

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»

Стахановский инженерно-педагогический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования «Луганский государственный университет  
имени Владимира Даля»

Кафедра технологии производства и охраны труда

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
к практическим работам  
по дисциплине  
**«ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ  
СТОЧНЫХ ВОД»**  
для студентов направления подготовки  
Профессиональное обучение (по отраслям),  
профиль «Безопасность технологических процессов и производств».

Луганск 2023

*Рекомендовано к изданию Учебно-методическим советом*

ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля»  
(протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_ . \_\_\_\_ . 2023г.)

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «**Техника и технология очистки промышленных сточных вод**» для студентов направления подготовки **Профессиональное обучение (по отраслям)**. / Сост.: С.А. Черникова. – Стаханов: ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2023. – 56 с.

Методические указания к практическим работам содержат восемь практических работ. К каждой работе приведены цель и порядок выполнения работы, контрольные вопросы.

Предназначены для студентов профиля «Безопасность технологических процессов и производств».

|                          |                     |
|--------------------------|---------------------|
| Составитель:             | доц. Черникова С.А. |
| Ответственный за выпуск: | доц. Черникова С.А. |
| Рецензент:               | доц. Петров А.Г.    |

© Черникова С.А., 2023  
© ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |    |
|--|----|
| ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ .....   | 4  |
| ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1.ХАРАКТЕРИСТИКА<br>ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ, ВОДООТВЕДЕНИЯ И ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД<br>НА ПРЕДПРИЯТИИ .....                                       | 5  |
| ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2.ХАРАКТЕРИСТИКА ИСТОЧНИКОВ<br>СТОЧНЫХ ВОД.....   | 7  |
| ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3.УСЛОВИЯ СПУСКА СТОЧНЫХ ВОД В<br>ВОДОЕМЫ .....  | 12 |
| ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4.ОБРАБОТКА ОСАДКОВ ШАХТНЫХ И<br>КАРЬЕРНЫХ ВОД.....   | 20 |
| ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5.ХАРАКТЕРИСТИКА И ПРИНЦИП<br>РАСЧЕТА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ. РАСЧЕТ АЭРОТЕНКОВ ДЛЯ<br>БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ВОД | 26 |
| ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6. ХАРАКТЕРИСТИКА И ПРИНЦИПЫ<br>РАСЧЕТА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ.....  | 31 |
| ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7.ИЗУЧЕНИЕ И ВЫБОР<br>ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННОЙ СТОЧНОЙ<br>ВОДЫ .....  | 37 |
| ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8.РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ВЫБРОСОВ В<br>ПРОЦЕССЕ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД .....   | 40 |
| ВОПРОСЫ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТАМ ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ<br>ОБУЧЕНИЯ .....   | 44 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ №1 .....  | 46 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ №2 .....  | 51 |
| РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....  | 52 |

# ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

## **Содержательный модуль 1. Общие сведения по содержанию курса по промышленным сточным водам, и существующим способам и методам очистки**

**Тема 1.** Введение. Содержание курса. Классификация промышленных сточных вод. Шахтные воды. Водопритоки по шахтным горизонтам; Прогнозирование водопритоков. Состав шахтных вод. Положение с защитой гидросферы в Луганской области.

**Тема 2.** Причины загрязнения подземных вод. Оптимизация и управление водопритоками. Водосборные и водоотливные сооружения.

**Тема 3.** Нормирование качества сбрасываемых сточных вод. Ареалы сброса. Понятие ПДК, ПДС, ЛПВ.

**Тема 4.** Классификация способов, методов и сооружений для очистки сточных вод. Расчет параметров очистных сооружений: песколовок, аэротенков, скорых песчаных фильтров. Биологические способы очистки промышленных стоков.

## **Содержательный модуль 2. Технология очистки сточных шахтных вод и механизмы природоохранной деятельности по защите гидросферы**

**Тема 5.** Порядок и принципы выбора технологических схем очистки сточных вод. Расчеты, пояснительная записка и чертежи технологических схем.

**Тема 6.** Обратные системы водоснабжения. Использование шахтных, карьерных, дренажных вод как источников водоснабжения. Использование осадков сточных вод и активного ила.

**Тема 7.** Инновационные технологии очистки и вторичного использования шахтных вод. Контроль за качеством сброса сточных вод.

**Тема 8.** Экологические механизмы природоохранной деятельности в защите гидросферы. Принцип монетизации затрат. Платежи и штрафы за водопотребление и водоотведение.

# **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1.ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ, ВОДООТВЕДЕНИЯ И ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА ПРЕДПРИЯТИИ**

**Цель работы:** изучить форму экологической отчетности по водопотреблению и водоотведению, рассчитать объемы использованной воды.

Форма 2ТП – водхоз предназначена для учёта объёмов воды, забранной из природных источников, полученной от других водопользователей, использованной отчитывающимся предприятием и переданной другим предприятиям для использования и (или) сброса.

К форме 2ТП – водхоз прилагается балансовая схема водопотребления и водоотведения с указанием часовых расходов воды, их потерь; краткая качественная характеристика воды.

Заполнение таблицы выполняется в соответствии с «Инструкцией о порядке составления статистического отчёта об использовании воды по форме 2ТП – водхоз», утверждённой приказом госкомстата ЛНР.

Общее требование к заполнению таблицы: объём забранной или полученной воды (гр. 4) должен быть равен объёму фактически использованной воды (гр. 6) плюс объём переданной без использования воды (гр. 12) плюс потери воды при транспортировке.

## **Порядок выполнения работы**

1. Изучить форму отчётности 2ТП – водхоз и определить объёмы полученной воды, фактически использованной, в том числе на нужды шахты, переданной другим организациям.

2. Заполнить форму отчётности 2ТП – водхоз по данным таблицы 1.1 по своему варианту.

3. Составить схему водопотребления и водоотведения по образцу, на схеме привести места взятия анализов вод, движение шахтной воды, сброс шахтной воды.

Таблица 1.1. Исходные данные

| № варианта | Объём затраченной воды, тыс. м <sup>3</sup> /год | Объём использованной воды, тыс. м <sup>3</sup> /год | В т. ч. на нужды |               |              | Прочие | Передано не использ. воды, тыс. м <sup>3</sup> /год | Потери при транспортировке, тыс. м <sup>3</sup> /год | Объём переданной (использ.) воды, тыс. м <sup>3</sup> /год |
|------------|--|---|------------------|---------------|--------------|--------|---|--|--|
|            |  |   | Технологические  | Хоз.-питьевые | Коммунальные |        |   |  |  |
| [1]        | [2]  | [3]   | [4]              | [5]           | [6]          | [7]    | [8]   | [9]  | [10]   |
| 1          |  | 38  | 50%              | 25%           | 15%          | 10%    | 10  | 1.5  |  |
| 2          |  | 55  | 50%              | 25%           | 15%          | 10%    | 15  | 1.0  |  |
| 3          |  | 38  | 50%              | 25%           | 15%          | 10%    | -   | 1.0  |  |
| 4          |  | 60  | 40%              | 25%           | 15%          | 20%    | 7   | 1.5  |  |
| 5          |  | 30  | 40%              | 25%           | 15%          | 20%    | 8   | 2.0  |  |
| 6          |  | 28  | 40%              | 25%           | 15%          | 20%    | 10  | 1.7  |  |
| 7          |  | 35  | 35%              | 25%           | 15%          | 25%    | 25  | 1.8  |  |
| 8          |  | 45  | 45%              | 25%           | 15%          | 15%    | 15  | 1.0  |  |
| 9          |  | 55  | 45%              | 25%           | 15%          | 15%    | 8   | 1.0  |  |
| 10         |  | 65  | 50%              | 25%           | 15%          | 10%    | 2   | 2.0  |  |
| 11         |  | 80  | 50%              | 25%           | 15%          | 10%    | 3   | 1.5  |  |
| 12         |  | 40  | 50%              | 25%           | 15%          | 10%    | 5   | 1.8  |  |
| 13         |  | 95  | 25%              | 25%           | 15%          | 25%    | 10  | 1.5  |  |
| 14         |  | 45  | 35%              | 25%           | 15%          | 25%    | 10  | 1.0  |  |
| 15         |  | 35  | 50%              | 25%           | 15%          | 10%    | 15  | 1.0  |  |
| 16         |  | 30  | 50%              | 25%           | 15%          | 10%    | 10  | 2.0  |  |
| 17         |  | 28  | 45%              | 25%           | 15%          | 15%    | 5   | 2.5  |  |
| 18         |  | 40  | 45%              | 25%           | 15%          | 15%    | 2   | 2.0  |  |
| 19         |  | 51  | 45%              | 25%           | 15%          | 15%    | 3   | 2.0  |  |
| 20         |  | 50  | 50%              | 25%           | 15%          | 10%    | 8   | 1.5  |  |

$$[3] = [4] + [5] + [6] + [7]$$

$$[2] = [3] + [8] + [9]$$

$$[10] = 20\%[3]$$

**Контрольные вопросы:**

1. Что такое балансовая схема водопотребления и водоотведения?
2. Перечислите потребности предприятия в питьевой воде.
3. Состав формы 2тп-вода

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2. ХАРАКТЕРИСТИКА ИСТОЧНИКОВ СТОЧНЫХ ВОД

### Цель работы:

1. Изучить данные отчета по загрязнению воды (форма 2тп- водхоз);
2. Применить теоретические знания по характеристике загрязняющих веществ в оборотных водах;
3. Рассчитать фактический сброс загрязняющих веществ и превышение сброса над лимитом сброса.

В характеристике водоотведения в форме 2тп-водхоз отражается количество и качество полученной и отведенной воды, в т.ч. сброшенной в поверхностные водные объекты. В форме приводятся оценки воздействий на приёмники сточных вод по таким характеристикам, как биологическая потребность в кислороде (БПКполн), химическое потребление кислорода (ХПК) температура  $C_0$ , минерализация, показатель кислотности рН, токсичность, а также масса нормированных веществ, поступающих в водные объекты. Отчётность составляется по состоянию за каждый прошедший квартал и год.

Подзаголовком таблицы делается надпись «По состоянию на 20...год» Форма заполняется экологической службой предприятия, утверждается главным инженером предприятия и согласовывается с областным отделом охраны природы

Состав сточных вод характеризуется перечнем содержащихся в нём загрязняющих веществ. Нормы качества воды устанавливаются в зависимости от вида водоема выпуска: рыбохозяйственное или питьевое назначение водоема.

Показатели качества природных и сточных вод подразделяются на: органолептические, физические, химические и бактериологические.

**Органолептические** – показатели, определяющиеся с помощью органов чувств человека: запах, вкус, цветность, прозрачность, окраска и температура.

**Физические** – температура, мутность, концентрация, цветность.

**Химические** – активная реакция рН. Характеризует концентрацию ионов водорода, определяющих кислотные или щелочные свойства. При:

**$pH < 7$  кислотная среда**

**$pH > 7$  щелочная среда**

**Сухой остаток** указывает степень общей минерализации, т.е. содержание в воде нелетучих минеральных и органических веществ. При содержании сухого остатка до 1000 мг/л вода является пресной, свыше 1000 мг/л – минерализованной.

**(ХПК) мг/л** - химическое потребление кислорода - количество кислорода необходимого для химического окисления содержащихся в воде химических веществ. Чистая вода считается при ХПК -20мгОг/л.

**(БПК) мг/л** - биохимическая потребность в кислороде – количество кислорода, необходимое на аэробное биохимическое размещение биохимических веществ, содержащихся в воде за определённый отрезок времени (за 1,2,5,20 суток). Чистая вода считается при БПК - 5мг Ог/л.

**Хлориды и сульфаты.** По требованию к составу воды водных объектов у пунктов хозяйственно-питьевого водопользования, минеральный состав по сухому остатку не должен превышать 1000 мг/л; в том числе хлоридов 350 и сульфатов 500 мг/л.

### **Порядок выполнения работы**

1. Используя форму 2тп-водхоз описать:
  - название предприятия и его административную подчиненность;
  - название формы отчетности;
  - из таблицы 2 выписать название водоема сброса, категорию качества сбрасываемой воды, и объем сбрасываемой «недостаточно очищенной» воды, Q ф, т/год.



2. Зная годовой объем сброса, рассчитать средний часовой расход сточных вод из условия работы предприятия 300 дней в году и работы насосов в три смены по шесть часов:

$q_{ф}$  - средний расход сточных вод, м<sup>3</sup>/час;

3. Рассчитать максимальный расход сточных вод из условия

$$q_{ф \max} = 1,15 q_{ф}, \text{ м}^3/\text{час}; \quad (2.1)$$

Полученные данные внести в таблицу 2.1 в графу [1].

Фактическую среднюю концентрацию  $C_{ф}$  по БПКполн., ХПК, водородный показатель рН, взвешенные вещества, хлориды, сульфаты переписать в графы [1], [2], [3] из таблицы № 2.2 исходных данных по вариантам. Фактическую максимальную концентрацию принять лишь по взвешенным веществам и сульфатам на 20% от средней, по остальным веществам – поставить прочерки.

4. Рассчитать фактический сброс загрязняющего вещества  $Q_{ф}$  (столбец [4]) по формуле

$$Q_{ф} = q_{ф} * C_{ф}; \quad (2.2)$$

где  $C_{ф}$  – концентрация загрязняющего вещества м<sup>3</sup>/час. В случае превышения фактической концентрации над допустимой, отметить это обстоятельство и принять дополнительную очистку. Дальнейший расчет вести по допустимой концентрации вещества.

$$[4] = q_{ф} * [2]; \quad \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3} * \frac{\text{м}^3}{\text{час}} = \frac{\text{мг} * 1000 \text{дм}^3}{\text{дм}^3 * \text{час}} = \frac{\text{г}}{\text{час}}$$

$$[5] = Q_{ф} * [2], \text{ т/год, где:}$$

$Q_{ф}$ , - объем сбрасываемой «недостаточно очищенной» воды, тыс.м<sup>3</sup>/год (из формы 2тп-водхоз).

5. Лимит сброса по хлоридам и сульфатам принять равным фактическому сбросу.

6. Утверждений ПДС т/год по взвешенным веществам и БПК полн принять  $1,2Q_{\phi}$  [8], по остальным загрязняющим веществам принять ПДС равным лимиту сброса.

7. Рассчитать превышение сброса т/год : [9]= [8]- [5].

8. Оформить работу в виде таблицы № 2.1, сделать выводы к работе и ответить на контрольные вопросы

Таблица 2.1

| Наименование источника сточных вод, режим сброса, показатели состава и свойств сточных вод.. | Фактическая концентрация $S_{\phi}$ , мг/дм <sup>3</sup> |              | Фактический сброс $Q_{\phi}$ |       | Лимит сброса |       | Утверждений ПДС т/год | Превышения сброса т/год |
|--|--|--------------|------------------------------|-------|--------------|-------|-----------------------|-------------------------|
|  | Средняя  | Максимальная | г/час                        | т/год | г/час        | т/год |                       |                         |
| 1  | 2  | 3            | 4                            | 5     | 6            | 7     | 8                     | 9                       |
| Утвержденный средний расход сточных вод. $q_{\phi}$ м <sup>3</sup> /час                      |  |              |                              |       |              |       |                       |                         |
| Максимальный расход сточных вод $Q_{\phi \max}$ м <sup>3</sup> /час                          |  |              |                              |       |              |       |                       |                         |
| 1. БПКполн   |  |              |                              |       |              |       |                       |                         |
| 2. Хлориды   |  |              |                              |       |              |       |                       |                         |
| 3. Сульфаты  |  |              |                              |       |              |       |                       |                         |
| 4. Взвешенные вещества   |  |              |                              |       |              |       |                       |                         |

Исходные данные к работе

Таблица 2.2

| №  | Показатели состава и свойств сточных вод |     |     |                               |         |          |                              |         |          |
|----|--|-----|-----|-------------------------------|---------|----------|------------------------------|---------|----------|
|    | БПК <sub>полн</sub>                      | ХПК | рН  | Фактическая концентрация мг/л |         |          | Допустимая концентрация мг/л |         |          |
|    |  |     |     | Взвеш. веществ а              | Хлориды | Сульфаты | Взвеш. веществ а             | Хлориды | Сульфаты |
| 1  | 5  | 25  | 5,5 | 35                            | 350     | 560      | 30+5%                        | 350     | 500      |
| 2  | 6  | 25  | 4,7 | 40                            | 300     | 510      | -//-                         | -//-    | -//-     |
| 3  | 5  | 30  | 4,7 | 30                            | 300     | 480      | -//-                         | -//-    | -//-     |
| 4  | 5  | 30  | 5,0 | 25                            | 350     | 510      | -//-                         | -//-    | -//-     |
| 5  | 7  | 35  | 5,1 | 30                            | 300     | 360      | -//-                         | -//-    | -//-     |
| 6  | 6  | 40  | 4,8 | 35                            | 410     | 380      | -//-                         | -//-    | -//-     |
| 7  | 5  | 35  | 4,8 | 40                            | 320     | 450      | -//-                         | -//-    | -//-     |
| 8  | 5  | 45  | 3,7 | 45                            | 350     | 510      | -//-                         | -//-    | -//-     |
| 9  | 3  | 25  | 4,0 | 20                            | 380     | 510      | -//-                         | -//-    | -//-     |
| 10 | 4  | 25  | 4,2 | 25                            | 420     | 380      | -//-                         | -//-    | -//-     |
| 11 | 5  | 35  | 4,5 | 30                            | 380     | 490      | -//-                         | -//-    | -//-     |
| 12 | 5  | 35  | 4,0 | 25                            | 420     | 510      | -//-                         | -//-    | -//-     |
| 13 | 6  | 40  | 5,1 | 20                            | 400     | 520      | -//-                         | -//-    | -//-     |
| 14 | 7  | 25  | 5,0 | 30                            | 500     | 550      | -//-                         | -//-    | -//-     |
| 15 | 3  | 35  | 6,0 | 35                            | 350     | 360      | -//-                         | -//-    | -//-     |
| 16 | 3,2                                      | 35  | 7,0 | 40                            | 350     | 500      | -//-                         | -//-    | -//-     |
| 17 | 3  | 40  | 5,1 | 35                            | 300     | 580      | -//-                         | -//-    | -//-     |
| 18 | 4  | 40  | 5,2 | 30                            | 380     | 520      | -//-                         | -//-    | -//-     |
| 19 | 4  | 30  | 5,0 | 35                            | 280     | 530      | -//-                         | -//-    | -//-     |
| 20 | 4  | 30  | 5,0 | 30                            | 160     | 540      | -//-                         | -//-    | -//-     |

### Контрольные вопросы:

1. Какое предназначение форм отчётности по сточным водам?
2. Какая периодичность составления этой формы отчёта?
3. Кем выполняется и утверждается/согласовывается данная форма?
4. Каков порядок расчёта фактического сброса, лимита сброса?
5. Что такое средний максимальный расход сточных вод, в каких единицах он измеряется?
6. Какие предъявляются требования к выпуску сточных вод по взвешенным веществам, минеральному составу, содержания кислорода?
7. Охарактеризуйте химические показатели загрязнения воды: БПК, ХПК, сухой остаток.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3. УСЛОВИЯ СПУСКА СТОЧНЫХ ВОД В ВОДОЕМЫ

**Цель работы:** ознакомиться с характеристиками промышленных сточных вод, изучить условия спуска сточных вод в гидросферу, освоить методику расчета предельно допустимого сброса ПДС

Промышленные сточные воды являются в настоящее время источником загрязнения водоемов. Входящие в их состав минеральные соли и соли тяжелых металлов, нерастворимые вещества минерального и органического происхождения, нефтепродукты и другие компоненты способны накапливаться в водоемах и аккумулироваться водными организмами, вызывая необратимые явления в природной среде.

При возведении разнообразных сооружений грунтовые воды исследуют на агрессивность. Различают следующие типы агрессивности:

**Общекислотная.** Водородный показатель воды меньше 6. Повышается растворимость карбоната кальция. В зависимости от марки цемента и значений рН агрессивность воды различна: при рН <4 наибольшая, при рН = 6,5 — наименьшая.

**Выщелачивающая.** Вода содержит более 0,4—1,5 мг экв. гидрокарбоната. Проявляется в растворении карбоната кальция и выносе из бетона гидроксида кальция. Степень агрессивности воды определяется растворимостью карбоната кальция. Вынос гидроксида кальция увеличивается в присутствии хлорида магния, который вступает в обменную реакцию с гидроксидом кальция, образуя хорошо растворимый хлорид кальция.

**Магнезиальная.** Вода содержит более 750 мг/л магния двухвалентного. Предел допустимой концентрации ионов магния зависит от марки цемента, условий, конструкции сооружения, содержания сульфатных ионов и изменяется в широких пределах: от 1,0 до 2,5 %.

**Сульфатная.** Вода содержит свыше 250 мг/л сульфатных ионов. Присутствующие в воде в больших концентрациях сульфатные ионы,

проникая в бетон, при кристаллизации образуют кристаллогидрат сульфата кальция, являющийся причиной вспучивания и разрушения бетона.

**Углекислотная.** Вода содержит свыше 3—4 мг/л углекислоты. Растворение карбоната кальция под воздействием растворённого диоксида углерода с образованием легкорастворимого гидрокарбоната кальция провоцирует процесс разрушения бетона.

**Грунтовые** воды по причине относительно лёгкой доступности имеют большое значение для народного хозяйства как источники водоснабжения промышленных предприятий, городов, посёлков, населенных пунктов в сельской местности и так далее.

### **Качество грунтовых вод**

В условиях влажного климата развиваются интенсивные процессы инфильтрации и подземного стока, сопровождаемые выщелачиванием почв и горных пород. При этом легкорастворимые соли — хлориды и сульфаты — выносятся из пород и почв; в результате длительного водообмена формируются пресные грунтовые воды, минерализованные лишь за счёт относительно мало растворимых солей (преимущественно гидрокарбонатов кальция).

В условиях засушливого тёплого климата (в сухих степях, полупустынях и пустынях) вследствие кратковременности выпадения и малого количества атмосферных осадков, а также слабой дренированности местности подземный сток грунтовая вода не развивается; в расходной части баланса грунтовая вода преобладает испарение и происходит их засоление. Вблизи рек, водоемов, водохранилищ и т. п. грунтовые воды в значительной степени опреснены и по качеству могут удовлетворять нормам питьевой воды.

**Минерализация** — сумма всех минеральных веществ, растворённых в воде, выраженная в граммах абсолютно сухого остатка, полученного выпариванием 1 л воды.

### **Классификация вод по степени минерализации:**

*Пресные* — до 1 г/л. Преобладающий химический тип вод: гидрокарбонатные, кальциевые.

*Слабосоленоватые* — 1—3 г/л. Сульфатные, реже хлоридные.

*Солоноватые* — 3—10 г/л. Сульфатные, реже хлоридные.

*Солёные* — 10—15 г/л. Сульфатные, хлоридные. Рассолы — больше 50 г/л. хлоридно-натриевые.

Жёсткость воды обусловлена присутствием в воде ионов кальция и магния. Различают:

- общую жёсткость (сумма мг экв. ионов Ca и Mg в литре воды);
- карбонатную (величина рассчитывается по количеству гидрокарбонатных и карбонатных ионов);
- некарбонатную (жёсткость общая за вычетом жёсткости карбонатной).

По общей жёсткости воды подразделяются на 5 типов:

- очень мягкая: <1,5 мг экв./л,
- мягкая: 1,5—3 мг экв./л,
- умеренно жёсткая: 3—6 мг экв./л,
- жёсткая: 6—9 мг экв./л,
- очень жёсткая: >9 мг экв./л.

Вблизи свалок, скотомогильников, различного рода химических, радиоактивных захоронений грунтовые воды заражены. Грунтовые воды являются показателем чистоты почв, местности в целом.

В зависимости от состава загрязнителей и характера воздействия их на водоемы и водные организмы предложено А. Веселовым (Карело-Финский гос. ун-т, 1953) разделить сточные воды на четыре группы (табл.3.1).

## Классификация сточных вод по А. Веселовскому

| Группа | Характер загрязнений   | Характер воздействия на водоемы и водные организмы   | Происхождение сточных вод   |
|--------|--|--|---|
| 1      | Неорганические примеси со специфическими токсическими свойствами | Изменение органолептических и физико-химических свойств воды: засоление, снижение рН, заражение водных организмов. | Кислые и высоко минерализованные шахтные и карьерные воды.                        |
| 2      | Неорганические примеси без специфических токсических свойств     | Изменение органолептических свойств воды   | Шахтные воды, загрязненные взвешенными веществами                                 |
| 3      | Органические примеси без специфических токсических свойств       | Повышение окисляемости и ВПК, создание дефицита кислорода  | Хозяйственно-фекальные воды.  |
| 4      | Органические примеси со специфическими токсическими свойствами   | Изменение и ухудшение качества воды, отравление водных организмов  | Шахтные, карьерные и другие сточные воды, загрязненные нефтепродуктами и фенолами |

Необходимая степень очистки сточных вод при их сбросе определяется состоянием водоема, возможной степенью их разбавления в зависимости от предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих ингредиентов. При выпуске сточных вод должно соблюдаться условие

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1 \quad (3.1)$$

которое учитывает концентрации поступающих различных веществ ( $C_1, C_2, \dots, C_n$ ) с одинаковыми лимитирующими показателями вредности, а также вредные вещества расположенных выше выпусков.

Максимальная концентрация вредных веществ с учетом разбавляющей

способности водоемов может быть определена решением уравнения:

$$qK_{ст} + aQK_{р} = (q - aQ)K_{пр. доп},$$

где  $Q$  и  $q$  — соответственно расчетные расходы воды в реке и расход сточных вод, м<sup>3</sup>/ч;

$a$  — коэффициент смешения;

$K_{р}$  — концентрация загрязняющих веществ одинакового вида в сточной воде и в реке в месте выпуска, г/м<sup>3</sup>;

$K_{пр. доп}$  — предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в водоеме, г/м<sup>3</sup>.

Различают два вида объектов водопользования: для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения; для рыбо-хозяйственных целей, которые в свою очередь разделяются на две категории.

Первый вид объектов первой категории — для централизованного или нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для водоснабжения пищевых предприятий; второй категории — для купания, спорта и отдыха населения, а также для водоемов в черте населенных мест.

Во втором виде объектов первой категории — для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к кислороду; второй категории — для всех других рыбо-хозяйственных целей.

Деление на виды и категории связано с некоторой разницей в требованиях к чистоте водных объектов и, как следствие, к степени очистки сточных вод, сбрасываемых в различные водоемы.

## 2. Краткие методические указания по разработке предельно допустимых сбросов сточных вод (ПДС)

### 3.1. Расчет ПДС для водотоков.

3.1.1. Величины ПДС определяются для всех категорий водопользования как произведение максимального часового расхода сточных вод  $Q_{ст}$  (м<sup>3</sup>/час) на концентрацию в них загрязняющих веществ -  $C_{ст}$  (г/м<sup>3</sup>)



согласно формуле:

$$\text{ПДС} = Q_{\text{ст}} \times C_{\text{ст}} \text{ (г/час)} \quad (3.2)$$

Величина  $C_{\text{ст}}$ , входящая в формулу (2.1), определяется по известным методам, изложенным, например, в «Справочнике проектировщика. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. Раздел II. Состав загрязненных сточных вод, условия и расчеты их выпуска в водоемы после очистки.» М.Стройиздат, 1981г. с. 22-40.

В соответствии с «Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами» (1975г.), для сбросов сточных вод в черте населенного пункта  $C_{\text{ст}}$  устанавливаются на уровне соответствующих ПДК (п.19).

3.1.2. Если фактический сброс вредных веществ со сточными водами меньше расчетного ПДС, то в качестве ПДС принимается фактический сброс.

3.1.3. Если природное фоновое содержание загрязняющих веществ в водном объекте по каким-либо показателям не обеспечивает нормативное качество воды в контрольном пункте, то ПДС по этим показателям устанавливается, исходя из условий соблюдения природного фонового качества воды в контрольном створе.

Для предприятий, расположенных в районах с повышенной минерализацией природных вод, при расчете ПДС принимается величина  $C_{\text{ст}}$  равная 1500 мг/л в качестве предельного уровня минерализации поверхностных вод (ГОСТ 2874-82).

«Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством» (п.1.5.2, примечание 1).

Данные по фоновому составу воды водных объектов запрашиваются в местных органах по охране окружающей среды.

3.1.4. С целью предотвращения сброса загрязняющих веществ со сточными водами, отводимыми в водные объекты после охлаждения агрегатов, величина  $C_{\text{ст}}$  устанавливается на уровне концентрации веществ в воде водного объекта в месте забора (при условии водопользования одним водным

объектом).

3.1.5. При наличии веществ 1-го и 2-го классов опасности с одинаковыми лимитирующими признаками вредности (ЛПВ) ПДС устанавливается из расчета ( таблица 1; Сан П и Н 4630-88 Минздрава СССР).

3.1.6. Для сточных вод, отводимых в канализационную сеть населенного пункта или другого предприятия технические условия на сброс устанавливаются владельцем очистных сооружений, из условия обеспечения последним отведения сточных вод в водный объект с соблюдением нормативов ПДС.

3.2. Расчет ПДС для водохранилищ и озер.

3.2.1. Величины ПДС для выпусков сточных вод в водохранилища и озера определяются в соответствии с формулой (3.3.) по приведенным ниже расчетным формулам. Основная формула для определения  $C_{ПДС}$  без учета неконсервативности вещества имеет вид:

$$C_{ПДС} = n (C_{ПДК} - C_{ф} ) + C_{ф} \quad (3.3)$$

где  $C_{ПДК}$  – предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в воде водоема, г/м<sup>3</sup>;  $C_{ф}$  - фоновая концентрация загрязняющего вещества в воде водоема в месте выпуска сточных вод, г/м<sup>3</sup>;  $n$  – кратность общего разбавления сточных вод в водоеме.

С учетом неконсервативности загрязняющего вещества расчетная формула имеет вид:

$$СПДС = n (СПДК - C_{ф} ) + C_{ф} \quad (3.4)$$

где СПДК – предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в воде водоема, г/м<sup>3</sup>;  $C_{ф}$  - фоновая концентрация загрязняющего вещества в воде водоема в месте выпуска сточных вод, г/м<sup>3</sup>;  $n$  – кратность общего разбавления сточных вод в водоеме.

### **Порядок выполнения работы**

1. Ознакомиться с понятием загрязненности сточных вод: агрессивность,

минерализация, классификация по видам водопользования.

2. Принять средний фактический сброс  $Q_{\text{ф}}$  из задания №2 по формуле (2.2).
3. Проверить условия сброса по сульфатам и хлоридам по формуле 3.1. Исходные данные из таблицы 2.1
4. Определить классификацию вод по  $S_{\text{ф}}$
5. Рассчитать ПДС по формуле 3.2.

### **Контрольные вопросы**

1. Опишите особенности загрязнения сточных вод угольной отрасли.
2. Какие различают типы шахтных вод?
3. Чем определяется жесткость воды? Её минерализация?
4. Напишите формулу условия сброса шахтных вод
5. Опишите методику расчета ПДС

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4. ОБРАБОТКА ОСАДКОВ ШАХТНЫХ И КАРЬЕРНЫХ ВОД

**Цель работы:** изучить состав осадков шахтных вод и проблему их утилизации. Выбрать методику обработки осадков шахтных вод.

Очистка шахтных вод сопровождается образованием значительного количества осадка. При очистке от взвешенных веществ объем получаемого осадка достигает в ряде случаев 10 % начального объема очищаемой воды с концентрацией до 20 г/л.

В результате очистки кислых вод объем осадка достигает 20 – 30 % объема исходной воды влажностью 99-99,9 %. Размещение или захоронение такого легколетучего осадка, близкого по своим свойствам к жидкости, вызывает определенные трудности, связанные в первую очередь с отторжением значительных площадей земли. Осадки шахтных вод являются неорганическим материалом, поэтому в отличие от осадков хозяйственно-фекальных вод они не участвуют в процессе простого круговорота веществ и могут быть источником вторичного загрязнения природной среды.

При очистке шахтных вод от взвешенных веществ гранулометрический и минеральный состав осадка в основном соответствует составу взвеси, находящейся в исходной воде, и зависит от марки добываемого угля. Так угли марок К, ОС, Ж, Д, Т, Г, Б содержат фракции (%): более 50 мкм 1,3-30,9 мкм; менее 50 мкм 69-98,7; антрациты марок А и ПА более 50 мкм 15,7- 65,5, менее 50 мкм 34,5-84,3. Повышенное содержание фракций более 50 мкм характерно в основном для вод шахт, добывающих коксующиеся и газовые угли. Следует отметить, что основное влияние на гранулометрический состав фракций менее 50 мкм оказывают вмещающие породы. Зольность угля растет с увеличением дисперсности частиц. Микроэлементный состав взвеси отличается от микро- элементного состава фильтрованной шахтной воды, что можно объяснить растворимостью химических элементов в воде. Так, в шахтных водах Донбасса содержится до 17 микроэлементов, а во взвесьях

(шламе) – до 26.

Одним из показателей технологических свойств являются уплотняемость и плотность.

Одним из способов эффективного разрешения задачи обработки осадков является переход к механическим методам обеззараживания.

Все методы осадка шахтных вод должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- содержащиеся в осадке вещества должны быть стабилизированы в такой степени, которая позволяла бы осуществлять транспортировку обезвоженного осадка, его утилизацию или длительное хранение в осадко накопителях без угрозы вторичного загрязнения окружающей среды;

- объем осадка в пределах технико-экономической целесообразности должен быть минимальным.

При удалении свободной влаги из осадка происходит постепенный переход его из текучего состояния в пластичное и твердое. При дальнейшем обезвоживании осадок становится твердым и хрупким. Таким образом, указанные выше требования полностью удовлетворяются при обезвоживании осадка, а необходимая степень обезвоживания определяется условиями утилизации, транспортирования и складирования осадка.

Опыты показывают, что осадок кислых шахтных вод является транспортабельным. Его можно хранить длительное время при влажности 80-85 %. Эта влажность является определяющей при разработке методов обезвоживания. Если осадок будет подвергаться утилизации, необходимая степень его обезвоживания определится условиями и требованиями предполагаемого способа использования осадка.

Необходимо отметить, что операция обезвоживания должна следовать после операций сгущения (отстаивания) или уплотнения осадка, так как только в этом случае затрачивается минимальное количество энергии.

Энергозатраты (кВт\*ч) на удаление из осадка 1 м<sup>3</sup> воды при различных процессах обезвоживания отличаются на несколько порядков. Поэтому для снижения энергетических затрат следует стремиться к более полному

использованию каждого энергоемкого способа в отдельности, а соотношение действия этих способов должно рассматриваться на основе детального технико-экономического анализа, с учетом свойств обрабатываемого осадка.

Таблица 4.1 Качественно-количественный состав взвесей шахтной воды шахты «Кировская» ПО «Донецкуголь»

| Варианты | Фракции, мкм | Выход, % | Зольность, % | Плотность, кг/м <sup>3</sup> | Потери при прокаливании, % | Содержание, %    |      |      |                                |                                |                 |                  |
|----------|--------------|----------|--------------|------------------------------|----------------------------|------------------|------|------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------|------------------|
|          |              |          |              |                              |                            | SiO <sub>2</sub> | CaO  | MgO  | Al <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | SO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> |
| 1-2      | Более 200    | 4,2      | 8,5          | 1360                         | 91,5                       | 2,93             | 0,70 | 0,19 | 2,00                           | 2,50                           | 0,17            | --               |
| 3-4      | 100-200      | 2,4      | 6,6          | 1440                         | 93,4                       | 2,32             | 0,53 | 0,19 | 1,46                           | 2,00                           | 0,10            | --               |
| 5-6      | 100-160      | 7,6      | 9,6          | 1330                         | 90,4                       | 3,74             | 0,53 | 0,25 | 2,37                           | 2,50                           | 0,18            | --               |
| 7-8      | 63-100       | 11,5     | 14,5         | 1510                         | 85,5                       | 6,12             | 0,96 | 0,25 | 2,92                           | 2,99                           | 0,27            | 0,02             |
| 9-10     | 80-63        | 3,9      | 20,9         | 1490                         | 79,1                       | 10,58            | 1,58 | 0,25 | 4,01                           | 3,99                           | 0,33            | 0,06             |
| 11-12    | 30-50        | 4,8      | 66,2         | --                           | 33,4                       | 42,00            | 0,53 | 0,88 | 13,11                          | 9,48                           | 0,16            | 0,50             |
| 13-14    | 10-30        | 29,4     | 44,8         | 1800                         | 55,2                       | 24,50            | 0,61 | 0,69 | 10,93                          | 6,99                           | 0,06            | 0,42             |
| 15-16    | 5-10         | 15,7     | 54,7         | 1990                         | 45,3                       | 29,96            | 0,53 | 1,13 | 14,21                          | 7,98                           | 0,04            | 0,50             |
| 17-18    | 0-5          | 20,5     | 68,4         | 2150                         | 31,6                       | 34,93            | 0,88 | 1,01 | 20,08                          | 10,98                          | 0,03            | 0,55             |

Таблица 4.2 Содержание микроэлементов в шламах отдельных шахт Донбасса по данным спектрального анализа

| Макроэлементы | Вариант 1-2<br>«Украина» |       | Вариант 3-4<br>«Селидовская» |      | «СелидовскаяЮжная»<br>вар. 5-7 |       | Вариант 8-9<br>«Ново-Гродовка» |       | Вариант 10-12<br>«Ново-Гродовка» |       | Вариант 13-15<br>«Россия» |       |
|---------------|--------------------------|-------|------------------------------|------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|----------------------------------|-------|---------------------------|-------|
|               | %                        | г/т   | %                            | г/т  | %                              | г/т   | %                              | г/т   | %                                | г/т   | %                         | г/т   |
| Медь          | 3*10 <sup>-3</sup>       | 30    | 2*10 <sup>-3</sup>           | 20   | 3*10 <sup>-3</sup>             | 30    | 3*10 <sup>-3</sup>             | 30    | 5*10 <sup>-3</sup>               | 50    | 5*10 <sup>-3</sup>        | 50    |
| Свинец        | 20*10 <sup>-4</sup>      | 20    | 15*10 <sup>-4</sup>          | 15   | 20*10 <sup>-4</sup>            | 20    | 20*10 <sup>-4</sup>            | 20    | 10*10 <sup>-4</sup>              | 10    | 20*10 <sup>-4</sup>       | 20    |
| Кобальт       | 20*10 <sup>-4</sup>      | 20    | 10*10 <sup>-4</sup>          | 10   | 15*10 <sup>-4</sup>            | 15    | 20*10 <sup>-4</sup>            | 20    | 10*10 <sup>-4</sup>              | 10    | 30*10 <sup>-4</sup>       | 30    |
| Никель        | 5*10 <sup>-3</sup>       | 50    | 2*10 <sup>-3</sup>           | 20   | 3*10 <sup>-3</sup>             | 30    | 5*10 <sup>-3</sup>             | 50    | 2*10 <sup>-3</sup>               | 20    | 5*10 <sup>-3</sup>        | 50    |
| Цинк          | 7*10 <sup>-3</sup>       | 70    | 3*10 <sup>-3</sup>           | 30   | 5*10 <sup>-3</sup>             | 50    | 7*10 <sup>-3</sup>             | 70    | 10*10 <sup>-3</sup>              | 100   | 7*10 <sup>-3</sup>        | 70    |
| Молибден      | 15*10 <sup>-3</sup>      | 15    | 15*10 <sup>-3</sup>          | 15   | 15*10 <sup>-5</sup>            | 15    | 15*10 <sup>-5</sup>            | 15    | 20*10 <sup>-5</sup>              | 20    | 20*10 <sup>-5</sup>       | 20    |
| Хром          | 5*10 <sup>-3</sup>       | 50    | 3*10 <sup>-3</sup>           | 30   | 3*10 <sup>-3</sup>             | 30    | 5*10 <sup>-5</sup>             | 50    | 3*10 <sup>-3</sup>               | 30    | 7*10 <sup>-3</sup>        | 70    |
| Ванадий       | 10*10 <sup>-3</sup>      | 100   | 3*10 <sup>-3</sup>           | 30   | 5*10 <sup>-3</sup>             | 50    | 5*10 <sup>-3</sup>             | 50    | 3*10 <sup>-3</sup>               | 30    | 7*10 <sup>-3</sup>        | 70    |
| Титан         | 20*10 <sup>-2</sup>      | 2000  | 10*10 <sup>-2</sup>          | 1000 | 15*10 <sup>-2</sup>            | 1500  | 20*10 <sup>-2</sup>            | 2000  | 7*10 <sup>-2</sup>               | 700   | 20*10 <sup>-2</sup>       | 2000  |
| Олово         | 2*10 <sup>-4</sup>       | 2     | 2*10 <sup>-4</sup>           | 2    | 1,5*10 <sup>-4</sup>           | 1,5   | 2*10 <sup>-4</sup>             | 2     | 1,5*10 <sup>-4</sup>             | 1,5   | 2*10 <sup>-4</sup>        | 2     |
| Марганец      | 7*10 <sup>-2</sup>       | 700   | 5*10 <sup>-2</sup>           | 500  | 7*10 <sup>-2</sup>             | 700   | 7*10 <sup>-4</sup>             | 700   | 5*10 <sup>-2</sup>               | 500   | 7*10 <sup>-4</sup>        | 700   |
| Магний        | 15*10 <sup>-1</sup>      | 15000 | 5*10 <sup>-1</sup>           | 5000 | 10*10 <sup>-1</sup>            | 10000 | 15*10 <sup>-1</sup>            | 15000 | 15*10 <sup>-1</sup>              | 15000 | 15*10 <sup>-1</sup>       | 15000 |
| Барий         | 7*10 <sup>-2</sup>       | 700   | 5*10 <sup>-2</sup>           | 500  | 10*10 <sup>-2</sup>            | 1000  | 7*10 <sup>-2</sup>             | 700   | 3*10 <sup>-2</sup>               | 300   | 10*10 <sup>-2</sup>       | 1000  |
| Бериллий      | 5*10 <sup>-4</sup>       | 5     | 5*10 <sup>-4</sup>           | 5    | 7*10 <sup>-4</sup>             | 7     | 5*10 <sup>-4</sup>             | 5     | 20*10 <sup>-4</sup>              | 20    | 7*10 <sup>-2</sup>        | 7     |
| Цирконий      | 20*10 <sup>-3</sup>      | 200   | 20*10 <sup>-3</sup>          | 200  | 20*10 <sup>-3</sup>            | 200   | 20*10 <sup>-3</sup>            | 200   | 5*10 <sup>-3</sup>               | 50    | 30*10 <sup>-3</sup>       | 300   |
| Ниобий        | 2*10 <sup>-3</sup>       | 20    | 1,5*10 <sup>-3</sup>         | 15   | 2*10 <sup>-3</sup>             | 20    | 2*10 <sup>-3</sup>             | 20    | 1*10 <sup>-3</sup>               | 10    | 2*10 <sup>-3</sup>        | 20    |
| Гелий         | 7*10 <sup>-4</sup>       | 7     | 3*10 <sup>-4</sup>           | 3    | 5*10 <sup>-4</sup>             | 5     | 7*10 <sup>-3</sup>             | 70    | 3*10 <sup>-4</sup>               | 3     | 7*10 <sup>-4</sup>        | 7     |
| Лантан        | 2*10 <sup>-3</sup>       | 20    | 2*10 <sup>-3</sup>           | 20   | 3*10 <sup>-3</sup>             | 30    | 3*10 <sup>-3</sup>             | 30    | 1,5*10 <sup>-3</sup>             | 15    | 3*10 <sup>-3</sup>        | 30    |
| Иттрий        | 3*10 <sup>-3</sup>       | 30    | 5*10 <sup>-3</sup>           | 50   | 3*10 <sup>-3</sup>             | 30    | 3*10 <sup>-3</sup>             | 30    | 2*10 <sup>-3</sup>               | 20    | 5*10 <sup>-3</sup>        | 50    |
| Иттербий      | --                       | --    | 1,5*10 <sup>-3</sup>         | 15   | --                             | --    | --                             | --    | --                               | --    | 1,5*10 <sup>-3</sup>      | 15    |
| Серебро       | 3*10 <sup>-5</sup>       | 0,15  | 3*10 <sup>-5</sup>           | 0,15 | 3*10 <sup>-5</sup>             | 0,15  | 3*10 <sup>-5</sup>             | 0,15  | 3*10 <sup>-5</sup>               | 0,15  | 5*10 <sup>-5</sup>        | 0,25  |
| Алюм.         | 10*10 <sup>-1</sup>      | 10000 | 7*10 <sup>-1</sup>           | 7000 | 7*10 <sup>-1</sup>             | 7000  | 10*10 <sup>-1</sup>            | 10000 | 7*10 <sup>-1</sup>               | 70000 | 15*10 <sup>-1</sup>       | 15000 |
| Мышьяк        | --                       | --    | 1*10 <sup>-2</sup>           | 100  | 1*10 <sup>-2</sup>             | 100   | --                             | --    | --                               | --    | --                        | --    |
| Германий      | 1*10 <sup>-4</sup>       | 1     | 3*10 <sup>-4</sup>           | 3    | 2*10 <sup>-4</sup>             | 2     | 1*10 <sup>-4</sup>             | 1     | --                               | --    | 1*10 <sup>-4</sup>        | 1     |
| Скандий       | 5*10 <sup>-3</sup>       | 15    | 2*10 <sup>-3</sup>           | 20   | 1,5*10 <sup>-3</sup>           | 15    | 1,5*10 <sup>-3</sup>           | 15    | --                               | --    | 2*10 <sup>-3</sup>        | 20    |
| Ртуть         | 5*10 <sup>-6</sup>       | 0,05  | 3*10 <sup>-6</sup>           | 0,03 | 3*10 <sup>-6</sup>             | 0,03  | 20*10 <sup>-6</sup>            | 0,2   | 5*10 <sup>-6</sup>               | --    | 10*10 <sup>-6</sup>       | --    |

Таблица 4.3 Показатели уплотняемости осадков шахтных вод (данные Дон УГИ)

| Место отбора проб осадка   | Время отстаивания (уплотнения) | Масса осадка, г | Объем осадка, см <sup>3</sup> |               | Плотность осадка, кг/м <sup>3</sup> |               | Влажность осадка, % | Масса твердого, г | Объем твердого, см <sup>3</sup> | Плотность твердого, кг/м <sup>3</sup> | Концентрация твердого, кг/м <sup>3</sup> | Зольность твердого, % |
|--|--------------------------------|-----------------|-------------------------------|---------------|-------------------------------------|---------------|---------------------|-------------------|---------------------------------|---------------------------------------|--|-----------------------|
|  |                                |                 | В начале опыта                | В конце опыта | После точного уплотнения            | В конце опыта |                     |                   |                                 |                                       |  |                       |
| Отстойник шахты № 8 «Ветка»<br>Вариант 1-3                                       | 60                             | 3615            | 550                           | 3250          | 1080                                | 1160          | 80,1                | 722               | 340                             | 212                                   | 220                                      | 68,8                  |
| Отстойник шахты № 3 «Ново-Гродовка»<br>Вариант 4-6                               | 42                             | 3810            | 5660                          | 3090          | 1130                                | 1230          | 60,7                | 1496              | 80                              | 1870                                  | 480                                      | 63,3                  |
| Осадок накоплен отстаиванием шахтных вод шахты им. А.Ф. Засядько<br>Вариант 7-10 | 60                             | 550             | 590                           | 438           | 1170                                | 1250          | 59,6                | 214               | 122                             | 1750                                  | 490                                      | 39,4                  |

|   |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |
|---|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|
| Отстойник шахты им. А.Ф. Засядько Вариант 10-15 | 60 | 7745 | 9200 | 6400 | 1160 | 1240 | 65,3 | 2680 | 1355 | 1980 | 420 | 42,8 |
| Отстойник шахты № 1 «Ново-Гродовка»             | 42 | 3990 | 5080 | 3110 | 1170 | 1280 | 53,9 | 1840 | 960  | 1920 | 590 | 82,6 |

### **Порядок выполнения работы**

1. Ознакомиться с понятием загрязненности сточных вод: агрессивность, минерализация, классификация по видам водопользования.
2. Изучить состав микроэлементов, зольность по своему варианту, определить марку добываемого угля по таблице 4.1.
3. Выполнить круговую диаграмму по содержанию микроэлементов в шламах отдельных шахт Донбасса по данным спектрального анализа на свой вариант из таблицы 4.2
4. Описать по своему варианту показатели уплотняемости осадков шахтных вод (данные Дон УГИ) из таблицы 4.3.

### **Контрольные вопросы**

1. Как происходит очистка шахтных вод?
2. Какие существуют методы осадка шахтных вод?
3. Что такое уплотняемость и плотность?
4. Зависимость количества микроэлементов от марки угля?



## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5. ХАРАКТЕРИСТИКА И ПРИНЦИП РАСЧЕТА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ. РАСЧЕТ АЭРОТЕНКОВ ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВОД

**Цель работы:** изучить характеристики и принцип расчета очистных сооружений. Освоить методику расчета аэротенка по своему варианту

*Аэротенки* — аппараты с постоянным движением жидкости, во всей толще которых развиваются аэробные микроорганизмы, потребляющие органические загрязнения, находящиеся в сточной воде. По гидродинамическому режиму работы могут быть разделены на аэротенки идеального вытеснения (аэротенки-вытеснители), идеального смешения (аэротенки-смесители) и промежуточные.

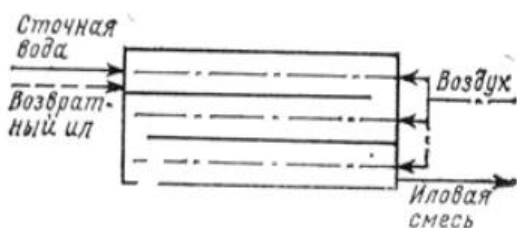


Рис. 5.1 Схема аэротенка-вытеснителя

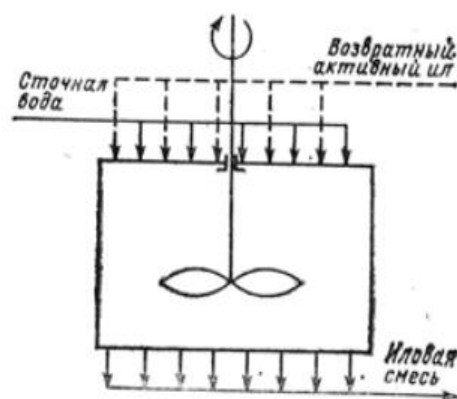


Рис. 5.2 Схема аэротенка-смесителя

В аэротенках-вытеснителях (рис. 5.1 и 5.2) сточную воду и возвратный ил впускают сосредоточенно в торцовую часть аэротенка, а прошедшую биологическую очистку воду и ил (иловую смесь) выпускают из другой торцовой части. Воздух подают, как правило, через воздухораспределительные устройства от компрессорной станции.

В начальной стадии процесса в аэротенках-вытеснителях наблюдается максимальное количество субстрата и дефицит кислорода, в конечной стадии

процесса — избыток кислорода и почти отсутствие субстрата. Концентрация биомассы по всей длине аэротенка увеличивается не более чем на 3—5 %. Развитие микроорганизмов в каждом отдельном движущемся участке (порции) сточной воды вдоль аэротенка происходит изолированно, так как перемешивание между собой всего объема массы отсутствует. Неравномерное потребление кислорода в каждой фазе развития микроорганизмов обуславливает различную подачу его по длине аэротенка. При незначительном изменении скорости потока в аэротенке или изменении загрязненности в сточной воде приводят к необходимости создания сложных систем регулирования подачи воздуха. Даже при установившемся режиме при очистке легкоокисляемых веществ (углеводы) 10—15 % воздуха необходимо подавать в зону аэротенка, соответствующую лаг-фазе развития микроорганизмов, 50—60 % — в зону, соответствующую экспоненциальной фазе, 25—40 % — в зону, соответствующую стационарной фазе.

Конструктивно аэротенки-вытеснители выполняют в виде коридорных конструкций из железобетона с подачей воздуха от компрессора или воздуходувки.

В аэротенках-смесителях (рис. 5.2) подвод и отвод сточной воды и активного ила происходит равномерно по всей длине или площади аэротенка. При этом происходит полное смещение всей массы жидкости и ила, находящихся в аэротенке. Процессы биологической очистки в аэротенках-смесителях отличаются от процессов, происходящих в аэротенках-вытеснителях. Если в аэротенках-вытеснителях бактерии проходят практически весь цикл своего развития — от зарождения до отмирания, то в аэротенках-смесителях жизнедеятельность бактерий поддерживается в фазе, обеспечивающей максимальную скорость потребления загрязняющих веществ (субстрата).

Существует несколько различных конструкций аэротенков-смесителей, основными из которых являются конструкции с отдельными вторичными отстойниками и с сблокированными вторичными отстойниками (аэротенки-отстойники, аэротенки-осветлители). Используют различные системы аэра-

ции: пневматическую, механическую и пневмомеханическую.

Для биологической очистки производственных сточных вод в оборотных системах водоснабжения используются аэротенки, в которых окисление органических примесей осуществляется кислородом воздуха, подаваемого в аэротенки. Аэротенки позволяют регулировать скорость и эффективность биохимического процесса окисления, что имеет значения для очистки производственных сточных вод нестабильного состава.

Расчет аэротенков заключается в определении их геометрических размеров и необходимого расхода подаваемого для окисления примесей воздуха в зависимости от расхода сточной воды, биологической потребности в кислороде (БПК) сточной воды, требуемой степени очистки и эффективности использования кислорода воздуха при окислении примесей сточной воды.

Удельный расход воздуха, подаваемого для окисления примесей, определяется по формуле

$$D = 2 * L_a / k * h \quad [6 / \text{разм}], \quad [D] = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \div \frac{\text{кг}}{\text{м}^4} \cdot \text{м}$$

Где  $L_a$  - БПК<sub>20</sub> поступающий в аэротенк сточной воды, кг/м<sup>3</sup>;

$k$  - коэффициент использования воздуха. При подаче воздуха через пористые пластины  $k = 0,012$  кг/м<sup>3</sup>;

$h$  - рабочая глубина аэротенка, принимаемая равной 4... 5,2 м.

Продолжительность аэрации сточной воды в аэротенке определяется по формуле

$$\tau = 2 * L_a / k * J \quad [с], \quad [\tau] = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \div \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^3}{\text{м}^4 \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}} = \text{с}$$

$J = 0,00422$  м / м<sup>2</sup>\*с - интенсивность аэрации.

Суммарный расход воздуха, необходимый для подачи в аэротенк, определяется по формуле

$$Q_b = D * Q$$

где  $Q$  - среднечасовой расход сточных вод в течении суток (при значении коэффициента неравномерности поступления сточных вод  $K_n \leq 1,25$ ) или среднечасовой расход сточных вод за время аэрации при  $K_n > 1,25$ .

Площадь аэротенка определяется по формуле  $F=V/J$ , при этом объем аэротенка  $V=F \cdot h$ .

Длина секции аэротенка определяется по формуле  $l=F/b$ , где  $b=(1...2) \cdot h$  - ширина секции аэротенка.

При большом расходе сточных вод для уменьшения длины аэротенка его делают многосекционным, располагая секции параллельно друг другу.

Длина многосекционного аэротенка определяется по формуле  $l=F/(n-b)$ , где  $n$  - число секций.

Полная высота аэротенка определяется из условия:  $H=h+0,8$ . Расход циркулирующего активного ила выбирается из условия:

$$Q_n = (0,3 \dots 0,7) * Q .$$

### **Порядок выполнения работы**

Рассчитать параметры аэротенка по своему варианту

**Пример.** Рассчитать геометрические размеры аэротенка, время аэрации и необходимый расход воздуха, подаваемого в аэротенк через пористые пластины, для окисления примесей сточной воды со следующими параметрами:  $Q=0,3 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $\text{БПК}_{20}=0,02 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

Порядок расчета.

1. Определяем удельный расход воздуха, принимая  $K=0,012 \text{ кг}/\text{м}^4$ ;  $h=4 \text{ м}$ ;
2. Определяем продолжительность аэрации, принимая  $J=0,00422 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ ,

$$\tau = \frac{2 * L_a}{k * J} = \frac{2 * 0,02}{0,012 * 0,00422} = 789 \text{ с} = 13,2 \text{ мин}$$

3. Определяем суммарный расход воздуха, подаваемый в аэротенк

$$Q_b = D * Q = 0,84 * 0,3 = 0,25$$

4. Определяем площадь аэротенка

$$F = \frac{Q_b}{J} = \frac{0,25}{0,00422} = 59,3 \text{ м}^2.$$

5. Определяем объем аэротенка

$$V = F * h = 59,3 * 4 = 237 \text{ м}^3.$$

6. Определяем длину аэротенка, принимая  $b=1,5*h$

$$l = \frac{V}{b} = \frac{237}{1,5 * 4} = 39,5 \text{ м}.$$

#### Исходные данные

| № варианта | La –<br>БПК <sub>20</sub> ,<br>кг/м <sup>3</sup> | k,<br>кг/м <sup>4</sup> | h,<br>м | Q,<br>м <sup>3</sup> /с | b=(1...2)h |
|------------|--|-------------------------|---------|-------------------------|------------|
| 1          | 0,015  | 0,012                   | 4,0     | 0,3                     | h          |
| 2          | 0,008  | 0,012                   | 4,0     | 0,15                    | h          |
| 3          | 0,01   | 0,012                   | 4,0     | 0,5                     | h          |
| 4          | 0,02   | 0,012                   | 4,0     | 0,35                    | 1,5h       |
| 5          | 0,025  | 0,010                   | 5,2     | 0,35                    | 1,5h       |
| 6          | 0,003  | 0,010                   | 5,2     | 0,25                    | 2h         |
| 7          | 0,02   | 0,010                   | 5,2     | 0,25                    | 2h         |
| 8          | 0,015  | 0,010                   | 5,2     | 0,2                     | 2h         |
| 9          | 0,020  | 0,010                   | 5,2     | 0,2                     | 1,5h       |
| 10         | 0,03   | 0,015                   | 5,2     | 0,3                     | 1,5h       |
| 11         | 0,025  | 0,015                   | 4,0     | 0,3                     | 1,5h       |
| 12         | 0,018  | 0,015                   | 4,0     | 0,25                    | h          |
| 13         | 0,020  | 0,015                   | 4,0     | 0,15                    | h          |
| 14         | 0,017  | 0,015                   | 4,5     | 0,15                    | h          |
| 15         | 0,025  | 0,015                   | 4,5     | 0,15                    | h          |
| 16         | 0,018  | 0,020                   | 4,5     | 0,20                    | h          |
| 17         | 0,02   | 0,020                   | 4,5     | 0,25                    | h          |
| 18         | 0,025  | 0,020                   | 4,5     | 0,3                     | 2h         |
| 19         | 0,028  | 0,015                   | 4,0     | 0,25                    | 2h         |
| 20         | 0,030  | 0,015                   | 4,5     | 0,25                    | 2h         |

### **Контрольные вопросы**

1. Для чего используют аэротенки?
2. Какой принцип действия аэротенков?
3. Что позволяют регулировать аэротенки при окислении?
4. Какие воды очищаются на аэротенках?
5. В чем заключается расчет аэротенков?
6. какие факторы определяют объем и длину аэротенка?
7. Что такое БПК<sub>20</sub>?

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6. ХАРАКТЕРИСТИКА И ПРИНЦИПЫ РАСЧЕТА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

**Цель работы:** ознакомиться с характеристикой и принципом расчета очистных сооружений.

Водные ресурсы рек, их притоков и водохранилищ региона формируются при сильном воздействии шахтных и сточных вод.

Основными поставщиками в подземные воды загрязняющих веществ являются предприятия химической, металлургической, машиностроительной и других отраслей, расположенных непосредственно в пределах горных отводов шахт или же на выходах песчаников, а также горные предприятия, сбрасывающие воды в искусственные или естественные водоемы.

Загрязнение подземных вод происходит в результате подтопления загрязненных ландшафтов, промплощадок, мест складирования отходов и др.

Включение загрязненных вод в фильтрационные потоки подземных водозаборов и зон дренирования год, ускорит загрязнения подземной гидросферы. Изменение качества подземных вод в городах Стаханов, Краснодон, Суходольск, обуславливают повышение экологического риска для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

По состоянию на 2002 г. угольная отрасль Восточного Донбасса потребляла 834, а сбрасывала - 742 млн. м<sup>3</sup> /год. Для сравнения, годовое потребление города со сто-тысячным населением составляет менее 7 млн., то есть менее 1% от этого количества.

Для густонаселенных и высокоиндустриальных областей, который является Луганская республика, крайне острым является спрос на качественную воду, которой становится все меньше. Отсюда вытекает необходимость внедрения эффективных схем очистки и развития водооборотного снабжения крупных предприятий и шахт.

Подземные шахтные воды, особенно шахт, прекративших угледобычу, целесообразно рассматривать как альтернативный источник хозяйственно -

питьевого водоснабжения.

Хозяйственно бытовые стоки после соответствующей очистки можно использовать для технических целей. Причем твердый остаток, так называемый био-ил, по составу органической массы близок к торфу и может быть направлен для газификации с получением генераторного газа и строительных материалов (кирпич, керамическое сырье).

Проект очистных сооружений учитывает следующие факторы:

- Объем шахтной воды;
- Физико-химический состав сточной и шахтной воды;
- Перечень потребителей неочищенной и очищенной воды, их требования к качеству воды;
- Требования природоохранных органов к качеству сбрасываемой воды;
- Наличие свободной территории для очистных сооружений (для проектных организаций).

Таблица 6.1 - Исходные данные для расчета очистных сооружений

| № варианта | Производительность водоотлива, млн. м <sup>3</sup> /год | Производительность станции очистки, м <sup>3</sup> /год | Концентрация взвешенных веществ, мг/л исходная | Концентрация взвешенных веществ, мг/л проектная 1 ступени | Концентрация взвешенных веществ, мг/л проектная 2 ступени |
|------------|---|---|--|---|---|
| 1          | 1,0   | 150   | 50   | 30  | 5   |
| 2          | 1,2   | 150   | 50   | 30  | 5   |
| 3          | 1.0   | 200   | 60   | 30  | 5   |
| 4          | 0.9   | 250   | 60   | 30  | 5   |
| 5          | 0.8   | 250   | 70   | 25  | -   |
| 6          | 1,1   | 200   | 110  | 25  | -   |
| 7          | 1,0   | 200   | 50   | 25  | -   |
| 8          | 1,2   | 300   | 50   | 25  | -   |
| 9          | 0.98  | 250   | 120  | 25  | -   |
| 10         | 1,0   | 500   | 100  | 20  | -   |
| 11         | 1,0   | 250   | 50   | 20  | 5   |
| 12         | 1,3   | 300   | 38   | 20  | 5   |
| 13         | 0,8   | 300   | 55   | 20  | 5   |



|    |     |     |    |    |   |
|----|-----|-----|----|----|---|
| 14 | 0,9 | 500 | 45 | 20 | 5 |
| 15 | 1,0 | 250 | 50 | 20 | 5 |

### *Характеристика и принципы расчета очистных сооружений*

Пруд - отстойник – предназначен для удаления взвешенных веществ и длительного складирования осадка. Отстаивание шахтной воды происходит 1 - 30 суток, емкость прудов – отстойников до 300 - 600 тыс. м<sup>3</sup>. Полученный осадок при небольшой зольности добавляется к топливу. Период удаления осадка один раз в два года. Наиболее эффективная форма пруда - отстойника прямо- угольная, с соотношением сторон 1:2 или 1:4, впуск и выпуск воды должен быть рассредоточен по всей ширине. Глубина зоны осветления 1 – 1,5 м.

Годовой объем осадка определяется по формуле:

$$V = \frac{365 \times (C_n - C_o) \times Q_1 + (C_{ш} - C_{ф}) \times Q_2}{\sigma}; \text{м}^3$$

где:  $C_n$ ,  $C_{ш}$ ,  $C_{ф}$  – концентрация взвешенных веществ в исходной (до очистки), осветлённой (после пруда – осветлителя) и профильтрованной (после очистки на фильтрах) шахтной воды, г/м<sup>3</sup>;

$Q_1$  – суточный объем шахтной воды, поступающей в отстойник, м<sup>3</sup> /сут;

$Q_2$  – суточный объем шахтной воды, проходящей очистку на фильтрах, м<sup>3</sup>/сут.

$\sigma$  - концентрация твердой фазы в осадке после длительного уплотнения, г/м<sup>3</sup>, принимается 150 000 г/м<sup>3</sup>

Контактный резервуар предназначен для осуществления контакта осветлённой воды с хлором, ёмкость его определяется из условия пребывания в нем шахтной воды 30 минут. Контактный резервуар представляет собой углубленную железобетонную емкость, оснащенную системой подачи и забора воды на фильтры, и переливной трубопровод для сброса избыточной воды в водоёмы.

Скорые песчаные фильтры предназначены для глубокой очистки

шахтной воды от взвешенных веществ после очистки в прудах – отстойниках. Скорые фильтры представляют собой резервуары прямоугольной формы из железобетона. Нижняя часть быстрых фильтров заполнена загрузкой, состоящей из фильтрующих слоев кварцевого песка и поддерживающих слоев гравия. Фильтрация воды происходит сверху вниз под действием гидростатического напора, высота воды над поверхностью загрузки должна быть не менее 1 м.

Производительность фильтров в осветленной воде после пруда – отстойника определяется по формуле:

$$Q_{\phi} = \frac{Q_0 \times (C_0 - C_{пр.}) + Q_{п.} \times (C_{пр.} - C_{\phi})}{C_0 - C_{\phi}}; \text{м}^3/\text{сутки},$$

где  $Q_0$  - средний расход шахтной воды, поступающей на очистку в пруд – отстойник, м<sup>3</sup> /сутки;

$Q_{п.}$  – средний расход шахтной воды, которая прошла очистку на фильтрах и используемая на производственные нужды предприятия и собственные нужды очистных сооружений, м<sup>3</sup> /сутки; (принять 15% от общего объема)

$C_{пр.}$  - предельно допустимая концентрация взвешенных веществ в шахтной воде, подлежащей сбросу в водоемы. принять 30 мг/л;

$C_{\phi}$  - расчетная концентрация взвешенных веществ в осветленной и про- фильтрованной воде, мг/л.

Общая полезная площадь фильтров определяется по формуле:

$$F = \frac{Q_{\phi}}{V \times (t_1 - n \times t_2)}; \text{м}^2$$

где  $Q_0$  - средний расход шахтной воды, поступающей на очистку в пруд – отстойник, м<sup>3</sup> /сутки;

$Q_{п.}$  – средний расход шахтной воды, прошедшей очистку на фильтрах, и используемой на производственные нужды

Хлораторная - служит для обеззараживания шахтной воды, состоит из

помещения для хлораторной, расходного склада, жидкого хлора. Доза зависит от загрязнения шахтной воды, определенной опытным путем. Расход хлорной воды 0,6 м<sup>3</sup> на 1 кг хлора.

Резервуар очищенной воды предназначен для контакта очищенной от взвешенных веществ шахтной воды с хлором, и создания запаса воды на собственные нужды очистных сооружений и производственные нужды. Емкость резервуара рассчитана на 30-минутный контакт воды с хлором и двухчасовым запасом на производственные нужды. Резервуар представляет собой углубленную железобетонную емкость, оснащенную системой подачи и забора воды и переливным трубопроводом.

Насосная станция – стационарное сооружение с группой рабочих и резервных насосов для обеспечения технологии подачи воды в отстойники и фильтры.

Характеристика очистных сооружений шахты «Пролетарская» в качестве примера приведена в таблице 6.2

Таблица 6.2 - Характеристика очистных сооружений шахты «Пролетарская»

| Год  | Наименование очистного сооружения, метод очистки                             | Пропускная способность, м <sup>3</sup> /час |             | Эффективность очистки |     |                                      |            |                                  |            |
|------|--|---|-------------|-----------------------|-----|--------------------------------------|------------|----------------------------------|------------|
|      |  |   |             | Ингредиент            |     | Концентрация по проекту, мг/л в воде |            | Фактическая концентрация, * мг/л |            |
|      |  | Проектная                                   | Фактическая | Наименование          | Код | Поступившей                          | Сброшенной | Поступившей                      | Сброшенной |
| 1990 | Пруд-осветлитель, механическая очистка<br><br>Площадь 40 тыс. м <sup>2</sup> | 150   | 150         | Взвешенные вещества   |     |                                      |            | 100                              | 16         |
|      |  |   |             | Сухой остаток         |     |                                      |            | 31865                            | 20210      |
|      |  |   |             | Нитриты               |     |                                      |            | 0,19                             | 0,17       |
|      |  |   |             | Нитраты               |     |                                      |            | 12                               | 10,5       |
|      |  |   |             | Хлориды               |     |                                      |            | 12300                            | 13500      |
|      |  |   |             | Сульфаты              |     |                                      |            | 845                              | 865        |

Технологическая схема очистки шахтной воды в пруде – отстойнике и

скорох фильтрах на весь приток приведена на рис. 6.1.

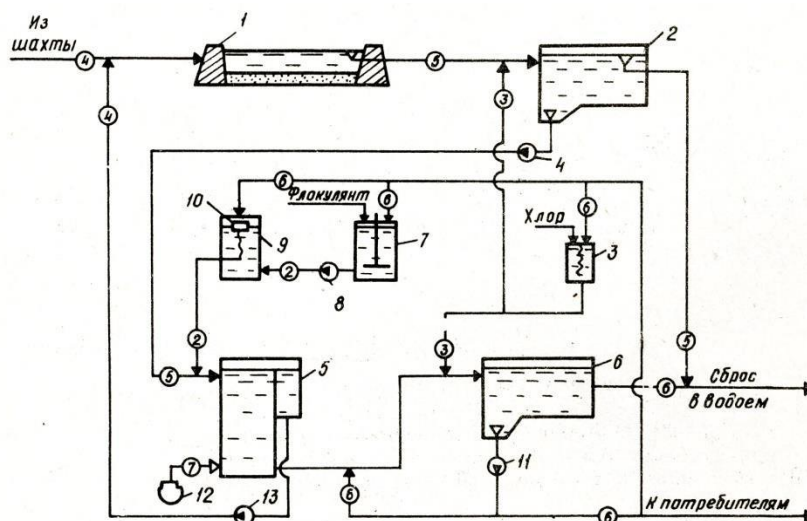


Рис. 6.1. Технологическая схема очистки шахтной воды в пруде – отстойнике и скорох фильтрах на весь приток.

1 - пруд-отстойник; 2, 7, 10, 12 – насосы; 3 – скороый фильтр; 4 – резервуар очищенной воды; 5 – хлоратор; 6 – растворный бак флокулянта; 8 – расходный бак флокулянта; 9 – поплавковый дозатор; 11 – воздуходувка; 13 – исходящая шахтная вода; 14 – раствор 2 - ПАА; 15 - хлорная вода; 16 – промышленная вода; 17 – очищенная шахтная вода; 18 – воздух.

### Порядок выполнения работы:

1. Рассчитать годовой объем осадка пруда-отстойника;
2. Определить производительность фильтров в осветленной воде после пруда-отстойника;
3. Определить общую полезную площадь фильтров;
4. Выбрать технологическую схему очистки шахтной воды на основании исходных данных из таблицы № 1 и представить эскиз схемы.

Исходные данные для расчета очистных сооружений принять из табл. 6.1.

### Контрольные вопросы

1. Какие факторы учитывает проект очистных сооружений?
2. Что такое насосная станция?
3. Характеристика и принципы расчета очистных сооружений
4. Для чего предназначен контактный резервуар?

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №7. ИЗУЧЕНИЕ И ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД**

Технология очистки **промышленных сточных вод** должна предусматривать три основные стадии: удаление взвешенных веществ, обеззараживание, обработку или складирование.

Удаление взвешенных веществ должно производиться в одну или две ступени в зависимости от их концентрации в исходной шахтной воде.

Технология очистки должна обеспечивать получение необходимого качества очищенной воды при изменении количества и качества воды по сезонам года, а также при увеличении водопритока при раскрытии новых горизонтов шахтных полей. Качество очистки шахтной воды также должно обеспечить возможность широкого использования очищенной воды на производственные нужды предприятия. Очистные станции должны быть надежны в работе, экономичны, просты в эксплуатации. Технологические процессы очистки воды и обработки осадка должны быть максимально механизированы и автоматизированы.

Характеристика технологических схем очистки по вариантам очистки, их производительность, концентрация взвешенных веществ в исходной и очищенной воде приведена в таблице 7.1.

Выбор технологической схемы очистки шахтной воды для конкретной шахты производится на основании исходных данных путем их анализа, сопоставления с условиями применения технологической схемы, сравнения экономических показателей.

Для очистки шахтных вод в наземных условиях Дон УГИ разработаны основные технологические схемы.

Согласно характерных типов вод они разделены на три группы:

1. Схемы очистки от взвешенных веществ и обеззараживания нейтральных шахтных вод;
2. Схемы опреснения солоноватых шахтных вод;

### 3. Схемы очистки кислых вод.

Технологические схемы для конкретной шахты или группы шахт выбирают на основании исходных данных путем анализа и сопоставления их с условиями применения, а также выполнения необходимых расчетов. В таблице 6 приведены основные технологические схемы очистки шахтных вод.

Следует отдавать предпочтение схемам, которые:

- обеспечивают очистку шахтных вод для производственного водоснабжения, и отличаются простотой обслуживания за счет меньшего числа ступеней очистки, применению непрерывных процессов, которые поддаются автоматизации и дистанционному управлению;
- не отчуждают значительные земельные площади, пригодные для промышленного, сельскохозяйственного, культурно-бытового использования;
- характеризуются высокой эксплуатационной надежностью технологических процессов и аппаратов.

Если для конкретных условий оказываются приемлемыми несколько технологических схем, выбор одной осуществляется при их технико-экономическом сравнении.

Таблица 7.1 - Основные технологические схемы очистки шахтных вод

| №<br>п<br>/<br>п | Технологическая схема   | Производительность<br>м <sup>3</sup> /час | Концентрация взвешенных частиц, мг/л |            |           |           |
|------------------|---|---|--------------------------------------|------------|-----------|-----------|
|                  |   |   | Во входящей воде                     |            | 00        |           |
|                  |   |   | Общая                                | Тонкодисп. | 1 ступени | 2 ступени |
| 1                | <b>Технология с использованием прудов – отстойников</b>       |   |                                      |            |           |           |
|                  | Вариант 1. Пруд – отстойник большой ёмкости                   | Не ограничена                             | Не ограничена                        | 30-50      | 30-50     | -         |
|                  | Вариант 2. Каскад прудов – отстойников                        | Не ограничена                             | Не ограничена                        | 30-50      | 20-30     | -         |
|                  | Вариант 3. Пруд – отстойник и скорые фильтры на часть притока | Не ограничена                             | Не ограничена                        | 30-50      | 30-50     | 5         |

|   |   |               |               |               |       |   |
|---|---|---------------|---------------|---------------|-------|---|
|   | Вариант 4. Пруд – отстойник и скорые фильтры на весь приток           | Не ограничена | Не ограничена | 30-50         | 30-50 | 5 |
| 2 | <b>Технология с использованием осветлителей со взвешенным осадком</b> |               |               |               |       |   |
|   | Вариант 1. С обезвоживанием осадка на иловых площадках                | Не <150       | Не <100       | Не ограничена | 10-15 | - |
|   | Вариант 2. С обезвоживанием осадка на центрифугах                     | Не <150       | Не <100       | Не ограничена | 10-15 | - |
|   | Вариант 3. С обезвоживанием осадка на фильтр – прессах                | Не <150       | Не <100       | Не ограничена | 10-15 | - |

**Порядок выполнения работы:** Выбрать и изобразить графически тип станции очистки шахтных вод при неограниченной концентрации в исходной воде взвешенных веществ, а в очищенной воде 20-30 мг/л. Выбрать принципиальные схемы работы отстойников, осветлителей, гидроциклонов, системы микрофильтрации, привести параметры фильтрации пользуясь Приложениями.

### **Контрольные вопросы:**

1. Чем отличаются технологические схемы очистки шахтных вод с осветлением осадка и отстаиванием на скорых песчаных фильтрах?
2. Опишите технологию очистки методом обратного осмоса.
3. Какие факторы учитываются при составлении проекта очистки сточных вод.
4. Какие требования к концентрации исходной воды.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 8. РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ОТХОДОВ В ПРОЦЕССЕ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

**Цель работы:** рассчитать количество отходов в процессе очистки сточных вод

1. Количество отходов, задерживаемых решетками из бытовых сточных вод, принимается по СНиП 2.04.03-85.

Средняя плотность отходов -  $750 \text{ кг/м}^3$ , коэффициент часовой неравномерности поступления - 2, при ширине проветов решетки -16 мм, количество отходов, снимаемых с решеток на одного человека - 8 л/год.

В ..... году планируется образование отходов от функционирования установок для очистки сточных вод, не обозначенных другим способом (с механической очистки), на очистных сооружениях «Голубовские»:

$$V = \text{Пр} * 8/1000,$$

где: V - объем задерживаемых отходов;

Пр = 708,923 - количество привлеченного населения;

У = 0.75 т/м<sup>3</sup> – плотность отходов.

$$V = 708,923 * 8/1000 = 5,671 \text{ м}^3/\text{год}$$

Вес загрязнений (М) составляет:

$$M = V * U = 5,671 * 0,75 = 4,253 \text{ т/год}$$

2. Остатки, полученные в процессе извлечения песка

Остатки, полученные в процессе извлечения песка, образуются при очистке песколовков на очистных сооружениях.

Согласно п.6.31 СНиП 2.04.03-85 количество песка, задерживаемого в песколовках для бытовых сточных вод следует принимать 0,02 л на одного человека в сутки, объемный вес  $U = 1,1 \text{ т/м}^3$ , количество взвешенных веществ в сточной жидкости - 65 г/сут, среднесуточный расход сточной жидкости -  $10000 \text{ м}^3/\text{сутки}$ .

где: Ппр =  $\kappa' * Q / K_i$



$$K = (0,02 * Ппр * 365/1000) * У,ка.$$

К - количество песка;

Ппр - количество привлеченного населения;

к' - количество взвешенных частиц на входе приёмной камеры;

Q - среднесуточные стоки.

кi- количество взвешенных веществ в сточной жидкости на одного человека.

В ..... году планируется образование остатков, полученных в процессе извлечения песка на очистных сооружениях:

- количество взвешенных частиц на входе приёмной камеры - 65 мг/л;

- среднесуточные стоки - 450 м<sup>3</sup>/сутки

$$Ппр = 96 * 450 / 65 = 664,615$$

$$K = (0,02 * 664,615 * 365/1000) * 1,1 = 5.337 \text{ т/год}$$

3. Шлам от очистки коммунальных (городских) сточных вод (ил)

Шлам от очистки коммунальных (городских) сточных вод (ил) образуется при очистке первичных отстойников и биофильтров на очистных сооружениях «Голубовские».

В ..... году планируется образование шлама от очистки коммунальных сточных вод - технологический расчет определение ила:

- определение общего количества сухого осадка в первичных отстойниках:

$$W1 = Q * c1 * E/100 * 1000000,$$

где: Q = 450 м<sup>3</sup>/сутки - расход сточной жидкости ;

c1 = 93 мг/л - концентрация взвешенных веществ в поступающих стоках;

E = 55% - эффект осветления в первичных отстойниках;

Ри = 99,4% - влажность избытка ила; Рс = 96% - влажность влажного осадка; Ппр - прирост излишка ила;

В = 48 мг/л - количество взвешенных веществ в стоках, поступающих в первичные отстойники;

БПКП = 100 мг/л - БПК в стоках, поступающих в первичные отстойники.

$$W1 = 450 * 93 * 55/100 * 1000000 = 0,023 \text{ т/сутки}$$

$$W1 = 0,023 * 365 = 8,395 \text{ т/год}$$

- определение количества избытка ила, который поступает на иловые участки (согласно СНиП II-32 - 85, п.7.105):

$$P_{пр} = 0,8 * B + 0,3 * БПКП = 0,8 * 48 + 0,3 * 100 = 68,4$$

$$W2 = (68,4 * 450 / 1000000) * 365 = 11,235 \text{ т/год} - \text{общее количество ила;}$$

$$W_{общ} = W1 + W2 = 8,395 + 11,235 = 19,630 \text{ т/год}$$

В ..... году планируется образования шлама от очистки коммунальных (городских) сточных вод (ила) 19.630 т/год .

#### 4. Отходы коммунальные (городские) смешанные

Количество стационарных работников - 114 человек. Норматив образования коммунальных отходов на одного человека - 0,062 т/год (согласно «Рекомендуемым нормы накопления твердого бытового мусора для населенных пунктов»).

Общее количество коммунальных отходов можно найти по формуле:

$$M_{ком} = N * n$$

где N - количество стационарных работников;

n - норматив образования коммунальных отходов на одного человека.

В ..... году планируется образования коммунальных отходов:

$$M_{ком} = 114 * 0,062 = 7.068 \text{ т/год}$$

#### **Порядок выполнения работы:**

Рассчитать:

1. Количество отходов, задерживаемых решетками из бытовых сточных вод;
2. Остатки, полученные в процессе извлечения песка;
3. Шлам от очистки коммунальных (городских) сточных вод (ил);
4. Отходы коммунальные (городские) смешанные.

Исходные данные:

Население - 350 тысяч;

Количество стационарных работников на очистных сооружениях - 0,2 % от количества населения;

Расход сточной жидкости  $Q = \text{м}^3/\text{сутки}$ , принять как № в журнале плюс 100; Плотность отходов  $B = \text{т}/\text{м}^3$  – принять, как № в журнале умножить на 0,5.

Составить схему очистки сточных вод.

### **Контрольные вопросы:**

1. Чем определяется количество отходов, задерживаемых решетками из бытовых сточных вод?
2. Охарактеризуйте норматив образования коммунальных отходов.
3. В каких единицах измеряется влажность избытка ила и влажность влажного осадка?
4. Как рассчитать общее количество коммунальных отходов?
5. Опишите технологию очистки первичных отстойников и биофильтров на очистных сооружениях.

## **ВОПРОСЫ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТАМ ЗАОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ**

### ***Тема №1***

1. Производственные сточные воды
2. Условия образования сточных вод
3. Водоотведение горных предприятий
4. Формы государственного учета водопользования
5. Проблемы водопользования в ЛНР
6. Фильтрация сточных вод
7. Что такое ПДК, ПДС. Расчет этих величин и назначение песколовков. . Эскиз
8. Схема водопотребления и водоотведения

### ***Тема №2***

1. Виды и формы загрязнений производственных вод. Способы очистки и обеззараживания
2. Вертикальные и горизонтальные отстойники
3. Методы коагуляции при очистке
4. Схемы очистки шахтных вод
5. Обязанности водопользователей
6. Формирование шахтных водопритоков, шахтный водоотлив
7. Очистка воды на аэротенках
8. Методы физико-химической оценки
9. Схемы очистки сточных вод от взвешенных веществ
10. Работа водоотлива на шахте

### ***Тема №3***

1. Форма отчетности 2тп-вода. Балансовая схема водопотребления и водоот- ведения предприятия.
2. Предназначение форм отчетности по воде
3. Основные виды технологических схем очистки шахтной воды
4. Использование осадка шахтных вод

5. Состояние гидросферы в Луганской области
6. Контроль качества сточных вод
7. Государственные контролирующие органы по надзору за гидросферой
8. Платежи за водопользование
9. Формы нарушенности и загрязнений по воде
10. Гидромониторинг при ликвидации угольных шахт

## ПРИЛОЖЕНИЕ №1

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ ПДВ и ПДС

1. Краткие методические указания по разработке предельно допустимых и временно согласованных выбросов (ПДВ и ВСВ) для стационарных источников

1.1. Установление ПДВ производится с применением методов расчета загрязнения атмосферы промышленными выбросами и с учетом перспективы развития предприятий, физико-географических и климатических условий местности, расположения промышленных площадок и участков существующей и проектируемой жилой застройки, санаториев, зон отдыха городов, взаимного расположения промышленных площадок и селитебных территорий.

ПДВ (г/с) устанавливаются для условий полной нагрузки технологического и газоочистного оборудования и их нормальной работы. ПДВ не должны превышать в любой 20-и минутный период времени.

ПДВ устанавливаются для каждого отдельного источника выброса. Для мелких источников целесообразно установление единых ПДВ от их совокупностей, с предварительным объединением группы источников в более мощный площадной или условный точечный источник. Неорганизованные выбросы всего предприятия или отдельных участков его промплощадки сводятся к площадным источникам или к совокупности условных точечных источников.

Наряду с ПДВ для одиночных источников устанавливаются ПДВ для предприятия в целом. При постоянстве выбросов они находятся как сумма ПДВ от одиночных источников и групп мелких источников. При непостоянстве во времени выбросов от отдельных источников ПДВ предприятия соответствует максимально возможному суммарному выбросу от всех источников предприятия при нормальной работе технологического и газоочистного оборудования.

ПДВ определяются для каждого вещества отдельно, в том числе и в случаях

учета суммации вредного действия нескольких веществ.

При установлении ПДВ учитываются фоновые концентрации  $C_{ф}$ .

Значение ПДВ (г/с) для одиночного источника с круглым устьем в случаях, когда  $C_{ф} < ПДК$  определяется по формуле:

$$ПДВ = (ПДК - C_{ф}) H^2 / A F m n \eta \sqrt[3]{V_1 \Delta T} \quad (1.1)$$

где:  $H$  (м) – высота источника выброса над уровнем земли (для наземных источников при расчетах принимается  $H=2$ м);

$A$  – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы;

$F$  – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе;

$m$  и  $n$  – коэффициенты, учитывающие условия выхода газо-воздушной смеси из устья источника выброса;

$\eta$  – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности (в случае ровной или слабопересеченной местности с перепадом высот, не превышающим 50 м на 1 км,  $\eta=1$ );

$\Delta T$  (оС) – разность между температурой выбрасываемой газо-воздушной смеси и температурой окружающей среды;

$V_1$  (м<sup>3</sup>/с) – расход газо-воздушной смеси, определяемый по формуле:

$$V_1 = \omega_0 \pi D^2 / 4 \quad (1.2)$$

где:  $\omega_0$  (м/с) – средняя скорость выхода газо-воздушной смеси из устья источника выброса;

$D$  (м) – диаметр устья источника выброса.

При наличии группы из нескольких источников выбросов значения ПДВ (ПДВ<sub>1</sub>, ПДВ<sub>2</sub>, ..., ПДВ<sub>N</sub>) для каждого ( $i$ -го) источника находится по формуле:

$$ПДВ_i = M_i, \quad (1.3)$$

где  $M_i$  ( $M_1, M_2, \dots, M_N$ ) – такие значения выбросов от каждого источника, которые приняты при расчетах загрязнения атмосферы от всей совокупности источников и при которых максимальная суммарная концентрация в

атмосфере при неблагоприятных метеорологических условиях не превышает ПДК - сф или 0,8 ПДК - сф на территориях, подлежащих особой охране.

Наряду с максимальными разовыми ПДВ (г/с) устанавливаются годовые значения ПДВг (т/год) для отдельных источников и предприятия в целом.

Для действующих предприятий, если в воздухе городов или других населенных пунктов концентрации вредных веществ превышают ПДК, а значения ПДВ в настоящее время не могут быть достигнуты, то по согласованию с органами Министерства охраны природы и Минздрава предусматривается поэтапное, с указанием длительности каждого этапа, снижение выбросов вредных веществ до значений ПДВ, обеспечивающих достижение ПДК, или до полного предотвращения выбросов.

На каждом этапе до обеспечения значений ПДВ устанавливаются временно согласованные выбросы вредных веществ (ВСВ) с учетом значений выбросов предприятий с наилучшей (в части охраны окружающей среды) достигнутой технологией производства, аналогичных по мощности и технологическим процессам. При установлении ВСВ следует пользоваться теми же приемами расчета, что и при установлении ПДВ.

2. Краткие методические указания по разработке предельно допустимых сбросов сточных вод (ПДС)

2.1. Расчет ПДС для водотоков.

2.1.1. Величины ПДС определяются для всех категорий водопользования как произведение максимального часового расхода сточных вод  $Q_{ст}$  (м<sup>3</sup>/час) на концентрацию в них загрязняющих веществ -  $C_{ст}$  (г/м<sup>3</sup>) согласно формуле:

$$ПДС = Q_{ст} \times C_{ст} \text{ (г/час)} \quad (2.1)$$

Величина  $C_{ст}$ , входящая в формулу (2.1), определяется по известным методам, изложенным, например, в «Справочнике проектировщика. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. Раздел II. Состав загрязненных сточных вод, условия и расчеты их выпуска в водоемы после очистки.» М.Стройиздат, 1981г. с. 22-40.



В соответствии с «Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами» (1975г.), для сбросов сточных вод в черте населенного пункта Сст устанавливаются на уровне соответствующих ПДК (п.19).

2.1.2. Если фактический сброс вредных веществ со сточными водами меньше расчетного ПДС, то в качестве ПДС принимается фактический сброс.

2.1.3. Если природное фоновое содержание загрязняющих веществ в вод- ном объекте по каким-либо показателям не обеспечивает нормативное качество воды в контрольном пункте, то ПДС по этим показателям устанавливается, исходя из условий соблюдения природного фонового качества воды в контрольном створе.

Для предприятий, расположенных в районах с повышенной минерализацией природных вод, при расчете ПДС принимается величина Сст равная 1500 мг/л в качестве предельного уровня минерализации поверхностных вод (ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством» (п. 1.5.2, примечание 1)).

Данные по фоновому составу воды водных объектов запрашиваются в местных органах по охране окружающей среды.

2.1.4. С целью предотвращения сброса загрязняющих веществ со сточными водами, отводимыми в водные объекты после охлаждения агрегатов, величина Сст устанавливается на уровне концентрации веществ в воде водного объекта в месте забора (при условии водопользования одним водным объектом).

2.1.5. При наличии веществ 1-го и 2-го классов опасности с одинаковыми лимитирующими признаками вредности (ЛПВ) ПДС устанавливается из рас- чета ( таблица 1; Сан П и Н 4630-88 Минздрава СССР):

$$\frac{C'_{ст}}{ПДК'} + \frac{C''_{ст}}{ПДК''} < 1$$

2.1.6 Для сточных вод, отводимых в канализационную сеть населенного пункта или другого предприятия технические условия на сброс устанавливаются владельцем очистных сооружений, из условия обеспечения последним отведения сточных вод в водный объект с соблюдением нормативов ПДС.

## 2.2 Расчет ПДС для водохранилищ и озер.

Величины ПДС для выпусков сточных вод в водохранилища и озера определяются в соответствии с формулой (2.1.) по приведенным ниже расчетным формулам. Основная формула для определения СПДС без учета неконсервативности вещества имеет вид:

$$\text{СПДС} = n (\text{СПДК} - \text{Сф} ) + \text{Сф} \quad (2.2.1)$$

где СПДК – предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в воде водоема, г/м<sup>3</sup>;

Сф - фоновая концентрация загрязняющего вещества в воде водоема в месте выпуска сточных вод, г/м<sup>3</sup>;

n – кратность общего разбавления сточных вод в водоеме.

С учетом неконсервативности загрязняющего вещества расчетная формула имеет вид:

$$\text{СПДС} = n (\text{СПДК} L_{kt} - \text{Сф} ) + \text{Сф} \quad (2.2.2)$$

где k – коэффициент неконсервативности, 1/сут;

t – время перемещения сточных вод под влиянием течения от места их выпуска до расчетного створа, сут.

Значения коэффициент неконсервативности k принимаются по данным натурных наблюдений или по справочным данным и пересчитываются в зависимости от температуры воды и скорости течения в водоеме.

## ПРИЛОЖЕНИЕ №2

Поступление загрязняющих веществ со сточными водами в водоемы России, объемы сброса сточных вод по отраслям экономики представлены в таблицах 1.2 и 1.3.

Таблица 1.2 - Поступление загрязняющих веществ со сточными водами в водоемы России в 1990 и 1999 гг. / 15 /

| Показатель   | Ед. измерения       | 1990 год | 1999 год |
|--|---------------------|----------|----------|
| Объем сброса сточных вод – всего.<br>В составе сточных вод сброшено: | млрд м <sup>3</sup> | 75,2     | 54,8     |
| 1. Сульфатов   | млн т               | 52,9     | 2,7      |
| 2. Хлоридов  | млн т               | 55,0     | 7,0      |
| 3. Аммонийного азота   | тыс. т              | 202,5    | 83,0     |
| 4. Нитратов  | тыс. т              | 77,8     | 122,4    |
| 5. Фосфора общего  | тыс. т              | 57,6     | 26,5     |
| 6. Фенола  | т                   | 264,6    | 60,6     |
| 7. Свинца  | т                   | 144,8    | 33,9     |
| 8. Пестицидов  | т                   | 16,1     | 0,4      |

Таблица 1.3 - Объемы сброса сточных вод в поверхностные водоемы по отраслям экономики России / 15 /

| Отрасли экономики                                    | 1990 год            |      | 1999 год            |      |
|--|---------------------|------|---------------------|------|
|  | млрд м <sup>3</sup> | %    | млрд м <sup>3</sup> | %    |
| Всего,<br>В том числе:                               | 75,2                | 100  | 54,8                | 100  |
| 1. Промышленность,<br>Из нее:                        | 48,8                | 64,9 | 34,6                | 63,1 |
| Электроэнергетика                                    | 33,4                | 44,4 | 26,5                | 48,4 |
| Черная металлургия                                   | 1,4                 | 1,9  | 0,9                 | 1,6  |
| Цветная металлургия                                  | 1,0                 | 1,3  | 1,2                 | 2,2  |
| Химическая и нефтехимическая                         | 2,9                 | 3,9  | 1,6                 | 2,9  |
| Машиностроение и металлообра-<br>ботка               | 2,4                 | 3,1  | 1,0                 | 1,8  |
| Лесная, деревообрабатывающая,<br>целлюлозно-бумажная | 3,0                 | 4,0  | 1,6                 | 2,9  |
| Строительных материалов                              | 0,3                 | 0,4  | 0,2                 | 0,4  |
| Другие отрасли                                       | 4,4                 | 5,9  | 1,6                 | 2,9  |
| 2. Сельское хозяйство                                | 13,0                | 17,3 | 5,0                 | 9,1  |
| 3. Транспорт   | 0,3                 | 0,4  | 0,2                 | 0,4  |
| 4. ЖКХ   | 12,9                | 17,1 | 13,6                | 24,8 |
| 5. Прочие отрасли экономики                          | 0,2                 | 0,3  | 1,4                 | 2,6  |

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Горшков В.А. Очистка и использование сточных вод предприятий угольной промышленности: М., Недра,1981.-269с
2. Мирзаев Б.А. и др. Экология горного производства: Учебник для вузов. М.,Недра,1991.-320с.
3. Г.Ю. Валуконис Экология и энергетика: возможен ли компромисс Луганськ, 2001. -175с
4. Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами. М., 1975.
5. Черкинский С. Н. Санитарные условия спуска сточных вод в водоемы. М.: Стройиздат, 1971, 208с.







Учебное издание

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к практическим работам

по дисциплине

**«Техника и технология очистки промышленных сточных  
вод»**

для студентов направления подготовки

Профессиональное обучение (по отраслям),

профиль «Безопасность технологических процессов и производств».

С о с т а в и т е л ь:

Софья Александровна Черникова

Печатается в авторской редакции.

Компьютерная верстка и оригинал-макет автора.

Подписано в печать \_\_\_\_\_

Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага типограф. Гарнитура

Times Печать офсетная. Усл. печ. л., Уч.-изд. л. \_\_\_\_\_

Тираж 100 экз. Изд. № \_\_\_\_\_. Заказ № \_\_\_\_\_. Цена договорная.

Издательство Луганского  
государственного университета  
имени Владимира Даля

*Свидетельство о государственной регистрации  
издательства МИ-СРГ ИД 000003 от 20 ноября 2015г.*

**Адрес издательства:** 91034, г. Луганск, кв. Молодежный, 20а

**Телефон:** 8 (0642) 41-34-12, **факс:** 8 (0642) 41-31-60

**E-mail:** [izdat.lguv.dal@gmail.com](mailto:izdat.lguv.dal@gmail.com) **http:** [//izdat.dahluniver.ru](http://izdat.dahluniver.ru)