

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
**БРЕСТСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**  
**Кафедра теплотехники, водоснабжения и канализации**

# **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**к лабораторным работам по дисциплине**  
**" Водоотведение и очистка сточных вод " для студентов**  
**специальности Т.19.06.00 "Водоснабжение, водоотведение,**  
**очистка природных и сточных вод"**

**Часть 2**

**Брест 1997**

Настоящие методические указания составлены для студентов, изучающих курс "Водоотведение и очистка сточных вод" в соответствии с учебной программой специальности Т.19.06.00.

Методические указания содержат общие сведения, описание и порядок выполнения лабораторных работ по изученному курсу.

Составители: В. Н. Яромский, доцент, к.т.н.  
Л. Л. Пойта, ст. преподаватель  
Г. А. Волкова, ассистент, к.т.н.

Рецензент: директор Брестского городского ПО "Водоканал" Сац М.С.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1**  
**"ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДИК ОПРЕДЕЛЕНИЯ БПК и ХПК"**

**Цель работы:** Изучить методику определения БПК и ХПК.

**1. Общие сведения.**

Биохимическое потребление кислорода (БПК) определяется количеством кислорода в миллиграммах на литр, которое требуется для окисления находящихся в воде органических веществ. Химическим потреблением кислорода называется величина, характеризующая общее содержание в воде восстановителей (неорганических и органических), реагирующих с сильными окислителями.

Метод определения БПК заключается в следующем: стобранную пробу воды насыщают путем встряхивания в течении 1 минуты кислородом воздуха, разливают в две кислородные склянки и в одной из них определяют содержание кислорода тотчас, а в другой – после 5-суточного хранения в темноте. Найденное уменьшение в содержании кислорода в перерасчете на миллиграмм на литр дает величину БПК за 5 суток. Эта убыль в содержании кислорода обусловлена главным образом протекающими в аэробных условиях биохимическими процессами, ведущими к распаду (минерализации) органического вещества. В загрязненных водах растворенного кислорода может не хватить для покрытия всей потребности воды в кислороде. Такие воды необходимо перед началом определения разбавлять специально заготовленной "разбавляющей водой". В качестве "разбавляющей воды" берут водопроводную воду, отстаиванную в открытой бутылке в темном месте в течении суток или дистиллированную.

БПК разбавляющей воды учитывают при вычислении БПК исследуемой воды.

При определении химического потребления кислорода проба окисляется бихроматом калия в серной кислоте. Избыток бихромата калия оттитровывают титрованным раствором соли Мора. Количество способного к окислению органического вещества пропорционально потребленному бихромату калия. Если в качестве катализатора вводить в реакционную смесь сульфат серебра, то окисление органических веществ бихроматом калия ускоряется.

Перед определением ХПК анализируемую воду следует профильтровать. Рекомендуется промывать фильтр предварительно горячей водой и отбрасывать первую порцию (200-250 мл) фильтрата, т.к. при применении бумажного фильтра в процессе фильтрования из фильтра в раствор могут

переходить органические вещества, или же часть органических веществ сточной воды может адсорбироваться волокнами фильтра.

#### Определение БПК без разбавления

Без разбавления можно найти БПК воды "чистой", водопроводной, дистиллированной, воды водоема или воды, прошедшей сооружение полной биологической очистки, доочистки, т.е. такой, БПК которой не более 5-7 мг/л.

Исследуемую воду переливают в лаборатории в бутылку, наполнив ее не более чем на 2/3 объема, доводят температуру воды до 20°C (нагревая на водяной бане или охлаждая) и сильно встряхивают в течении одной минуты для насыщения воздухом.

После этого наливают исследуемую воду в три склянки с притертыми пробками до краев. Склянка должна быть заполнена так, чтобы при закрытии ее пробкой вытекло немного воды (жидкости) и при этом в склянке не осталось пузырьков воздуха. В одну из них прибавляют реактивы и определяют растворенный кислород. Две другие склянки с испытываемой водой ставят в термостат (с температурой 20°C, регулируемой в пределах  $\pm 1$ °C) на 5 суток, по прошествии которых определяют оставшийся растворенный кислород.

Расчет БПК5 без разбавления ведут по формуле:

$$X = A_1 - A_2 \quad (1)$$

где  $X$  - БПК<sub>5</sub> исследуемой воды, мг/л;

$A_1$  - содержание растворенного кислорода в воде до инкубации (в день отбора пробы), мг/л;

$A_2$  - содержание растворенного кислорода в воде после инкубации (после хранения пробы в течении суток в темном месте при  $t = 20^\circ\text{C}$ ), мг/л;

#### Определение БПК с разбавлением

Испытываемую воду, доведенную до температуры 20°C, разбавляют заготовленной разбавляющей водой таким образом, чтобы убыль кислорода за 5 суток была не менее 4 мг/л и чтобы остаток его по истечении этого времени не был ниже 2 мг/л.

Когда величина БПК неизвестна, необходимо производить несколько разбавлений. Ориентировочно сточной воды следует брать: для концентрированных промышленных сточных вод 0,1-1%; для бытовой сточной воды 1-5%; для биологически очищенной 5-25%; для вод загрязненных водоемов от 25% и выше.

Разбавлять воду можно следующим образом. В мерную колбу емкостью 1 л наливают 0,5 л разбавляющей воды. Отбирают пипеткой опреде-

ленный объем исследуемой воды и переносят в колбу. Смесь сточной жидкости и воды доливают до метки разбавляющей водой и тщательно взбалтывают.

Полученную смесь переливают в две или лучше в три калиброванных склянки. Если специальные кислородные склянки отсутствуют, то пользуются обычными склянками с притертыми пробками. А для создания водяного затвора склянки помещают в ванночку с водой таким образом, чтобы вода покрывала склянку с закрытой пробкой. Если склянок было три, то две тщательно закрывают пробками и ставят в термостат для инкубации, а в третьей определяют содержание растворенного кислорода, а в другую ставят в термостат на инкубацию.

Расчет БПК<sub>5</sub> с разбавлением ведут по формуле:

$$X = (X_1 N) - [X_2 (N-1)], \text{ мг/л} \quad (2)$$

где:  $X$  – БПК<sub>5</sub> исследуемой воды, мг/л;

$X_1$  – найденное БПК<sub>5</sub> разбавленной исследуемой воды, мг/л; (ход определения см. "Определение БПК<sub>5</sub> без разбавления")

$X_2$  – найденное БПК<sub>5</sub> разбавляющей воды( ход определения см. "Определение БПК<sub>5</sub> без разбавления"), мг/л;

$N$  – величина разбавления.

#### Определение растворенного кислорода (по Винклеру)

Метод основан на образовании гидрата закиси марганца в испытываемой воде. Под влиянием растворенного в воде кислорода гидрат закиси марганца быстро переходит в высшие окислы марганца, которые при подкислении в присутствии солей йодистоводородной кислоты выделяют йод в количестве, эквивалентном кислороду, содержащемуся во взятой пробе воды. Таким методом пользуются при содержании в воде не выше 0,1 мг/л азота нитратов и не более 10 мг/л окисного железа. Другие окислители или восстановители должны отсутствовать.

**Х о д о п р е д е л е н и я.** Количество прибавляемых реактивов рассчитано на объем склянок 150 – 250 мл. Для склянок объемом 125 мл и меньше можно прибавлять по 0,5 мл реактивов.

В склянку, заполненную доверху испытываемой жидкостью, прибавляют 1 мл раствора соли марганца и 1 мл щелочного раствора йодистого калия (конц.). Реактивы надо вводить под поверхность жидкости и не особенно быстро во избежание взмучивания образующегося осадка, его выноса и потери при закрывании пробкой. Затем добиваются равномерного распределения осадка по всему объему, для чего склянку закрывают и несколько раз переворачивают. При недостаточном перемешивании кислород

в верхней части склянки может оказаться непоглощенным, так как осадок оседает очень быстро. Если в склянку объемом 250 мл прибавить 1 мл раствора марганца, кислород поглощается полностью за 40–50 секунд тщательного перемешивания. Затем прибавляют 3 мл серной кислоты (2:3), выпуская ее на уровне горлышка склянки, чтобы не выпустить осадок, немедленно закрывают пробкой и переворачивают склянку несколько раз. Если при приливании кислоты осевший осадок начинает всплывать, что происходит за счет выделяющегося  $\text{CO}_2$ , то объясняется это не только обилием карбонатов в щелочном растворе йодида, но и карбонатной жесткостью испытываемой жидкости. Чтобы избежать возникающей заметной ошибки, надо перед подкислением отбавить из склянки три миллилитра жидкости в колбу для титрования, в которой содержится немного кислоты. Вставляя пробку, следует собирать вытекающую жидкость в колбу для титрования.

После растворения осадка выливают содержимое склянки в колбу для титрования. Титруют раствором тиосульфата натрия до бледно-соломенного цвета. Затем в колбу прибавляют 0,5–1 мл крахмала и быстро оттитровывают до первого исчезновения синей окраски. Последующее посинение, возникающее за счет солей железа и каталитического действия нитритов, не учитывается.

Для вычисления содержания кислорода в мг/л (X) пользуются следующей формулой:

$$X = \frac{0,08 \cdot K \cdot n \cdot 1000}{V_1 - V_2}, \quad (3)$$

где: 0,08 – число миллиграммов кислорода, которому соответствует 1 мл 0,01 н раствора тиосульфата натрия;

K – поправочный коэффициент раствора тиосульфата натрия;

n – число миллилитров тиосульфата натрия, затраченное на титрование;

$V_1$  – объем склянки, в которой фиксировался кислород;

$V_2$  – объем реактивов, взятых для осаждения, мл.

### Определение ХПК

1. Отобрать такую порцию анализируемой сточной воды, чтобы на ее окисление расходовалось не более 20 мл титрованного раствора бихромата калия (0,5–1,5 мл), разбавляют ее дистиллированной водой до 25 мл, переносят в круглодонную колбу емкостью 300 мл, прибавляют 12,5 мл титрованного раствора бихромата калия и осторожно малыми порциями вливают 37,5 мл конц. серной кислоты, тщательно перемешивая смесь после добавления каждой порции.

2. Насыпают в круглодонную колбу 0,3–0,4 г сульфата серебра, вводят в колбу несколько стеклянных бусинок или кусочков пемзы, закрывают пробкой, соединенной с обратным холодильником, и нагревают до слабого кипения, которое поддерживают в течении 2 часов.

3. Охлаждают, обмывают стенки холодильника 25 мл дистиллированной воды и переносят содержимое этой колбы в коническую колбу емкостью 500 мл, обмывают стенки первой колбы несколько раз дистиллированной водой.

4. Добавляют дистиллированную воду до объема 175 мл, вводят 3–4 капли раствора дифениламина или ферроина (10–15 капель раствора фенантролиновой кислоты) и оттитровывают избыток бихромата титрованным раствором соли Мора.

5. Проводят "холостой" опыт: для этого берут 25 мл дистиллированной воды и проводят ее через все ступени анализа.

6. Химическое потребление кислорода (ХПК), выраженное числом миллиграммов кислорода на 1 литр сточной воды, вычисляют по формуле:

$$\text{ХПК} = \frac{(a - b) \cdot N \cdot 8 \cdot 1000}{V}, \quad (4)$$

где:  $a$  – объем раствора соли Мора, израсходованного на титрование в холостом опыте, мл;

$b$  – объем того же раствора, израсходованного на титрование пробы, мл;

$N$  – нормальность титрованного раствора соли Мора;

$V$  – объем анализируемой сточной воды, мл;

$8$  – эквивалент кислорода.

### Контрольные вопросы

1. В чем заключается методика определения БПК и ХПК?
2. Как определяется растворенный кислород по методу Винклера?

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2**  
**"ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИНЕТИКИ ОСАЖДЕНИЯ ВЗВЕШЕННЫХ**  
**Веществ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД"**

**Цель работы:** Определить эффект осветления сточных вод в зависимости от продолжительности отстаивания и исходной концентрации взвешенных веществ

**1. Общие сведения**

В сточных водах содержится обычно большое количество различных нерастворенных (взвешенных) веществ. Взвешенные вещества сточных вод делят на оседающие – выпадающие в осадок при отстаивании продолжительностью 2 часа в спокойном состоянии, и неоседающие – не выпадающие в осадок за 2 часа отстоя. Наиболее простым и часто применяемым на практике способом очистки сточных вод от взвешенных веществ является отстаивание. При отстаивании на кинетику осаждения взвешенных веществ оказывает влияние целый ряд факторов. Основными из них являются: размер и форма частиц, температура сточной жидкости, удельные веса жидкости и частиц, вязкость воды и другие. При осаждении взвесей происходит взаимодействие частиц между собой, что приводит к агломерации их и изменению скорости выпадения (гидравлической крупности), используемой для расчета отстойников различных типов. Кинетику осаждения взвешенных веществ устанавливают экспериментально в лабораторных условиях путем построения кривых осаждения (седиментации).

**2. Порядок выполнения работы**

Количество оседающих веществ следует определять в цилиндрах высотой 500 мм и диаметром не менее 120 мм. Кинетика выпадения взвешенных веществ производится весовым и объемным способом.

1. Исследуемую воду тщательно взбалтывают и наливают в 10 цилиндров высотой 500 мм и диаметром не менее 120 мм. Через определенные промежутки времени (1, 3, 5, 10, 15, 20, 30, 60, 90, 120 минут) ведут отбор проб специальным пробоотборником на 10 мл на определение концентрации взвешенных веществ.

2. Отобранную пробу помещают в предварительно взвешенную с точностью 0,0001 г и высушенную до постоянного веса выпарительную чашку. Затем ее ставят в сушильный шкаф и сушат при температуре, равной 105<sup>о</sup>С до постоянного веса.



Далее переносят в эксикатор, охлаждают, взвешивают. Увеличение веса чашки после сушки по сравнению с пустой выражают собой содержание взвешенных веществ в 10 мл воды. Концентрацию взвешенных веществ определяют по формуле:

$$C = (a - b) \cdot 100 \cdot 1000, \text{ мг/л} \quad (2.1)$$

где:  $a$  – вес чашки после сушки, г

$b$  – вес пустой чашки, г

Одновременно определяют концентрацию взвешенных веществ в исходной воде.

3. По результатам определений строят графики зависимости эффекта осветления от продолжительности отстаивания (рис.2.1.) и количества выпавшего осадка от времени отстаивания (рис.2.2.) для сточных вод с различным исходным содержанием взвешенных веществ. Эффект осветления определяют по формуле:

$$\mathcal{E} = \frac{C_0 - C}{C_0} \cdot 100\%, \quad (2.2)$$

где:  $C_0$  – концентрация взвешенных веществ в исходной воде, мг/л;

$C$  – концентрация взвешенных веществ в отстаивной воде, мг/л;

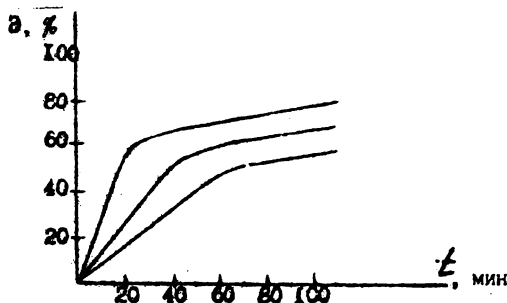


Рис 2.1. Зависимость эффекта осветления сточных вод от продолжительности отстаивания и исходной концентрации взвешенных веществ

При построении графика зависимости количества выпавшего осадка от продолжительности отстаивания и исходной концентрации взвешенных веществ за 100% принимают объем осадка, выпавшего за 2 часа отстоя.

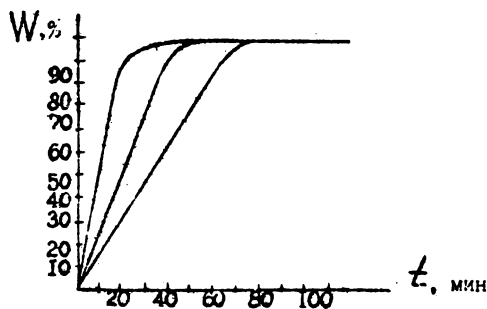


Рис. 2.2 Зависимость количества выпавшего осадка от продолжительности отстаивания и исходной концентрации взвешенных веществ

Более правильным следует считать весовой способ определения кинетики выпадения взвешенных веществ сточных вод, так как осадок, выпавший в начале процесса осаждения к концу опыта с увеличением продолжительности отстаивания уплотняется. При этом уменьшается его влажность, а значит и объем. Полученные кривые выпадения взвеси характеризуют ее дисперсный состав и поведение при отстаивании. Чем круче начальный участок, тем больше крупность и неоднородность взвеси, и тем скорее она осаждается. Переход кривой в прямую линию, параллельную оси абсцисс, указывает на завершение процесса осаждения. При этом в сточной воде может остаться еще значительное количество примесей с удельным весом, близким или равным удельному весу самой воды.

1. Результаты опытов сводятся в таблицу 1

Таблица 1.

| Время, мин. | 1 | 3 | 5 | 10 | 15 | 20 | 30 | 60 | 90 | 120 |
|-------------|---|---|---|----|----|----|----|----|----|-----|
| с, мг/л     |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |
| Э, %        |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |
| W, %        |   |   |   |    |    |    |    |    |    |     |

### 3. Контрольные вопросы

1. Какие факторы оказывают влияние на кинетику осаждения взвешенных веществ?

2. В чем заключается методика определения осаждения взвешенных веществ весовым и объемным методами? Какой способ определения более точен и почему?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

### "ОБРАБОТКА ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД В МЕТАНТЕНКАХ"

**Цель работы:** Оценить работу метантенка степенью распада органического (беззольного) вещества.

#### 1. Общие сведения

Анаэробное сбраживание применяется для стабилизации органического компонента осадков сточных вод путем превращения органических веществ в минеральные. Продуктами сбраживания осадков являются газообразные вещества (метан, углекислота), вода, густая масса черного цвета, называемая сброженным осадком. Основным показателем, характеризующим процесс сбраживания, является степень распада органического вещества, что определяет убыль беззольного вещества. Степень распада органического вещества в метантенке зависит от дозы загрузки сырого осадка. Чем выше доза загрузки, тем ниже степень распада. Если при сбраживании распадается примерно 50% загружаемого беззольного вещества, то сброженный осадок будет достаточно стабильным, а доза загрузки при этом считается оптимальной и технически приемлемой. Процесс брожения состоит из 2 фаз. Первую фазу называют кислой или водородной. Она характеризуется слабокислой средой ( $\text{pH} = 6-7$ ). Конечными продуктами распада органических веществ являются низкие органические кислоты: муравьиная, уксусная, пропионовая, масляная и др., низшие спирты, аминокислоты, глицерин, некоторые альдегиды и кетоны, углекислота, водород, сероводород, аммиак. Процесс брожения в первой фазе производится факультативными анаэробами (молочнокислые, уксуснокислые, пропионовокислые и др.) и некоторыми облигатными анаэробами (маслянокислые бактерии, целлюлозные, ацетобутиловые и др.). Вторую фазу процесса брожения называют щелочной или метановой. Она характеризуется слабощелочной средой ( $\text{pH} = 7-8$ ). В этой фазе происходит переработка продуктов предыдущего распада бактериями второй фазы брожения с образованием в основном углекислоты и метана. Бактерии второй фазы — это облигатные анаэробы: метанобактерии, метаносарцины, метанококки и др. Ход процесса брожения зависит от ряда причин: доза загрузки, содержание органических веществ в осадке, режима сбраживания: мезофильный ( $35^\circ\text{C}$ ) и термофильный ( $55^\circ\text{C}$ ). При термофильном режиме процесс идет более интенсивно и глубоко, чем при мезофильном. Процесс брожения контролируется по анализу иловой жидкости. Для мезофильного режима характерны следующие показатели: ще-

лочности – 4-15 мг. экв/л, азот аммонийных солей - 500-700 мг/л, для термофильного режима – щелочность – 70-80 мг. экв/л, содержание жирных кислот – 6-8 мг. экв/л, азот аммонийных солей – 600-800 мг/л.

## 2. Схема и описание опытной установки

Схема опытной установки представлена на рис.1. Установка состоит из термостата 1 и установленных в нем двух стеклянных сосудов. Сосуд 3 заполняется осадком в соответствии с расчетной дозой загрузки. При сбраживании осадка происходит выделение газа. Газ по газоотводной трубке 4 собирается вверху сосуда 5 и давит на воду. Вода при этом поднимается по стеклянной трубке 6, далее по резиновой трубке 7 и собирается в колбу 8. В термостате поддерживается постоянная температура, которую определяют по термометру 2.

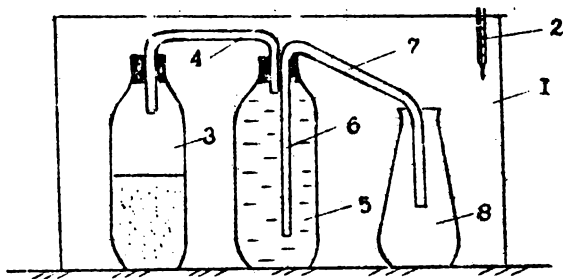


Рис.1. Схема лабораторной модели метантенка

1 – термостат, 2 – термометр, 3 – стеклянный сосуд, заполненный осадком (метантенк), 4 – горизонтальная трубка, 5 – стеклянный сосуд, заполненный водой, 6 – стеклянная трубка, 7 – резиновая трубка, 8 – колба.

## 3. Порядок выполнения работы

3.1. Метантенк загружается осадком. Доза загрузки составляет 12% от объема метантенка. Сосуд 5 заполняется водой. Терморегулятор устанавливается на поддержание температуры, соответствующей выбранному режиму сбраживания. Сбраживание производится в течение 14 суток.

3.2. В день установки метантенка определяют влажность и зольность загружаемого осадка и проводят анализ иллевой воды. Влажность и зольность определяют по методикам, описанным в работе № 5. Осадок отфильтровыва-

ют и в полученной иловой воде определяют pH по pH-метру, азот аммонийных солей, щелочность и содержание жирных кислот по /3/, стр.118.

3.3. Через 14 суток проводят аналогичный анализ иловой воды сброженного осадка. Определяют его влажность и зольность. Наблюдают распад беззольного вещества по увеличению зольности осадка. Анализируют полученные данные, делают вывод по работе.

#### **4. Контрольные вопросы**

1. Из каких фаз состоит процесс брожения? Как он протекает?
2. Как различают режимы сбраживания?
3. Какими параметрами оценивается работа метантенка?
4. По каким методикам определяют в иловой воде азот аммонийных солей, щелочность и содержание жирных кислот?
5. От чего зависит степень распада органических веществ в метантенке?

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4**  
**"АНАЛИЗ ОСАДКА ЗАДЕРЖИВАЕМОГО В АЭРИРУЕМОЙ**  
**ПЕСКОЛОВКЕ И ОЦЕНКА ЕЕ РАБОТЫ (НА ДЕЙСТВУЮЩИХ**  
**ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ)"**

**Цель работы:** Охарактеризовать работу песколовки по качеству уловленного осадка: плотности, влажности, зольности, содержанию песка в осадке, по фракционному составу песка в осадке

**1. Общие сведения**

Аэрируемые песколовки представляют собой удлиненные резервуары, по одной стенке которых установлены аэраторы. Аэрация жидкости создает вращательное движение воды в песколовке. Вращательное и поступательное движения образуют винтовые движения потока. Аэрация воды способствует отмывке песка от органических примесей. Увеличение времени пребывания воды и действию аэрации способствуют улавливанию песка мелких фракций и повышению эффекта работы песколовки. При оптимальной интенсивности аэрации 3-5 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> х ч зольность осадка составляет 90-95 %. Нормальная влажность осадка 25-30%, плотность 1,6-1,8 т/м<sup>3</sup>. Большая влажность осадка и малая его плотность свидетельствуют о том, что в нем содержится много органических загрязнений. Если зольность осадка из песколовки больше 80%, а содержание песка в осадке больше 75%, то работу песколовки можно считать удовлетворительной.

**2. Порядок выполнения работы**

2.1. Отбор пробы осадка для анализа производят из емкости, в которую выгружают осадок или непосредственно из песколовки.

2.2. Измеряют количество осадка, уловленного песколовкой.

2.3. Из лабораторных журналов, имеющихся на очистных сооружениях, выписывают расход сточных вод, скорость течения сточной воды, глубину потока и время работы песколовки.

2.4. Определяют объемный вес осадка из песколовки, для чего взвешивают мерный цилиндр емкостью 500 мл. В него накладывают осадок, встряхивают цилиндр на ладони после прибавления новой порции объемом 100 мл. Снова взвешивают цилиндр. Разность веса цилиндра с осадком и пустого, умноженное на два, составляет объемный вес осадка (кг/л).

2.5. Определяют влажность и зольность осадка из песколовки. В предварительно взвешенную фарфоровую чашку берут 100 г сырого осадка и

сушат в сушильном шкафу. Потеря в весе осадка на 100 г составляет влажность осадка в %. Навеску сухого осадка, предварительно измалыченную, квартуют и отбирают 1 г, помещают в фарфоровый тигель, заранее взвешенный и прокалывают в муфеле. Вес золы выражают в % на сухое вещество.

2.6. Определение содержания песка в % по фракциям. После определения объемного веса (записывается вес осадка) осадок из цилиндра переносят в большую фарфоровую чашку и отмывают от органических веществ путем интенсивного взмучивания осадка и осторожного сливания воды, не теряя песка. Отмытый песок сушат и рассеивают на ситах с отверстиями 1; 0,5; 0,25 мм. Отдельные фракции песка взвешивают и складывают. Общий вес принимают за 100. Вычисляют в % каждую фракцию по отношению к общему весу песка, взятому за 100%.

### 3. Обработка опытных данных

Полученные данные по определению влажности и зольности осадка заносятся в таблицу 1 по форме 1. Данные по определению плотности, фракционного состава песка и содержания его в осадке заносятся в таблицу по форме 2 (приложение 1). Результаты анализа осадка заносят в таблицу по форме 3 (приложение 1).

Таблица 1

Результаты измерений при определении влажности и зольности осадка

Форма 1

| № опы-та | Место отбора проб | Влажность |                     |                        |                              |                      |                        |              |
|----------|-------------------|-----------|---------------------|------------------------|------------------------------|----------------------|------------------------|--------------|
|          |                   | № чашки   | Измеренные величины |                        |                              | Вычисленные величины |                        |              |
|          |                   |           | Масса чашки, г      | Масса чашки с осад., г | Масса чашки с сухим осад., г | Масса осадка, г      | Масса сухого осадка, г | Влажность, % |
| 1        | 2                 | 3         | 4                   | 5                      | 6                            | 7                    | 8                      | 9            |

Продолжение формы 1

| Зольность                         |                              |                 |
|-----------------------------------|------------------------------|-----------------|
| Измеренные величины               | Вычисленные величины         |                 |
| масса чашки после прокалывания, г | масса прокаленного осадка, г | зольность, %, 3 |
| 10                                | 11                           | 12              |

#### **4. Контрольные вопросы**

1. Какими показателями характеризуется работа взвешиваемых песколовок?
2. В чем заключается методика определения влажности, зольности, плотности осадка?
3. Каким методом производят определение фракционного состава песка?
4. Дать технологическую оценку работы взвешиваемой песколовки.



ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5  
" ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ОСАДКА  
СТОЧНЫХ ВОД "

**Цель работы:** Ознакомиться с методикой определения основных свойств осадка: влажности, гигроскопической влажности, общей влажности, зольности, содержания беззольного вещества, плотности, концентрации осадка по сухому веществу, удельному сопротивлению осадка.

**1. Основные сведения**

Осадок, образующийся в процессе очистки сточных вод, характеризуется различным составом и свойствами, которые в свою очередь зависят от конкретных условий образования сточных вод, от метода очистки и условий эксплуатации очистных сооружений.

Основными свойствами, которые в достаточной мере характеризуют осадок, являются: влажность, зольность, содержание беззольного вещества, плотность, концентрация сухого вещества и удельное сопротивление.

**2. Порядок выполнения работы**

**В л а ж н о с т ь.** Определяют ускоренным методом.

В выпарительную чашку, предварительно взвешенную до постоянного веса, прокаленную и взвешенную с точностью до 0,001 г, наливают ложкой 10 мл осадка. После этого чашку взвешивают и ставят сушиться между двумя электрическими лампами мощностью по 200 Вт каждая. Лампы снабжены отражателями конической формы, выпущенные из белой жести и закрепленные на штативах. Между лампами помещают асбестовую сетку, на которую ставят чашку с навеской и сушат в течении 15 минут. После этого чашку снимают и покрывают часовым стеклом. При конденсации влаги на стекле навеску сушат еще 2 минуты и проверяют снова. Сушку ведут до момента, когда на стекле не будет конденсироваться влага. Полученный осадок называется воздушно-сухим. По окончании сушки пробу охлаждают под стеклом и взвешивают.

Влажность осадка рассчитывают по формуле:

$$p' = \frac{m_2 - m_1}{m_2 - m_1} 100\% \quad (5.1)$$

где:  $m_1$  — масса пустой чашки, г;  
 $m_2$  — масса чашки с сырым осадком, г;  
 $m_3$  — масса чашки с осадком после сушки под лампой, г

**Гигроскопическая влажность.** Определяется сушкой воздушно-сухого осадка до постоянного веса.

Чашку с воздушно-сухим осадком (после сушки под лампами) переносят в сушильный шкаф и сушат при температуре 105°C до постоянного веса. По окончании сушки чашку охлаждают в эксикаторе и взвешивают с точностью до 0,0001 г. Расчет гигроскопической влажности ведут по формуле:

$$p'' = \frac{m_3 - m_1}{m_3 - m_1} 100\% , \quad (5.2)$$

где:  $m_1$  — масса чашки с осадком после сушки в сушильном шкафу, г

**Общая влажность.** Выражает отношение массы воды к общей массе сырого осадка. Рассчитывается по формуле:

$$p = \frac{m_2 - m_1}{m_2 - m_1} 100\% , \quad (5.3)$$

**Зольность.** Определяют путем прокаливания в муфельной печи при температуре 600–700°C абсолютно-сухой навески осадка. Характеризует содержание минеральных веществ осадка. Чашку с навеской абсолютно-сухого осадка (после сушки в сушильном шкафу) помещают в муфельную печь и прокаливают при температуре 600–700°C до постоянного веса (обычно в течении 20 минут). После этого тигель охлаждают в эксикаторе и взвешивают на аналитических весах. Зольность осадка определяют по формуле:

$$z = \frac{m_3 - m_1}{m_4 - m_1} 100\% , \quad (5.4)$$

где:  $m_3$  — масса чашки с прокаленным осадком, г.

Озоление ведут осторожно, чтобы осадок частично не улетел с газами, образующимися при сгорании пробы. Для этого сначала осадок прокаливают на электроплитке и чашку прикрывают крышкой.

**Содержание беззольного вещества.** Характеризует содержание органических веществ в осадке. Определяют по формуле:

$$B = 100 - Z, \% \quad (5.5)$$

**Плотность.** Характеризует массу единицы его объема и выражается отношением всех составных компонентов осадка к его объему.

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{W}, \text{ м/м}^3 \quad (5.6)$$

где:  $W$  – объем осадка, мл.

**Концентрация осадка по сухому веществу.** Вычисляется по формуле:

$$K = \frac{(m_4 - m_1) \cdot 1000}{W}, \text{ г/л} \quad (5.7)$$

**Удельное сопротивление осадка.**

Удельное сопротивление представляет собой сопротивление единицы массы твердой фазы, отлагающейся на единице площади фильтра при фильтровании под постоянным давлением суспензии, вязкость жидкой фазы которой равна единице. Удельное сопротивление определяют опытным путем и вычисляют по формуле:

$$r = \frac{2P \cdot F^2}{\eta \cdot K} \cdot b, \text{ см/г} \quad (5.8)$$

где:  $P$  – вакуум, при котором происходит фильтрация, г/см.с<sup>2</sup>;

$F$  – площадь фильтра, см<sup>2</sup>;

$\eta$  – вязкость фильтрата (для воды 0,01);

$K$  – концентрация сухого вещества осадка, г/см<sup>3</sup>;

$b$  – параметр, получаемый опытным путем, с/см<sup>6</sup>

### Порядок выполнения работы.

Установка для моделирования процесса вакуум-фильтрования представлена на рис. 5.1.

На дно воронки Бюхнера 1 укладывают фильтровальную ткань, вырезанную по диаметру воронки, и присасывают ее вакуум-насосом 3 при открытом запорном кране 8 и закрытом кране 9. Создают заданное разрежение в системе. Затем в воронку наливают 100 мл осадка. Доводят осторожно вакуум до требуемой величины, регулируя его запорным краном

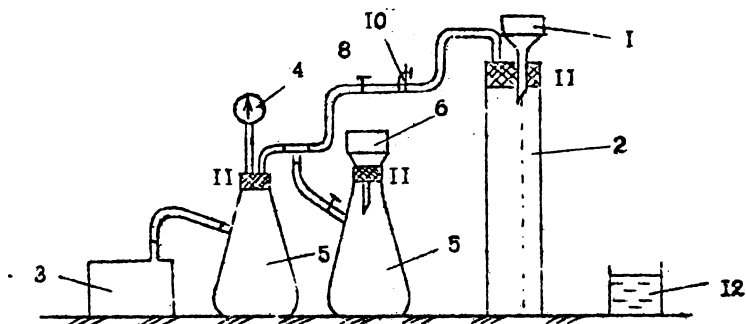


Рис. 5.1. Схема лабораторной установки

1 – воронка Бюхнера; 2 – мерный цилиндр; 3 – вакуумный насос; 4 – вакууметр; 5 – колба Бунзена; 6 – воронка Бюхнера; 7 – тройник; 8, 9, 10 – запорные краны; 11 – резиновые, герметически заделанные пробки; 12 – стакан с осадком.

10, и включают секундомер. Резко повышать вакуум не следует, т.к. это может привести к спрессовыванию кека и, следовательно, увеличению удельного сопротивления. Дальнейшее фильтрование производят при постоянном вакууме. Количество образующегося фильтрата замеряют в цилиндре 2 через каждые 30 – 120 с (30 с – для скоагулированных осадков).

Продолжительность фильтрации зависит от скорости отдачи воды. Надо стремиться получить большее количество отсчетов, но не следует вести фильтроцикл более 20 минут. Результаты замеров записывают в следующем виде:

| $T, c$ | $V_n, cm^3$ | $V = V_T - V_0$ | $T/V$ | $T, c$ | $V_n, cm^3$ | $V = V_T - V_0$ | $T/V$ |
|--------|-------------|-----------------|-------|--------|-------------|-----------------|-------|
| 0      |             |                 |       | 240    |             |                 |       |
| 60     |             |                 |       | 300    |             |                 |       |
| 120    |             |                 |       | 360    |             |                 |       |
| 180    |             |                 |       | 420    |             |                 |       |

Здесь  $T$  – время фильтрации;  $V_0$  – начальный объем фильтрата, (60  $cm^3$ ),  $V_T$  – последующие объемы фильтрата.

Расчет удельного сопротивления ведут по формуле 5.8. Концентрация сухого вещества  $K$  в этой формуле определяется по методике, описанной выше.

Коэффициент  $b$  выражает собой тангенс угла наклона прямой, построенной в координатах  $T/V$  и  $V$ , и определяется графически (см. рис. 5.2).

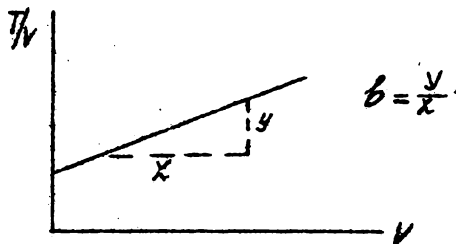


Рис. 5.2. График для определения коэффициента  $b$ .

#### 5. Контрольные вопросы:

1. Как определяется средняя влажность осадка?
2. Что такое зольность и содержание беззольного вещества?
3. В чем заключается методика определения удельного сопротивления осадка?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

### "ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ОСАДКА НА ДЕЙСТВУЮЩЕЙ МОДЕЛИ ЦЕНТРИФУГИ"

Цель работы: 1. Опытным путем определить индексы центрифугирования различных осадков.

2. Путем сравнения значений  $I$  и исходных характеристик осадков установить влияние свойств осадка на их способность к центрифугированию.

#### 1. Общие сведения.

Для анализа процесса гравитационного разделения суспензий применяется формула Стокса:

$$R = 3\pi\mu u \quad (6.1)$$

где:  $R$  – сила сопротивления движению частиц, кгс;  
 $\mu$  – динамическая вязкость дисперсной среды, кгс/м<sup>2</sup>;  
 $d$  – эквивалентный диаметр частиц, м;  
 $u$  – скорость движения частиц в радиальном направлении, м/с.

При оседании частиц в центробежном поле сила его  $P$ , кгс, определяется по формуле:

$$P = V(\rho - \rho_1) \cdot g \cdot \Phi \quad (6.2)$$

где:  $V$  – объем оседающей частицы;  
 $\rho, \rho_1$  – плотность соответственно твердой и жидкой фаз исходной суспензии;  
 $g$  – ускорение свободного падения;  
 $\Phi$  – фактор разделения, показывающий во сколько раз центробежное ускорение в роторе центрифуги больше ускорения свободного падения. В центробежном поле  $P=R$ , и поэтому:

$$V(\rho - \rho_1) g \Phi = 3\pi\mu u, \quad (6.3)$$

где:  $u$  – объем частицы, который определяется по формуле:

$$u = \frac{\Phi \cdot g}{18\mu} \cdot (\rho - \rho_1) \cdot d^2, \quad (6.4)$$

где:  $d$  – диаметр частицы.

Т.к. 
$$\rho = \gamma g, \quad (6.5)$$

$$\text{то} \quad U_v = \frac{\Phi}{18\mu} \cdot (\gamma - \gamma_1) \cdot d^2, \quad (6.5)$$

где:  $\gamma$  и  $\gamma_1$  – объемный вес соответственно твердых частиц и дисперсной среды.

## 2. Порядок выполнения работы

2.1. По методике, изложенной в работе № 5, определяют влажность и зольность исходных осадков.

2.2. В фарфоровую чашку или тигель помещают определенный объем осадка (50–100 мл) и взвешивают. Стобренные пробы осадка обезвсжидают на водяной бане, а затем сушат в сушильном шкафу. Зольность осадков определяют после прокалывания проб в муфельной печи.

$$W_{\text{вск}} = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \cdot 100\%, \quad (6.7)$$

где:  $G_1$  – масса пробы осадка исходной влажности, г;

$G_2$  – масса высушенной пробы осадка, г;

$W_{\text{вск}}$  – влажность осадка, %

$$W = \frac{G_2 - G_1}{G_1}, \quad (6.8)$$

где  $G_2$  – масса прокаленного осадка, г.

Концентрация сухого вещества в исходном осадке:

$$C_{\text{вск}} = G_2/V_1, \quad (6.9)$$

где:  $V_1$  – объем пробы исходного осадка, см<sup>3</sup>.

Объемный вес осадка:

$$\gamma = G_1/V_1, \quad (6.10)$$

## 2.3 Определение индекса центрифугирования.

2.3.1. Центрифугирование осадков производят на лабораторной пробирочной центрифуге типа WE-6 или СЭ-3 при  $\Phi = 5600$  в течении  $\tau = 120$  с. Радиус ротора  $R$ , м, определяют замером. По формуле (6.11) находят число оборотов ротора в 1 минуту  $n$ :

$$\Phi = \frac{n^2 R}{900}. \quad (6.11)$$

2.3.2. В калиброванные и пронумерованные пробирки наливают различные осадки объемом  $V_1$  и помещают в центрифугу. После центрифугирования замеряется высота слоя фугата  $h$ , объем уплотненного в пробирках кека  $V$ , см<sup>3</sup>.

2.3.3. По формуле 6.12. вычисляют индекс центрифугирования:

$$I = \frac{V_{\kappa}}{C_{\text{max}} \cdot V}, \quad (6.12)$$

где:  $V$  – объем исходного осадка,  $\text{см}^3$ ;

$V_{\kappa}$  – объем кека, уплотненного в пробирках лабораторной центрифуги,  $\text{см}^3$ .

Чем ниже значение  $I$ , тем эффективнее процесс центрифугирования. Полученное значение  $I$  указывает на способность осадков к разделению в центробежном поле. Путем сравнения значений  $I$  и исходных характеристик осадков устанавливают влияние свойств осадка на их способность к центрифугированию.

### 3. Обработка опытных данных

Результаты измерений и определений параметров при центрифугировании осадков заносят в таблицу 1 (см. приложение 2)

### 4. Контрольные вопросы

1. Как определяется индекс центрифугирования осадка?
2. Какой параметр показывает, во сколько раз центробежное ускорение в роторе центрифуги больше ускорения свободного падения?



**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7**  
**"ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ**  
**ДИСКОВОГО БИОФИЛЬТРА"**

**Цель работы:** Определить эффект очистки сточных вод на дисковых биофильтрах.

**1. Общие сведения.**

Биологические фильтры (биофильтры) представляют собой сооружения биологической очистки, в которых сточная вода фильтруется через крупнозернистый материал, покрытый биологической пленкой, образованной колониями аэробных микроорганизмов. Взвешенные вещества, а также коллоидные частицы и растворенные органические вещества, содержащиеся в неочищенной сточной жидкости, при фильтрации через загрузку биофильтра сорбируются биологической пленкой. Микроорганизмы биопленки окисляют органические вещества. Отработанная биопленка вымывается протекающей сточной водой и выносится из тела биофильтра.

Отличительными особенностями дисковых биофильтров являются: малая чувствительность к колебаниям расхода и концентраций загрязнения сточных вод, возможность периодических пиковых нагрузок, которые могут кратковременно снижать общий эффект очистки, но не нарушают устойчивости работы сооружений.

**2. Схема и описание опытной установки.**

Модель производственного стока с БПК<sub>5</sub> = 2500–6000 мг/дм<sup>3</sup> готовится в баке 11 путем наполнения его водопроводной водой и добавлением в него молока при постоянном перемешивании. Далее сток поступает в 2-х ступенчатый дисковый биофильтр с продольным расположением вала 5. Биофильтр может работать с последовательным и продольным протеканием жидкости по секциям. Расход поступающей на биофильтр сточной жидкости регулируется задвижкой 12. После отстаивания в вертикальном отстойнике очищенная сточная вода сбрасывается в канализацию. Осадок, образующийся в отстойнике, периодически удаляется. Для определения качества поступающей и очищенной сточной воды проводится их анализ на основные показатели: температуру, ХПК, БПК<sub>5</sub>, растворенный кислород. Схема лабораторной установки представлена на рис. 7.1.

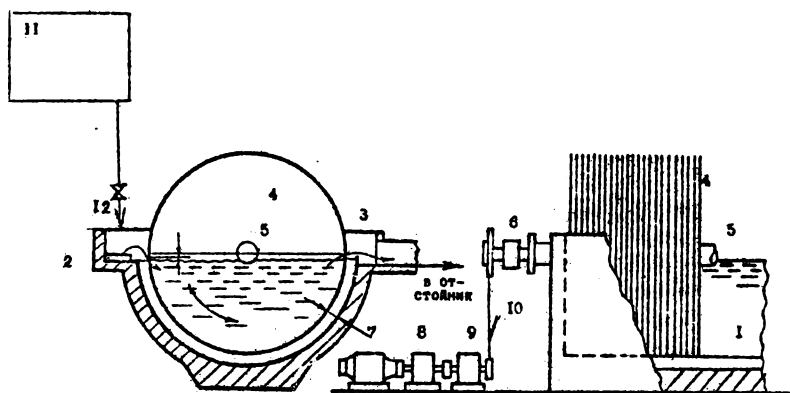


Рис. 7.1. Схема устройства блока биодисков

1 – корыто; 2 – впускной лоток; 3 – сборный лоток; 4 – диски; 5 – вал; 6 – подшипник  
 олова; 7 – мотор; 8 – редуктор; 9 – вариатор; 10 – цепная передача; 11 – расходный бак;  
 12 – задвижка.

### 3. Порядок выполнения работы

3.1 Замеряют расход неочищенной сточной воды, поступающей из бака объемным способом:

$$Q = \frac{W}{t}, \quad \text{л/с} \quad (7.1)$$

где:  $W$  – объем воды, л

$t$  – время наполнения мерного сосуда, с.

3.2. Пробы сточной воды отбирают на входе очищаемой сточной жидкостью в биофильтр и на выходе из каждой работающей секции, учитывая время пребывания сточной жидкостью в секции. Определяют объем осадка и отбирают пробу для определения его влажности и зольности. Анализы сточной воды и осадка проводятся по методикам, изложенным в лабораторных работах №№ 1 и 5.

3.3. Определяют гидравлическую нагрузку:

$$q_0 = \frac{Q}{S}, \quad \text{м}^3/\text{сут} \cdot \text{м}^2 \quad (7.2)$$

где:  $Q$  – расход сточных вод, м<sup>3</sup>/сут;

$S$  – площадь поверхности дисков, м<sup>2</sup>.

3.4. Определяют органическую нагрузку биофильтра по БПК<sub>3</sub>:

$$P = L_1 \cdot q_o, \quad \text{гБПК}_3/\text{м}_2 \cdot \text{сут} \quad (7.3)$$

где:  $L_1$  – БПК<sub>3</sub> неочищенной сточной воды, г/м<sup>3</sup>

3.5. Вычисляют окислительную мощность по снятой БПК<sub>3</sub> :

$$OM = (L_1 - L_2) \cdot q_o, \quad \text{г/м}^3 \cdot \text{сут} \quad (7.4)$$

где:  $L_2$  – БПК<sub>3</sub> очищенной сточной воды, г/м<sup>3</sup>.

3.6. Находят эффект очистки сточной жидкости по БПК<sub>3</sub>:

$$\mathcal{E} = \frac{L_1 - L_2}{L_1} \cdot 100\%, \quad (7.5)$$

#### 4. Обработка опытных данных

1. Результаты определений заносят в таблицы по форме 1 и 2 (см. приложение 3).

2. Результаты лабораторных определений показателей работы дисковых биофильтров сравнивают с работой существующих (по литературным данным) и делают вывод о проделанной работе.

#### 5. Контрольные вопросы

1. В чем заключается отличие биологической очистки в аэробных условиях от очистки в анаэробных условиях?

2. При увеличении органической нагрузки при биологической очистке сточных вод на биофильтрах значительно уменьшается степень удаления аммонийного азота. Чем это можно объяснить?

3. Чем отличаются две фазы процессов нитрификации?

4. Как определяется гидравлическая нагрузка, органическая нагрузка и окислительная мощность?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

### "ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ПОВЕРХНОСТНОГО АЭРАТОРА"

Цель работы: Экспериментальным путем определить значение производительности по кислороду, эффективность аэрации поверхностного аэратора, построить график зависимости производительности по кислороду  $Q_{\text{окр}}$ , г/с, от расхода жидкости, м<sup>3</sup>/ч.

#### 1. Общие сведения

Для нормального протекания процесса биохимической очистки сточных вод в аэробных условиях в среде должна быть достаточная концентрация основных элементов питания и кислорода. Основные элементы питания микроорганизмов содержатся в сточных водах обычно в достаточных количествах, а требуемый кислород для окисления загрязнений может поступать в сточные воды из воздуха.

#### 2. Схема и описание установки

Установка состоит (рис.8.1.) из колонны 1 с прозрачной стенкой и установленной в ней под углом 60° испытуемой пластины-аэратора 6.

Аэратор работает следующим образом. Вода из колонны по направляющей трубе подается вверх и под острым углом, обеспечивающим безотрывное протекание жидкости, натекает на нижнюю струенаправляющую поверхность аэратора. В месте встречи водяной струи с поверхностью пластины происходит пленочное растекание ее, при котором потоком жидкости захватывается и диспергируется в виде отдельных пузырьков воздух. При наличии на пластине контактных элементов, например, отверстий, дополнительное количество воздуха вовлекается в поток при без-

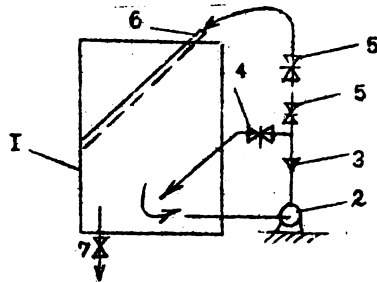


Рис. 8.1. Схема опытной установки  
1 - колонна с прозрачной стенкой; 2 - насос;  
3 - ротаметр; 4 - кран на линии струйного перемешивания; 5 - кран и вентиль на линии струйного орошения; 6 - пластина; 7 - зажим на линии отбора проб.

отрывном обтекании их. При этом струи жидкости захватывают и дробят воздух вследствие образования зоны пониженного давления за ними и пульсаций граничного слоя. Воздух вовлекается также при входе аэрируемой струи в жидкость в колонии.

### 3. Порядок выполнения работы

Методика проведения работы: перед каждым опытом в колонну заливают до линии нижнего обреза пластины аэратора водопроводную воду, затем ее обескислороживают добавлением реагента — сульфита натрия (с хлористым кобальтом в качестве катализатора) до концентрации растворенного кислорода примерно 1–2 г/м<sup>3</sup>. Перед отбором пробы жидкости на анализе после обескислороживания содержимое колонны тщательно перемешивают насосом в течении 1–2 минут для выравнивания концентраций кислорода во всем объеме воды. После этого закрывают кран на линии к насадку струйного перемешивания и открывают кран к насадку струйного орошения и с помощью вентиля устанавливают заданный расход воды. Фиксируют время работы аэратора по секундомеру и по истечении заданного времени опыта (2–4 минуты) поток отсекают закрытием крана на линии подачи воды к насадку струйного перемешивания и после выравнивания концентраций в объеме отбирают пробу жидкости из колонны. Замеряют температуру воды и определяют концентрацию кислорода в пробе. Растворенный кислород измеряют анализатором АКВА–Д, расход воды — ротаметром. Результаты опытов записывают в таблицу. Опыты проводят для каждой пластины при 3–х различных значениях расхода воды. При каждом расходе опыт повторяют 2–3 раза. По каждому из опытов затем определяют среднее значение производительности по кислороду и эффективности аэрации. Производительность по кислороду или окислительную способность аэрации вычисляют по формуле:

$$Q_0 = OC = \frac{2,3}{\Delta t} \{lg(C_2 - C_1) - lg(C_3 - C_2)\} WC, \quad (8.1)$$

где:  $\Delta t$  — время между отборами проб;  
 $C_2$  — равновесная концентрация насыщения воды кислородом при температуре проведения опыта, г/м<sup>3</sup>, (определяется по табличным данным);  
 $C_1, C_2$  — концентрация кислорода в начале и в конце опыта, г/м<sup>3</sup>;  
 $W$  — объем воды в установке, м<sup>3</sup>.

Эффективность аэрации определяют по формуле:

$$\eta_a = \frac{P}{OC}, \text{ Вт} \cdot \text{ч} / \text{т} \text{ O}_2 \quad (8.2)$$

где:  $P$  — энергия, затраченная на работу аэратора, Вт·ч.

#### 4. Обработка данных

Полученные данные заносят в таблицу 8.1.

Таблица 8.1.

| №№<br>опыта | Расход<br>жидкости,<br>$\text{м}^3/\text{ч}$ | $C_1$ ,<br>$\text{г}/\text{м}^3$ | $C_2$ ,<br>$\text{г}/\text{м}^3$ | $\Delta t$ ,<br>°C | $t$ ,<br>°C | $C$ ,<br>$\text{г}/\text{м}^3$ | $O_2$ ,<br>$\text{г}/\text{г}$ | $O_{\text{эф}}$ ,<br>$\text{г}/\text{г}$ | $Z_0$ | $Z_{\text{эф}}$ |
|-------------|--|----------------------------------|----------------------------------|--------------------|-------------|--------------------------------|--------------------------------|--|-------|-----------------|
|             |  |                                  |                                  |                    |             |                                |                                |  |       |                 |

На основе расчетных данных строят график зависимости (рис. 8.2) производительности по кислороду  $Q_{\text{эф}}$ ,  $\text{г}/\text{г}$ , от расхода жидкости  $L$ ,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , для каждой из исследованных пластин.

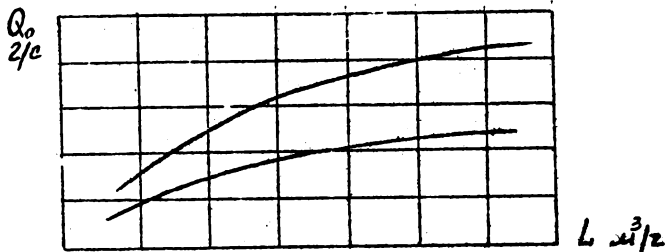


Рис. 8.2. Зависимость производительности по кислороду аэраторов различной конструкции от расхода жидкости.

#### 5. Контрольные вопросы

1. От каких параметров зависит эффективность работы поверхностных аэраторов?
2. Принцип работы поверхностных аэраторов.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9**  
**"ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ**  
**ХАРАКТЕРИСТИК АЭРОТЕНКОВ (НА ДЕЙСТВУЮЩИХ**  
**ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ)"**

**Цель работы:** Дать оценку технологической эффективности и составить технологическую карту работы аэротенка. Разработать предложения по повышению эффективности работы аэротенков.

**1. Общие сведения**

В аэротенках процесс биологической очистки сточных вод осуществляется при аэрации смеси сточных вод и активного ила. Активный ил представляет собой биензоз зооглейных скоплений бактерий и простейших организмов. Качество активного ила зависит от полноты предварительного отстаивания очищаемых сточных вод, характера органических загрязнений и степени их минерализации, продолжительности аэрации, количества подаваемого воздуха и др.

Качество активного ила характеризуется соотношением между массой загрязнений и массой активного ила, называемым нагрузкой на ил, которая может быть определена по БПК<sub>5</sub> или БПК<sub>полн</sub> и по взвешенным веществам, содержащимся в сточной жидкости. Нагрузка на ил по БПК<sub>5</sub>, мг/(г·сут), определяется соотношением количества подаваемых за сутки загрязнений и количеством беззольного вещества активного ила.

$$N = \frac{БПК_5 \cdot Q_B}{V a_{\text{ил}} (1 - Z_n)} = \frac{БПК_5 \cdot 24}{a_{\text{ил}} \cdot t_{\text{аэр}} (1 - Z_n)}, \quad (9.1)$$

где:  $Q_B$  – расход поступающих сточных вод, м<sup>3</sup>/сут;  
 $V$  – объем аэротенка, м<sup>3</sup>;  
 $t_{\text{аэр}}$  – время аэрации, ч;  
 $a_{\text{ил}}$  – доза ила по сухому веществу, г/л;  
 $Z_n$  – зольность ила в долях единицы.

Окислительная мощность аэротенка  $OM$ , г/(м<sup>3</sup>·сут), – количество снятых за сутки загрязнений с 1 м<sup>3</sup> сооружения.

$$OM = \frac{(БПК_{5\text{поступл.}} - БПК_{5\text{очиц.}}) Q_B}{V} = \frac{\Delta БПК_5 \cdot 24}{t_{\text{аэр}}}, \quad (9.2)$$

где: БПК<sub>5</sub> – количество снятых загрязнений, г/м<sup>3</sup>.

## 2. Порядок выполнения работы

Перед началом работы изучают устройство аэротенка, устанавливают их конструктивные размеры и особенности, систему подачи и распределения воздуха, пресектные и технологические параметры. Затем производят визуальный осмотр, во время которого обращают внимание (записи в журнале) на цвет активного ила и размер хлопьев, равномерность распределения пузырьков воздуха по площади аэротенка, отмечают места выброса воздуха (засор, пробой или вырыв фильтровальной пластины, неплотность заделки стыков), наличие вены и др. Из журналов работы очистных сооружений или опытным путем в лаборатории студенты непосредственно сами определяют основные технологические и эксплуатационные данные и заполняют технологическую карту работы аэротенков. Технологическую эффективность работы аэротенка определяют по качеству очищенной воды, выраженному в обобщенном показателе БПК<sub>5</sub>. Результаты технологических данных записывают в сводную технологическую ведомость по форме 1 (приложение 4).

## 3. Контрольные вопросы

1. Как определяется период аэрации в аэротенках?
2. Что такое иловый индекс, нагрузка на ил по БПК<sub>5</sub>, окислительная мощность и как они определяются?
3. Как рассчитать возраст ила?



ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10  
"ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
РАБОТЫ ВТОРИЧНЫХ ОТСТОЙНИКОВ"

Цель работы: Дать оценку технологической эффективности и составить технологическую карту работы вторичных радиальных отстойников. Разработать предложения по повышению эффективности работы отстойников.

### 1. Порядок выполнения работы

Перед началом работы изучают проект отстойников, устанавливают их конструктивные размеры и особенности, проектные технологические параметры работы. Затем производят визуальный осмотр исследуемого отстойника, во время которого обращают внимание (с записью в журнале) на горизонтальность и состояние кромок водослива (сборных лотков), равномерность перелива жидкости в сборные лотки, вынос плавающих веществ с очищенной жидкостью, всплывание осадка со дна отстойника, выделение пузырьков газа из жидкости, состояние фермы со скребками. Из журналов учета работы очистных сооружений определяют максимальный и минимальный, средний часовые расходы воды, поступающей в отстойник, содержание взвешенных веществ и БПК<sub>5</sub> в поступающей и осветленной воде, влажность выгружаемого осадка (показатели качества воды и осадка определяются студентами в лаборатории).

### 2. Обработка данных

Продолжительность отстаивания воды в отстойнике определяется по формуле:

$$T = \frac{W}{Q} = \frac{\pi(D_{\text{сет}}^2 - d_{\text{от}}^2) \cdot H_{\text{сет}}}{4q_{\text{сет}}}, \quad (10.1)$$

где:  $D_{\text{сет}}$  – диаметр отстойника, м;  
 $d_{\text{от}}$  – диаметр выпускного устройства, м;  
 $H_{\text{сет}}$  – глубина проточной части отстойника, м;  
 $q_{\text{сет}}$  – производительность отстойника, м<sup>3</sup>/ч.

Средняя скорость рабочего потока определяется по ф-ле:

$$V_w = \frac{q_{\text{сет}}}{w} = \frac{2q_{\text{сет}}}{3,6\pi D_{\text{сет}} \cdot H_{\text{сет}}}, \quad (10.2)$$

Оценку эффективности работы отстойников можно выполнить по рекомендациям СНиП (п.п. 6.161, 6.162) и по /6/.

Результаты технологических данных записывают в сводную технологическую ведомость по форме 1 (приложение 5).

### 3. Контрольные вопросы

1. Каков принцип работы вторичных отстойников?
2. Как определяется продолжительность отстаивания воды?

## ЛИТЕРАТУРА

1. Калицун В.И., Ласков Ю.М. Лабораторный практикум по канализации. М., Стройиздат, 1978.
2. Лурье Ю.Ю., Рыбникова А.И. Химический анализ производственных сточных вод. —М.: Издательство "Химия", 1974.
3. Методика технологического контроля работы очистных сооружений городских канализаций. —М.: Стройиздат, 1971.
4. Васин Н.В., Пойга Л.Л. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу "Технология очистки сточных вод", Брест, 1983.
5. Туровский И.С. Обработка осадков сточных вод.—М.: Стройиздат, 1975.
6. Методика оценки технологической эффективности работы городских очистных сооружений канализации (Минжилкомхоз РСФСР, Минводхоз СССР. — М.: Стройиздат, 1987.
7. СНиП 2.04.03—85. Канализация. Наружные сети и сооружения. — М.: Стройиздат, 1985.

Приложение 1

Форма 2

Результаты измерений при определении плотности, фракционного состава песка и содержание его в осадке

| № опыта и дата | Место отбора проб | Плотность           |                             |   |                 | Фракционный состав песка и содержание его в осадке |                              |                                      |         |            |  |
|----------------|-------------------|---------------------|-----------------------------|---|-----------------|--|------------------------------|--------------------------------------|---------|------------|--|
|                |                   | Измеренные величины |                             | Вычисленные величины  |                 | Измеренные величины                                |                              |                                      |         |            |  |
|                |                   | масса цилиндра, г   | масса цилиндра с осадком, г | масса осадка объемом 500 см <sup>3</sup> , G <sub>500</sub> , г | плотность, ρ, г | масса песка, G <sub>п</sub> , г                    | объем песка, см <sup>3</sup> | масса, г, частиц песка диаметром, мм |         |            |  |
| 1              | 2                 | 3                   | 4                           | 5   | 6               | 7  | 8                            | >1                                   | 0,5 – 1 | 0,25 – 0,5 |  |
|                |                   |                     |                             |   |                 |  |                              |                                      |         |            |  |

Продолжение формы 2

| Фракционный состав песка и содержание его в сухом осадке |             |             |   |                                      |    | Примечание |
|--|-------------|-------------|---|--------------------------------------|----|------------|
| Измеренные величины                                      |             |             | Вычисленные величины  |                                      |    |            |
| Масса, г, частиц песка диаметром, мм                     |             |             | Масса сухого вещества в 500 см <sup>3</sup> осадка G <sub>с</sub> , г | Содержание песка в сухом осадке П, % |    |            |
| <0,25  |             |             |   |                                      |    |            |
| в том числе  |             |             |   |                                      |    |            |
| всего  | 0,14 – 0,25 | 0,09 – 0,14 | <0,09   |                                      |    |            |
| 12   | 13          | 14          | 15  | 16                                   | 17 | 18         |
|  |             |             |   |                                      |    |            |



Приложение 3

Форма 1

**Результаты определения показателей работы биологического фильтра**

| Показатели                               | Сточная вода |           | Эффект снижения загрязнений |
|--|--------------|-----------|-----------------------------|
|  | неочищенная  | очищенная |                             |
| БПК <sub>5</sub> , мг/л.                 |              |           |                             |
| Скисляемость, мг/л.                      |              |           |                             |
| Взвешенные вещества, мг/л                |              |           |                             |
| Расход сточной воды, м <sup>3</sup> /млн |              |           |                             |

Форма 2

**Сводная ведомость по определению окислительной мощности биофильтра**

Гидравлическая нагрузка, м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·сут) .....

Нагрузка по взвешенным веществам, г/(м<sup>3</sup>·сут) .....

Нагрузка по БПК<sub>5</sub>, г/(м<sup>3</sup>·сут) .....

Окислительная мощность по чистой БПК<sub>5</sub>, г/(м<sup>3</sup>·сут) .....

## Технологическая карта работы аэротенков

| Дата или продолжительность работы (период) | Номер аэротенка | Кол-во очищенной сточной жидкости м <sup>3</sup> /сут |       | Продолжительность аэрации |       | Расход воздуха                                   |  | БПК <sub>5</sub> , мг/л |       |                      |       | Регенерация, % |
|--|-----------------|---|-------|---------------------------|-------|--|--|-------------------------|-------|----------------------|-------|----------------|
|  |                 | проектн.  | факт. | проектн.                  | факт. | на 1 кг снятой БПК <sub>5</sub> , м <sup>3</sup> | на 1 м <sup>3</sup> сточной воды, м <sup>3</sup> | гоступающ. сточ. воды   |       | выходящей сточ. воды |       |                |
|  |                 |   |       |                           |       |  |  | проектн.                | факт. | проектн.             | факт. |                |
| 1  | 2               | 3   | 4     | 5                         | 6     | 7  | 8  | 9                       | 10    | 11                   | 12    | 13             |

## Продолжение формы 1

| Иловый индекс са <sup>3</sup> /г I | Доза активного ила, г/л |              |         | Нагрузка на 1 г ила |               | Растворенный кислород, мг/г |              |                   | Окислительн. мощность кгБПК <sub>5</sub> /м <sup>3</sup> ·сут | Оценки или хар-ка гидробиологическ. анализа акт. ила | Данные визуального осмотра | Дополн. свед-я. о качестве СВ |           |
|------------------------------------|-------------------------|--------------|---------|---------------------|---------------|-----------------------------|--------------|-------------------|---|--|----------------------------|-------------------------------|-----------|
|                                    | в регенераторах         | в аэротенках | средняя | по БПК <sub>5</sub> | по взв. вещ-м | в регенераторах             | в аэротенках | в отводном канале |   |  |                            | поступающей на ОС             | очищенной |
| 14                                 | 15                      | 16           | 17      | 18                  | 19            | 20                          | 21           | 22                | 23  | 24   | 25                         | 26                            | 27        |

## Технологическая карта первичных стстойников

| № отстойника | Кол-во очищаемой сточной жидкости, м <sup>3</sup> /сут |       | Продолжительность отстаивания, ч |       | Скорость рабочего потока, мм/с |       | Показатели качества воды |                         |                   |                         | Эффект очистки, % |                     |
|--------------|--|-------|----------------------------------|-------|--------------------------------|-------|--------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|---------------------|
|              | проектн.   | факт. | проектн.                         | факт. | проектн.                       | факт. | поступающей              |                         | очищенной         |                         | взвеш. з-ва, мг/л | по БПК <sub>5</sub> |
|              |  |       |                                  |       |                                |       | взвеш. в-ва, мг/л        | БПК <sub>5</sub> , мг/л | взвеш. в-ва, мг/л | БПК <sub>5</sub> , мг/л |                   |                     |
| 1            | 2  | 3     | 4                                | 5     | 6                              | 7     | 8                        | 9                       | 10                | 11                      | 12                | 13                  |

**Учебное издание**

**Составители: Яромский Виктор Николаевич  
Пойта Людмила Лаврентьевна  
Волкова Галина Александровна**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ  
УКАЗАНИЯ**

**к лабораторным работам по дисциплине  
"Водоотведение и очистка сточных вод" для студентов  
специальности Т.19.06.00 "Водоснабжение, водоотведение,  
очистка природных и сточных вод"**

**Часть 2**

**Ответственный за выпуск Яромский В. Н.  
Редактор Строкач Т.В.**

---

**Подписано к печати 1. 09. 97 г. Формат 60×84/16. Бумага писчая № 1. Усл.  
п. л. 2,4. Уч. изд. л. 2,5. Заказ № 491. Тираж 150 экз. Бесплатно. Отпечатано  
на роталпринте Брестского политехнического института. 224017, г. Брест,  
ул. Московская, 267.**