Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОЦИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет информационных технологий и техносферной безопасности
Кафедра техносферной безопасности и экологии

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
канд. техн. наук, доцент
_____ В.И.Шмырев
« » 2016 г

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА
на тему:

Биологические методы очистки осадков хозяйственно-бытовых сточных вод

Специальность: 05.03.06 – Экология и природопользование

Выполнил студент _____ А.Ю. Гришин
(подпись)
Научный руководитель _____ Т.Г. Пугачева
ст. преподаватель, к.б.н. (подпись)

Москва 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ..... 3
1 СТОЧНЫЕ ВОДЫ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА.....5
1.1 Источники образования хозяйственно-бытовых сточных вод.....5
1.2 Качественные и количественные характеристики хозяйственно-бытовых сточных вод.....6
1.3 Воздействие осадков очистных сооружений на окружающую среду…….9
2 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СБОСОБАХ ОЧИСТКИ ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД.....11
2.1 Механическая очистка сточных вод.....11
2.2 Физико-химическая очистка сточных вод.....21
2.3 Биологическая очистка сточных вод.....25
2.3.1 Очистка сточных вод в аэротенках. Основные характеристики активного ила.....26
2.3.2 Очистка сточных вод в биофильтрах.....30
2.4 Технологическая схема очистки сточных вод на примере Курьяновских очистных сооружений.....33
3. СПОСОБЫ УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД.....50
3.1 Методы анализа осадков сточных вод.....50
3.2 Виды, состав и свойства осадков сточных вод.....50
3.3 Общие сведения о способах утилизации осадков сточных вод.....56
3.4 Схема образования и утилизации осадков сточных вод на КОС.....68
4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УЩЕРБА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ.....70
ВЫВОДЫ.....77
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....79
ПРИЛОЖЕНИЯ.....86

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время системы централизованного водоснабжения, охватывающие 96 % городского и около 60 % сельского населения страны, далеко не везде подают доброкачественную питьевую воду. По сообщениям Госкомсанэпинадзора примерно в 50 % случаев очищенная вода, подаваемая из поверхностных источников, по отдельным параметрам не отвечает требованиям стандарта на питьевую воду.

Основными причинами сложившегося положения являются продолжающееся загрязнение водоисточников, неудовлетворительное состояние систем централизованного водоснабжения из-за многолетнего недостаточного финансирования их развития и технического отставания. Загрязнение водных объектов, вызванное сбросом неочищенных или недостаточно очищенных бытовых и промышленных сточных вод, привело к тому, что содержание в них химических соединений иногда в десятки и сотни раз превышает предельно допустимые концентрации (ПДК) по санитарно-гигиеническим показателям.

Особое внимание при проектировании или же реконструкции очистных сооружений следует обратить на способы утилизации осадков, образующихся в процессе очистки сточных вод.

На сегодняшний день на большинстве станций очистки сточных вод образуется огромное количество частично обезвоженного и недостаточно стабилизированного осадка. Обработку осадков сточных вод необходимо проводить с целью максимального уменьшения их объемов и подготовки к дальнейшему размещения, использования или утилизации при обеспечении поддержки санитарного состояния окружающей среды или восстановление ее благоприятного состояния.

Осадки сточных вод (ОСВ), которые выделяются в результате очистки бытовых, сельскохозяйственных и промышленных сточных вод, являются концентрированными отходами, которые могут содержать вредные и токсичные вещества в десятки и сотни раз больше, чем сточные воды. ОСВ является трудно фильтруемыми суспензиями коллоидного типа. Они

содержат большое количество бактериальных загрязнений, органических веществ, способных быстро загнивать с выделением неприятных запахов.

Городские хозяйственно-бытовые стоки и их осадки, попадая в реки, загрязняют и заражают их такими болезнями, как брюшной тиф, паратиф, дизентерия, холера, инфекционный гепатит (желтуха), туляремия и другие болезни.

Таким образом, основной целью данного дипломного проекта являются изучение образования осадков, образующихся в процессе очистки хозяйственно-бытовых сточных вод, осадков, а также способов их утилизации.

Для достижения поставленной цели были поставлены задачи:

1) анализ современных способов очистки хозяйственно-бытовых сточных вод, а также утилизации осадков, образующихся в процессе их очистки;

2) изучение состава и свойств осадков образующихся в процессе водоочистки

3) характеристика воздействия осадков на окружающую среду;

4) экономическая оценка ущерба от загрязнения водных источников.

1 СТОЧНЫЕ ВОДЫ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА

1.1 Источники образования хозяйственно-бытовых сточных вод

В понятие "сточные воды" входят различные по происхождению, составу и физико-химическим свойствам воды, использующиеся человеком для бытовых и технологических нужд. При этом вода загрязняется, и ее физико-химические свойства меняются. Сточные воды разнообразны по составу и, следовательно, по своим свойствам.

В зависимости от их происхождения различают три основные категории сточных вод:

- хозяйственно-бытовые;
- производственные;
- атмосферные.

К бытовым относятся сточные воды, образующиеся в жилых, административных и коммунальных (бани, прачечные и т.д.) домах, а также в бытовых помещениях промышленных предприятий. Это сточные воды, поступающие в водоотводящую сеть от санитарных приборов (умывальников, раковин или моек; ванн, унитазов и трапов - приборов с решеткой, расположенных на полу). Они содержат физиологические выделения людей, а также хозяйственные отходы: остатки продуктов питания, песок, мыло и моющие средства, ткань, бумагу и тому подобное.

Удельный расход бытовых сточных вод с 1 га площади городского квартала составляет порядка 0,3-0,2 л/с и в зависимости от времени суток может изменяться от 2 до 5 раз.

Образование производственных сточных вод происходит в процессе производства тех или иных товаров, продукции, технологических операций и т.д. Качественный и количественный состав таких сточных вод достаточно разнообразен, что в свою очередь зависит от применяемого сырья и технологических процессов.

Загрязнения, характерные для производственных сточных вод, условно разделяют на пять категорий:

- биологически нестойкие органические соединения;

- малотоксичные органические соли;

- нефтепродукты;

- биогенные соединения;

- вещества со специфическими токсичными свойствами, в том числе тяжелые металлы, а также неразлагающиеся биологически жесткие органические синтетические соединения.

Таким образом, сброс сточных вод в систему городской канализации требует их предварительной очистки и регламентируется правилами приёма производственных сточных вод в системы канализации населенных пунктов.

Образование атмосферных сточных вод происходит в процессе выпадения дождей, таяния снега, как на жилой территории, так и на территории различных промышленных предприятий, АЗС и т.д.

К этой категории сточных вод также относят талые воды и воды, образующиеся в процессе поливки улиц.

Атмосферные сточные воды в современных городах содержат, кроме смываемых с мостовых песка и мусора, также и органические вещества, поэтому по своему составу они часто могут быть отнесены к слабо загрязненным бытовым сточным водам [1].

Таким образом, в зависимости от канализационной системы города, все три типа сточных вод поступают в городскую канализационную сеть, образуя городские сточные воды.

1.2 Качественные и количественные характеристики хозяйственно-бытовых сточных вод

Сточные воды чрезвычайно разнообразны по своему составу, а следовательно, и по своим свойствам.

Хозяйственно-бытовые сточные воды можно рассматривать как разбавленную смесь мочи и фекалий, кухонных (стоки от приготовления пищи и

мытья посуды) и банно-прачечных стоков (стоки от гигиенических процедур и стирки белья).

Особенностью хозяйственно-бытовых сточных вод является относительное постоянство их состава, что обусловлено сходством физиологии человека и его хозяйственной деятельности.

Неорганическая часть загрязнений представлена солями, присущими питьевой воде и образующихся в процессе обменных реакций в организме человека. В частности, к продуктам обмена веществ относятся фосфаты и аммонийные соли - продукт гидролиза мочевины. К неорганическим примесям сточных вод также относятся также песок и глинистые частицы, попадающие в бытовые воды от мытья овощей и фруктов, уборки помещений и т.д.

Наибольшую санитарную опасность представляют загрязнения органического происхождения.

Содержание органических загрязнений, пребывающих в сточных водах в растворенном состоянии, оценивается значениями БПК и ХПК. Бытовые сточные воды имеют значение БПК=100-140 мг/л, а ХПК=150-600 мг/л, в связи с чем их можно оценивать как сильно загрязненные.

Основную часть органических загрязнений бытовых сточных вод составляют белковые вещества, жиры, углеводы и продукты их разложения. Как правило, углеводная составляющая сточных вод представлена моносахаридами (глюкоза, лактоза) и дисахаридами, из которых чаще всего встречается сахароза. Также состав хозяйственно-бытовых сточных вод представлен и моносахаридами, такими как крахмал и целлюлоза, которые в отличие от простых углеводов, не растворяются в воде. Целлюлоза в сточных вод находится во взвешенном состоянии, представляя значительную часть твердой фазы.

Стоит отметить, что загрязнения органической природы составляют 45-58% обшей массы загрязнений бытовых сточных вод [1].

Органические загрязнения городских сточных вод являются благоприятной средой для развития различных микроорганизмов и бактерий, которые

составляют так называемое биологическое и бактериальное загрязнение сточных вод и обусловливают их эпидемическую опасность.

Различают следующий бактериологический состав сточных вод:

- сапрофитные бактерии, являющиеся безопасными (простейшие, водоросли, дрожжи, плесень и т.д.);

- болезнетворные бактерии (возбудители дизентерии, брюшного тифа и паратифа).

1.3 Воздействие загрязненных стоков на компоненты окружающей среды

Особое воздействие загрязненные сточные воды, вследствие недостаточной степени очистки, оказывают на компоненты гидросферы и её обитателей.

Недостаточная степень очистки сточных вод нередко приводит к образованию шламов и донных отложений вследствие чрезмерного поступления взвешенных веществ. Также повышенная концентрация взвешенных веществ приводит у снижению прозрачности воды, ослабляющей процессы фотосинтеза, что в свою очередь негативно отражается на состоянии водоёмов и жизни гидробионтов.

Загрязняющие вещества, сбрасываемые с недостаточно очищенными сточными водами в открытые водоемы, нарушают в последних природное биологическое равновесие и тормозят процессы самоочищения.

В том случае, когда оседающие вещества имеют органическое происхождение, то выделяющиеся в процессе разложения ила газы могут способствовать сокращению растворенного в воде кислорода, необходимого для процессов самоочистки. Это в свою очередь может стать причиной гибели гидробионтов. Кроме того, многих органические загрязнители могут способствовать появлению и развитию в водоёмах различных грибов и микроорганизмов, ухудшающих качество воды [2].

Попадающие в водоёмы минеральные соли создают серьёзную опасность для одноклеточных организмов, обменивающихся продуктами жизнедеятельности с внешней средой путем осмоса.

А загрязнение природных вод нефтепродуктами приводит к образованию на их поверхности пленки, препятствующей процессам газообмена. Кроме того в нефтепродуктах аккумулируются гидрофобные загрязняющие вещества, а сами нефтепродукты накапливаются в жировых тканях гидробионтов.

Наиболее эффективными путями охраны поверхностных вод от загрязнения являются сокращение удельного водоотведения и снижение содержания лимитирующих загрязнений в воде путем использования эффективных методов очистки [3].

1.3 Воздействие осадков очистных сооружений на окружающую среду

Основным видом воздействия на окружающую среду в процессе эксплуатации очистных сооружений является загрязнение атмосферного воздуха выбросами загрязняющих веществ.

Наибольшую экологическую нагрузку при этом будут оказывать иловые площадки. Осадки, получающиеся при обезвоживании могут накапливаться в значительных количествах. Хранение таких количеств осадков и их складирование, вывоз в отвалы также загрязняет окружающую среду и требует отчуждения части земель [4].

Складирующийся на данных площадках избыточный активный ил, в своём составе имеет тяжёлые металлы и различные органические соединения, оказывающие негативное воздействие на окружающую природную среду.

Бактериальная зараженность и наличие органических веществ, способных быстро загнивать с выделением неприятных запахов, в значительных объемах осадков являются источником загрязнения атмосферы и гидросферы. Всё это создаёт экологическую и социальную напряженность на прилегающих территориях.

Осадки сточных вод имеют сложный полиэлементный макро- и микросостав со значительным содержанием органического вещества, азота, зольных элементов, в том числе фосфора и калия.

Хотя в процессе метанового сбраживания на КОС значительная часть микроорганизмов погибает, а содержащиеся органические составляющие газифицируются, всё же остаётся опасность загрязнение почвы тяжелыми металлами.

Исследования показывают, что из-за сброса в городскую канализацию промышленных стоков бытовые сточные воды обогащаются тяжёлыми металлами.

Поступления тяжелых металлов в растения определяется подвижностью металла в почве и биологическими особенностями растений. Кислая реакция почвенного раствора, содержание органического вещества, полуторных оксидов, глинистых минералов - все эти факторы регулируют поступление металлов в почвенный раствор из твердой фазы почвы и определяют их подвижность и поступления в растения. Наиболее высокое накопление тяжелых металлов в растениях наблюдается при pH<4,8, малом содержании органических веществ и уровнем накопления основаниями [5].

2 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СБОСОБАХ ОЧИСТКИ ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД

2.1 Механическая очистка сточных вод

Механическая очистка применяется для выделения из воды взвешенных, т.е. нерастворимых веществ. Как правило, в группу методов механической очистки включают: процеживание, отстаивание, осветление во взвешенном слое осадка, фильтрование, центробежные методы.

В состав сооружений механической очистки входят:

- решетки;
- песколовки;
- отстойники;
- осветлители со взвешенным слоем осадка;
- гидроциклоны;
- центрифуги;
- фильтры.

Поступая на очистные сооружения сточные воды прежде всего подаются в приёмную камеру (рис.1) - железобетонный резервуар, предназначенную для гашения напора и регулирования колебаний расходов.

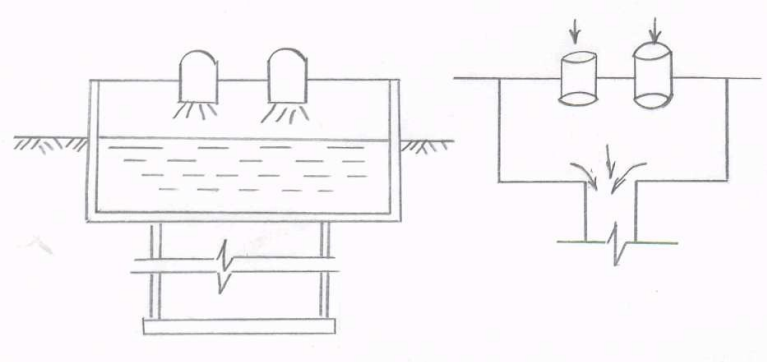


Рисунок 1. Приёмная камера

Обычно механическая очистка является предварительным, реже - окончательным этапом очистки сточных вод.

Метод очистки сточных вод от взвешенных веществ выбирается с учетом кинетики процесса, исходя из размера частиц. В том случае, когда частицы достаточно велики (>30 мкм), то в соответствии с законом Стокса, они могут легко выделяться из воды отстаиванием или фильтрованием. Для более мелких частиц нужны более действующие методы. Выделение коллоидных частиц осуществляется за счёт применения коагуляции и осветлителей со взвешенным слоем осадка [1].

Как правило, на первом этапе очистки для задержания крупных загрязнителей (более 5 мм), способных забить трубопроводы и коммуникации применяются решетки (рис.2). Они состоят из наклонно или вертикально установленных параллельных металлических стержней, укрепленных на металлической раме.

Наклон решеток составляет 60-80° к горизонту.

В зависимости от величины прозоров решетки делятся на:

а) решетки грубой очистки (прозоры 30-200 мм);

б) решетки средней очистки (прозоры 10-30 мм);

в) решетки тонкой очистки (прозоры 1-10 мм);

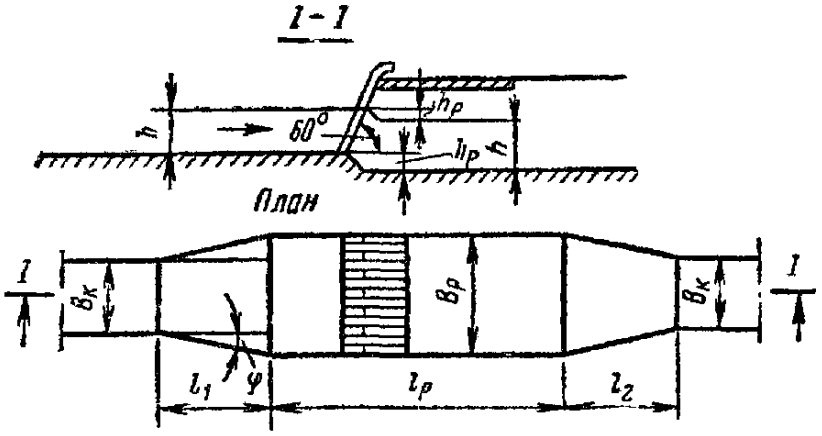


Рисунок 2. Решетки

Различают простейшие - очищаемые вручную и механические решетки.

Механически решетки применяются при количестве задерживаемого мусора более 0,1 м^3/сут.

На станциях очистки бытовых сточных вод чаще всего применяют неподвижные наклонные решетки типа МГ, а также решетки-дробилки РД (круглые КРД, радиальные РРД или вертикальные ВРД).

Отходы, снятые с решеток направляются в дробилку для их измельчения, после чего их можно сбрасывать в воду перед отстойниками [3].

Очищенные от крупных загрязнителей сточные воды подают на следующую ступень в песколовки.

Песколовки применяются для выделения из сточных вод взвешенных веществ минерального происхождения (преимущественно песка) крупностью >0,25 мм. Принцип действия песколовки основан на осаждении тяжелых примесей под действием силы тяжести.

Скорость движения сточных вод в песколовках (рекомендуется 0,15- 0,3 м/с) соответствует условиям, чтобы в процессе работы сооружения оседали преимущественно вещества минерального происхождения. Снижение скорости приводит к оседанию веществ, преимущественно органического происхождения, что в свою очередь вызывает трудности при их обработке и из-за снижения зольности осадка, увеличение - к выносу песка с песколовки.

Песколовки подразделяют на вертикальные (которые малоустойчивы и применяются редко), горизонтальные с прямолинейным и круговым движением воды, аэрируемые и тангенциальные.

Тип песколовки выбирают с учетом производительности очистной станции, необходимой эффективности задержания песка, схемы очистки сточных вод и обработки осадков, решения по компоновке сооружений на площадке очистной станции и других факторов.

Горизонтальные песколовки представляют собой удлиненные в плане сооружения с прямоугольным поперечным сечением (рис. 3). Важнейшими элементами песколовок являются: входной и выходной каналы; бункер для сбора осадка, расположенный в начале песколовки. Кроме этого, в песколовки есть механизмы для перемещения осадка в бункер и гидроэлеватор для удаления песка.

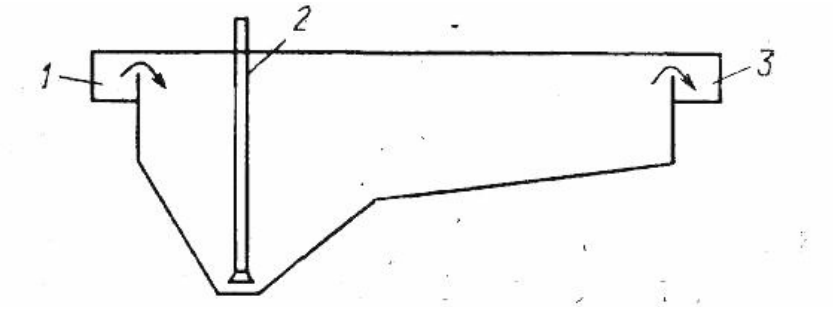


Рисунок 3. Горизонтальная песколовка: 1 - водоподводящий лоток; 2 - гидроэлеватор; 3 - водоотводящий лоток

Горизонтальные песколовки должны иметь два или более отделений, каждое из которых оснащается шиберами для отключения его с работы. Устройство песколовок из нескольких отделений позволяет поддерживать постоянные скорости течения сточной воды путем отключения с работы одного или нескольких отделений в периоды минимального притока и осуществлять очистку неработающих отделений.

Приямки для осадка в горизонтальных песколовках выполняют в виде пирамид или конусов. Их стенкам придают уклон к горизонту не менее 60°. В этом случае осадок самопроизвольно сползает по стенкам в основание приямка.

Перемещение осадка до приямка осуществляется с помощью механических скребков или гидромеханическим способом (гидросмыв). С песочного приямка осадок удаляется гидроэлеваторами, песочными насосами, эрлифтами или шнековыми насосами.

Механизмы для перемещения осадка применяют двух типов: цепные и коляске. Цепные механизмы состоят из двух бесконечных цепей, расположенных по краям песколовки, с закрепленными на них скребками.

Механизмы тележечного типа состоят из тележки, которая перемещается над песколовкой по рельсам вперед и назад, на котором подвешивается скребок.

Продолжительность пребывания сточных вод в песколовке определяется расчетом и зависит от глубины. В горизонтальных песколовках

продолжительность пребывания сточных вод регламентируется и должна быть не менее 30 с [6].

Горизонтальные песколовки с круговым движением воды (рис. 4), представляют собой круглые резервуары конической формы с периферийным лотком для протекания сточной воды. По принципу работы подобны горизонтальным песколовкам. Разница заключается лишь в том, что движение воды происходит не прямолинейно, а по кольцевому лотку. Проточная часть песколовок с круговым движением воды в поперечном сечении имеет в верхней части прямоугольную форму, а в основе - треугольную с щелью внизу. Песок задерживается в кольцевом лотке, проваливается через щель в конусную часть, откуда периодически откачивается гидроэлеватором.

Тангенциальные песколовки имеют круглую в плане форму. Подвод воды в них осуществляется по касательной, что в свою очередь вызывает вращательное движение потока.

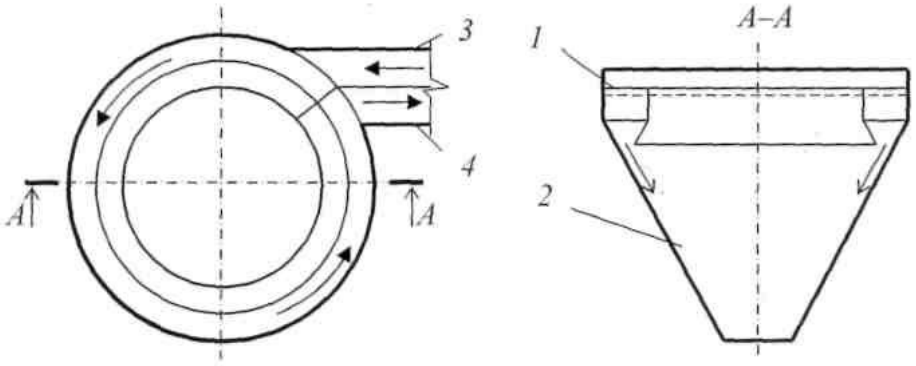


Рисунок 4. Горизонтальная песколовка с круговым движением воды:
1- кольцевой желоб; 2 - осадочный конус; 3 - подводящий канал;
4 - отводящий канал

При одновременном поступательном и вращательном движении воды в таких песколовках создается винтовое движение. На периферии вода движется вниз, а в центре - вверх. Кроме силы тяжести на частицы песка в тангенциальной песколовки действуют еще и две центробежные силы, обусловленные движением сточной воды по кругу в плане и вращательным движением в поперечном

сечении. В результате действия центробежных сил частицы песка отбрасываются на периферию потока - к стенкам и дну песколовки и в конце концов оказываются в песочном приямке. Более летучие органические примеси при этом поддерживаются во взвешенном состоянии и не выпадают в осадок, в результате чего содержание песка в осадке тангенциальных песколовок выше, чем в горизонтальных и составляет 70-75%.

В песколовках этого типа задерживаются песок гидравлической крупностью от 18,7 до 24,2 мм/с.

Разновидностью тангенциальных песколовок являются аэрируемые песколовки. Такие песколовки (рис.5) имеют прямоугольную в плане форму (удлиненный горизонтальный резервуар) и прямоугольное сечение (ширина равна высоте). Вдоль одной из стен песколовок прокладывается аэратор из дырчатых труб на глубине 2/3 от общей глубины. Удаление песка происходит в поле центробежных сил при горизонтально винтовом движении воды. Горизонтально - поступательное движение создается в них за счет подачи воды с одной стороны и отвода с другой. Вращательное движение воды обеспечивается аэрацией потока создаваемой аэратором, установленным с одной из длинных сторон песколовки на расстоянии 45-60 см от дна, под которым расположен лоток для сбора песка

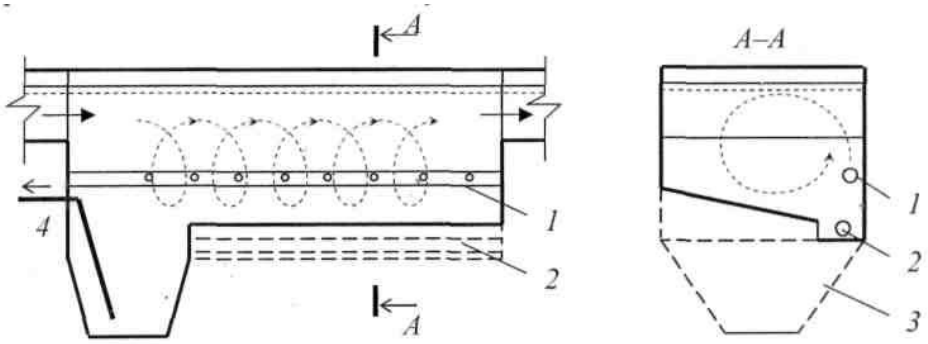


Рисунок 5. Аэрируемая песколовка:

1 - дырчатый аэратор; 2 - трубопровод гидросмыва осадка;

3 - осадочная часть; 4 – гидроэлеватор

В аэрируемых песколовках так же, как и в тангенциальных, при одновременном поступательном и вращательном движении возникает винтовое движение. В качестве аэраторов применяют дырчатые трубы с отверстиями 3-5 мм или фильтросные пластины. Устанавливаются аэраторы по длине каждой секции песколовок вдоль одной из стен. Выпавший осадок, сгребается к приямку, устроенному в начале песколовки, откуда удаляется гидроэлеватором. Время пребывания воды в аэрированных песколовках составляет 2-3 мин. (120-180 с).

Аэрируемые и горизонтальные песколовки с прямолинейным движением воды используют при расходах очищаемых сточных вод более 10000 $м^3$/сутки, горизонтальные с круговым движением жидкости - при затратах до 70000 $м^3$/сут. Тангенциальные песколовки рекомендуется использовать при затратах очищаемых сточных вод до 50000 $м^3$/сут. на малых очистных станциях применяют вертикальные песколовки.

Следует также отметить, что горизонтальные песколовки отличаются простотой конструкции и эксплуатации, а также обеспечивают достаточно высокую степень улавливания песка, находящуюся на уровне 65-75%. Однако такие песколовки имеют существенный недостаток - сложность сбора осадка [6].

Простоту выгрузки осадка способны обеспечить горизонтальные песколовки с круговым движением воды, которые помимо этого ещё и занимают меньше места. Однако наибольшую эффективность очистки способны обеспечить аэрируемые песколовки, в которых количество улавливаемого осадка достигает 75 л на 1000 $м^3$ воды, что в 1,5 раза выше по сравнению с другими типами песколовок. Помимо этого у аэрируемых песколовок отмечается высокая стойкость работы, не зависящая от расхода поступающих сточных вод.

Следующим этапом очистки является отстаивание. В зависимости от назначения отстойники делятся на:

- первичные, которые устанавливаются до сооружений биологической очистки;

- вторичные, которые устанавливаются после биологической очистки.

Первичные отстойники применяются для отстаивания сточных вод прошедших предварительную стадию очистки на решетках и песколовках, т.е. до сооружений биологической очистки. Вторичные - после сооружений биологической очистки для выделения из воды вынесенного активного ила или биопленки.

По конструктивным признакам выделяют горизонтальные, вертикальные и радиальные отстойники.

В горизонтальных отстойниках вода движется горизонтально вдоль отстойника, в вертикальных - снизу вверх, а радиальных отстойниках - от центра к периферии.

Горизонтальные отстойники представляют собой резервуар, как правило прямоугольный в плане (рис. 6), состоящий из нескольких отделений. Вода подводится в торцевую переднюю часть, проходит вдоль отстойника и сливается в отводной канал. Осаждение взвешенных веществ происходит за счёт низкой скорости (ν_{max}=10 мм/с) [3].

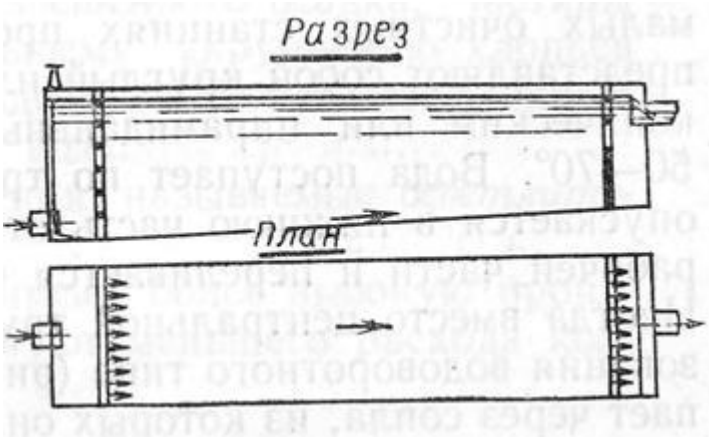


Рисунок 6. Горизонтальный отстойник

Для того чтобы осадок сползал к приямку днищу отстойника придают уклон.

Горизонтальные отстойники применяют на очистных сооружениях производительностью от 15 до 100 тыс. $м^3$/сут. Преимуществом таких отстойников является надёжность работы, малая глубина, обеспечивающая 50-60%-й эффект очитки, а также возможность компактной компановки. К

недостаткам относятся: повышенный расход материала при изготовлении, а также неудовлетворительная работа механизмов сгребания осадка.

Применение вертикальных отстойников возможно при малой производительности очистных сооружений (2-20 тыс. $м^3$/сут.) Вертикальные отстойники представляют собой круглый или квадратный в плане резервуар с конусным или пирамидальным днищем.

Различают отстойники с центральным впуском воды (рис.7), нисходяще-восходящим движением воды и с периферийным впуском воды.

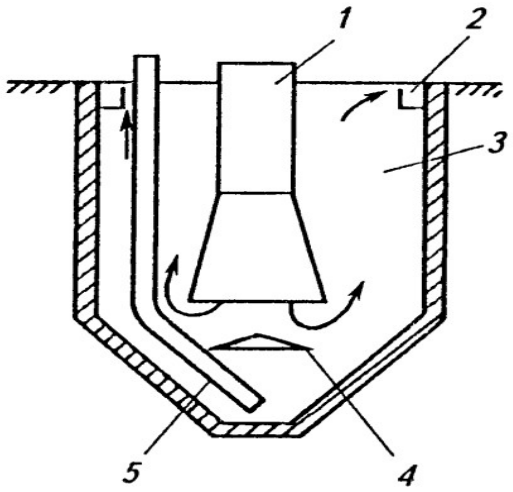


Рисунок 7. Вертикальный отстойник с центральным впуском: 1 - центральная труба; 2 - водослив; 3 - отстойная часть; 4 - отражательный щит; 5 - илопровод

Сточная вода подводится к нижней части отстойника по центральной трубе. После выхода из трубы вода движется снизу вверх к сливным желобам, по которым поступает в отводной лоток. Во время движения воды по отстойнику из неё выпадают взвешенные вещества, причем скорость принимают не больше 0,7 м/с.

Жидкость, выйдя из щели между раструбом центральной трубы и отражательным щитом, движется радиально к стенкам отстойника, а затем поднимается вверх вдоль стенок. Взвешенные вещества выпадают на

горизонтальном пути движущейся жидкости от центра отстойника к периферии за счёт растекания струи и уменьшения скорости движения.

Эффективность очистки таких отстойников составляет порядка 40%. Более эффективными являются вертикальные отстойники с нисходяще-восходящим потоком воды (рис.8).

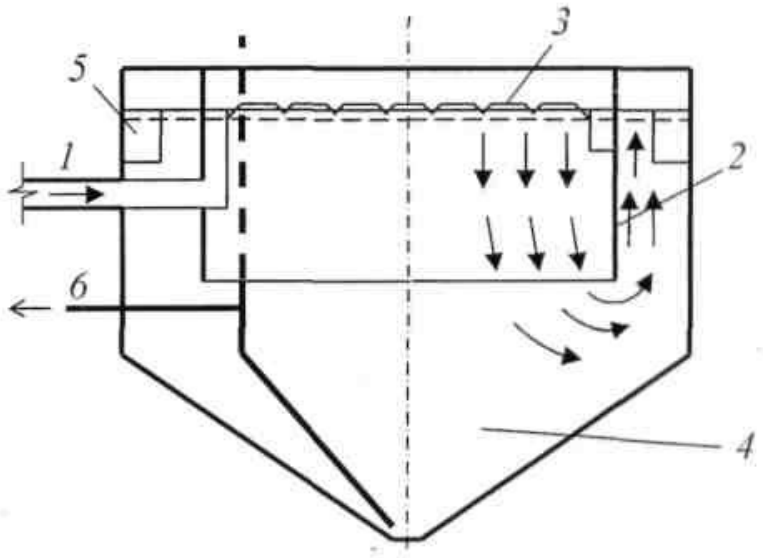


Рисунок 8. Вертикальный отстойник с нисходяще-восходящим движением воды: 1 - трубопровод; 2 - кольцевая перегородка; 3 - зубчатый водослив; 4 - осадочная часть; 5 - периферийный сборный лоток; удаление осадка

Сточная вода поступает в центральную часть отстойника и через зубчатый водослив распределяется по площади зоны осветления, где происходит нисходящее движение потока воды. Основная масса взвешенных веществ успевает выпасть до поступления воды в кольцевую зону, где происходит окончательное осветление воды и её сбор периферийным лотком.

Эффективность таких отстойников может достигать 60-70%.

Радиальные отстойники (рис.9) являются разновидностью горизонтальных. Они представляют собой круглый в плане, диаметром 18, 24, 30,40, 50, 54 м неглубокий резервуар, в котором вода движется от центра к периферии. Данный вид отстойников нашел широкое применение на станциях очистки городских сточных вод.

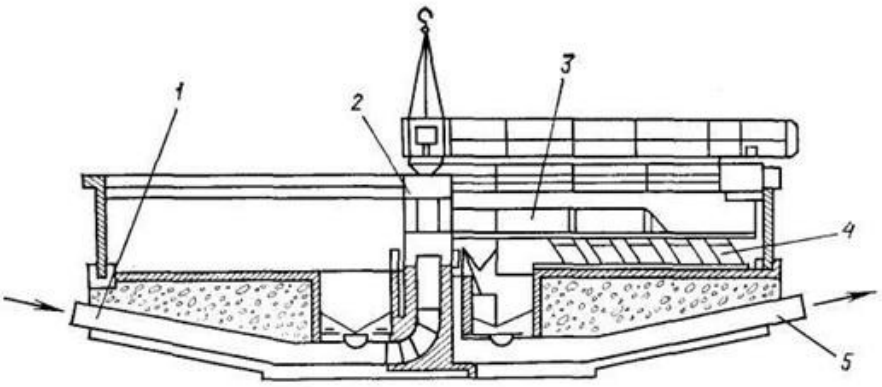


Рисунок 9. Радиальный отстойник: 1 - труба для подачи воды; 2 -скребки; 3 - распределительная чаша; 4 - водослив; 5 - отвод осадка

Различают радиальные отстойники с нижним или верхним выпуском воды. И в том, и в другом случае вода поступает по центральной трубе, а осветленная вода сливается в круговой желоб, откуда затем отводится по трубам.

Осадок, выпавший на дно, сгребается к центру скребком, закрепленным на подвижной ферме и поступает в приямок, из которого затем удаляется.

Недостатком данного вида отстойников по сравнению с горизонтальными является необходимость установки передвижной фермы, обеспечивающей сбор осадка. Однако с другой стороны радиальные отстойники характеризуются достаточно высокой степенью очистки - 60%.

Продолжительность процесса отстаивания колеблется от 30 мин до 1,5 часов [6].

2.2 Физико-химическая очистка сточных вод

Требования к интенсификации очистки сточных вод обуславливает использование физико-химических методов очистки, в частности, применение реагентов. Наиболее простыми и распространенными реагентами, используемыми для осветления сточных вод являются коагулянты и флокулянты.

В виду того, что сточные воды населенных мест на 50-60% состоят из коллоидных загрязнений, не поддающихся осаждению и очистке на обычных

фильтрах, то для повышения эффективности очистки таких вод применяются коагулянты.

В настоящее время в качестве коагулянтов широкое распространение получили соли железа и алюминия (сульфат алюминия, алюминат натрия, сульфаты железа, хлорное железо), а также их смеси.

Процесс коагуляции представляет собой совокупность стадий химических (растворение и гидролиз) и физико-химических взаимодействий.

Наиболее важной стадией в процессе коагуляции является стадия градиентной коагуляции. Её особенность заключается в столкновении дисперсных частиц при взаимодействии вихревых потоков, возникающих в перемешиваемом потоке воды.

Интенсификация процесса коагуляция осуществляется за счёт применения флокулянтов, в качестве которых применяются как неорганические, так и органические реагенты. Наибольшее распространение в качестве флокулянта получил полиакриламид (ПАА).

Сущность применения флокулянтов заключается в образовании ими с дисперсными частицами трёхмерных структур, способных к более быстрому образованию флокул, обладающих хорошими седиментационными свойствами.

Коагуляция хозяйственно-бытовых сточных вод солями алюминия или железа с последующим отстаиванием способствует удалению растворенных органических веществ, при чем эффективность удаления зависит от их кислотности.

Также при участии коагулянтов в сточных водах, содержащих соединения фосфора, происходит образование слаборастворимых фосфатов алюминия, железа или кальция, выпадающих в осадок. Более сложные нерастворимые формы фосфора удаляются путем сорбции на хлопьях гидроксидов.

Таким образом, применение процесса коагуляции с последующим отделением осадков сточных вод позволяет достаточно полному удалению не только взвешенных веществ, но и органических коллоидных загрязнений, некоторых растворенных загрязнений, в том числе обладающих поверхностно-

активными свойствами, соединений фосфора и даже тяжёлых металлов. Однако применение коагуляции практически неэффективно при удалении аммонийного азота [7].

Для эффективного проведения процесса коагуляции важной задачей является обеспечение наиболее благоприятных условий протекания гидролиза коагулянтов и образования хлопьев достаточного размера и прочности, способствующей их быстрому осаждению и флотируемости.

Смешение коагулянта с водой должно происходить так, чтобы сразу происходило образование мелких агрегативных комплексов, в дальнейшем являющихся центрами кристаллизации гидроксидов, способствующих формированию крупных хлопьев.

В практике водоочистки различают непрерывный; непрерывный с возвратом части осадка; раздельный; периодический и дробный способы коагуляции.

Наиболее эффективным является дробный способ, при котором добавление реагентов к очищаемой воде происходит несколькими порциями или последовательно вводят различные коагулянты. Применение данного способа обеспечивает образование полидисперсных агрегатов коагулянта, а также увеличивает период существования положительно заряженных полиядерных гидроксокомплексов, способствующих интенсификации процесса коагуляции.

Обеспечение смешения коагулянтов со сточной водой происходит в смесителях, среди которых выделяют перегородчатые, дырчатые, шайбовые и вертикальные. Также распространены смесители с пропеллерными и лопастными мешалками.

Помимо процессов коагуляции в практике очистки городских сточных вод применяется метод флотации.

Флотация представляет собой вид адсорбционно-пузырькового разделения, основанный на формировании всплывающих агломератов (флотокомплексов) загрязнений с диспергированной газовой фазой и последующим их отделением в виде концентрированного пенного продукта (флотошлама).

Процесс образования флотокомплексов происходит на границе частица-воздух-вода и преимущественно зависит от степени смачиваемости поверхности флотируемых частиц жидкостью. При этом смачивающая способность жидкости зависит от ее полярности, с возрастанием которой способность жидкости смачивать твердые тела слабеет.

Основой классификации сооружений для флотационной очистки является способ получения диспергированной газовой фазы. Таким образом, различают способ диспергирования (барботажный, импеллерный и гидродинамический) и выделение газа из толщи воды.

Наиболее распространенным методом является барботажное получение диспергированной газовой фазы. Согласно данному способу диспергируемый газ проходит через отверстия фильтросного устройства, погруженного в воду, образуя при этом поток газовых пузырьков.

Не меньшее распространение получила импеллерная флотация, обеспечивающая диспергирование газового потока при помощи механических устройств - импеллеров. Размер частиц газовой дисперсии зависит от интенсивности перемешивания, продолжительности, а также температуры. Целесообразность применения таких установок обусловлена высокой концентрацией органических загрязнений таких как нефтепродукты и жиры. Однако импеллерные флотаторы имеют существенный недостаток - высокую обводненность пены.

Основным фактором, влияющим на эффективность флотации сточных вод является правильность выбора флотационного сооружения, которая определяется необходимой эффективностью очистки и структурно-механическими свойствами флотокомплекса.

Как правило, все типы флотационных сооружений содержат ряд общих конструктивных элементов: камеру флотации, систему распределения подаваемой на очистку воды, систему подачи диспергированной газовой фазы, а также устройства для сбора флотошлама (рис.10).

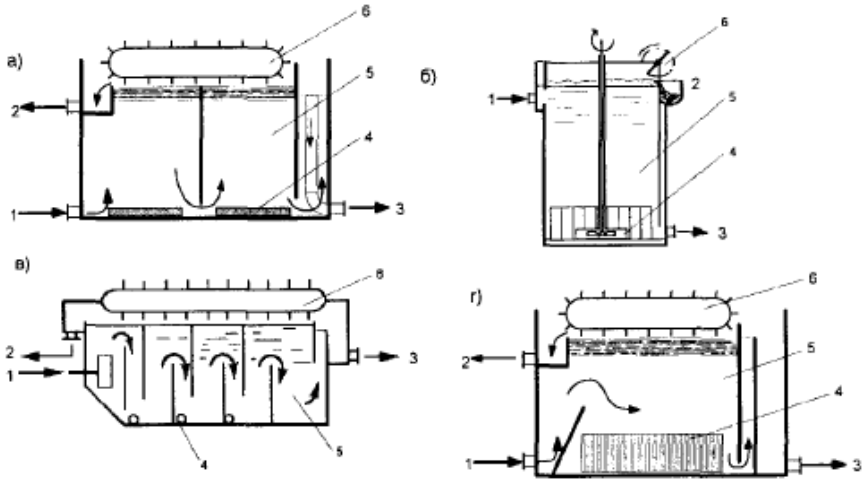


Рисунок 10. Флотаторы: а - барботажный; б - импеллерный; в - компрессионный; г - электрохимический; 1,3 - подача сточных вод и отведение очищенной воды; 2 - отведение флотошлама; 4 - система получения газовой дисперсии; 5 - камера флотации; 6 - пеносъёмное устройство

Эффективность очистки с помощью флотационных установок в настоящее время может достигать 97% [3].

2.3 Биологическая очистка сточных вод

Биологическая очистка является завершающим этапом сложной системы очистки сточных вод. Данный метод основан на способности микроорганизмов использовать в качестве питательного субстрата многие органические соединения, содержащиеся в сточных водах.

В процессах биологической очистки сточных вод часть окисляемых микроорганизмами веществ используется для образования активного ила, а другая часть превращается в безвредные продукты окисления - воду, углекислый газ, нитраты. Интенсивность и эффективность биологической очистки сточных вод определяется скоростью размножения бактерий.

Методы биологической очистки подразделяют на очистку в естественных (например, биологические пруды) или искусственных условиях (например, аэротенки, биофильтры и т. д.). Как правило, очистка сточных вод проводится с помощью аэротенков или же биофильтров.

2.3.1 Очистка сточных вод в аэротенках. Основные характеристики активного ила

Характерной особенностью аэрационных сооружений является пребывание микробиальной части во взвешенном в жидкости состоянии в виде отдельных хлопьев. Состав хлопьев представлен скоплением зооглейных микроорганизмов, простейших и более высокоорганизованных представителей фауны (коловратки, черви, личинки насекомых), а также представителей водных грибов и дрожжей. Совокупность данного биоценоза представляет собой активный ил, доминирующая роль в котором принадлежит различным группам бактерий, извлекающим из воды растворенные и взвешенные в ней органические вещества. Данные группы бактерий, представленные преимущественно одноклеточными подвижными микроорганизмами способны самоорганизовываться в колонии - в виде хлопьёв, легко отделяемые от очищенной воды отстаиванием.

Основой хлопьеобразования активного ила является, главным образом, наличие питательных веществ: при слишком высоком их содержании происходит рассеивание колоний и появление нитчатых форм микроорганизмов; при их недостатке - снижение размеров хлопьев и ухудшение седиментационных свойств.

Роль других микроорганизмов в активном или заключается в поддержании определенного равновесия видового и количественного состава ила [8].

Стоит отметить, что развитие активного ила представляет собой достаточно сложный процесс, состоящий из 5 стадий (рис.11):

I - лаг-фаза (стадия адаптации), в которой ещё не происходит прирост биомассы;

II - фаза экспоненциального роста, в которой обеспечивается быстрый прирост биомассы за счёт избытка питательных веществ и отсутствия или же незначительного количества продуктов обмена;

III - фаза замедленного роста в связи с истощением питательных веществ и накопления продуктов обмена;

IV - фаза нулевого роста (прекращение роста) - достижение равновесия между наличием питательных веществ и накопленной биомассы;

V - фаза эндогенного дыхания (самоокисления); вследствие недостатка питательных веществ происходит отмирание биомассы.

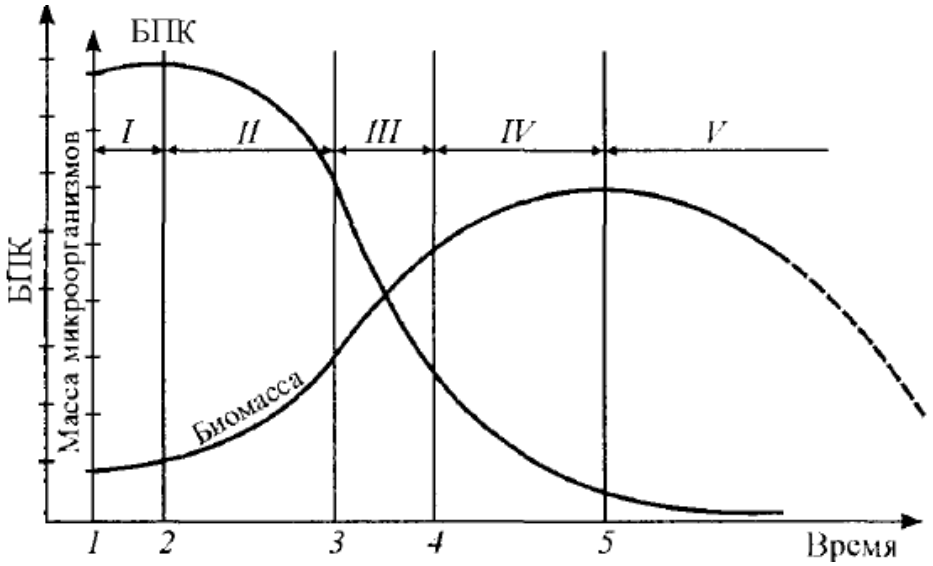


Рисунок 11 - Зависимость прироста биомассы в аэробных условиях от концентрации питательных веществ

Из рис. 11 видно, что большая часть загрязняющих веществ трансформируется в биомассу, в связи, с чем длительность процессов окисления будет тем дольше, чем дольше будет происходить их контакт с биомассой.

Немаловажной задачей является своевременное выведение из аэротенка прирастающей биомассы, т.к. для конкретных условий должна поддерживаться определенная концентрация активного ила. Чрезмерное накопление активного ила также может приводить к повышению его зольности, что в свою очередь способствует снижению его метаболической активности.

Конструктивно аэротенк представляет собой открытый железобетонный бассейн, оборудованный устройствами принудительной аэрации.

Конструктивное оформление аэротенков определяется пропускной способностью очистных сооружений, исходными характеристиками подлежащей очистке сточной воды, определяющими режим работы аэротенков, типом аэрационного оборудования для подачи воздуха и перемешивания, конструкцией

других сооружений, включаемых в технологическую схему очистки сточной воды и др.

По гидродинамическому режиму различают (рис.12) [9]:

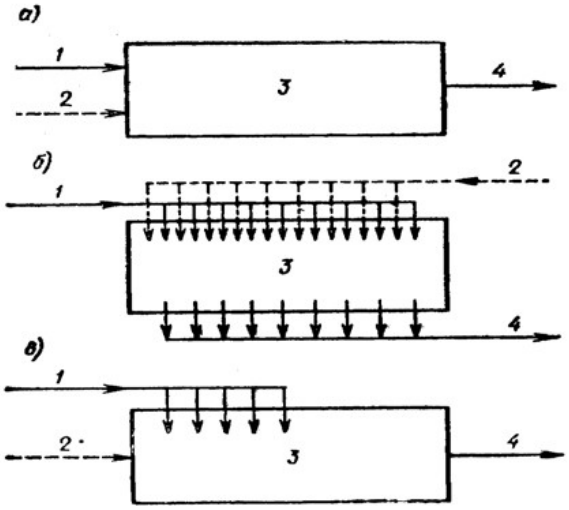


Рисунок 12. Виды аэротенков

- аэротенки-вытеснители (рис.12 а);
- аэротенки-смесители (рис.12 б);
- аэротенки с рассредоточенным движением воды (рис.12 в).

По способу регенерации активного ила различают аэротенки с отдельной и без отдельной регенерацией.

По нагрузке на активный ил:

- высоконагружаемые;
- обычные;
- низконагружаемые.

По количеству ступеней:

- одноступенчатые;
- двухступенчатые;
- многоступенчатые.

Наибольшее распространение по конструктивным признакам получили двух-, трёх- и четырёхкоридорные аэротенки.

Для поддержания нормальной работы аэротенков важным условием является обеспечение непрерывного поступления кислорода. На практике нашли распространение три основных аэрационных системы: пневматическая, механическая и комбинированная.

Пневматическая система аэрации обеспечивает подачу воздуха в аэротенк с помощью ветродувок. При этом различают мелко- (1-4 мм), средне- (5-10 мм) и крупнопузырчатую (более 10 мм) аэрацию.

Преимуществом данной системы является её простота и незначительные энергетические затраты.

Механическая аэрация обеспечивается за счёт применения механических устройств, таких как мешалки, турбинки и т.д., обеспечивающих дробление потоков воздуха. Подсос воздуха обеспечивается ротором аэратора из атмосферы.

На очистных станциях высокой производительности применяются, главным образом, прямоугольные в плане аэротенки с пневматической аэрацией.

Одной из существенных характеристик аэротенков является их связь с сооружениями последующего разделения иловой смеси. С этой точки зрения различают аэротенки с отдельными отстойными сооружениями, т.е. с независимым друг от друга гидравлическим режимом работы аэротенков и вторичных отстойников, и аэротенки-отстойники, в которых эти два сооружения определенным образом гидравлически связаны и взаимозависимы (рис.13).

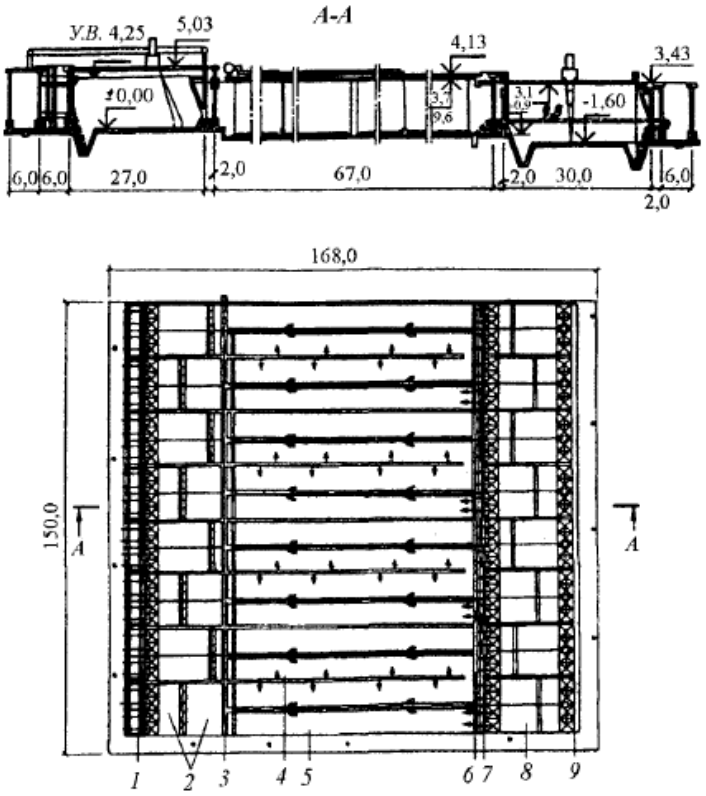


Рисунок 13. Аэротенк-отстойник: 1 - преаэратор; 2 - первичные отстойники; 3 - распределительный канал аэротенков; 4 - распределительный лоток аэротенков; 5 - аэротенк; 6 - лоток активного ила; 7 - распределительный канал вторичных отстойников; 8 - вторичные отстойники; 9 -контактный канал

Преимуществом применения аэротенков в качестве сооружений биологической очистки является достаточно высокая степень очистки, позволяющая достигнуть содержания органических веществ в очищенной воде по $БПК_{полн}$ до 15 мг/л.

2.3.2 Очистка сточных вод в биофильтрах

Ещё одним типом искусственных сооружений биологической очистки являются биофильтры, представляющие собой сооружения, обеспечивающие фильтрацию сточной воды через загрузочный материал, покрытый биопленкой, образованной колониями микроорганизмов.

Биофильтр можно рассматривать в качестве открытой экосистемы, ограниченной в пространстве, важной особенностью которой является

устойчивое равновесие. Как правило экосистема биофильтра состоит из двух сред: живой (биоценоз биопленки) и неживой (конструктивная часть сооружения).

Как и в аэротенках, очистка сточных вод в биофильтрах осуществляется за счёт микроорганизмов (биопленки), толщина которой зависит преимущественно от концентрации органических веществ.

Для поддержания нормальной работы биофильтра важной задачей является обеспечение питания и обмена энергией биологической пленки путем изъятия и переработки сточной воды. Питание и обеспечение энергией микроорганизмов биопленки осуществляется за счёт ферментативных реакций, происходящих в процессе окисления органических веществ [9].

Состав простого биофильтра представлен на рис.14.

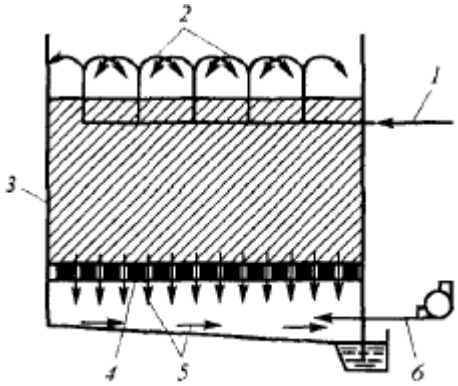


Рисунок 14. Биофильтр: 1 - подача сточных вод; 2 - водораспределительное устройство; 3 - фильтрующая загрузка; 4 - дренажное устройство; 5 - очищенная сточная вода; 6 - вентиляционное устройство

Задачей водораспределительных устройств является обеспечение равномерного орошения сточной водой поверхности биоплёнки. Необходимость в вентиляционном устройстве заключается в подаче воздуха, необходимого для поддержания окислительныхх процессов.

Как правило, в качестве фильтрующего материала применяется галька, керамзит, гравий и различные искусственные материалы.

Классификация биофильтров обеспечивается по следующим признакам [8]:

- по степени очистки: полная и неполная;

- по способу подачи воздуха: с искусственной и естественной аэрацией;

- по режиму работы: с рециркуляцией сточной воды и без неё;

- по технологической схеме: одно- и двухступенчатые;

- по пропускной способности: малой и большой;

- по виду и особенностям загрузки: с объёмной и плоскостной загрузкой.

В свою очередь биофильтры с объёмной загрузкой делятся на:

- капельные;

- высоконагружаемые;

- башенные.

Биофильтры с плоскостной нагрузкой делятся на:

- биофильтры с жёсткой засыпной загрузкой;

- с жёсткой блочной загрузкой;

- с мягкой или рулонной загрузкой;

- дисковые биофильтры.

Характерной особенностью капельных биофильтров является подача сточной воды в виде капель или струй и их применение обусловлено малым расходом воды (до 1000 $м^3$/сут.). Применяют такие фильтры для полной биологической очистки сточных вод.

Отличительной особенностью высоконагружаемых биофильтров является достижение более высокой окислительной мощности, чем у капельных. Она достигается путем применения более крупных фракций загрузочного материала, благодаря которой обеспечивается более высокая нагрузка по воде.

Башенные биофильтры представляют собой высокие (8-16 м) сооружения осуществляющие очистку сточных вод с расходом до 50000 $м^3$/сут.

Классическая схема применения биофильтров заключается в осуществлении очистки сточных вод в проточном режиме с периодическим или непрерывным орошением загрузочного материала.

В настоящее время система орошения подразделяется на две основные группы:

- неподвижные (дырчатые желоба, трубы, спринклеры);

- подвижные (качающиеся желоба, движущиеся наливные колеса и вращающиеся реактивные распределители (оросители).

Правильный подбор системы орошения является залогом надёжной работы биофильтров.

Применение биофильтров позволяет добиваться высокой степени очистки, снижая концентрацию органических веществ по $БПК_{полн}$ до 15-20 мг/л при одноразовом протекании через загрузку.

В целом использование как аэротенков, так и биофильтров снижает содержание органического вещества в стоках на 90% [10].

2.4 Технологическая схема очистки сточных вод на примере Курьяновских очистных сооружений

Курьяновская станция аэрации (КСА) расположена на юго-востоке Москвы, в левобережной пойме реки Москвы, в микрорайоне Курьяново района Печатники, примерно в 5 км ниже Перервинского гидроузла. В непосредственной близости от нее располагается древний Николо-Перервинский монастырь, а напротив - историко-архитектурный ансамбль села Коломенское. Все это обязывает станцию быть предприятием с безукоризненной опрятностью собственной территории и одновременно служить надежным экологическим щитом столицы [11].

В состав КСА входят четыре самостоятельно функционирующих блока по очистке сточных вод, каждый из которых может рассматриваться как самостоятельная станция аэрации (рис.1):

- Старый блок. Был введен в эксплуатацию 18 декабря 1950 г. на мощность 250 тыс. $м^3$ в сутки. В результате поэтапного развития его производительность в настоящее время составляет 1,0 млн. $м^3$ в сутки. Опыт эксплуатации сооружений старого блока стал базой для последующего создания в стране крупных станций аэрации. Все технологические и конструктивные решения здесь выполнены на основе отечественных научных изысканий;

- I-й и II-й блоки Новокурьяновской станции аэрации (НКСА). В 1971 г. были введены в эксплуатацию сооружения механической и биологической очистки воды I блока НКСА, производительностью 1 млн. $м^3$ в сутки, в 1978г. сооружения II блока, рассчитанные на ту же производительность и являющиеся зеркальным отражением I блока. Ввод в эксплуатацию мощного комплекса сооружений НКСА стал началом освоения крупногабаритных отстойников и аэротенков. Кроме того, особенностью НКСА явилось наличие в ее составе сооружений доочистки с возможностью использования доочищенных сточных вод для технического водоснабжения.

- Экспериментальный блок комплексной очистки воды (ЭБКО). Введен в эксплуатацию в 1979 г. ЭБКО - комплекс сооружений механической очистки, выполненный в едином горизонтальном блоке. В составе ЭБКО - три самостоятельные технологические линии, производительностью 25, 40 и 60 тыс. $м^3$/сут.

Сточная вода поступает на станцию по трем напорно-самотечным каналам (Юго-Западный, Юго-Восточный, Чертановский). Примерно две трети поступающего объема - бытовые сточные воды, а треть - промышленные.

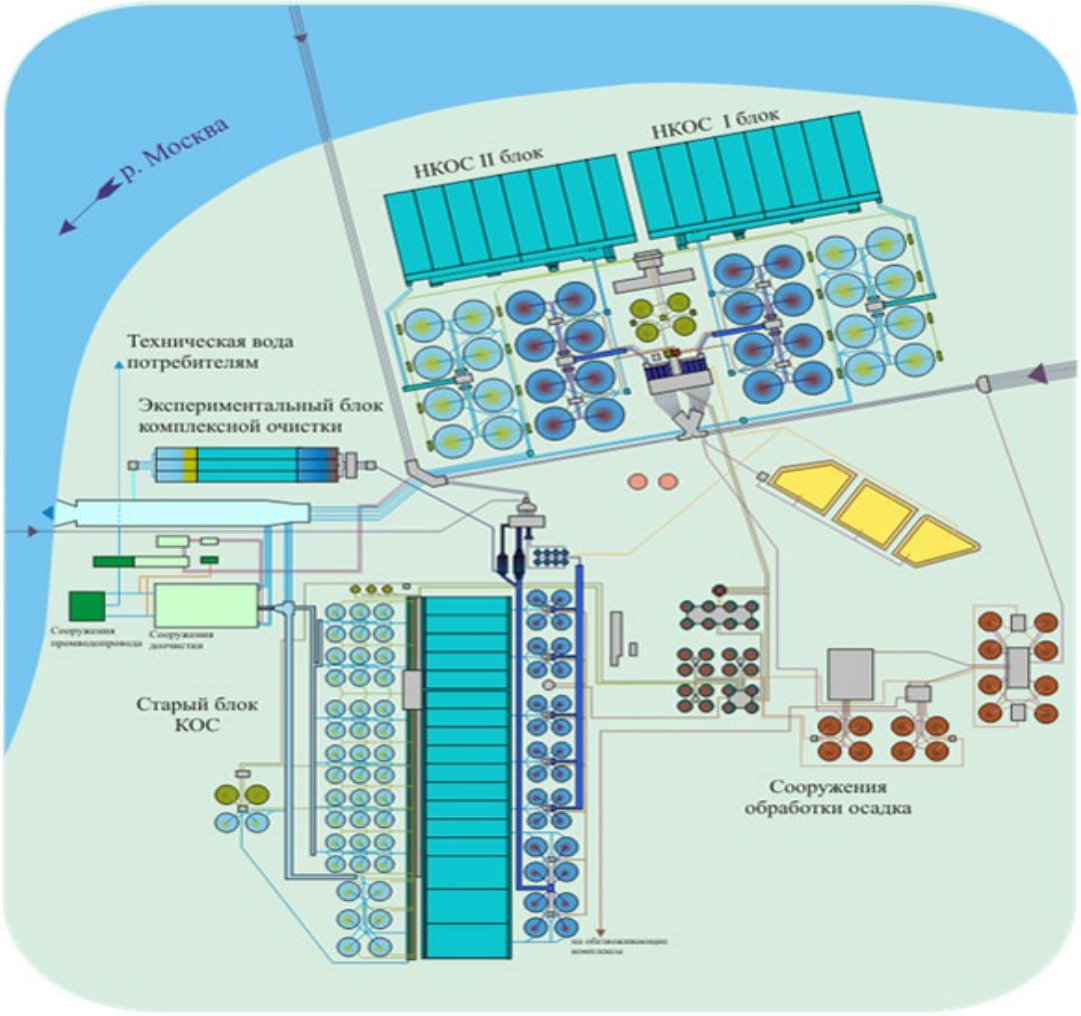


Рисунок 15. План Курьяновских очистных сооружений

Поступающая на Курьяновские очистные сооружения вода проходит такие стадии очистки:

1) механическую;

2) биологическую;

3) доочистку воды.

Механическая очистка сточных вод осуществляется с помощью решеток, песколовок и первичных отстойников.

На старом блоке установлены механизированные решетки с прозорами 6 мм (рис.2) и непрерывно работающим скребковыми механизмами.



Рисунок 16. Решетка для задержания грубых отбросов с прозорами 6 мм

Конструкция решеток разработана специалистами института «МосводоканалНИИпроект» и КСА. Их изготовление было налажено ремонтно-механическим цехом КСА.

Отбросы с решеток по системе ленточных транспортеров поступают в съемный кузов специальной машины и отвозятся на площадку временного складирования, откуда после частичного обезвоживания вывозятся на полигон.

На НКСА установлены механизированные решетки, по конструкции аналогичные решеткам старого блока. Транспортировка задержанных отбросов осуществляется ленточным транспортером с перегрузкой на пресс-транспортер. На этом этапе осуществляется частичное обезвреживание отбросов. Далее задержанные загрязнения, как и на старом блоке, складируются и вывозятся.

На старом блоке эксплуатируются три типа песколовок - вертикальные, горизонтальные и аэрируемые.

Время пребывания воды в песколовках составляет 3,5 мин. Удаление осадка из вертикальных песколовок осуществляется центробежными насосами.

Горизонтальные и аэрируемые песколовки оборудованы механической системой сбора осадка. Откачка осадка осуществляется гидроэлеваторами не реже одного раза в сутки. Качество осадка характеризуется следующими показателями: зольность - 80-95%, содержание песка - 75-90%, влажность - 20-30%, объемный вес - 1,3-1,6 т/м^3.

Песковая пульпа поступает на обработку в цех песка для получения обезвоженного и максимально очищенного от органики песка, пригодного для последующего его применения.

На НКСА эксплуатируются горизонтальные песколовки (рис.16) со временем пребывания сточной воды около 3,5 мин. Песковой осадок транспортируется в приямок с помощью системы гидросмыва. Откачка осадка из приямка каждой песколовки производится центробежным насосом по графику дважды в сутки.

Продолжительность откачки может изменяться в зависимости от конкретных условий. Качество осадка примерно то же, что и на старом блоке [11].



Рисунок 16. Горизонтальная песколовка

В эксплуатации на старом блоке находятся первичные отстойники (рис.17) радиального типа диаметром 33 и 40 м. Отстойники диаметром 33 м принимают воду после вертикальных песколовок; выгрузка сырого осадка осуществляется в самотечном режиме 2 раза в сутки. На отстойники диаметром 40 м вода поступает после горизонтальных и аэрируемых песколовок; осадок выгружается плунжерными насосами 2 раза в сутки.

Продолжительность отстаивания составляет в среднем 2 часа. Содержание взвешенных веществ в осветленной воде - до 100 мг/л.

Сбор и удаление плавающих веществ с поверхности отстойников осуществляется при помощи специального устройства, состоящего из скребка и корыта, закрепленных на движущейся ферме, и неподвижного бункера, закрепленного на стенке отстойника. Задержанные загрязнения направляются в приемный резервуар насосной станции сырого осадка, откуда совместно с осадком первичных отстойников перекачиваются на метантенки.



Рисунок 17. Первичный отстойник

На сооружениях НКСА применяются первичные отстойники радиального типа диаметром 54 м. Каждый отстойник оборудован встроенным преаэратором. Средняя продолжительность отстаивания - 2 часа; содержание взвешенных веществ в осветленной воде - 120 мг/л.

Осадок собирается в кольцевом лотке с приямками. Выгрузка сырого осадка осуществляется плунжерными насосами в резервуар насосной станции с последующей перекачкой на сооружения обработки осадка.

Перед поступлением в приемный резервуар осадок подвергается процеживанию на двух ступенчатых решетках. Каждый отстойник оборудован системой сбора и удаления плавающих веществ.

Биологическая очистка воды осуществляется в аэротенках (рис.18) и вторичных отстойниках (рис.19).

Аэротенки старого блока представляют собой открытые железобетонные резервуары прямоугольной формы, разделенные на 4 коридора.

Подача воды после первичных отстойников в аэротенки может осуществляться по двум распределительным каналам, что позволяет варьировать процент регенерации в пределах 25-50%. В настоящее время аэротенки работают с 25%-ной регенерацией по принципу аэротенка-вытеснителя. Под регенератор выделен один из 4-х коридоров каждого аэротенка. Подача воздуха обеспечивается турбовоздуходувными агрегатами. Распределение воздуха осуществляется через аэраторы различной конструкции: в семи аэротенках уложены керамические фильтросные пластины, в одном - трубчатые полиэтиленовые аэраторы, в четырех - тарельчатые аэраторы, выполненные из многослойного волокнистого полиэтилена, и в пяти - аэраторы с перфорированной резиновой мембраной.

Проектный период аэрации составляет 7 ч, фактический - от 5,2 до 6,2 час. Доза ила в регенераторах - 5,5 г/л, доза ила в аэротенках - 1,5 г/л. Аэрация низконапорная. Интенсивность аэрации составляет 4,6 $м^3/м^2$ час. Иловая смесь по дюкеру поступает в распределительный канал вторичных отстойников и далее распределяется по группам отстойников.



Рисунок 18. Аэротенк

Аэротенк № 3 работает по схеме удаления биогенных элементов.

Аэротенки НКСА работают по принципу аэротенка-вытеснителя с раздельной регенерацией активного ила, которая может варьироваться от 25% до 50%.

Подача воздуха обеспечивается турбовоздуходувными агрегатами. В качестве аэраторов используются фильтросные керамические пластины.

Период аэрации составляет, в среднем, 7 ч. Доза ила в регенераторах поддерживается в пределах 6-8 г/л, в аэротенках -1,5-2 г/л. Интенсивность аэрации составляет 4,6 $м^3/м^2$ час.

На старом блоке в эксплуатации находятся вторичные отстойники радиального типа диаметром 33 и 40 м. Продолжительность пребывания воды в отстойниках - 2,2 часа. Проектный вынос взвешенных веществ составляет 15 мг/л, фактический, в среднем, 14,4 мг/л.



Рисунок 19. Вторичный отстойник

Биологически очищенная вода поступает на сооружения доочистки и частично в отводной канал для сброса в Москву-реку.

Для сбора осадка каждый отстойник оборудован илососами. Количество выгружаемого ила регулируется с помощью подвижных водосливов. Циркуляционный активный ил направляется в регенераторы, избыточный - в илоуплотнители.

Вторичные отстойники НКСА - радиального типа, диаметром 54 м. Средняя продолжительность отстаивания иловой смеси в отстойнике составляет 2,3 часа, вынос взвешенных веществ, в средне, 14,3 мг/л.

Основная масса очищенной воды через контактный канал сбрасывается в Москву-реку; часть воды поступает на сооружения доочистки.

Осевший в отстойниках активный ил илоскребами сгребается в приямки, из которых под гидростатическим напором выгружается в отводящую иловую систему. Далее происходит его разделение на циркуляционный, возвращаемый в регенераторы, и избыточный, направляемый в уплотнители.

Уплотнение избыточного активного ила осуществляется в илоуплотнителях. Уплотнители по конструкции аналогичны вторичным отстойникам. Три радиальных уплотнителя имеют диаметр 20 м и еще два - 40 м. Сливная вода направляется в аэротенки, уплотненный активный ил перекачивается в метантенки.

На НКСА имеется четыре радиальных уплотнителя избыточного активного ила диаметром 33 м. Сливная вода возвращается в аэротенки. Уплотненный активный ил направляется на ленточные сгустители (рис.20) и далее - в метантенки.

Два гравитационных ленточных сгустителя производительностью 3 тыс. $м^3$/сут каждый рассчитаны на прием всей массы уплотненного избыточного активного ила сооружений биологической очистки НКСА. При этом влажность избыточного активного ила снижается с 97% до 94%, что равнозначно 2-кратному уменьшению его объема. Реагентная обработка осуществляется флокулянтами с дозой 2 кг/т сухого вещества.



Рисунок 20. Гравитационный ленточный сгуститель

Доочистка воды осуществляется с помощью плоских щелевых сит, скорых фильтров (рис.21) и песколовок с дальнейшей отправкой выделившегося песка на песковые площадки.

На сооружения доочистки поступает вода со старого блока и частично с НКСА. Производительность блока доочистки составляет 1,1 млн. $м^3$/сут. В настоящее время стадию доочистки проходит около 30 % биологически очищенной сточной воды.

На сооружениях доочистки установлены плоские щелевые сита с прозорами 1,4 мм. Регенерация процеживающего элемента полностью механизирована и осуществляется в автоматическом режиме. Задержанный шлам вывозится на промежуточную площадку складирования, откуда после частичного обезвоживания транспортируется на полигон.

Конструкция щелевого сита разработана и изготовлена специалистами станции.

Рабочая загрузка скорых фильтров состоит из гранитного щебня фракции 2-5 мм, имеет высоту 1,2 м и располагается на поддерживающем слое. Поддерживающий слой сформирован следующим образом (от дна вверх): 0,2 м фракции 20-40 мм и 0,2 м фракции 5-20 мм. Площадь фильтрации составляет 113,5 $м^2$; средняя скорость фильтрации - 11,8 м/час. Подача воды осуществляется сверху вниз. Дренажная система выполнена из полиэтиленовых дырчатых труб.

34 фильтра обеспечивают доочистку воды перед ее сбросом в р. Москву и ориентированы на достижение качества фильтрата по взвешенным веществам в пределах 6,5 мг/л. Продолжительность фильтроцикла составляет 12 час. 16 фильтров работают на систему промышленного водоснабжения и ориентированы на содержание взвешенных веществ до 3 мг/л. Продолжительность фильтроцикла - 6 час.



Рисунок 21. Фильтр доочистки

Фильтры оборудованы водо-воздушной системой промывки. Промывка осуществляется в три последовательных этапа: воздух - воздух+вода - вода. Продолжительность промывки фильтра зависит от степени его загрязненности и находится в переделах 15-20 мин. Распределение воздуха по площади фильтра обеспечивается дырчатыми полиэтиленовыми трубами. Барботажная система секционирована.

После фильтров промывная вода самотеком направляется на песколовку, затем перекачивается на очистку в голову сооружений.

Песколовка состоит из двух отделений, включающихся поочередно. Задержанные мелкие фракции загрузки гидроэлеватором подаются на песковую площадку.

На Курьяновских очистных сооружениях также имеется экспериментальный блок комплексной очистки воды. Он был построен с целью опробования новых компоновочных схем отдельных сооружений, а также отработки технологических режимов их эксплуатации. Проектная производительность блока составляет 125 тыс. $м^3$ в сутки.

В состав блока входят первичные отстойники, аэротенки, вторичные отстойники, метантенки (рис.22), резервуары для промывки осадка и уплотнители, а также аппараты для обезвоживания осадка.

Первичные отстойники относятся к горизонтальному типу и имеют встроенные преаэраторы. Вода поступает после предварительной механической очистки на решетках и аэрируемых песколовках Старого блока. Отстойники оборудованы илоскребами для сбора сырого осадка в приямки, из которых он удаляется раз в сутки плунжерными насосами и направляется в голову очистных сооружений [11].

Двухкоридорные аэротенки, работают с 50%-ной регенерацией по принципу аэротенка-вытеснителя.

Аэрация низконапорная. На 1-й линии установлены мелкопузырчатые дисковые аэраторы с полиэтиленовой мембраной, на 2-й и 3-й пиниях - керамические фильтросные пластины.

Период аэрации колеблется от 8,2 до 9,3 час. Доза ила в регенераторах составляет 4,5 г/л, доза ила в аэротенках - 1,5 г/л. Интенсивность аэрации - 3,6 $м^3/м^2$ час.

Пройдя стадию аэрации вода направляется во вторичные отстойники. Время пребывания воды в отстойнике - 2,2 часа. Вынос активного ила, в среднем, составляет 9,5 мг/л.

Сбор очищенной сточной воды осуществляется через продольные и поперечные лотки с зубчатыми водосливами. Для сбора осадка отстойники оборудованы илоскребами. Возвратный активный ил из отстойников удаляется непрерывно. Циркуляционный активный ил направляется в регенераторы, избыточный - через уплотнители старого блока на обработку в метантенки.

Биологически очищенная вода направляется в контактный канал с последующим сбросом в р. Москву.

Сбраживание осадка осуществляется в метантенках различного конструктивного исполнения.



Рисунок 22. Метантенки КОС

Метантенки старого блока представляют собой круглые заглубленные в землю резервуары диаметром 24 м из монолитного железобетона с жестким сферическим перекрытием и конусным днищем. Каждый метантенк оборудован пропеллерной мешалкой, паровым инжектором производительностью 2 т/час и системой аварийного перелива.

Метантенки НКСА - круглые наземные резервуары диаметром 18 м с конусным монолитным днищем, плоским перекрытием и стенами из сборного, предварительно напряженного железобетона. Каждый метантенк оборудован инжектором производительностью 4 т/час и системой аварийного перелива. Для перемешивания осадка в семи метантенках установлены пропеллерные мешалки, в пяти метантенках перемешивание осуществляется с помощью газолифтов. Для рекуперации тепла части объема сброженного осадка установлен спиральный теплообменник с поверхностью нагрева 440 м^2.

Все метантенки работают по проточной схеме. В них поддерживается термофильный процесс сбраживания при температуре +50 - +53° С. Осадок подогревается острым паром с помощью пароструйного инжектора.

Загружаемая в метантенки смесь осадка и избыточного активного ила имеет влажность 96,4% и зольность 38,3%, выгружаемый осадок – 97,3 % и 44 % соответственно. Доза загрузки по фактической влажности составляет 12-16 %.

Выделяющийся при брожении газ отводится в газовую сеть для последующего сжигания в местной котельной. Для поддержания необходимого давления газа в сети имеются два "мокрых" газгольдера емкостью 3 тыс. $м^3$ каждый. Выход биогаза с 1 $м^3$ загружаемой смеси составляет 5-6 $м^3$.

Прошедший метантенки сброженный осадок подвергается промывке с последующим уплотнением. Промывка осуществляется в специальных резервуарах путем смешения его с технической водой в соотношении 1:3. Для интенсификации процесса промывки производится барботаж смеси воздухом. Приблизительно половина осадка, поступающего на сооружения промывки и уплотнения, подвергается предварительному процеживанию на механизированных решетках с прозорами 8 мм.

Задержанные отбросы (0,5-3,0 $м^3$/сут) вывозятся на специальный полигон.

Промытый сброженный осадок распределяется по радиальным илоуплотнителям гравитационного типа диаметром 33 м, по конструкции аналогичным отстойникам. Продолжительность отстаивания колеблется в пределах 15-30 час.

Уплотненный промытый сброженный осадок влажностью 95-96,5% направляется в отделение механического обезвоживания и на иловые площадки. Сливная вода - в голову сооружений.

Обезвоживание осадка осуществляется двумя способами - механическим на фильтр-прессах (рис.23) и сушкой в естественных условиях на иловых площадках.



Рисунок 23. Фильтр-пресс

Механическое обезвоживание осадка осуществляется на восьми фильтр-прессах. Предварительно осадок подвергается реагентному кондиционированию флокулянтами. Оптимальный расход флокулянта и режим прессования обеспечивает компьютерная система управления согласно параметрам, задаваемым оператором.

Влажность обезвоженного осадка колеблется в пределах 69-72%.

Цех механического обезвоживания осадка способен пропустить 55-60% образующегося на станции осадка. Остальной осадок распределяется по иловым площадкам, расположенным на территории Московской области.

Иловые площадки относятся к каскадному типу с поверхностным отводом иловой воды.

Сброс иловой воды осуществляется в городскую канализационную сеть. Общая площадь иловых площадок составляет 380 га.

Система транспорта осадка и иловой воды протяженностью около 70 км включает в себя: сеть илопроводов диаметром от 300 до 500 мм, 3 насосные станции по перекачке осадка и 5 насосных станций по перекачке иловой воды.

Дальнейшее развитие мощностей обезвоживания осадка Курьяновской станции будет осуществляться не на ее основной территории, а непосредственно у мест депонирования - на иловых площадках, расположенных в Подмосковье.

В 1998 году на иловой площадке №8 были введены в строй цех механического обезвоживания осадка, в состав которого входят четыре мембранных камерных фильтр-пресса, и первая очередь полигона для депонирования осадка емкостью 150 тыс. $м^3$. В настоящее время ведутся работы по строительству цеха механического обезвоживания и полигона депонирования на иловой площадке №19.

3. СПОСОБЫ УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

3.1 Методы анализа осадков сточных вод

Анализ осадков, образующихся при очистке сточных вод, проводится с целью определения путей его дальнейшей утилизации.

К основным методам проведения анализов осадков сточных вод относятся гранулометрический, химический и физико-химический.

Основные свойства осадков (формы связи воды, удельное сопротивление, пластичность, вязкость, а также химические и физико-механические особенности) во многом зависят от влажности, которая в исходных осадках обычно находится в пределах 99,7- 90% [12].

3.2 Виды, состав и свойства осадков сточных вод

Загрязнения, находящиеся в сточных водах в относительно разбавленном виде, при очистке сточных вод задерживают и концентрируют, в результате получают осадки сточных вод.
В осадки сточных вод переходит значительная часть загрязнений, поступающих на очистительную станцию. Если в целом от одного жителя в сутки поступает около 120 г загрязнений, то из этого количества примерно 40 г оседает как осадок первичных отстойников и 35 г как избыточный ил. Таким образом, примерно 75 г загрязнений или 62,5% от общей массы поступает на обработку в виде осадка. Рациональное и экономичное решение проблемы ликвидации осадков заключается в максимальном использовании ценных веществ, содержащиеся в них, при минимальных затратах на обработку [13].

Осадки сточных вод, которые скапливаются на очистных сооружениях, являются водными суспензиями, которые выделяют из сточных вод в процессе их механической, биологической или физико-химической очистки, с объемной концентрацией полидисперсной твердой фазы от 0,5 до 10%. Осадки относят к классу труднообезвоживаемых полидисперсных суспензий. Как и во всех суспензиях, влага в осадках сточных вод находится в химической, физико-

химической и физико-механической связи с твердыми частицами, а также в свободном состоянии [14].

В зависимости от условий формирования и особенностей отделения различают осадки первичные и вторичные.

К первичным осадкам относят грубодисперсные примеси, находящиеся в твердой фазе и выделенные из воды такими методами механической очистки, как процеживания, седиментация, фильтрация, флотация, осаждения в центробежном поле. К вторичным осадкам относят примеси, которые изначально находятся в воде в виде коллоидов, молекул и ионов, но в процессах биологической или физико-химической очистки воды или обработке первичных осадков образуют твердую фазу.

Общая классификация осадков приведена в таблице 1.

Таблица 1 - Классификация осадков сточных вод

Группы осадков	Типы осадков	Сооружения и оборудование, отделяющие осадки
Первичные осадки		
I	Осадки грубые (крупные загрязнения)	Решета, сита
II	Осадки тяжелые	Песколовки
III	Осадки плавающие	Жироловки, отстойники
IV	Осадки сырые, выделенные из сточной воды в результате механической очистки	Первичные отстойники, осветлители
Вторичные осадки		
V	Осадки сырые, выделенные из сточной воды после биологической или физико-химической очистки	Вторичные отстойники, флотаторы
VI	Осадки сброженные, прошедшие обработку в анаэробных перегнивателях, метантенках, и осадки, стабилизированные в аэробных стабилизаторах	Септики, двухъярусные отстойники, осветлители, перегниватели, метантенки, аэробные стабилизаторы
VII	Осадки уплотненные, подвергнутые сгущению до предела текучести (до влажности 90-85%)	Уплотнители: гравитационные, флотационные, сепараторы

VIII	Осадки обезвоженные, подвергнутые сгущению до влажности 80-40%	Иловые площадки, вакуум-фильтры, центрифуги, фильтр-прессы и др.
IX	Осадки сухие, подвергнутые термической сушке до влажности 5-40%	Сушилки: барабанные, валковые, с кипящим слоем, со встречными потоками.

Осадки городских сточных вод имеют большие объемы, очень высокую влажность, неоднородный состав и свойства, содержащие органические вещества, которые способны быстро разлагаться и загнивать; кроме того, осадки зараженные бактериальной, в частности патогенной микрофлорой и яйцами гельминтов. Их относят к труднофильтруемым иловым суспензиям.

Элементарный состав сухого вещества осадков колеблется в широких пределах. Сухое вещество сырых осадков имеет следующий состав (% массы сухой вещества осадка): 35,4-87,8 C; 4,5-8,7 H; 0,2-2,7 S; 1,8-8,0 N; 7,6-35,4 O; сухое вещество активного ила содержит, %: 44,0-75,8 C; 5,0-8,2 H; 0,9-2,7 S; 3,3-9,8 N; 12,5-43,2 O. Осадки содержат соединения кремния, алюминия, железа, оксиды кальция, магния, калия, натрия, цинка, хрома, никеля и др.(табл.2) [15].

Таблица 2 - Химический состав минеральной части осадка

Содержание, %	Тип осадка		
	Из первичных отстойников	Активный ил	Сброженная смесь осадков первичных отстойников и активного ила
SiO_2	21,4-55,9	17,6-33,8	27,3-35,7
Al_2O_3	0,3-18,9	7,3-26,9	8,7-9,3
Fe_2O_3	3,0-13,9	7,2-18,7	11,4-13,6
CaO	11,8-35,9	8,9-16,7	12,5-15,6
MgO	2,1-4,3	1,4-11,4	1,5-3,6
K_2O	0,7-3,4	0,8-3,9	1,8-2,8
Na_2O	0,8-4,2	1,9-8,3	2,6-4,7
SO_3	1,8-7,5	1,5-6,8	3,0-7,2

ZnO	0,1-0,6	0,2-0,3	0,1-0,3
CuO	0,1-0,8	0,1-0,2	0,2-0,3
NiO	0,2-2,9	0,2-3,4	0,2-1,0
Cr_2O_3	0,8-3,1	0-2,4	1,3-1,9

Активная реакция среды в осадках колеблется в пределах 6-8, температура 12-20^oC.

Все виды осадка (кроме загрязнений с решеток и осадка с песколовок) содержат 90-99% воды, которая состоит из свободной (60 65%) и связанной (30-35%), а связанную воду, в свою очередь, разделяют на коллоидно-связанную (22-30%) и гигроскопическую (4-10%), или физико-механически связанную (капиллярно).

Свободную воду отделяют от осадка простой фильтрацией или отжимом. Коллоидно-связанная вода связана с твердыми частицами и обволакивает их прочной оболочкой, которая не позволяет частицам соединяться в крупные агрегаты. Удалить такую воду можно только вакуум-фильтрацией или фильтр-прессованием после коагуляции их химическими реагентами. Гигроскопическая вода - это влага, поглощенная веществом. она не удаляется даже при термической сушке.

Объем осадка зависит от содержания влаги, поэтому с уменьшением влажности осадка его объем резко уменьшается за счет удаления иловой воды.

Количество загрязнений, снимаемое с решеток, зависит от типа решеток и ширины просветов. В состав крупных загрязнений входят крупные взвешенные и плавающие вещества, преимущественно органического происхождения. По данным эксплуатации очистных станций средний состав этих осадков в % включает: бумага - 65, ветошь - 25, древесину, пластик - 4, другие загрязнения -6.

Влажность загрязнений, снимаемых с решеток, составляет 80%, их объемная масса 750 кг/м^3. Раздробленные загрязнения, разбавленные

водой в количестве 40 м3 на 1 т, могут быть направлены в сточную воду перед решетками, но чаще загрязнения с решеток направляют на свалки.

Переработка этих осадков может осуществляться в метантенках, на пиролизных установках вместе с другими осадками или их направляют на компостирования для получения удобрения вместе с мусором.

Осадок, задерживаемый в песколовках в количестве 0,02 л/сут. на 1 чел., составляют в основном минеральные частицы. В их состав обычно входят песок, обломки отдельных минералов, кирпич, уголь, битое стекло и тому подобное. Такой осадок имеет зольность от 70 до 90%, влажность около 60%, объемную массу 1500 кг/м^3. Далее этот осадок направляется на песковые площадки или к накопителям [13].

Плавающие примеси, количество которых в среднем составляет 2 л/ год на 1 чел., имеют при влажности 60% плотность 0,6 т/м^3. Допускается их обработка совместно с осадком из первичных отстойников.

Сырой осадок из первичных отстойников является студенистой суспензией серого цвета с кисловатым запахом и отличается большой неоднородностью состава, что обусловлено разнообразием условий эксплуатации очистных сооружений и канализированных объекта. В осадке находятся частицы с размерами 5-10 мм и менее 1 мкм. Вследствие большого количества органических веществ (до 60-70%) сырой осадок быстро загнивает и приобретает темно-серый или черный цвета и издает неприятный кислый запах. Также осадок может содержать соединения железа, алюминия, кремния, кальция, магния, калия и др.; токсичные и канцерогенные вещества, в частности соли тяжелых металлов, ПАВ и другие соединения, в зависимости от наличия в хозяйственно-бытовых сточных водах примесей производственных стоков. Средняя влажность осадка равна 95% при самотека удалении и 93,8% при удалении плунжерными насосами.

Активный ил, задержанный вторичными отстойниками после аэротенков, представляет биоценоз микроорганизмов и простейших, имеет свойство флокуляции. Структура активного ила представляет хлопьевидную массу бурого

цвета. В свежем виде активный ил почти не имеет запаха или пахнет землей, но, загнивая, издает специфический гнилостный запах [12].

По механическому составу активный ил относится к тонким суспензиям, состоящим на 98% по массе из частиц размерами менее 1 мм. Активный ил отличается высокой влажностью 99,2-99,7%. После отстойников-уплотнителей влажность уменьшается зачастую до 98%, а при флотационном уплотнении - до 97-96%, в термогравитационных уплотнителях - до 95-96%. В других специальных уплотнителях влажность активного ила может быть снижена до 90%.

Количество избыточного активного ила для бытовых сточных вод на одного человека в сутки равен 28 г при влажности 96%.

В осадках, как и в сточной воде, можно найти все основные формы бактерий: палочковидные (цилиндрические), к которым относятся бациллы, диплобацилы и диплобактерии; шаровидные (эллипсоидные), к которым относятся все шесть видов кокков; свиты, которые подразделяются на спирохеты, спириллы и вибрионы [15].

К микроорганизмам относятся также дрожжи и плесени. Бактериальная заселенность осадков на порядок выше, чем сточных вод. Осадки бытовых стоков содержат много гельминтов (яйца глистов). При термофильном сбраживании яйца глистов полностью погибают. То же наблюдается при термогравитационном или термофлотационном уплотнении осадков.

Бактериальная заселенность осадков огромна. Например, в 1 $см^3$ сырого первичного осадка влажностью 94,3% содержится около 42 млн. бактерий по «прямому счету», а в 1 г сухого вещества - от 740 тыс. до 1 млн. Если принять в среднем диаметр бактериальной клетки равным 0,001 мм , то суммарный объем 100 млн. бактерий, содержащихся, например, в 1 $см^3$ осадка, составит около 0,4 $см^3$ с массой 400 мг.

При содержании воды в бактериях, равном 80-85%, сухое вещество составит 60-80 мг / $см^3$ осадка.

Таблица 3 - Общий химический состав осадков, % к абсолютно сухому веществу

Типы осадков	Первичные сырые	Первичные, сброженные в метантенках: а) термофильное брожение; б) мезофильное брожение;	Активный ил из вторичных отстойников после аэротенков
Зола	10,1-27,98	28,0-40,0 41,0-37,0	24,5-26,2
Бензольные вещества	89,9-72,02	52,0-72,0 58,6	74,0-75,6
Альфацеллюлоза	7,52-12,0	2,8-9,0 1,6	0,74-2,58
Гемицеллюлоза	7,68-25,4	5,8-9,0 6,0	3,0-6,1
Жиры	14,3-17,0	7,6-9,0 9,0	7,11-7,9
Общий азот	3,2-3,66	3,0-4,3 3,8	7,28-6,74
Фосфор	1,4-2,11	2,4-4,8 4,9	5,39
Калий	0,2	- -	-

Механический состав осадков отличается большой неоднородностью. Размеры отдельных частиц колеблются от 10 мм и более до частиц коллоидной и молекулярной дисперсности.

3.3 Общие сведения о способах утилизации осадков сточных вод

Для обоснования технологии переработки и утилизации осадков необходимы сведения о различных свойствах осадков, среди которых:

- плотность осадка;
- концентрация твёрдой фазы по объёму (объёмная концентрация);
- концентрация твёрдой фазы по массе (массовая концентрация);
- удельная концентрация массы твёрдой фазы;
- влажность осадка;
- зольность осадка;

- гранулометрический состав твёрдой фазы осадков;

- теплофизические характеристики осадков;

- химический состав осадков.

Сущность обработки осадков заключается в удовлетворении следующих требований:

а) осадок не должен содержать источников вредного воздействия на окружающую среду;

б) осадок не должен содержать источников заболеваний людей и животных;

в) агрегатное состояние твердых частиц осадка должно отвечать способу и средствам его утилизации или ликвидации (в жидком, сгущенном или высушенном виде).

Основная задача обработки осадков сточных вод заключается в получении конечного продукта, свойства которого обеспечивали бы возможность его утилизации, или свели к минимуму ущерб, наносимый окружающей среде, и проводится с целью уменьшения объема осадка и его обеззараживания [15].

Технологические процессы обработки осадков сточных вод можно разделить на следующие основные стадии:

- уплотнение (сгущение);

- стабилизация органической части;

- кондиционирование;

- обезвоживание;

- термическая обработка;

- утилизация ценных продуктов;

- ликвидация осадков.

При уплотнении в среднем удаляют 60%, при механическом обезвоживании 25%, при термической сушке и сжигании до 15% общего количества иловой воды, входящей в состав исходного осадка. При этом массу обрабатываемого осадка уменьшают в среднем при уплотнении в 2,5 раза,

при обезвоживании в 12,5 раз, при сушке - на 60%, а при сжигании - в 150 раз.

Технологический цикл обработки осадков представлен на рис.24.

Уплотнение (сгущение) осадков сточных вод является первичной стадией их обработки и предназначено для уменьшения их объемов. Наиболее распространены гравитационный и флотационный методы уплотнения. Влажность осадков после уплотнения должна обеспечивать их свободную транспортировку по трубопроводам. На уплотнение поступают осадки из первичных отстойников, избыточный активный ил, смесь осадка первичных отстойников и избыточного активного ила, пена после флотационной очистки, осадки и илы после стабилизации [16].

Уплотнение активного ила приводит к резкому возрастанию его удельного сопротивления. Причиной этого является увеличение количества связанной воды при повышении концентрации активного ила. Однако как сбраживание, так и обезвоживание неуплотненного активного ила нерационально, так как он имеет большой объём и низкую начальную концентрацию.

В процессе уплотнения активного ила удаляют только свободную воду. Уплотнения активного ила приводит к резкому росту его удельного сопротивления фильтрации и к увеличению количества связанной воды, что не позволяет значительно снизить его влажность. Смесь ила с аэротенков уплотняют быстрее, чем активный ил из вторичных отстойников. Активный ил из аэротенков при неполной биологической очистке уплотняют быстрее и лучше, чем с аэротенков на полной биологической очистке.

Установлено, что степень уплотнения ила зависит от продолжительности его пребывания в зоне уплотнения и величины давления в ней. Продолжительность пребывания ила в зоне уплотнения определяют нагрузкой по сухим веществам на единицу поверхности илоуплотнителя - удельной поверхностной нагрузкой, измеряемой в кг сухого вещества на 1 $м^2$ поверхности

зеркала воды в сутки. Удельная поверхностная нагрузка для гравитационных илоуплотнителях принимают в пределах 20-30 кг/м^2.сут.

На процесс уплотнения избыточного активного ила негативно влияют те же факторы, которые приводят к ухудшению работы вторичных отстойников: выделение газов в результате загнивания ила вследствие денитрификации или изменения температуры осадка. Применяют обычно илоуплотнители радиального типа, то есть обычные радиальные отстойники. На станциях небольшой производительности используют вертикальные илоуплотнители, которые устраивают на базе обычных первичных вертикальных отстойников с центральной трубой.

Для вертикальных илоуплотнителей расчетная продолжительность уплотнения избыточного активного ила из вторичных отстойников составляет 10-12 ч., из зоны осветления аэротенков-отстойников - 16 ч., с аэротенков на неполную биологическую очистку сточных вод - 3 часа. Влажность уплотненного активного ила составляет при этом 98%. Радиальные отстойники имеют определенные преимущества перед вертикальными и позволяют уплотнять осадок до влажности 97,3%. Расчетная продолжительность уплотнения осадка в радиальных отстойниках составляет 5-8 ч. - для смеси ила с аэротенков; 9-11 ч. - для активного ила из вторичных отстойников; 12-15 ч. - для активного ила из зоны осветления аэротенков-отстойников.

Работу илоуплотнителей можно интенсифицировать как путём улучшения свойств уплотняемого осадка (химической коагуляцией или термической обработкой), так и оборудованием самих илоуплотнителей стержневыми мешалками.

Предварительная термическая обработка приводит к разрушению гидратной оболочки, которая обволакивает твердые частицы осадка, в результате чего процесс его уплотнения значительно интенсифицируется. После выдержки ила при температуре 70-90°C в течение 30 мин. он уплотняется в термогравитационном илосгустителе к влажности 96,7% в течение 30-60 мин. По

конструкции термогравитационный илосгуститель подобен обычному вертикальному илосгустителю, в середине которого размещена камера для подогрева осадка паром. Для предотвращения потерь тепла илосгустители устраивают закрытыми и изолированными.

Среди преимуществ сооружения следует отметить, что одновременно с уплотнением в нем происходит и стерилизация ила. Однако вследствие большой стоимости процесса термогравитационные уплотнители нашли применение только в технологиях утилизации ила в качестве кормовой добавки.

При флотационном уплотнении осадков происходит интенсификация освобождение влаги из структурных пустот активного ила на уровне поверхностных явлений. Воздух, вводимый в виде мелких пузырьков, вступает во взаимодействие со связанной водой на поверхности частиц ила, вытесняя и переводя ее в свободное состояние. применение флотации позволяет за 10-20 мин. достичь такой же степени уплотнения ила, как и после его гравитационного уплотнения в течение 2 ч.

Избыточный активный ил подают в верхнюю часть камеры, а рабочую жидкость, насыщенную воздухом - в нижнюю. В качестве рабочей жидкости используют очищенную сточную воду после вторичных отстойников или иловую воду, выходящую из флотационной камеры. Ил и рабочую жидкость равномерно распределяют площадью камеры с помощью радиальных распределительных труб с отверстиями диаметром 5-10 мм, которые в иловых трубах устраивают сверху, а в трубах рабочей жидкости - сбоку (скорость выхода жидкости из отверстий должна составлять соответственно 0,7-1,0 и 1,8-2,3 м /с). Иловую воду удаляют из нижней части флотационной камеры. Шлам, скапливается на поверхности, периодически (через 3-4 ч. после достижения влажности 94,5-95%) сбрасывают в шламоотводящий лоток с помощью спирального скребка.

Высоту рабочей зоны флотационной камеры (между распределительными трубами ила и рабочей жидкости) принимают 2-3 м, а ее объем определяется по продолжительности пребывания в ней смеси ила и рабочей жидкости (принимают

40-60 мин.). Высоту слоя шлама обычно принимают 0,3-0,7 м; такую же высоту должна иметь и защитная зона между шламом и распределительными иловыми трубами. Объем зоны иловой воды (между распределительными трубами рабочей жидкости и отверстиями для выпуска иловой воды) должен составлять 20-40% объема рабочей зоны, но ее высота должна быть не менее 1 м. Фактическая концентрация взвешенных веществ в иловой воде составляет 80-100 мг/дм^3.

Кроме избыточного активного ила флотационном уплотнению подвергают и другие виды осадков и их смеси. Предварительная обработка осадков флокулянтами позволяет уменьшить влажность обработанного ила с 95-96% до 94-95% и увеличить эффективность задержания сухого вещества 95-99%. Главными преимуществами флотационных илоуплотнителей сравнению с гравитационными является меньшая продолжительность процесса уплотнения, их меньшие размеры, ниже влажность уплотненного ила и значительно меньше его объем, позволяет уменьшить объем сооружений для дальнейшей обработки осадков. Однако флотационные илоуплотнители имеют также существенные недостатки: большой расход электроэнергии флотационными насосами, определенная сложность конструкции и эксплуатации, необходимость размещения флотационных илосгустителей в зданиях для удобной эксплуатации в зимнее время.

Центробежное уплотнение иловых суспензий осуществляют в компактных высокопроизводительных сепараторах или центрифугах. Скорость разделения суспензий при этом в 1000 раз больше, чем при гравитационном уплотнении. Применение нашли сепараторы с тарельчатыми вставками. После поступления в сепаратор и попадания в пространство между тарелками частицы ила оказываются под действием двух составляющих центробежной силы: силы, действующей перпендикулярно поверхности тарелки и прижимающей к ней частицы, и силы, направленной вдоль тарелки, под действием которой частица сползает вниз по тарелке. Осветленный ил (фугат) движется вверх в пространстве между тарелками и удаляется через верхнюю кольцевую щель. Уплотненный ил, который соскальзывает с тарелок сепаратора,

собирается в осадочном пространстве и непрерывно выгружается через сопла небольшого диаметра в стенке корпуса барабана.

Стабилизацию осадков используют для разрушения биологически разлагаемых части органического вещества, что предотвращает загнивание осадков при длительном хранении на открытом воздухе (сушка на иловых площадках, использование как сельскохозяйственные удобрения и т.п.).

Стабилизация осадков достигается:

- минерализацией органического вещества (анаэробное метановое брожение, аэробная стабилизация, тепловая обработка, биотермическое разложения);

- изменением активной реакции среды (повышением величины pH путем введения щелочей, например извести);

- уничтожением кислотных микроорганизмов нагреванием (пастеризация, тепловая обработка, термическая сушка);

- обезвоживанием осадков (выделением влаги фильтрованием и испарением);

- введением химических веществ и соединений, которые угнетают развитие микроорганизмов (химические методы).

Стабилизацию или минерализацию органического вещества осадка осуществляют в анаэробных (метановое брожение) или аэробных условиях.

Анаэробную стабилизацию или сбраживания осуществляют в таких сооружениях:

- в септических (при производительности станции до 25 $м^3$/сут.);

- в двухъярусных отстойниках или осветлителях (при производительности станции до 10 тыс. $м^3$/сут.);

- в метантенках (при производительности станции более 10 тыс. $м^3$/сут.).

Аэробную стабилизацию осуществляют в аэрационных сооружениях типа аэротенков; она заключается в длительном аэрирования осадка.

Процесс аэробной стабилизации осадков заключается в длительной (в течение нескольких суток) аэрации их воздухом, при этом происходит окисление

основной части органических беззольных веществ микроорганизмами в присутствии кислорода. Часть оставшихся органических веществ стабилизируют, то есть она становится неспособной к дальнейшему загнивания. Для аэробной стабилизации используют любые емкостные сооружения, что есть на станциях аэрации, в т.ч. аэротенки с подавляющим высотой 3-5 м. На небольших очистных станциях обычно используют аэробные стабилизаторы, которые работают по принципу полного смешения. Такое проведение процесса, однако, имеет существенный недостаток: выгружаемый осадок имеет некоторое, хотя и незначительное, количество веществ, которые находились в стабилизаторе очень непродолжительное время. Поэтому для стабилизации рекомендуют применять сооружения типа аэротенков-вытеснителей [13].

Эффективность процесса стабилизации зависит от продолжительности и интенсивности аэрации, температуры, а также состава и свойств осадка.

Анаэробное сбраживание - процесс минерализации органического вещества осадков в анаэробных условиях, сопровождающийся усиленным газовыделением, также применяют для стабилизации осадков. Анаэробное сбраживание - сложный микробиологический процесс минерализации, в ходе которого органическое вещество без доступа воздуха трансформируется в газообразное метан (CH_4) и диоксид углерода (CO_2). Этот процесс условно можно разделить на три основные стадии: гидролиз, образование кислот (кислотогенная стадия) и образование метана (метаногенная стадия). Продукты метаболизма каждой стадии является субстратом для последующей [15].

Анаэробные процессы сбраживания осадков нарушаются вследствие увеличения суточной дозы загрузки, изменения температурного режима и поступления с осадками токсических веществ: ионов тяжелых металлов, соединений мышьяка, меди, хрома и др., а также органических соединений, которые трудно поддаются биохимическому разложению. В частности, применение населением и промышленностью синтетических моющих средств вызывает снижение выделения газа, даже при работе метантенков с невысокими

дозами загрузки. Выход газа в зависимости от химического состава сбраживаемой смеси осадка и активного ила может колебаться от 5 (а иногда и ниже) до 20 $м^3$ на 1 $м^3$ смеси.

В связи с изменением физико-химических характеристик осадков стабилизация одновременно может сопровождаться:

- улучшением водоотдающей способности осадков (аэробная стабилизация, тепловая обработка, введение извести);

- существенным сокращением объема (фильтрования, испарения влаги);

- получением пробковых продуктов (метана при анаэробном сбраживании);

- полным или частичным обезвреживанием (обработка известью и химическими веществами, сбраживание, термическая обработка);

- улучшение удобрительных способностей (обработка известью, аммиаком и т.д.).

Кондиционирование осадков проводят для разрушения коллоидной структуры осадка органического происхождения и увеличения его водоотдачи при обезвоживании. В промышленности применяют в основном реагентный метод кондиционирования с помощью хлорного железа и извести.

Обезвоживание осадков сточных вод предназначено для получения шлама с объемной концентрацией полидисперсной твердой фазы до 80%. До недавнего времени обезвоживание осуществляли в основном сушкой осадков на иловых площадках. Однако низкая эффективность такого процесса, дефицит земельных участков в промышленных районах и загрязнения воздушной среды обусловили разработку и применение эффективных методов обезвоживания: вакуум-фильтрации, центрифугирования, вибрационное фильтрования, термическую сушку [16].

Обезвоживание осадка путем фильтрования - процесс отделения твердых частиц от жидкости, происходящий за счёт разницы давлений на фильтровальной среде и под ней. Фильтровальной средой на барабанных вакуум-фильтрах и фильтр-прессах является фильтровальная ткань и слой осадка, налипающий на ткань в процессе фильтрования. В начале цикла фильтрование происходит через

ткань, в порах которой частицы осадка задерживаются и создают дополнительный фильтрующий слой. При продолжении фильтрования этот слой увеличивается и является главной частью фильтровальной среды, а назначение ткани сводится к поддержке фильтрующего слоя.

Таким образом, при фильтровании происходит два процесса: протекание жидкости через пористую массу и образование пористой массы или слоя осадка (кека). Эти процессы непрерывно изменяются, поскольку с увеличением толщины слоя кека уменьшается скорость протекания жидкости.

Механическое обезвоживание применяют для снижения влажности осадков до величины, необходимой для соблюдения требуемых условий для их транспортировки, утилизации или сушки, или сжигания.

Применение центрифуг, вакуум-фильтров и фильтр-прессов является наиболее перспективным способом обработки осадков. Однако иловые площадки по прежнему распространены как на территории нашей страны, так и за её пределами. При механических методах обезвоживания осадков иловые площадки в соответствии с требованиями строительных норм и правил в ряде случаев проектируются в качестве аварийных сооружений, рассчитываемых на обработку двухмесячного объема осадка [12].

Иловые площадки предназначены для естественного обезвоживания осадков под действием окружающей среды.

Механизм действия иловых площадок в основном сводится к следующим процессам:

- уплотнение осадка и удаление жидкой фазы с поверхности;

- фильтрация жидкой фазы через слой осадка и удаление ее с помощью дренажа;

- испарение жидкости со свободной поверхности осадка.

При подсушивании в зависимости от конструкции площадки и свойств осадка указанные процессы могут сочетаться друг с другом.

Ликвидацию (деструкцию) осадков сточных вод применяют в тех случаях, когда утилизация их невозможна или экономически нецелесообразна.

Выбор рациональной технологической схемы обработки осадка является сложным инженерно-экономическим и экологическим задачам, но во любом случае технологическую схему строят на комбинации различных методов обработки осадков, поскольку технологические схемы обработки осадков зависят от многих факторов: свойств осадков, их количества, климатических условий, наличия земельных площадей и др. [7].

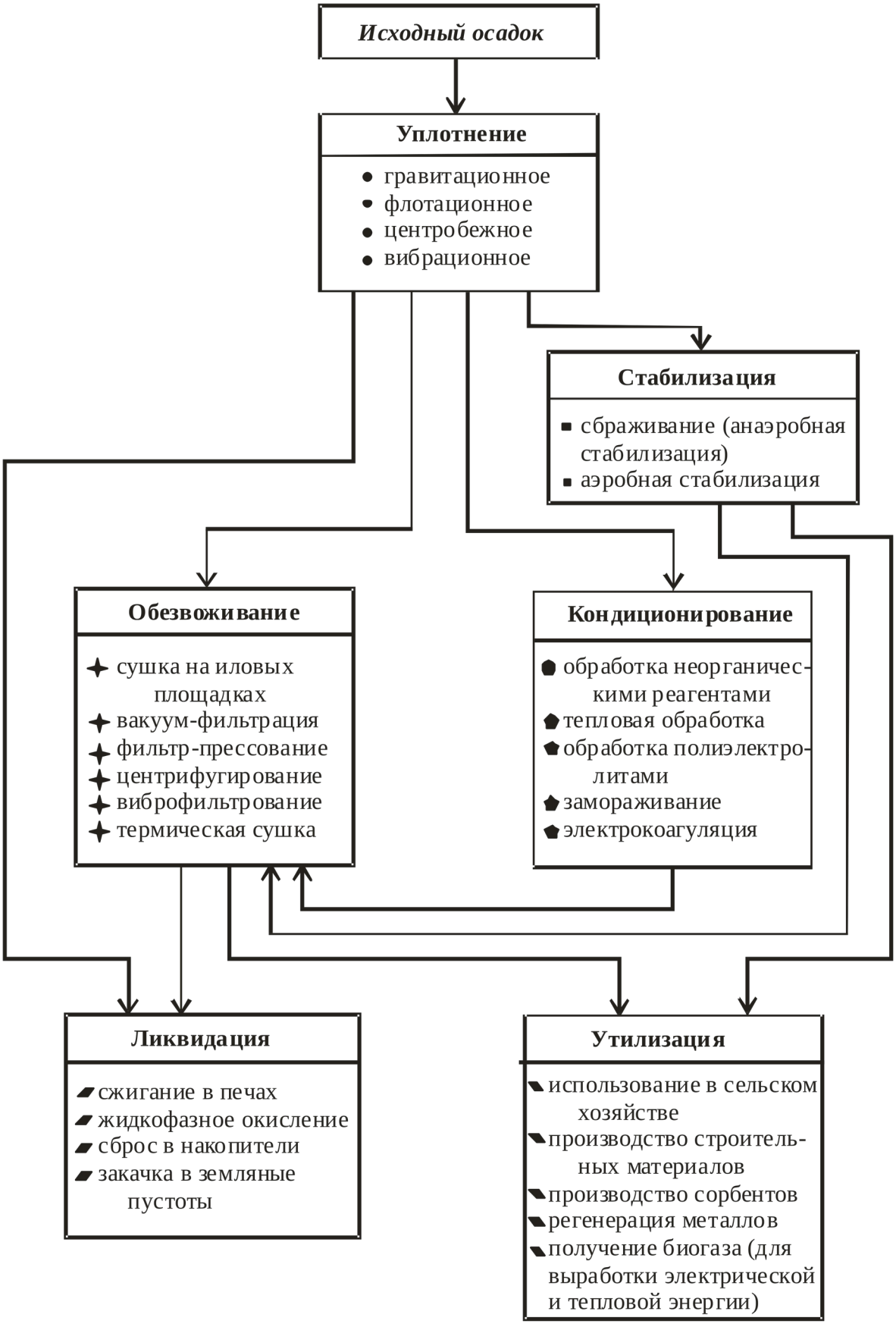


Рисунок 25 - Технологический цикл обработки осадков сточных вод

3.4 Схема образования и утилизации осадков сточных вод на КОС

На Курьяновских очистных сооружениях в результате механической и биологической очистки городских сточных вод образуются различного вида осадки, содержащие органические и минеральные вещества. Это отбросы, задерживаемые решетками, осадок, выпадающий в первичных отстойниках, активный ил или биопленка, образующиеся в сооружениях аэробной биологической очистки воды.

Образующиеся в процессе очистки сточных вод осадки должны быть обработаны с целью дальнейшего уменьшения их объемов и подготовки к размещению на полигонах или использованию в качестве удобрений. Методы обработки, объемы, состав и свойства осадков первичных и вторичных отстойников зависят от состава поступающих на сооружения сточных вод и технологии их очистки.

Осадок имеет влажность 92-96%, насыщен микроорганизмами (в том числе патогенными), яйцами гельминтов. Органическая (беззольная) часть в осадке составляет 65-75% массы сухого вещества. Соответственно зольность осадка 25-35%.

Общая схема образования осадков представлена в приложении 1.

На КОС предусмотрено гравитационное уплотнение избыточного ила и сырого осадка на илоуплотнителях;; термофильное сбраживание осадка в метантенках; промывка и гравитационное уплотнение сброженных осадков в уплотнителях сброженного осадка; механическое сгущение промытого сброженного осадка на ленточных сгустителях с применением флокулянта; естественная сушка сброженного и стабилизированного осадка на иловых площадках, с вывозом на предприятие ООО "Прессил" (полигон).

Гравитационное уплотнение – наиболее простой и распространенный способ уменьшения объема осадков, обеспечивающий повышение производительности последующих сооружений по обработке осадка.

Для уплотнения избыточного активного ила перед обработкой в метантенках используют радиальные илоуплотнители гравитационного типа. Активный ил, уплотненный в илоуплотнителях радиального типа, имеет среднюю влажность 97%.

Уплотненный активный ил подаётся непосредственно на метантенки.

На КОС стабилизация осадков сточных вод (осадков из первичных отстойников и уплотненного активного ила) осуществляется сбраживанием в анаэробных условиях в метантенках.

Процесс сбраживания осадков в метантенках сопровождается образованием биогаза, состоящего на 70% из метана, пригодного для сжигания в котельной и выработки тепловой энергии.

Промывка, уплотнение и сгущение сброженных осадков необходимы для их подготовки к обезвоживанию.

Промывка проводится для уменьшения содержания в иле аммиака и органических веществ. Благодаря промывке повышается эффективность применения химических веществ при последующем обезвоживании.

В процессе промывки осадок отмывается от коллоидных частиц и песка. Задержанный в промывных резервуарах песок удаляется гидроэлеваторами.

Промытый сброженный осадок направляется на илоуплотнители радиального типа, где в результате гравитационного уплотнения происходит снижение влажности осадка.

Уплотненный промытый сброженный осадок с илоуплотнителей перекачивается насосами на ленточные сгустители, где с применением флокулянта производится сгущение осадка.

Уплотненный промытый сброженный осадок КОС транспортируется на ОАО "Экотехнопарк" для механического обезвоживания на фильтр-прессах. Механически обезвоженный осадок размещается на участках кондиционирования осадка иловых площадок КОС, расположенных в Московской области.

На Курьяновских очистных сооружениях ежесуточно образуется 16 тыс.м^3 осадка, который направляется на сбраживание в 24 метантенка, сгруппированных по 4 штуки в 6 групп. Ежесуточно образуется биогаза 128 тыс.м^3.

4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УЩЕРБА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ

При использовании сосредоточенного водовыпуска для сброса сточных вод в водоток в черте населенного пункта нормы качества воды должны придерживаться уже в самой сточной воде, то есть качество сточной воды не должна превышать ПДК.

В соответствии с ГОСТ 17.1.1.01-77 Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения, под предельно допустимым сбросом (ПДС) вещества в водный объект понимается масса вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном пункте.

Нормы качества воды в водных объектах достигаются путем реализации комплекса водоохранных мероприятий. Величины ПДС используются для контроля за соблюдением установленных режимов сброса сточных вод в водные объекты, а также служат основными целевыми показателями для разработки планов и программ развития водоохранных комплексов [17].

Если нормы качества воды в водных объектах не могут быть достигнуты из-за воздействия природных факторов, не поддающихся регулированию (поступление примесей из атмосферы, в результате склонового или талого стока и подземного питания реки и т.п.), то величины ПДС должны устанавливаться исходя из условий соблюдения в контрольном пункте сформировавшегося природного фонового качества воды.

Общая масса загрязняющих веществ, поступающих в водные объекты города Москвы по сетям МГУП «Мосводоканал», в 2015 году(расчетная) составила 221941 тонн/год.

Основной объем сточных вод в черте города (более 95 %) поступает через Курьяновские очистные сооружения. Ниже водовыпусков Курьяновских очистных сооружений в реке Москва значительно увеличивается содержание загрязняющих веществ, характерных для качественного состава коммунально-бытовоых сточных вод.

В 2014 году среднегодовая концентрация органики по $БПК_5$ увеличивалась в 1,3 раза, нитрит-ионов - в 7,4 раз, фосфат-ионов - в 8,6 раз, иона аммония -в 13,5 раз.

Качество воды ниже водовыпусков Курьяновских очистных сооружений в течение года не соответствовало нормативам культурно-бытового водопользования по содержанию иона аммония (до 6,2 ПДКк-б), нитрит - иона (до 1,1ПДКк-б), фосфат- иона (до 1,36 ПДКк-б), а так же органики по ХПК (до 1,3 ПДКк-б) и БПК5 (до 1,2 ПДКк-б).

По данным доклада о состоянии окружающей среды в г.Москве за 2015 г. в течение последних пяти лет содержание аммонийного азота в сбросах сточных вод Курьяновских очистных сооружений ежегодно увеличивается, в среднем в 1,5 раза. В сравнении с предыдущим 2014 годом среднегодовая концентрация иона аммония ниже водовыпуска Курьяновских очистных сооружений увеличилась в 1,2 раза (с 3,88 до 4,27 ПДКк-б) [18].

На очистные сооружения попадают смешанные хозбытовые (87%) и промышленные (13%) сточные воды.

Как дополнение к изложенному выше следует отметить, что расстояние до контрольного створа составляет 500 м, тип выпуска - сосредоточенный безнапорный, выпуск осуществляется с левого берега.

Ширина русла, В м……...……15,8

Глубина русла, Н м……...……...……1,04

Затраты в контрольном створе, Q $м^3/с$……. 2,10

Коэффициент извилистости …….……1,12

Коэффициент шероховатости ложа реки n……. 0,030

Коэффициент шероховатости льда $n_л$ ……...……0,09

Средний расход сброса, q $м^3$ / с ……...……0,284

Информация о составе воды после очистки представлена в таблице 4.

Таблица 4 - Показатели качества воды

Показатель	Наименование загрязняющего вещества						
	Взв. в-ва	БПК	Азот амонийн.	Нитраты	Нитриты	ХПК	Нефтепр.
Фоновая концентрация $C_{фон}$, мг/л	19	54	0	22	1	16	22
Природная фоновая концентрация $C_{пр}$, мг/л	3014	94	770	817	100	10	456
Концентрация в сточных водах, мг/л	118	17	692	249	270	19	445
ПДК, мг/л	0,25	3	0,5	45	3,3	15	0,05
Класс опасности	1	1	3	3	3	1	3
Доочищенная вода, $C_{ф}$, мг/л	5,5	4	6	10	0,3	35	0,05

Произведем расчёт ПДС.

Расчёт ПДС осуществляется по формуле [19]:

$$ПДС= q \cdot C_{ст} \text{ г/ч},$$

где q - среднегодовой суточный расход сточных вод, $м^3$/ч;

$C_{ст}$ - концентрация веществ в сточных водах, мг/л.

Так как концентрация веществ в сточных водах превышает ПДК, то предельно допустимый выброс по каждому из веществ составит:

- по взвешенным веществам:

При наличии данных о концентрации взвешенных веществ в водоеме до места сброса концентрацию взвешенных веществ ($C_{ст}$) в сточных водах рассчитывают следующим образом (мг/л): для водоемов хозяйственно-питьевого и рыбохозяйственного водопользования (ценных пород рыб):

$$C_{ст}=C_{ф}+0,25$$

тогда ПДС=0,284·3600·(19+0,25)=19681,2 г/ч;

- по БПК:

ПДС= 0,284·3600·3=3067,2 г/ч;

- по азоту аммонийному:

ПДС=0,284·3600·0,5=511,2 г/ч;

Т.к. содержание нитратов и нитритов не превышает ПДК, расчёт будем вести по фактической концентрации.

- по нитратам:

ПДС=0,284·3600·10=10224 г/ч;

- по нитритам:

ПДС=0,284·3600·0,3=306,72 г/ч;

- по ХПК:

ПДС=0,284·3600·15=15336 г/ч;

- по нефтепродуктам:

ПДС=0,284·3600·0,05=51,12 г/ч.

Оценка влияния человека на окружающую среду производится, чтобы стабилизировать, а еще лучше - уменьшить негативные воздействия на окружающую среду, научиться регулировать, контролировать, прогнозировать их.

Убытки могут возникнуть в результате уничтожения элементов природной среды, ее загрязнения выбросами, стоками, отходами, истощением природных комплексов, нерациональным использованием природных ресурсов, нарушением экологических связей в среде обитания живых организмов, в том числе человека.

Экономический ущерб от нарушения природной среды (сокращенно - эколого-экономический ущерб) определяется общественно необходимыми затратами, возникающие вследствие экодеструктивного влияния, а также дополнительными затратами на компенсацию этих убытков.

Определим эколого-экономический ущерб от загрязнения поверхностных вод.

Решение

Коэффициент приведения i-го вещества, учитывающий его относительную опасность, определяется по формуле [19]:

$$K_i = \frac{1}{ПДК_i},$$

где $ПДК_i$ - предельно допустимая концентрация i-го вещества в водоёме данной категории;

$$K_{в.в} = \frac{1}{25} = 0,04;$$

$$K_{аз.ам} = \frac{1}{0,5} = 2;$$

$$K_{БПК} = \frac{1}{3} = 0,33$$

$$K_{нитраты} = \frac{1}{45} = 0,022$$

$$K_{нитриты} = \frac{1}{3,3} = 0,3$$

$$K_{ХПК} = \frac{1}{15} = 0,066$$

$$K_{нефт} = \frac{1}{0,05} = 20.$$

Фактическая масса i-го вещества вида вредного вещества, сбрасываемого в водоём, т/год:

$$m_i = \frac{C_i q 3600 \cdot 24 n}{10^6}$$

где C_i - концентрация i-го вещества в сточных водах предприятий, мг/л, после очистных сооружений; q - расход сточных вод, $м^3/с$; n - работа очистных сооружений, сут./год, (с учётом профилактических ремонтов около 320 сут.).

$$m_{в.в} = \frac{5,5 \cdot 0,284 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 320}{10^6} = 48,18;$$

$$m_{аз.ам} = \frac{4 \cdot 0,284 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 320}{10^6} = 31,4 ;$$

$$m_{БПК} = \frac{6 \cdot 0,284 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 320}{10^6} = 47,11$$

$$m_{нитраты} = \frac{10 \cdot 0,284 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 320}{10^6} = 75,5$$

$$m_{нитриты} = \frac{0,3 \cdot 0,284 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 320}{10^6} = 2,35$$

$$m_{ХПК} = \frac{35 \cdot 0,284 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 320}{10^6} = 274,8$$

$$m_{нефт} = \frac{0,05 \cdot 0,284 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 320}{10^6} = 0,39 .$$

Приведенная масса годового сброса вредного вещества в поверхностный водоём, т/год:

$$M_i = K_i m_i$$

$$M_{в.в} = 0,04 \cdot 47,18 = 1,887 ;$$

$$M_{аз.ам} = 2 \cdot 31,4 = 62,8 ;$$

$$M_{БПК} = 0,33 \cdot 47,11 = 15,54$$

$$M_{нитраты} = 0,022 \cdot 75,5 = 1,661$$

$$M_{нитриты} = 0,3 \cdot 2,35 = 0,705$$

$$M_{ХПК} = 0,066 \cdot 274,8 = 18,13$$

$$M_{нефт} = 20 \cdot 0,39 = 7,8 .$$

Приближенно экологический ущерб $У_в$, р/год, от загрязнения поверхностных вод определяется по формуле:

$$У_В = K^В \sum_{i=1}^{n} У^В_{уд.i} M_i = 1,25 \cdot (1180 \cdot 1,887 + 2755 \cdot 62,8 + 455 \cdot 15,54 + 6,9 \cdot 1,661 + 3444 \cdot 0,705 + 17740 \cdot 7,8) = 403903,6 ,$$

где $У^В_{уд.i}$ - удельный ущерб водному объекту от сброса одной тонны вредного вещества, р./усл.т; $К^В$ - коэффициент экологической ситуации водных объектов по бассейнам основных рек РФ (для рек Московской области $К^В$=1,16-1,41.

Таким образом, экологический ущерб поверхностным водам при сбросе вод Курьяновскими очистными сооружениями составит 403903,6 р/год.

ВЫВОД

В ходе выполнения работы был проведен анализ современных способов очистки хозяйственно-бытовых сточных вод, а также утилизации осадков, образующихся в процессе их очистки.

Было установлено, что высокая эффективность очистки сточных вод может быть достигнута лишь путем комплексной системы очистки, завершающим этапом которой являются сооружения биологической очистки.

Также в ходе выполнения работы был определен эколого-экономический ущерб природным водам при сбросе вод на примере Курьяновских очистных сооружений. При этом отсутствие системы очистки сточных вод нанесло бы экологический ущерб водному объекту в размере 1544120261 руб./год. Наличие очистных сооружений позволяет снизить величину ущерба до 403903,6 р/год, что на 99,97% ниже.

В ходе выполнения работы была также изучен состав и свойства, образующихся в процессе очистки, осадков и их воздействие на окружающую среду.

Основным способом воздействия на окружающую среду является складирование обезвоженных осадков на иловых площадках, где происходит их окончательное просушивание. Процесс подсушивания осадков протекает достаточно медленно и зависит от климатических и гидрогеологических условий. Для обработки осадков по такой технологии нужны значительные капиталовложения и отчуждения больших площадей природных земель. Кроме того, подсушивания на иловых площадках не обеспечивает полного обеззараживания осадков и представляет серьезную угрозу загрязнения окружающей среды.

Вопрос утилизации осадков сточных вод должен решаться в комплексе с вопросами очистки сточных вод, без чего водоохранные мероприятия не могут быть эффективными. Осадки сточных вод являются вторичными ресурсами, которые могут быть использованы в современной биотехнологии для получения удобрений, кормовых продуктов, белков, витаминов,

аминокислот и тому подобное. Утилизация осадков бытовых и производственных сточных вод приобретает особое значение, так как решает не только природоохранное задачи, но и экономическое, способствуя пополнению сырьевых и материальных ресурсов государства. Это позволит превратить водоохранные объекты в самоокупающиеся и помочь производственным предприятиям стать безотходными.

Таким образом, была установлена необходимость усовершенствования технологии утилизации осадков сточных вод путем создания линии производства почвогрунтов с начальной стадией извлечения тяжелых металлов путем адсорбции на подходящих сорбентах. Данная технология решает сразу несколько важнейших экологических задач: утилизация отходов очистных сооружений, снижение затрат на доставку почвогрунтов, создание достаточного количества кондиционных почвогрунтов в городе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айрапетян Т.С. Конспект лекций по дисциплинам "Очистка бытовых сточных вод" и "Сооружения и оборудования для водоотведения". - Х.: ХНУГХ, 2014 - 121 с.
2. Алексеев В.И., Винокурова Е.А., Пугачев Е.А. Проектирование сооружений переработки и утилизации осадков сточных вод с использованием элементов компьютерных информационных технологий: Учеб. пособие. - М.: Изд-во «АСВ», 2003.-176 с.
3. Баженова Э.В. Экспериментальное обоснование способов очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов торфяными модификациями : диссертация кандидата технических наук : 25.00.36/ Баженова Эльвира Витальевна. - Тверь, 2002. - 171 с.
4. Благоразумова А.М. Обработка и обезвоживание осадков городских сточных вод. Учебное пособие. - Сибирский государственный индустриальный университет. - Новокузнецк, 2010. - 138 с., ил.
5. Ветошкин А. Г. Процессы инженерной защиты окружающей среды (теоретические основы): Учеб. пособие. - Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2005.-380 с.
6. Гигиенические требования к охране поверхностных вод СанПиН 2.1.5.980-00. [Электронный ресурс]. URL: http://www.docload. ru/Basesdoc/8/8514/index. (Дата обращения: 16.03.2016)
7. ГН 2.1.5.9636-00 «Ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования». [Электронный ресурс]. URL: http://www.ohranatruda.ru (Дата обращения: 14.04.2016)
8. ГН 2.1.5.963а-00 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде, водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования». [Электронный ресурс]. URL: http://www.docload.ru/Basesdoc/8/8555 (Дата обращения: 14.04.2016)
9. Голубовская Э.К. Биологические основы очистки воды. М.: Высшая школа, 1978 – 268 с.

10. ГОСТ 17.1.01-77 - Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения. [Электронный ресурс]. URL: http://gostexpert.ru/gost/gost-17.1.1.01-77. (Дата обращения: 14.04.2016)
11. ГОСТ 17.1.3.07—82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков. [Электронный ресурс]. URL: http://www.ohranatruda.ru/ot_biblio. (Дата обращения: 18.03.2016)
12. ГОСТ 17.1.5—85. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. [Электронный ресурс]. URL: http://vsegost.com/Catalog/47/47689. (Дата обращения: 17.03.2016)
13. ГОСТ 27065-86 - Качество вод. [Электронный ресурс]. URL: http://vsegost.com/Catalog/38/38949. (Дата обращения: 14.03.2016)
14. Громогласов А.А., Копылов А.С., Пильщиков А.П. Водоподготовка: процессы и аппараты. – М.: Энергоатомиздат, 1990, – 272 с.
15. Гудков А. Г. Механическая очистка сточных вод. Учебное пособие. - Вологда: ВоГТУ, 2003 г. – 152 с.
16. Гудков А.Г. Механическая очистка сточных вод: Учебное пособие.– Вологда: ВоГТУ, 2003. – 152 с.
17. Гудков А.Г. Биологическая очистка городских сточных вод: Учебное пособие.– Вологда: ВоГТУ, 2002. – 127 с.
18. Гудков А.Г. Биологическая очистка городских сточных вод: Учебное пособие.- Вологда: ВоГТУ, 2002. - 127 с.
19. Гуцал И.О. Конспект лекций по дисциплине "Технология очистки водно-дисперсных систем". - Харьков: ХНАГХ, 2009 - 93 с.
20. Доклад о состоянии окружающей среды в г. Москве за 2015 год, 153 с.
21. Долина Л. Ф. Очистка сточных вод от биогенных элементов: Монография. - Днепропетровск: Континент, 2011 - 198с.
22. Евстраков К.И., Купина И.А., Малахова Е.Е. Физическая и коллоидная химия. – М.: Химия, 1989. – 512 с.
23. Жуков А.И., Монгайт И.Л., Родзиллер И.Д. Методы очистки производственных сточных вод. - М.: –213 с.

24. Закон «Об охране окружающей среды» ФЗ-7 от 10.01.2002 г. – 2002// Российская газета, 2002. - №2874.
25. Зейфман Е.А., Лебедева Е.А. , Тихановская Г.А. Интенсификация процессов очистки сточных вод от биогенных элементов : Учебное пособие.- Вологда: ВоГТУ, 2003. – 115 с.
26. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков. Учебное пособие/Д.А.Кривошеин, П.П.Кукин, В.Л.Лапин и др. - М.: Высшая школа,2003. – 156 с.
27. Инструктивно-методические указания по взиманию платы за загрязнение окружающей природной среды. [Электронный ресурс]. URL: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online. (Дата обращения: 15.03.2016)
28. Казакова Е. Г., Леканова Т. Л. Установки очистки сточных вод и промышленных газов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Сыкт. лесн. ин-т. - Электрон. дан. - Сыктывкар : СЛИ, 2014. - 212 с.
29. Караушев А.В. Методические основы оценки и регламентирования антропогенного влияния на качество поверхностных вод.- Ленинград: Гидрометиздат, 1987 – 59с.
30. Карюхина Т.А., Чурбанов И.Х. Химия воды и микробиология.- М.: Стройиздат, 1995. – 187с.
31. Кожемякин В.А., Зубченко Г.В., Митник В.Л., Вакс Г.П. Малоотходные процессы и охрана окружающей среды в металлургии редких металлов. - М.: Стройиздат, – 176 с.
32. Козловская С.Б., Е.Б.Сорокина. Методические указания к практическим занятиям по курсу "Обработка и утилизация осадков" и выполнению дипломного проекта (для студентов 5-6 курсов дневной и заочной форм обучения специальности 7.092601 - «Водоснабжение и водоотведение») / Сост.: С.Б.Козловская, Е.Б.Сорокина. - Харьков: ХНАГХ, 2006. - 44 с.

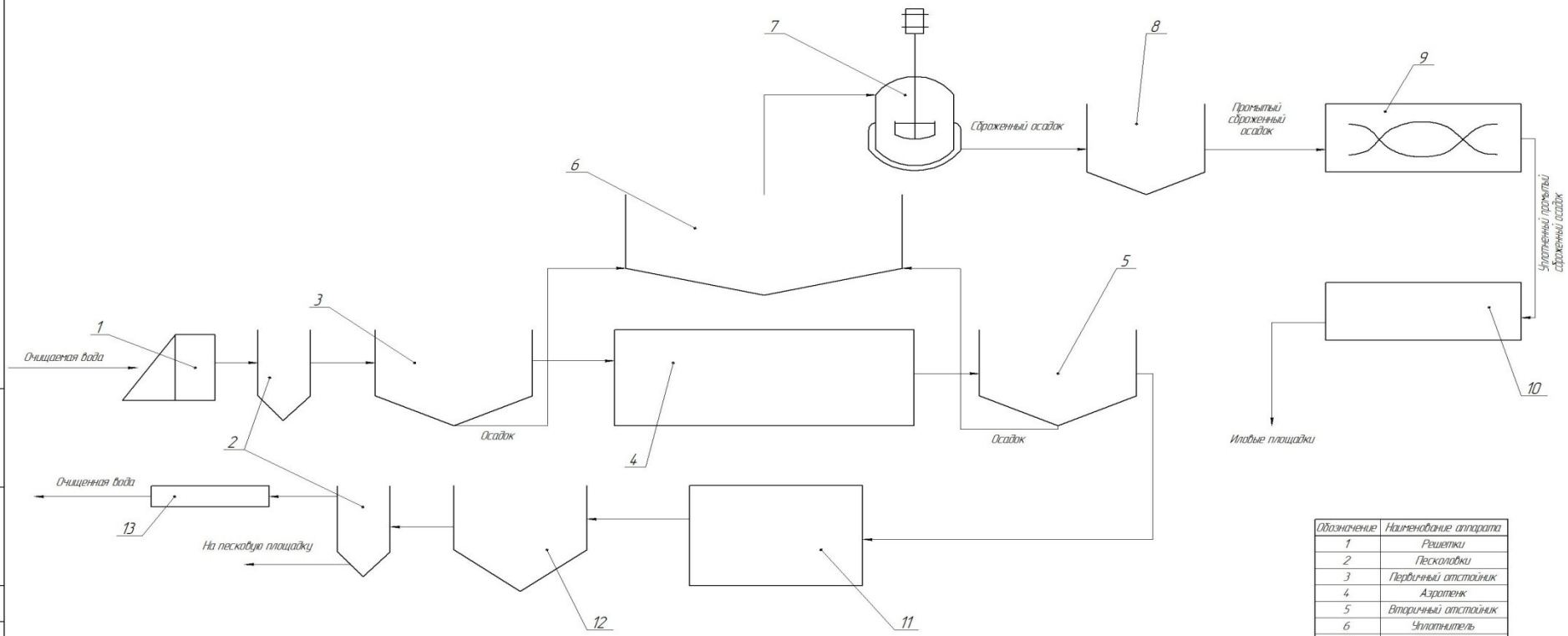
33. Кострыгин Ю.М., Мещерский Н.А, Коровина О.В. Водоподготовка и водный режим энергообъектов низкого и среднего давления. – М.: Энергоиздат,1990. - 254 с.
34. Куприянов В.В. Гидрологические аспекты урбанизации. -Ленинград: Гидрометиздат,1977. – 117 с.
35. Ливчак И.Ф., Воронцов Ю.В.Охрана окружающей среды. – М.: Стройиздат., 1991. – 191 с.
36. Методика разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей. [Электронный ресурс]. URL: http://www.gosthelp.ru/text/Prikaz333 (Дата обращения: 05.04.2016).
37. Мур Дж.В., Рамамурти С. Тяжёлые металлы в природных водах. Контроль и оценка влияния. - Москва "Мир", 1987 - 144 с.
38. Никифорова Л.О. Интенсификация работы сооружений биологической очистки сточных вод с использованием электромагнитных полей: автореферат диссертация доктора биол. наук: 03.00.23/ Никифорова Лидия Осиповна. – М.: 2004. – 50 с.
39. Очистка сточных вод. Методы. Оборудование: Ретросп. Библиогр. указ. // ГПНТБ России. - М.:ГПНТБ 1981 - 1991 гг. //Сост.Т.И.Кукаева.- 1992. – 183 с.
40. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. Утвержден приказом Роскомрыболовства от 28.04.99 № 96.М.: ВНИРО, 1999. - 25с.
41. Петрук В.Г., Васильковский И.В, Безвозюк И.И., Петрук Р.В. Природоохранные технологии. Учебное пособие. Ч.3. Методы переработки осадков сточных вод/ - Винница: ВНТУ, 2013.- 324с.
42. Попов А. М., Румянцев И. С. Природоохранные сооружения. — М.: Колос, 2005. — 520 с.

43. Постановление Правительства Российской Федерации от 1 июля 2005 г. № 410 «О внесении изменений в приложение № 1 к постановлению Правительства Российской Федерации от 12 июня 2003 г. № 344». [Электронный ресурс]. URL: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online. (Дата обращения: 11.04.2016).
44. Постановление Правительства РФ от 12.06.2003 № 344 (ред. от 26.12.2013) О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, в том числе через централизованные системы водоотведения, размещение отходов производства и потребления. [Электронный ресурс]. URL: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online. (Дата обращения: 16.03.2016).
45. Постановление Правительства РФ от 28.08.1992 № 632 (ред. от 26.12.2013) Об утверждении Порядка определения платы и ее предельных размеров за загрязнение окружающей природной среды, размещение отходов, другие виды вредного воздействия. [Электронный ресурс]. URL: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online. (Дата обращения: 05.04.2016).
46. Правила охраны поверхностных вод. [Электронный ресурс]. URL: http://www.businesspravo.ru. (Дата обращения: 11.04.2016).
47. Правила охраны прибрежных районов морей. [Электронный ресурс]. URL: http://www.bestpravo.ru (Дата обращения: 15.03.2016)
48. Правила приема производственных сточных вод в системе канализации населенных пунктов». [Электронный ресурс]. URL: http://www.infosait.ru/norma_doc/41/41843/index. (Дата обращения: 25.03.2016).
49. Приказ МПР России от 17.12.2007 № 333 Об утверждении Методики разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей. [Электронный ресурс]. URL: http://base.consultant.ru/cons/cgi/online. (Дата обращения: 06.04.2016).
50. Родионов А.И. Техника защиты окружающей среды: учебник для вузов / А.И. Родионов, В.Н. Клушин, Н.С. Торочешников. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Химия, 1989. – 512 с.

51. Родионов А.И., Клушин В.Н., Систер В.Г. Технологические процессы экологической безопасности. – Калуга: изд-во Н.Б.Бочкаревой, 2000.-190 с.
52. Санакин В.В. Экология и охрана природы. Словарь – справочник. Под редакцией академика А.А. Яшнина. М.: Academia, 2000, 384 с.
53. СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Санитарные правила и нормы» Дата введения: 1 января 2001г. -5с.
54. СанПиН №4630-88 - Охрана поверхностных вод от загрязнения. [Электронный ресурс]. URL: http://www.ohranatruda.ru/ot_biblio (Дата обращения: 13.04.2016).
55. Семенова И. В. Промышленная экология : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / И. В. Семенова. - М.: Издательский центр «Академия», 2009. - 528 с.
56. СНиП 2.04.03-85 - Канализации. Наружные сети и сооружения. [Электронный ресурс]. URL: http://www.ohranatruda.ru/ot_biblio (Дата обращения: 13.04.2016).
57. СНиП 2.04.03-85 - Канализации. Наружные сети и сооружения. [Электронный ресурс]. URL: http://www.ohranatruda.ru/ot_biblio (Дата обращения: 16.03.2016).
58. Сорокина К.Б. Технология переработки и утилизации осадков: Учебное пособие/ К.Б. Сорокина, С.Б.Козловская, - Харьков: ХНАГХ, 2012.-226 с.
59. Соснина Н.А. Экология: Метод пособия для выполнения контрольных заданий/ - Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2003. -66 с.:ил.
60. Справки ГУ Московский ЦГМС - Р от 02.11.2011 г. № И-2208.
61. Субботина Ю.М. Антропогенное воздействие мегаполиса на естественные водоемы на примере реки Клязьмы. Современная картина мира в свете научного наследия академика Н.Н. Моисеева. Сб. материалов Второй Международной заочной конференции. - М.: Издательство МНЭПУ. 2014. – С. 292 – 297.

62. Схемы водоснабжения и водоотведения города Москвы до 2025 года. [Электронный ресурс]. URL: http://www.depteh.mos.ru/legislation/projects/2066474
63. Тишина А.М., Субботина Ю.М. Образование стока, анализ качества и количества загрязняющих веществ международного аэропорта Шереметьево. // Экологи биосферы и природопользования. Сб. научных трудов магистров по направлению подготовки «Экология и природопользования». - М.: Издательство РГСУ. 2014. – С. 143 - 150 .
64. Тишина А.М., Субботина Ю.М. Происхождение и характеристика основных категорий стачных вод и методы их очистки и обеззараживания. // Экологи биосферы и природопользования. Сб. научных трудов магистров по направлению подготовки «Экология и природопользования». - М.: Издательство РГСУ. 2014. – С. 151 - 159.
65. Федеральный закон от 13.12.2010 № 357-ФЗ (ред. от 06.11.2011) «О федеральном бюджете на 2011 год и на плановый период 2012 и 2013 годов». [Электронный ресурс]. URL: http://base.consultant ru/cons/cgi/onlin.
66. Черкинский С.Н. Санитарные условия спуска сточных вод в водоемы. - М.: Стройиздат, 1977. – 222 с.
67. Экологический мониторинг: Учебно-методическое пособие/ Под ред. Т.Я. Ашихминой. - М.: Академический Проект, 2006. –17 с.
68. Экотехнология. [Электронный ресурс]. URL: http://www.ecobest.ru (Дата обращения: 15.03.2016).
69. Официальный сайт ГУП «Мосводоканал» [Электронный ресурс] http://www.mosvodokanal.ru
70. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. "Водоотведение и очистка сточных вод".Москва: Ассоциации строительных вузов,2004.-704 с.
71. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Ласков Ю.М., Воронов Ю.В. Очистка производственных сточных вод. – М.: Стройиздат, 1985. – 335 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ



Обозначение	Наименование аппарата
1	Решетки
2	Песколовки
3	Первичный отстойник
4	Аэротенк
5	Вторичный отстойник
6	Уплотнитель
7	Метантенк
8	Уплотнитель
9	Ленточный сгуститель
10	Фильтр-пресс
11	Плоские щелевые сита
12	Скорый фильтр
13	Аппарат УФ обеззараживания

Изм. Лист № докум. Подп. Дата

Разраб.
Пров.
Т.контр.
Н.контр.
Утв.

Технологическая схема очистки сточных вод и обработки осадка на КОС

Лит. | Масса | Масштаб 11

Лист | Листов 1

Копировал

Формат А1