

ГЛАВА 6. ДООЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД.

6.1 Теоретические основы методов доочистки сточных вод.

Существующие очистные сооружения в основном не обеспечивают нормативные требования к сбросу очищенных сточных вод, поэтому требуется их доочистка. Чаще всего полная биологическая очистка дополняется сооружениями фильтрации очищенных сточных вод, глубокой биологической очисткой от биогенных элементов в биологических окислителях и биопрудах, физико-химическими методами доочистки или комбинацией этих методов. В особых случаях необходимая степень глубокой очистки достигается только при использовании сорбции на активированном угле.

Все эти мероприятия направлены на получение минимальных допустимых концентраций органических соединений, азота, фосфора и других специфических компонентов (например, нефтепродуктов, СПАВ, эфирорастворимых веществ, тяжёлых металлов и других компонентов).

Глубокая очистка сточных вод необходима перед использованием их в системах повторного и оборотного водоснабжения промышленных предприятий, в сельском хозяйстве. В зависимости от требуемой степени глубокой очистки вложения на строительство сооружений глубокой очистки увеличивают общие затраты на 30-100% и требуют привлечения дополнительных материалов: реагентов, ионообменных смол, активированного угля.

Глубина доочистки сточных вод, используемых в замкнутых системах водоснабжения предприятий, зависит от технологических требований к её качественным показателям и в некоторых случаях эти требования могут быть менее жесткие, чем к качеству очищенной воды перед сбросом в водоемы.

Сооружения доочистки сточных вод от взвешенных веществ и органических загрязнений.

Наиболее распространенными методами глубокой очистки биологически очищенных сточных вод являются процеживание и фильтрование.

Процеживание сточных вод

Для глубокой очистки сточных вод от взвешенных веществ широкое распространение получил метод процеживания сточных вод на микрофильтрах (рис 4.71).

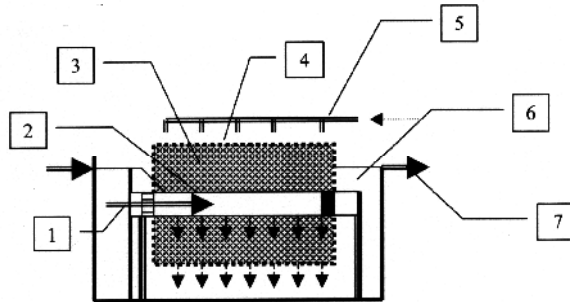


Рис. 6.1. Схема устройства микрофильтров: 1- сточная вода на доочистку; 2 – впускная труба; 3 - барабан микрофильтра; 4 - сетчатые стенки; 5 – промывные трубы; 6 – промывная вода; 7 – очищенная сточная вода

Принцип работы микрофильтров заключается в следующем. Сточная вода из подводящего канала по впускной трубе поступает внутрь барабана микрофильтра, фильтруется через сетчатые стенки и поступает в резервуар, в котором расположен барабан фильтра.

Затем из резервуара через водослив изливается в отводящий канал фильтрата. Хлопья активного ила, водоросли и другие плавающие загрязнения задерживаются на сетке с размерами отверстий 35 мкм. При вращении барабана сетка с прилипшими к ней загрязнениями поступает в зону действия промывных труб, промывается и вновь погружается в воду.

Фильтрация сточных вод

При фильтровании биологически очищенной сточной жидкости происходит снижение содержания взвешенных веществ путем изъятия частиц активного ила и накопления их в фильтрующей загрузке. Этот процесс близок к тем процессам, которые характерны для фильтров систем водоснабжения.

Теоретические закономерности процесса фильтрования малоконцентрированных суспензий рассматривались многими авторами. Наибольшее признание и применение получила теория, разработанная проф. Д.М. Минцем, рассматривающая очистку воды при фильтровании как результат двух одновременно протекающих процессов: адсорбции частиц взвеси к поверхности зерен фильтрующего материала и ранее адсорбированным загрязнениям, и их отрыва под действием гидродинамического давления потока жидкости.

В результате действия этих двух факторов происходит продвижение фронта загрязнений в глубь фильтрующего слоя. Накопление загрязнений в толще фильтра приводит к уменьшению размера пор, увеличению истинной скорости фильтрации и росту гидравлического сопротивления фильтрующей среды. Вместе с тем увеличение истинной скорости фильтрации приводит к повышению сил гидродинамического давления потока воды на скопления загрязнений, их отрыву и переносу в последующие по ходу движения воды слои загрузки. По мере заиливания фильтрующего слоя наступает момент, когда вследствие разрушения осадка в толще загрузки и выноса вторичных частиц происходит ухудшение качества фильтрата.

Располагаемый напор на применяемых в практике самотечных фильтрах характеризуется сравнительно небольшими величинами (порядка 3 м), определяемыми высотной схемой расположения фильтровальных сооружений. Поэтому наряду со временем защитного действия загрузки t_z необходимо учитывать также время работы фильтра до достижения предельной потери напора t_n . Оптимальными считаются условия, при которых $t_z \cong t_n$. То есть основным уравнением теории фильтрации является равновесие сил, действующих при движении воды через зернистую загрузку фильтров:

$$im\rho g = w\tau \quad (6.1)$$

где i – гидравлический уклон; m – межзерновая пористость загрузки, %; ρ – плотность воды, г/м³; g – ускорение силы тяжести, м/сек²; w – удельная поверхность зерен фильтрующего материала, м²/м³; τ – касательные напряжения на поверхности зерен, кПа/м².

В зависимости от способа подачи сточной воды на фильтрацию различают: фильтры с нисходящим потоком жидкости; фильтры с восходящим потоком жидкости.

На рис. 6.2 приведены схемы фильтрации очищенных сточных вод.

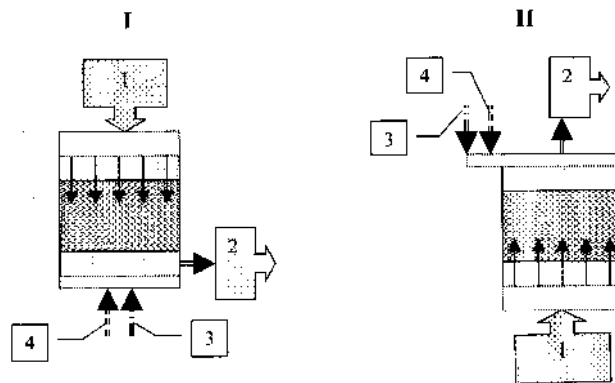


Рис. 6.2. Схемы фильтрации сточных вод: I - фильтры с неподвижной загрузкой и нисходящим потоком воды; II - фильтры с неподвижной загрузкой и восходящим потоком воды; 1 - подача сточной воды; 2 - выпуск очищенной воды; 3 - вода на промывку; 4 - воздух на промывку

При ухудшении качества фильтрата или достижении предельной потери напора фильтр следует промыть, промывка подразделяется на текущую и профилактическую. В зависимости от применяемого сорбционного материала в фильтрах промывка может быть водной или водовоздушной и зависит от концентрации взвешенных веществ в промывной воде и грязеемкости загрузки.

6.2. Методы глубокой очистки сточных вод от органических загрязнений и взвешенных веществ

Выбор типа сооружения глубокой очистки сточных вод от органических загрязнений и взвешенных веществ осуществляется с учетом качества исходных сточных вод, требований к степени их очистки, наличия фильтрующих материалов.

В связи с повышением требований к качеству очищенных сточных вод полная биологическая очистка дополняется фильтрами, прудами или физико-химическими методами доочистки. В особых случаях необходимая степень доочистки достигается только при использовании сорбции на активированном угле. Однако этот метод требует термической регенерации угля, что связано с большими капитальными и эксплуатационными расходами.

Широкое распространение для глубокой очистки сточных вод от взвешенных веществ получили методы процеживания на микрофильтрах и барабанных сетках, при использовании этих аппаратов в очищенной сточной воде должны отсутствовать вещества, затрудняющие промывку (смолы, жиры, масла, нефтепродукты и пр.). Концентрация взвешенных веществ в исходной воде не должна превышать 40 мг/л. Число резервных сетчатых барабанных фильтров надлежит принимать по СНиПу.

При применении сетчатых барабанных фильтров в схеме глубокой очистки сточных вод следует предусматривать периодическую промывку водой, прошедшей сетчатые барабанные фильтры при давлении 0,15 МПа (1,5 кгс/см²). При этом число промывок принимается 8-12 раз в сутки с продолжительностью промывки 5 мин и расходом промывной воды 0,3-0,5 % расчетной производительности барабанной сетки (рис. 6.3).

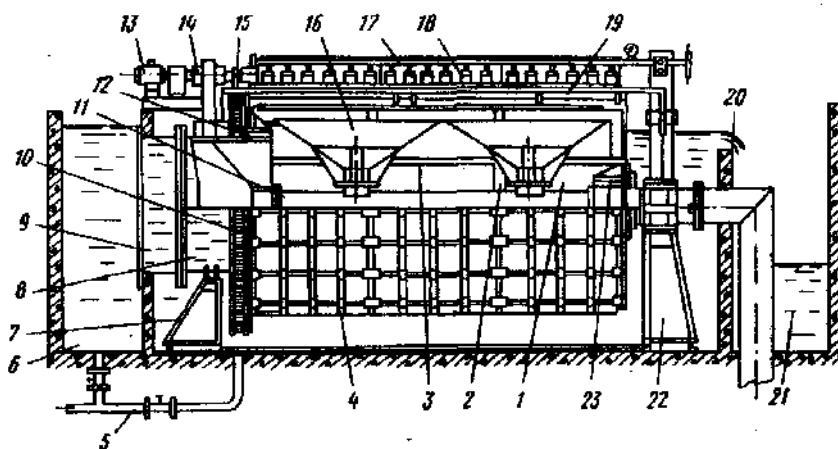


Рис. 6.3. Схема сетчатого барабанного фильтра: 1 - барабан; 2 - поперечные связи барабана; 3 - продольные связи; 4 - ребра жесткости; 5 - трубы опорожнения; 6 - входной канал; 7 - передняя рама; 8 - входная труба; 9 - закладной патрубок; 10 - цепочное колесо; 11 - сточная труба; 12 - передний подшипник; 13 - электродвигатель; 14 - редуктор; 15 - шестерня; 16 - бункер; 17 - трубопровод промывной воды; 18 - разбрызгиватель; 19 - бактерицидные лампы; 20 - водослив; 21 - канал фильтра; 22 - задняя рама; 23 - задний подшипник

Сетчатые барабанные фильтры также применяются в качестве самостоятельных сооружений глубокой очистки (микрофильтры). Степень очистки сточных вод, достигаемая на сетчатых барабанных фильтрах соответствует данным СНиПа.

Число фильтров на очистных сооружениях следует определять по формуле Д.М. Минца.

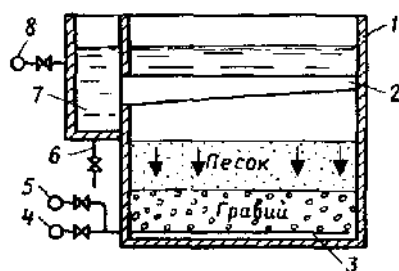


Рис. 6.4. Схема скорого фильтра: 1 - корпус фильтра; 2 - желоба для распределения фильтруемой воды и для отвода промывной; 3 - дренажная система; 4 - отвод фильтрованной воды; 5 - подача промывной воды; 6 - отвод грязной промывной воды; 7 - распределительный карман; 8 - подача осветляемой воды

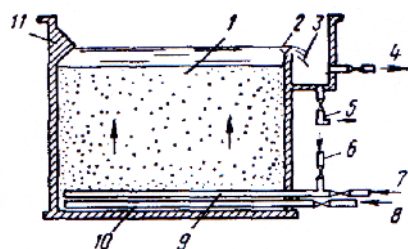


Рис. 6.5. Схема фильтра с восходящим потоком воды и водовоздушной промывкой: 1 - загрузка; 2 - пескоулавливающий желоб; 3 - карман; 4 - отвод фильтрованной воды; 5 - отвод промывной воды; 6 - подача воды на промывку; 7 - подача очищаемой воды; 8 - подача воздуха; 9 и 10 - распре-

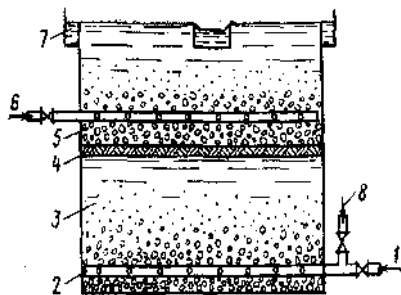


Рис. 6.7. Аэрируемый песчаный фильтр: 1 - подача очищаемой воды; 2 - распределительная система; 3 - загрузка первого яруса; 4 - дырчатая перегородка; 5 - загрузка второго яруса; 6 - подача воздуха; 7 - отвод фильтрата и промывной воды; 8 - подача промывной воды; 9 - подача исходной воды; 10 - гидравлический сепаратор; 11 - отвод промывной воды; 12 - дренаж; 13 - труба для подачи песка в сепаратор

$$N = 0,5 \cdot \sqrt{F_{\phi}} \quad (6.2)$$

где F_{ϕ} – площадь поверхности фильтров, м^2 .

Площадь фильтрующей поверхности микрофильтров следует определять по формуле:

$$F_{\text{мф}} = \frac{k_1 \cdot Q \cdot k}{k_2 \cdot T \cdot v_{\phi}} \quad (6.3)$$

где k_1 - коэффициент, учитывающий увеличение производительности микрофильтров за счёт очистки промывной воды и равный 1,03 - 1,05; k_2 - коэффициент, учитывающий площадь фильтрующей поверхности, расположенной над водой (при погружении барабана на 0,6 м диаметра $k_2 = 0,55$, а при погружении на 0,7 м диаметра).

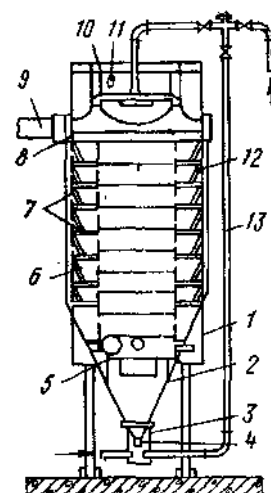


Рис. 6.6. Фильтр конструкции С. И. Быкова: 1 - цилиндрическая часть; 2 - конусная часть; 3 - клапанная коробка; 4 - гидроеlevator; 5 - отвод профильтрованной воды; 6 - песок; 7 - дренажные плитки; 8 - кольцевая труба; 9 - подача исходной воды; 10 - гидравлический сепаратор; 11 - отвод промывной воды

Для доочистки сточных вод применяются фильтры с зернистой загрузкой следующих конструкций: однослойные (рис. 6.4. и 6.5) с восходящим или нисходящим потоком жидкости, фильтры конструкции С.И. Быкова (рис. 6.6); аэрируемые двухслойные (рис. 6.7) и каркасно-засыпные (КЗФ) (рис. 6.8). В зависимости от конструкции и климатических условий фильтры следует располагать на открытом воздухе или в помещении. При расположении фильтров на открытом воздухе трубопроводы, запорная арматура, насосы и прочие коммуникации должны располагаться в проходных галереях. В качестве фильтрующего материала допускается использовать кварцевый песок, гравий, гранитный щебень, гранулированный доменный шлак, антрацит, керамзит, полимеры, а также другие зернистые загрузки, обладающие необходимыми свойствами, химической стойкостью и механической прочностью.

Расчетные параметры фильтров с зернистой загрузкой для глубокой очистки городских и близких к ним по составу производственных сточных вод после биологической очистки следует принимать по табл. 52 СНиП 2.03.04-85. Расчет площади фильтров надлежит производить по макси-

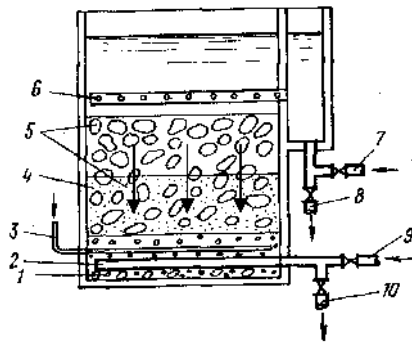


Рис. 6.8. Каркасно-засыпной фильтр: 1 - поддерживающие гравийные слои; 2 - распределительная система для воды; 3 - подача воздуха при промывке; 4 - песчаная засыпка; 5 - гравийный каркас; 6 - трубчатая система для подачи исходной и отведения промывной воды; 7 - подача исходной воды; 8 - отвод промывной воды; 9 - подача промывной воды; 10 - отвод фильтрата

мальному часовому притоку за вычетом допустимой неравномерности, равной 15%.

Площадь фильтров вычисляется по формуле:

$$F_{\Phi} = \frac{Q \cdot k \cdot (1 + m)}{T \cdot v_{\Phi} - 3,6 \cdot n \cdot (W_1 \cdot t_1 + W_2 \cdot t_2 + W_3 \cdot t_3) - n \cdot v_{\Phi} \cdot t_4}; \quad (6.4)$$

где Q - производительность очистной станции, $\text{м}^3/\text{сут}$; k - коэффициент неравномерности; T - продолжительность работы станции в течение суток, ч; v_{Φ} - скорость фильтрования, $\text{м}/\text{ч}$; n - количество промывок каждого фильтра в сутки; W_1 - интенсивность первоначального взрыхления верхнего слоя загрузки, $\text{л}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ продолжительностью t_1 , ч; W_2 - интенсивность подачи воды, $\text{л}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$, с продолжительностью водовоздушной промывки t_2 , ч (только при водовоздушной промывке); W_3 - интенсивность промывки, $\text{л}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$, продолжительностью t_3 , ч; t_4 - продолжительность простоя фильтра из-за промывки, ч; m - коэффициент, учитывающий расход воды на промывку барабанных сеток.

Промывка фильтров разделяется на текущую и профилактическую. Текущая промывка производится при предварительном сбросе воды по поверхности загрузки, после чего осуществляется подача воздуха с интенсивностью $20 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ и продолжительностью 5 - 10

мин, а затем последующая промывка водой с интенсивностью подачи $16 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ и продолжительностью 6 - 8 мин.

Удаление промывной воды осуществляется через желоба, подвешенные над поверхностью загрузки.

Профилактическая промывка производится один-два раза в неделю сразу после текущей. Для этого фильтр полностью опорожняется и загрузка барботируется при одновременной подаче воздуха с интенсивностью $20 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ и воды с интенсивностью $1,5 - 2 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$. При появлении воды на поверхности загрузки подача воздуха прекращается, и фильтр промывается одной водой с интенсивностью $12 - 16 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ в течение 2 мин.

При проектировании фильтров с зернистой загрузкой рекомендуется: при подаче сточных вод после биологической очистки устанавливать перед фильтрами (исключая КЗФ) барабанные сетки;

- применять водовоздушную промывку для однослойных, водяную - для двухслойных, водовоздушную или водяную - для каркасно-засыпных; при этом промывку следует осуществлять не хлорированной фильтрованной водой;
- вместимость резервуаров промывной воды и грязных вод от промывки фильтров принимать не менее чем на две промывки;
- при необходимости осуществлять насыщение фильтрованной воды кислородом;
- принимать трубчатые распределительные дренажные системы большого сопротивления;
- для фильтров с подачей воды сверху вниз предусматривать устройство гидравлического или механического взрыхления верхнего слоя загрузки.

В качестве зернистого фильтрующего материала применяют кварцевый и керамзитовый песок, гранитный щебень, гранодиорит, шунгизит, гравий, горелые породы, металлургические шлаки, окатанный речной песок и др.

Сооружения доочистки на 10000, 17000, 21000 $\text{м}^3/\text{сут}$ сточных вод состоят из помещения фильтров и непроизводственно-вспомогательных помещений. Размеры в плане подземной части зданий 24×24 , $36 \times 22,5$ и 24×36 м и надземной 12×9 , 12×18 и 12×18 м. Набор тех-

нологических емкостей и подсобно-производственных помещений, их конструктивные и объемно-планировочные решения аналогичны сооружениям пропускной способностью 2700 - 7000 м³/сут. Различны лишь размеры в плане и число фильтров, а также размеры других технологических емкостей. В табл. 4.16 приведены характеристики фильтров для доочистки сточных вод.

Таблица 6.1. Зернистые фильтры для доочистки сточных вод.

Пропускная способность, м ³ /сут	Площадь застройки, м ²	Строительный объем, м ³	Построечные трудовые затраты, чел-дни	Расход основных материалов	
				бетона и железобетона, м ³	стали, т
100	75	525,5	264,54	27,07	2,82
200	75	525,5	264,54	27,07	2,82
400	109	718	334,26	43,41	4,34
1400	128,5	842	368,74	68,7	5,55
2700	513	2320,2	2015,32	483,01	55,36
4200	603	2579	2146,37	515,08	60,14
7000	693	2840,2	2212,36	547,38	62,66
10000	706,4	3460	2340,48	566,3	67,36
17000	1016,33	5200	3709,06	804,77	98,33
25000	1110,97	5569	4463,67	847,46	116,17

Фильтры с загрузкой из гранитного щебня фракцией 2 - 5 мм высотой слоя 0,9 - 1,2 м и с дренажом рекомендуются для доочистки сточных вод от взвешенных веществ при скорости фильтрации 8 м/ч и направлении движения жидкости сверху вниз. При продолжительности фильтроцикла 12 ч эффективность доочистки достигает 70% (содержание взвешенных веществ в выходящей воде составляет 4 - 6 мг/л).

В последние годы в системах доочистки сточных вод стали широко применяться новые методы, которые сочетают в себе достоинства фильтров и предусматривают возможность биологической деструкции остаточных органических загрязнений после полной биологической очистки сточных при помощи прикреплённой биомассы. В качестве загрузочного материала, на котором происходят процессы глубокого изъятия загрязнений, используются полимерные элементы типа «Контур», «Водоросль» и некоторые другие материалы. В практике очистки сточных вод эти сооружения получили наименование биореакторов доочистки. На рис. 6.9 приведена одна из конструкций биореактора.

Принцип работы биореакторов заключается в следующем. В резервуар с загрузочным материалом подаётся биологически очищенная сточная вода, под загрузочным материалом установлена система аэрации, которая обеспечивает в резервуаре необходимую циркуляцию сточной воды через контейнеры с загрузкой. Этот поток вовлекает поступающую сточную жидкость в циркуляцию, снабжает биомассу гидробионтов, прикрепляющуюся на загрузке, кислородом, активным илом из вторичных отстойников и растворенными в воде органическими веществами.

При заиливании загрузочного материала их отмывают подачей воздуха через аэрационную систему. Водовоздушный поток внутри контейнеров срывает иловые отложения с загрузки, в это время осуществляют опорожнение биореактора и ил выводится из сооружения. На период промывки биореактора подача очищаемой сточной жидкости на доочистку прекращается.

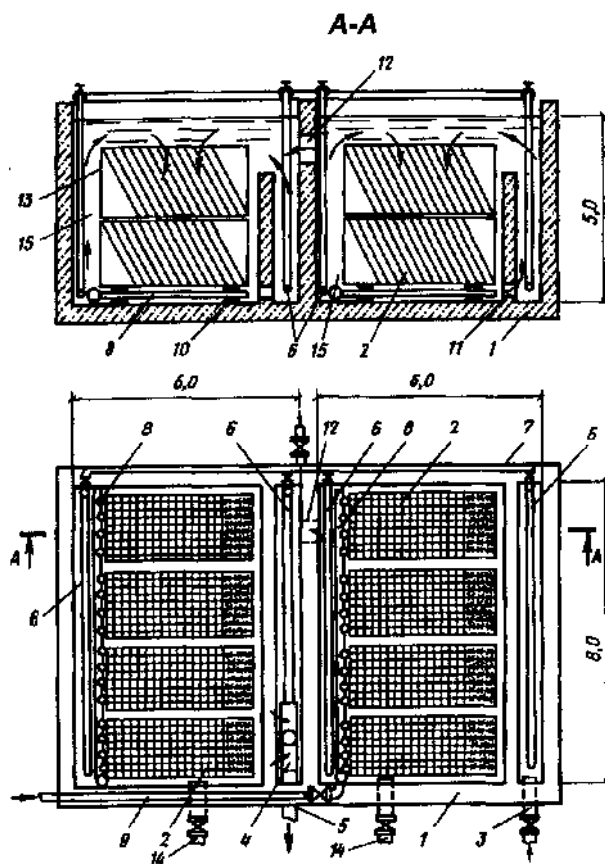


Рис. 6.9. Биореактор глубокой доочистки: 1 - резервуар; 2 - загрузка из стеклоершей; 3 - трубопровод подачи сточных вод; 4 - сборный желоб; 5 - трубопровод отвода воды; 6 - аэрационная система; 7 - воздухопровод; 8 - аэрационная система; 9 - воздухопровод; 10 - опоры; 11 - окна; 12 - перепускное окно; 13 - стенка контейнера; 14 - трубопровод опорожнения; 15 - эрлифтная ниша

Скорость фильтрации в биореакторах принимается в диапазоне от 5 до 7 м /ч при пропуске максимального часового расхода, при времени обработке сточных вод в 0,5 - 1 ч. Путём простой обработки биологически очищенных сточных вод достигается снижение содержания взвешенных веществ и органических загрязнений (по БПК) с 15 - 50 до 1 - 5 мг/л.

В зависимости от степени глубокой очистки биореакторы доочистки могут быть установлены в одну или несколько ступеней. Для повышения эффективности на поверхность загрузочного материала с потоком сточной воды однократно подаётся порошкообразные активированные угли (ПАУ). После промывки фильтров в сточную воду подают некоторое количество ПАУ.

Биоценоз биореактора образуется спонтанно и состоит из довольно большого количества видов различных микроорганизмов, в результате чего на загрузке скапливается вполне устойчивая экосистема.

Переоборудование станции на технологию с биореакторами доочистки с одновременным повышением эффекта очистки сточных вод без строительства отдельных сооружений доочистки позволяет сэкономить значительные средства в зависимости от пропускной способности станции.