

**В.Н. Ануфриев,**

доцент, заведующий кафедрой «Водоснабжение и водоотведение» БНТУ,  
канд. техн. наук

## **Очистные сооружения сточных вод: классификация в соответствии с новым стандартом**

*В текущем году планируется принятие государственного стандарта Республики Беларусь СТБ 17.06.02-03-2015 «Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Классификация очистных сооружений сточных вод»<sup>1</sup> (далее — СТБ 17.06.02-03-2015), посвященного классификации очистных сооружений сточных вод. Данный стандарт разработан с целью совершенствования действующей технической нормативной правовой базы в области очистки сточных вод, гармонизации с европейскими стандартами, устанавливающими подходы к классификации очистных сооружений сточных вод.*

**В** проекте стандарта производится классификация очистных сооружений по группам, подгруппам и видам с учетом их назначения, процессов, которые используются при очистке сточных вод и обработке осадка, признаков конструктивного исполнения, вида очищаемых сточных вод и т.д. Для классификации были приняты несколько классификационных признаков, которые рассмотрены ниже.

<sup>1</sup> Утвержден постановлением Госстандарта Республики Беларусь от 25 мая 2015 г. № 29.



1. **Вид объекта канализования** с учетом эксплуатирующей организации, который характерен для сложившейся структуры водоотведения в стране. Так, различают очистные сооружения канализации населенных пунктов, очистные сооружения жилых домов, которые эксплуатируются их собственниками, очистные сооружения объектов производства и иных объектов.

**Группа очистных сооружений канализации населенных пунктов** объединяет сооружения, эксплуатация которых производится организациями водопроводно-канализационного хозяйства указанного населенного пункта.

**Группа очистных сооружений объектов производства** включает сооружения для очистки сточных вод, образующихся на территории объектов промышленности, сельского, лесного, рыбного хозяйства и транспорта, эксплуатация которых осуществляется собственником указанного объекта, как непосредственно, так и путем заключения соответствующих договоров со специализированными организациями. Такие сооружения могут дополнительно принимать сточные воды с территорий других объектов производства и жилой застройки.

2. **Вид очищаемых сточных вод.** Стандарт предусматривает три группы:

- очистные сооружения городских (смешанных) сточных вод;
- очистные сооружения поверхностных сточных вод;
- очистные сооружения производственных сточных вод.

К **группе очистных сооружений городских сточных вод** относятся сооружения, предназначенные для очистки хозяйственно-бытовых сточных вод либо их смеси с производственными сточными водами и поверхностными сточными водами. В зависимости от того, какие виды сточных вод смешиваются перед их поступлением на очистные сооружения, различают подгруппы:

- сооружений для очистки только хозяйственно-бытовых сточных вод;
- сооружений для очистки смеси хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод;
- сооружений для очистки смеси поверхностных, производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод, к которым относятся очистные сооружения общесплавной и полураздельной систем канализации.

**Очистные сооружения городских (смешанных) сточных вод и объектов производства** в зависимости от достигаемой степени очистки подразделяются на подгруппы сооружений первичной, вторичной, третичной очистки.

Понятия первичной, вторичной, третичной очистки введено Директивой 91/271/ЕЕС<sup>2</sup> и широко используются в различных документах правового, статистического, технического характера.

**Сооружения первичной очистки**, как правило, представляют собой сооружения механической очистки, на которых для интенсификации процессов могут дополнительно использоваться физико-химические методы обработки, например дозирование коагулянтов.

**Вторичная очистка** подразумевает использование сооружений биологической очистки или сочетания механической и физико-химической очистки, обеспечивающих эквивалентную степень очистки, которая достигается при биологической очистке. Вторичная очистка, кроме биологической, предусматривает использование механической очистки для предварительной обработки сточных вод.

<sup>2</sup> Директива Совета Европейского Союза от 21 мая 1991 г. об очистке городских сточных вод (далее — Директива 91/271/ЕЕС).



**Третичная очистка** осуществляется путем применения сооружений глубокой очистки (доочистки) сточных вод. Сооружения глубокой очистки включают сооружения механической, биологической, физико-химической очистки, предназначенные для достижения более высокой степени удаления загрязняющих веществ по сравнению с вторичной очисткой.

**3. Уровень централизации систем очистки сточных вод.** В зависимости от уровня централизации очистные сооружения подразделяются:

- на централизованные, предназначенные для очистки сточных вод всего объекта канализования: населенного пункта либо объекта производства;
- локальные (нецентрализованные), предназначенные для очистки сточных вод отдельных районов застройки населенных пунктов или отдельно стоящих объектов.

Степень централизации или децентрализации определяется охватом системой канализации территории объекта канализования, с которой сточные воды отводятся на очистку. Например, локальные очистные сооружения объектов производства могут подразделяться на подгруппы:

- очистные сооружения отдельных производств;
- очистные сооружения отдельных структурных подразделений (цехов);
- очистные сооружения групп структурных подразделений (цехов).

К локальным очистным сооружениям следует относить автономные очистные сооружения, предназначенные для биологической очистки бытовых сточных вод, сооружаемые в соответствии с требованиями СТБ 17.17.07-01<sup>3</sup> при их использовании для очистки сточных вод отдельных районов застройки населенных пунктов и/или отдельно стоящих объектов.

**4. Виды процессов.** Классификация очистных сооружений по видам процессов, используемых для очистки сточных вод, представляет собой наиболее разветвленную систему, включающую большое количество видов сооружений. Исходя из вышеуказанного признака, очистные сооружения подразделяются на группы **механической, биологической, физико-химической очистки**.

Каждая из указанных групп, в свою очередь, подразделяется на подгруппы. Так, очистные сооружения механической очистки включают подгруппы, очистка на которых производится за счет использования процессов процеживания, отстаивания, фильтрования, обработки в поле центробежных сил.

## Сооружения механической очистки

Сооружения, на которых производится обработка сточных вод за счет использования *процессов процеживания*, включают: решетки, барабанные сетки, микрофильтры, сита, волокнуловители (рис. 1).

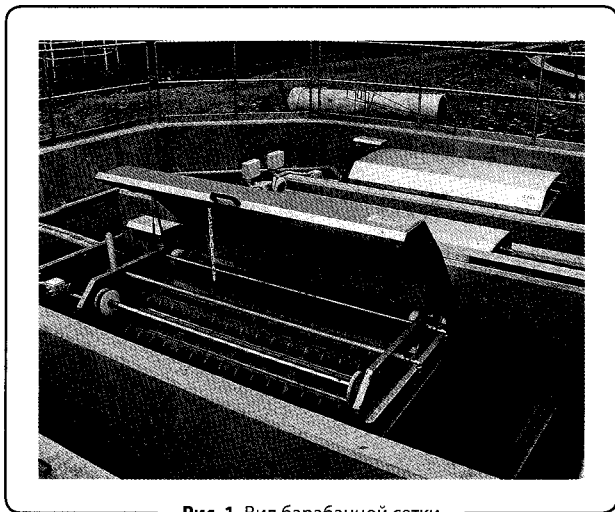
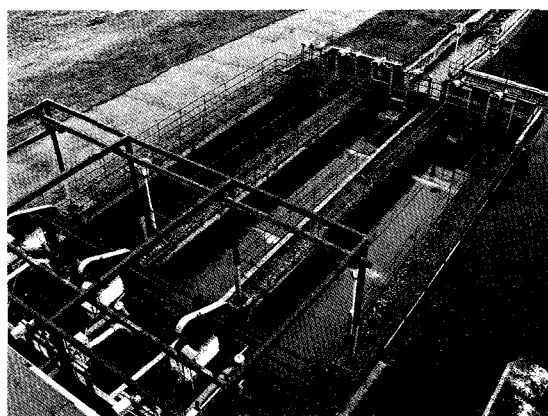


Рис. 1. Вид барабанной сетки

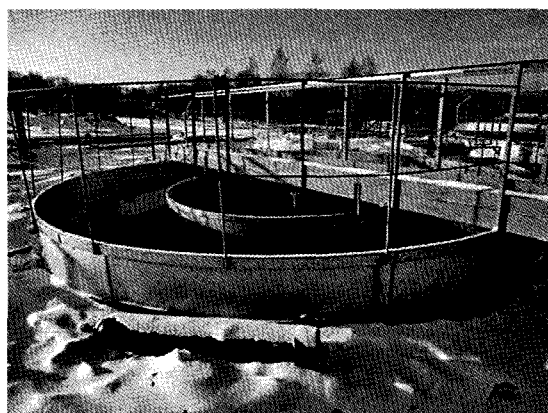
<sup>3</sup> СТБ 17.17.07-01-2009 «Охрана окружающей среды и природопользование. Сооружения очистные автономные. Общие технические требования».



а



б



в

**Рис. 2.** Вид аэрируемой песколовки (а), горизонтальной песколовки с прямолинейным движением воды (б), горизонтальной песколовки с круговым движением воды (в)

В свою очередь решетки для обработки сточных вод включают ряд видов отличающихся по размерам прозоров и соответственно по степени задержания примесей, которая ими обеспечивается, а также в зависимости от подвижности элементов для задержания отбросов, направления движения сточной воды через решетку и типа удаления задержанных отбросов.

Сооружения механической очистки, на которых производится отделение от сточных вод твердых и жидких примесей за счет использования процессов отстаивания, включают подгруппы песколовок и отстойников.

Основным параметром, характеризующим процесс отстаивания, является скорость осаждения или всплытия твердых или жидких примесей в воде в статических условиях, которая обозначается как гидравлическая крупность. Скорость осаждения зависит от ряда факторов: размера частиц примесей, их формы, плотности, скорости движения воды, от условий обтекания и сопротивления среды и т.д. Песколовки устроены таким образом, что в них осаждаются примеси с большей гидравлической крупностью, преимущественно минерального происхождения. В отстойниках происходит задержание частиц с меньшей гидравлической крупностью в сравнении с песколовками (как правило, это примеси органического происхождения).

**Классификация песколовок** базируется на их конструктивном исполнении с учетом направления движения сточной воды в них. Так, различают горизонтальные песколовки с прямолинейным и круговым движением воды, вертикальные, тангенциальные и аэрируемые песколовки. Последние, как правило, представляют собой удлиненный резервуар с продольным движением сточной воды, которой придается винтовое движение за счет аэрации (рис. 2). Кроме того, в зависимости от способа удаления задержанного песка различают песколовки с механическим удалением песка и его удалением вручную.



Классификация отстойников более сложная, нежели песколовков. В данном случае назначение таких сооружений является важным квалификационным признаком. По указанному признаку отстойники подразделяются на первичные и вторичные, т.е. сооружения, присутствующие в системах биологической очистки для предварительного осветления сточных вод (первичные) и для гравитационного разделения иловой смеси или отделения биопленки от биологически очищенной сточной воды (вторичные). Вместе с тем отстойники широко применяются для осветления сточных вод не только в биологической очистке, поэтому в классификации предусмотрена еще одна подгруппа — отстойники специального назначения, предназначенные для удаления из сточных вод различных примесей. К ним относятся нефтеловушки, жируловители, маслоловители, смололовители, продуктоуловители и другие виды таких сооружений.

По конструктивному исполнению с учетом направления движения сточной воды отстойники подразделяют на следующие типы:

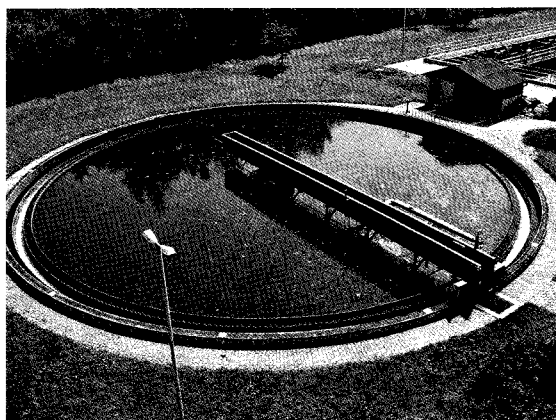
- *горизонтальные отстойники*, представляющие резервуары прямоугольной формы, через которые прямолинейно движется сточная вода;

- *радиальные отстойники*, представляющие резервуары круглой формы с движением сточной воды от центральной части к периферийной или наоборот. К данной подгруппе относятся также отстойники с вращающимися сборно-распределительными устройствами с подачей исходной воды в отстойник и отведением за счет вращающегося устройства, включающего распределительный и сборный лотки;

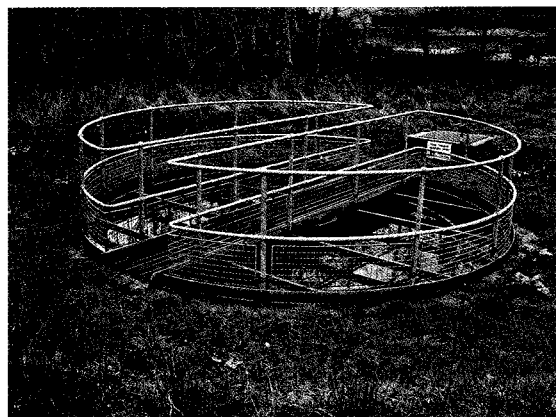
- *вертикальные отстойники*, представляющие собой резервуары круглой (реже квадратной) формы с движением сточной воды преимущественно вертикально вниз или вверх. Вид различных видов отстойников приведен на рис. 3.



а



б



в

Рис. 3. Виды горизонтального отстойника (а), радиального отстойника (б), вертикального отстойника (в)



Вертикальные отстойники могут иметь исполнение, в котором подача сточной воды осуществляется по центральной трубе, из которой вода распределяется по поперечному сечению отстойника и далее поднимается вверх с выделением из нее примесей. Отдельный вид представляют вертикальные отстойники с нисходяще-восходящим потоком, в которых объем зоны осветления разделен на две части частично погруженной перегородкой с подачей исходных сточных вод в центральную часть отстойника и отведением осветленных вод из периферийной части отстойника либо в обратной последовательности.

Также в стандарте предусмотрено подразделение отстойников на подгруппы сооружений с осветлением в объеме воды и тонкослойных отстойников. В первом случае осветление осуществляется в объеме воды с глубиной в несколько метров, во втором — отстойная зона разделена полочными, трубчатыми или ячеистыми блоками на ряд слоев или потоков небольшой глубины (рис. 4). Уменьшение высоты отстаивания обеспечивает снижение турбулентности потока воды и продолжительности отстаивания. В тонкослойных отстойниках разделение на потоки и создание в них ламинарного движения жидкости с относительно небольшими скоростями без перемешивания отдельных струй позволяет интенсифицировать процесс осветления.

Пластины тонкослойных модулей монтируются под углами 45–60° для обеспечения движения задержанных примесей по ним в осадочную зону.

Одним из классификационных признаков для отстойников является периодичность удаления осадка. Так, различают подгруппу сооружений, предназначенных только для осветления сточных вод и не предусматривающих длительного хранения осадка; также выделяется подгруппа отстойников, предназначенных как для осветления воды, так и для хранения и анаэробного сбраживания осадка. К последней подгруппе относятся септики, двухъярусные отстойники и осветлители-перегниватели.

Еще одна группа сооружений механической очистки, которая рассмотрена в проекте СТБ, — фильтры. Следует учесть, что **классификация фильтров** в данном документе приведена с учетом практики их применения для очистки сточных вод и содержит виды сооружений и устройств, используемых только в данной области.

Проект СТБ 17.06.02-03-2015 включает также классификацию сооружений, на которых производится очистка сточной воды в поле центробежных сил, включающая гидроциклоны, центрифуги и жидкостные центробежные сепараторы.

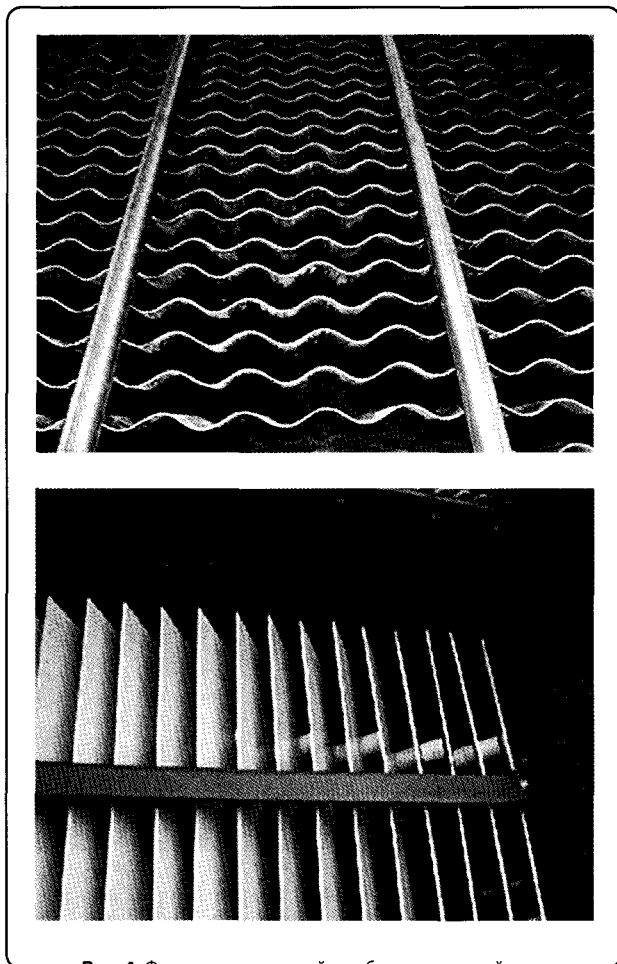


Рис. 4. Фрагмент тонкослойных блоков в отстойнике



В свою очередь гидроциклоны в зависимости от гидравлических условий, при которых они эксплуатируются, подразделяются на подгруппы открытых и закрытых (напорных). Эксплуатация открытых гидроциклонов осуществляется без создания избыточного давления в сооружении, закрытых гидроциклонов — с созданием избыточного давления в сооружении при полном заполнении рабочего объема сооружения сточной водой.

## Сооружения биологической очистки

Процесс биологической очистки заключается в биохимическом разрушении микроорганизмами органических веществ. Микроорганизмы используют эти вещества как источник питания.

Сооружения биологической очистки являются основным элементом процесса обработки различных видов сточных вод и включают две подгруппы:

- сооружения для очистки в естественных условиях;
- сооружения для очистки в искусственно созданных условиях.

**ЭТО ВАЖНО**



*Проект стандарта не относит к очистным сооружениям предназначенные для орошения и удобрения сельскохозяйственных угодий сточными водами земель сельскохозяйственные поля орошения, которые рассматриваются как один из видов приемников сточных вод.*

Первая группа сооружений включает поля фильтрации, поля подземной фильтрации, фильтрующие колодцы и траншеи, песчано-гравийные фильтры, вентилируемые площадки подземной фильтрации, грунтово-растительные площадки, а также биологические пруды.

Сооружения биологической очистки в искусственно созданных условиях включают следующие виды:

- биологические фильтры, предусматривающие очистку преимущественно прикрепленными формами микроорганизмов, в т.ч. создающими биопленку на поверхности носителя;
- сооружения очистки сточных вод активным илом, предусматривающие использование свободноплавающих форм микроорганизмов;
- комбинированные сооружения.

В свою очередь классификация биологических фильтров зависит от их признаков. Так, по режиму работы *биофильтры* подразделяются на:

- орошаемые, на которых очистка производится фильтрованием в незатопленной загрузке — носителе биопленки, с распределением сточных вод по поверхности загрузки;
- затопленные, которые представляют собой емкости с загрузкой — носителем биопленки, полностью погруженной в очищаемые сточные воды, с фильтрованием снизу вверх или в обратном направлении;
- ротационные, которые представляют собой емкости с очищаемыми сточными водами и частично погруженными в них вращающимися устройствами — носителями биопленки с механизмами для передачи крутящего момента.

Сооружения биологической очистки с активным илом в настоящее время являются наиболее распространенными системами, поэтому их классификация, в которой использовался ряд классификационных признаков, является многоплановой.



Один из классификационных признаков — назначение или цель очистки. Цели очистки в системах с активным илом сформулированы в ТКП 45-4.01-202-2010<sup>4</sup>: это удаление веществ, подверженных биохимическому разложению, нитрификация, денитрификация, удаление соединений фосфора, очистка от специфических примесей. Такой же подход использован и в проекте стандарта при разделении таких систем на подгруппы. К данной подгруппе добавлен еще один вид сооружений — *селекторы*. Селекторы в отечественной практике еще не получили широкого распространения, но принципы их применения общеизвестны и отражены в ТКП 45-4.01-262-2012<sup>5</sup>. Это специальные сооружения, предназначенные для ограничения развития нитчатых форм микроорганизмов в активном иле и размещаемые перед сооружениями биологической очистки с подачей в них циркулирующего активного ила и исходных сточных вод. В селекторах создаются условия для интенсивного развития флокулообразующих микроорганизмов в условиях высоких концентраций легкоокисляемых веществ в иловой смеси. Режим обработки сточных вод в селекторах зависит от состава исходных сточных вод и может быть аэробным, аноксичным или анаэробным.

По режиму работы биологические реакторы с активным илом подразделяются на две подгруппы: проточные и последовательного действия.

**Сооружения биологической очистки с активным илом являются наиболее распространенными системами, поэтому их классификация учитывает ряд признаков.**

В *проточных биологических реакторах*, к которым относятся и аэротенки, очистка сточных вод производится при перемешивании очищаемых сточных вод с активным илом и перемещении полученной иловой смеси по сооружению с последующим разделением активного ила и очищенных сточных вод в отдельных соору-

жениях или устройствах. В биологических реакторах последовательного действия (*SBR-реакторах*) очистка сточных вод активным илом производится в одной и той же технологической емкости с разделением процессов подачи сточной воды, очистки сточной воды, разделения активного ила и очищенных сточных вод по времени. Процесс очистки в *SBR-реакторах* ранее рассматривался в журнале<sup>6</sup>.

В зависимости от гидравлического режима проточных биологических реакторов различают:

- вытеснители, в которых сточная вода и циркулирующий возвратный активный ил подаются сосредоточенно на вход технологической емкости и отводятся также сосредоточенно с противоположной стороны сооружения;
- смесители, в которых сточная вода и циркулирующий возвратный активный ил подаются равномерно по лоткам вдоль длинных сторон прямоугольных технологических емкостей, а отвод иловой смеси осуществляется равномерно с противоположной стороны емкости или же другим способом, обеспечивающим постоянное смешивание поступающей сточной воды с иловой смесью в реакторе (рис. 5);
- биологические реакторы с рассредоточенной подачей сточной воды, в которых сточная вода подается в нескольких точках, распределяясь по длине технологической емкости, а отводится сосредоточенно от ее торцевой части, при этом циркулирующий возвратный активный ил подается сосредоточенно через другую торцевую часть емкости;

<sup>4</sup> ТКП 45-4.01-202-2010 «Очистные сооружения сточных вод. Строительные нормы проектирования».

<sup>5</sup> ТКП 45-4.01-262-2012 «Очистные сооружения сточных вод. Правила проектирования».

<sup>6</sup> См.: Ануфриев В.Н. Биологическая очистка сточных вод с использованием SBR-реакторов // Экология на предприятии. 2013. № 2. С. 88–96.





● циркуляционные окислительные каналы, в которых сточная вода и циркулирующий возвратный активный ил подаются в одной точке технологической емкости и иловая смесь также отводится сосредоточенно в другой точке сооружения. Иловая смесь циркулирует в сооружении за счет работы механических аэраторов или погружных мешалок с расходом, многократно превышающим расход поступающей сточной воды.

Рассмотрим еще один аспект, связанный с биологическими реакторами с активным илом, которые изготавливаются в заводских условиях и подключаются к системе канализации в комплектном виде. В проекте стандарта принята классификация, разработанная Немецким институтом строительной техники<sup>7</sup>, согласно которой все установки заводского изготовления подразделяются на 5 классов в зависимости от достигаемой степени очистки сточных вод и используемых процессов обработки сточных вод.

1. Класс *C* — установки с удалением органических веществ.

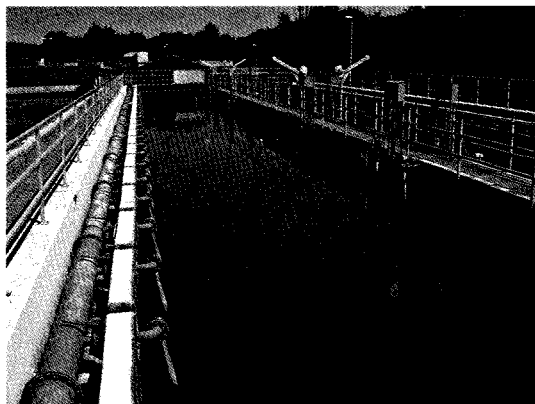
2. Класс *N* — установки с удалением органических веществ и дополнительной нитрификацией.

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.

Комбинированные сооружения биологической очистки в искусственно созданных условиях представляют подгруппу сооружений, которые имеют признаки как биологических фильтров, так и биологических реакторов с активным илом. К таким сооружениям отнесены биотенки, которые представляют собой емкости с активным илом, оснащенные носителями для прикрепленной микрофлоры. При этом носители для прикрепленной микрофлоры установлены в сооружении неподвижно. Вторая подгруппа комбинированных сооружений — биологические реакторы с подвижным слоем носителей прикрепленной микрофлоры, в котором также присутствует свободный активный ил.



а



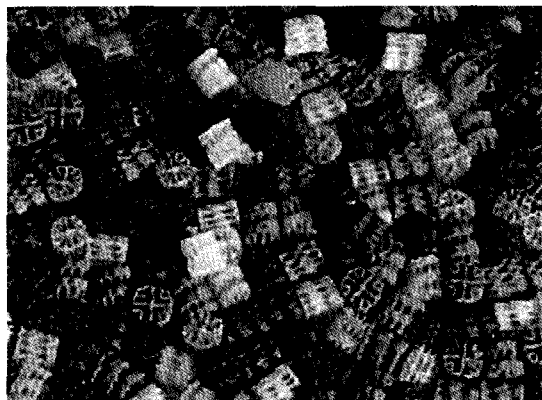
б

Рис. 5. Проточные реакторы: прямоугольной формы (вытеснитель) (а), круглой формы (смеситель) (б)

<sup>7</sup> 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.



а



б

Рис. 6. Биореактор с плавающей загрузкой, вид реактора (а), пластиковый носитель (б)

Наиболее известным сооружением такого рода является *MBBR*-реактор (сокращение от англоязычного *Movingbed-bioreactor*) В русскоязычной технической литературе может обозначаться как «биореактор с плавающей загрузкой». Данная система основана на биологической очистке в анаэробных, аноксичных и аэробных условиях с применением наряду с активным илом дополнительно биопленки, прикрепленной на пластиковых носителях (в виде ершиков, шариков, пластин и т.д.), которые постоянно находятся во взвешенном состоянии в иловой смеси (рис. 6). Использование плавающих носителей позволяет увеличить содержание биомассы в реакторе и предотвратить перегрузку вторичных отстойников при разделении иловой смеси.

### Очистные сооружения физико-химической очистки

В проекте стандарта к сооружениям физико-химической очистки отнесены устройства, на которых очистка сточных вод производится за счет использования химических и физических процессов: нейтрализации, коагуляции, флокуляции, окисления, восстановления, флотации, коалесценции, сорбции, экстракции, эвапорации, ионного обмена.

Очистка сточных вод на них может осуществляться с добавлением в них реагентов либо без добавления. При этом реагенты в сточную воду могут дозироваться в виде растворов, а также в твердом, газообразном виде и электрохимическим растворением. Также к сооружениям физико-химической очистки отнесены системы обеззараживания сточных вод, предназначенные для снижения активности патогенных микроорганизмов в сточных водах. Кроме того, проект стандарта содержит разделы, посвященные обработке осадка сточных вод. Таким образом, рассматриваемый документ охватывает все области, связанные с применением очистных сооружений, и устанавливает их стандартизованную классификацию, учитывая, что технологии очистки сточных вод интенсивно развиваются, разрабатываются и внедряются новые виды сооружений. Поэтому проект стандарта не должен рассматриваться как исчерпывающий неизменный перечень сооружений, существующих в настоящее время. Задача документа — систематизировать информацию по видам очистных сооружений с учетом практики их применения и возможности последующего развития и адаптации. 🍃