектированные песковые и иловые площадки иногда не используются вообще. Следовательно, образовавшийся осадок накапливается в бункерах песколовков и септической части отстойников.

Из всех карт полей фильтрации (их встречается от 2-х и более) «работает» только одна. Даже визуальный осмотр полей фильтрации позволяет утверждать, что требуемого эффекта очистки они не дают. Сточные воды населенных мест после механической очистки сосредоточенно подаются только на одну карту, превышая нормативную гидравлическую нагрузку. В результате этого на полях фильтрации происходит неполная биологическая очистка, то есть второй стадии почвенной очистки – денитрификации – не происходит. Образовавшиеся в итоге неполной биологической очистки нитраты и нитриты поступают в грунтовые воды и загрязняют их.

На сегодняшний день назрела острая необходимость разработки и внедрения компактных установок искусственной биологической очистки. Внедрение компактных установок позволит значительно повысить качество водных ресурсов, сократить земельные площади, которые в настоящее время занимают неэффективно работающие поля фильтрации.

Сотрудниками лаборатории «Гидроэкологии и экотехнологий» ГНУ «Полесский аграрно-экологический институт» НАН Беларуси разработана компактная установка глубокой очистки бытовых сточных вод. Установка предназначена для очистки малых количеств хозяйственно-бытовых сточных вод в условиях неравномерности притока сточных вод по расходу и концентрации органических загрязнений, что характерно для стокообразования сельских населенных пунктов. Предлагаемая компактная установка составляет альтернативу полям фильтрации.

Компактная установка состоит из блока шести крупноблочных элементов заводского изготовления: блока механической очистки, блока биосорбции, блока первичного отстаивания, блока биологической очистки, блока вторичного отстаивания и каскадного аэрационного перепада, предназначенного для доочистки сточных вод (рис. 7.3).

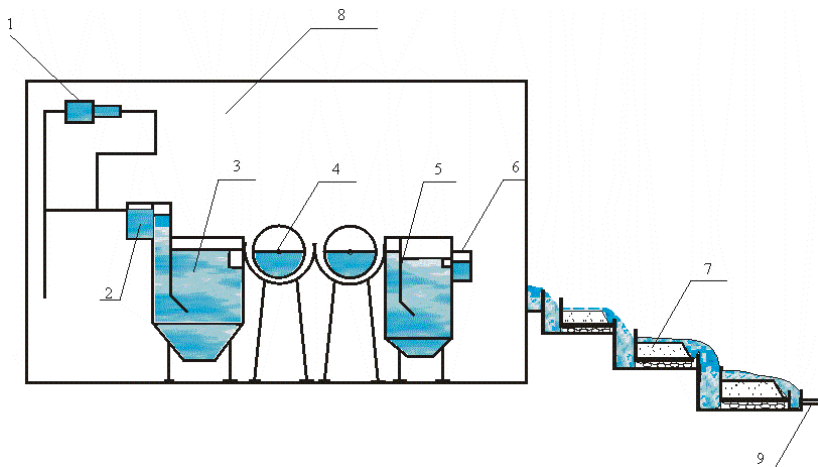


Рис. 7.3. Компактная установка глубокой очистки бытовых сточных вод: 1 – блок механической очистки; 2 – блок биосорбции; 3 – блок первичного отстаивания; 4 – блок биологической очистки; 5 – блок вторичного отстаивания; 6 – блок обеззараживания; 7 – каскадный аэрационный перепад; 8 – павильон; 9 – выпуск

Разработанная установка производительностью $50 \text{ м}^3/\text{сут}$ построена и эксплуатируется для очистки сточных вод школы интернат п. Двыин Кобринского района.

Очистка сточных вод отдельно стоящих объектов

Большая половина деревень, расположенных на территории бассейна, не канализована или канализована частично.

Традиционным способом индивидуального отвода сточных вод от дома является их сбор в герметичные накопители (выгребные ямы). Выгребная яма обычно устраивается из вырытой железной или пластиковой бочки, кирпичного или бетонированного резервуара. Несмотря на простоту эксплуатации такого типа сооружения, необходимо его периодическое опустошение ассенизационной машиной. Кроме того, нарушение герметичности резервуара влечет за собой утечку скопившихся стоков и загрязнение грунтовых вод и почвы.

Оборудование деревень или загородных домов, объединенных в поселки централизованной системой канализации с едиными очистными сооружениями часто бывает затруднено или экономически неце-

лесообразно. Наиболее целесообразным является оборудование частного жилого дома индивидуальными сооружениями для очистки бытовых сточных вод.

Очистные сооружения малой производительности можно разделить на две группы: септики с сооружениями подземной фильтрации и компактные установки биологической очистки заводского изготовления. Сооружения первого типа состоят из септика и следующей за ним системы подземной фильтрации. Сточная вода из жилого дома попадает в септик, где происходит ее отстаивание и частичное сбразивание в анаэробных условиях. Осветленная в септике сточная вода поступает на сооружения подземной фильтрации (фильтрующий колодец, поле подземной фильтрации, фильтрующая траншея или песчано-гравийный фильтр), где происходит ее биологическая очистка.

При суточном расходе сточных вод до 1 м^3 применяются фильтрующие колодцы, при большей производительности – поля подземной фильтрации. Периодически, раз в 5 – 8 лет, в зависимости от интенсивности эксплуатации сооружения, его необходимо откапывать, заменять или промывать щебень, заменять примыкающий к щебню слой грунта, потерявший фильтрующие свойства.

В случае слабо фильтрующих или нефилтрующих грунтов приходится оборудовать искусственные сооружения подземной фильтрации: фильтрующие траншеи или песчано-гравийные фильтры. В них фильтрация происходит в специально насыпанном слое песка, а очищенная вода собирается положенными под ним обсыпанными щебнем дренажными трубопроводами с отверстиями.

Сооружения подземной фильтрации – фильтрующие колодцы, поля подземной фильтрации, фильтрующие траншеи и песчано-гравийные фильтры – обеспечивают биологическую очистку воды. Они просты в эксплуатации, не требуют больших затрат труда, однако они занимают значительную площадь, что при небольших размерах индивидуальных земельных участков весьма существенно. Кроме того, фильтрующие колодцы и поля подземной фильтрации применимы лишь на хорошо фильтрующихся грунтах при низком стоянии грунтовых вод.

Компактные блоки очистных сооружений (КБС), предназначенные для очистки бытовых и близких к ним по составу сточных вод от отдельно стоящих объектов включают в себя несколько камер, объединенных в одном корпусе или являющихся самостоятельными модуля-

ми, собранными в единый комплекс. В установках, как правило, вода проходит стадии механической и биологической очистки.

Например, автономная система канализации производства испанской фирмы «Remosa» представляет собой трехкамерный пластиковый септик. Установка рассчитана на обслуживание от 2-15, а при необходимости – до 200 пользователей. Первая камера – отстойная зона, вторая – также отстойная зона, и третья – затопленный биофильтр с наполнителем, например, керамзитом. Очищенная сточная вода распределяется в грунт с помощью фильтрующего колодца или траншей. Удаление осадка производится 1-2 раза в год.

Установка БИО-СЕПТ, производитель «Аква Стайл» (Россия), рассчитана на обслуживание индивидуальных домов, пунктов питания и т.д. Количество пользователей от 5 человек-эквивалент. Установка представляет собой герметичный корпус. Первая ступень очистки представляет собой многокамерный отстойник, затем осветленные сточные воды проходят в самотечном режиме камеры анаэробной и аэробной очистки. Конечной стадией очистки является вторичный отстойник, в котором, при необходимости, осуществляется и обеззараживание сточных вод хлором или ультрафиолетовым облучением. Осадок удаляется из системы специальным насосом, который, как и вся система в целом, управляется многофункциональным блоком электронного управления. Очищенная сточная вода отводится в водоем или в дренажную систему.

Установка «Коттедж-Био» выпускается фирмой «Лига-Б» (Россия, Москва), производительностью от 6-8 человек-эквивалент для индивидуальных установок до 200 человек для коллективных (поселковых). Установка состоит из трех модулей. Первый модуль представляет собой септик, где происходит выделение осадка и его анаэробное разложение. Второй модуль – биореактор с инертным наполнителем. Третий модуль – фильтрующий колодец, отводящий очищенные сточные воды в грунт. В случае, когда отвод очищенных сточных вод в грунт невозможен (например, по гидрогеологическим условиям), установка «Коттедж-Био» дополняется модулем глубокой очистки и дезинфекции сточных вод и насосной установкой, транспортирующей очищенные сточные воды в водоем.

Недостатком компактных установок биологической очистки заводского производства являются значительные капитальные затраты

при установке блока очистки, а также необходимость квалифицированного персонала для его эксплуатации.

Альтернативой существующим сооружениям может выступать относительно новый способ очистки сточных вод, основанный на оптимизации естественных процессов самоочищения водоемов.

Изучение функционирования водных экосистем в процессах самоочищения малых рек и водоемов позволило утверждать, что в превращении и круговороте поллютантов в них существенную роль играют высшие водные растения.

Высшая водная растительность, особенно крупные водно-воздушные макрофиты, в отличие от сухолюбивых растений способна успешно расти и развиваться при недостатке и даже полном отсутствии кислорода в почвенно-водной среде, благодаря аэренхименному строению тканей корней и других органов.

Такие свойства макрофитов, как обилие воздушных корней, высокая сорбирующая способность всей поверхности растений, способность концентрировать в тканях значительно больше биогенных веществ, чем это необходимо им для жизнедеятельности, дают возможность использовать их для борьбы с процессами антропогенного эвтрофирования и загрязнения водоемов, а также применять для очистки сточных вод.

Например, тростник обыкновенный (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud) выдерживает высокие концентрации сернокислой меди, хлористого кобальта, азотнокислой ртути и других токсичных солей. Кроме того, густозасаженные посадки тростника способны задерживать до 90% взвешенных веществ. Использование тростника обыкновенного (*Phragmites australis* (Cav.) Trin ex Steud), рогоза узколистного (*Typha angustifolia* L.) и рогоза широколистного (*Typha latifolia* L.) при совместном присутствии их в водоеме дает эффект очистки по взвешенным веществам – 95 %, хлоридам, сульфатам, фосфатам, нитратам и патогенным микроорганизмам – 50 %. Ряска трехдольная (*Lemna trisulca* L.) не только очищает воду, но и запасает большое количество ценного протеина, что является положительным моментом при высокой урожайности зеленой массы. Камыш озерный (*Schoenoplectus lacustris* L.) хорошо аккумулирует из сточных вод фосфор и аммонийный азот.

Работает система по следующей схеме. Сточная вода поступает на механическую очистку (отстойник, септик), где происходит ее отстаив-

вание. Отстоянная жидкость поступает в грунтово-растительный био-фильтр, в котором высаживается влаголюбивая растительность.

Корневая система растений образует массу, где происходит развитие живых микроорганизмов и беспозвоночных, сообщество которых формирует активную биологическую поверхность, способную к эффективному разложению органических веществ и ассимиляции питательных веществ из воды, в особенности биогенных элементов (азот, фосфор, калий), практически не извлекаемых из сточных вод в процессе традиционной биологической очистки. Растительность, кроме того, разрыхляет своими корнями грунт, способствуя его вентиляции и предотвращая образование в нем нерабочих уплотненных зон, осуществляет интенсивное испарение очищаемой воды листвой, устраняет запахи и придает сооружению живописный вид.