

**ТЕХНОЛОГИЯ
ПРИРОДООХРАННЫХ РАБОТ**

Федеральное агентство по образованию
ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет – УПИ»

ТЕХНОЛОГИЯ ПРИРОДООХРАННЫХ РАБОТ

Методические указания к практическим занятиям по курсу
«Технология природоохранных работ» для студентов всех форм обучения
специальности 080502 – Экономика и управление на предприятии
(химическая промышленность)

Екатеринбург
2006

УДК 502.13

Составители Е.Р. Магарил, И.В. Рукавишникова
Научный редактор канд. хим. наук Л.М. Теслюк

ТЕХНОЛОГИЯ ПРИРОДООХРАННЫХ РАБОТ: методические указания по курсу “Технология природоохранных работ” / сост. Е.Р. Магарил, И.В. Рукавишникова. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. 26 с.

В работе представлены методические указания к практическим занятиям по разделам “Экологизация эксплуатации автотранспорта” и “Мероприятия по охране компонентов гидросферы” курса «Технология природоохранных работ».

Рассмотрены методы снижения токсичных выбросов автомобилями, предлагается практическая работа по сравнению эффективности этих методов.

Рассмотрены виды сточных вод промышленного предприятия; принципы их очистки; некоторые устройства, используемые для очистки сточных вод. Предлагается практическая работа по оценке загрязненности сточных вод предприятия и моделированию системы очистки сточных вод.

Работа предназначена для студентов всех форм обучения специальности 080502 – Экономика и управление на предприятии (химическая промышленность); может быть использована для практических занятий по курсу «Экология» для студентов всех специальностей технических факультетов.

Библиогр.: 5 назв. Табл.5. Рис.7.

Подготовлено кафедрой “Экономика и организация химической промышленности”.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ..... | 4 |
| ВВЕДЕНИЕ..... | 5 |
| 1. ОЦЕНКА ВАРИАНТОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА | 6 |
| 2. ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ. МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА ПРЕДПРИЯТИИ..... | 16 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК | 25 |

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

1. C – концентрация загрязняющего вещества
2. ПДК – предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества.
3. ПДК_{сс} – среднесуточное значение предельно допустимой концентрации загрязняющего вещества.
4. ПДК_{мр} – максимальное разовое значение предельно допустимой концентрации вещества.
5. Э – экономичность природоохранного мероприятия.
6. η – эффективность очистки сточных вод техническим устройством.

ВВЕДЕНИЕ

Природоохранные мероприятия призваны обеспечить комплексную защиту всех компонентов окружающей среды (атмосферы, литосферы, гидросферы, растительного и животного мира) от отрицательного антропогенного воздействия. Эти мероприятия должны быть направлены не только и не столько на ликвидацию нежелательных последствий человеческой деятельности (истощения природных ресурсов, загрязнения окружающей среды), сколько на предотвращение этих явлений, рационализацию природопользования.

Настоящие методические указания составлены с целью предоставления студентам информации о мероприятиях, направленных на охрану атмосферного воздуха от загрязнений, выбрасываемых при эксплуатации автомобильного транспорта, и предотвращение загрязнения водоемов сточными водами промышленных предприятий. Таким образом, приведены материалы по двум разделам курса «Технология природоохранных работ», в которых рассматриваются мероприятия по охране атмосферного воздуха и гидросферы.

Методические указания содержат данные о масштабе и характере загрязнения атмосферы автомобильным транспортом; о возможных вариантах повышения экологической безопасности эксплуатации автомобилей с бензиновыми и дизельными двигателями; знакомят студентов с методикой сравнительной оценки этих вариантов.

Приведены также сведения о видах, составе и структуре сточных вод промышленного предприятия; предложен способ определения приоритетных загрязняющих веществ. Рассмотрены некоторые принципы, на которых основано действие устройств по очистке вод от примесей; конструктивные особенности этих устройств, их характеристики и области применения.

Предлагаемые студентам работы призваны формировать навыки моделирования реальной экологической ситуации, определения эффективности и экономичности природоохранных мероприятий, выбора оптимального их варианта по ряду критериев.

1. ОЦЕНКА ВАРИАНТОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Задание

1. Оценить суммарную токсичность выбросов за год автомобилями с бензиновыми и дизельными двигателями по двум вариантам природоохранных мероприятий.
2. Определить вклад основных компонентов отработавших газов в суммарную токсичность выбросов.
3. По результатам расчетов построить гистограммы, проанализировать экологическую эффективность предлагаемых мероприятий.
4. Сопоставить экономичность предлагаемых вариантов природоохранных мероприятий, сделать вывод о большей целесообразности одного из них.

Исходные данные

Средний пробег автомобиля за год, L 10 000 км

Средний расход топлива на 100 км:

- для бензиновых двигателей 10 л

- для дизельных двигателей 30 л

Средняя стоимость используемых топлив:

- бензинов 15 руб/л

- дизельных топлив 15 руб/л

Стоимость одного каталитического
нейтрализатора для автомобиля

с бензиновым двигателем 10 000 руб.

Стоимость комбинированной системы
фильтр-нейтрализатор для автомобиля

с дизельным двигателем 12 000 руб.

Срок службы каталитического нейтрализатора 3 года

Срок службы комбинированной системы
фильтр-нейтрализатор

3 года

Стоимость многофункциональной присадки:

- для бензинов 2 коп/л

- для дизельных топлив 6 коп/л

Природоохранные мероприятия для предприятия, в автопарке которого имеются автомобили с бензиновыми и дизельными двигателями, предлагаются с учетом того, что автомобили с бензиновыми двигателями оборудованы системой впрыска топлива и используют только неэтилированный бензин. Применение каталитических нейтрализаторов и системы фильтр-нейтрализатор увеличивает расход топлива на 10 %.

Для снижения токсичных выбросов, производимых автомобилями предприятия, предложены 2 альтернативных природоохранных мероприятия:

- применение трехкомпонентных каталитических нейтрализаторов для автомобилей с бензиновыми двигателями и комбинированной системы фильтр-нейтрализатор для автомобилей с дизельными двигателями (природоохранное мероприятие 1);

- применение многофункциональной присадки к бензинам и дизельным топливам (природоохранное мероприятие 2).

Данные о выбросах загрязняющих веществ одним автомобилем на единицу пробега представлены в табл. 1.1.

Методические указания

Загрязнение воздуха городов токсичными веществами, выбрасываемыми автотранспортом, обуславливает во многих случаях концентрации токсичных веществ в воздухе в зоне дыхания, во много раз превышающие безвредные для здоровья человека.

Выбросы токсичных веществ автомобилями зависят как от технического совершенства автомобилей и их двигателей, так и от экологических свойств моторных топлив.

При сгорании моторных топлив в бензиновых и дизельных двигателях при стехиометрическом ($\alpha=1$) или сверхстехиометрическом ($\alpha>1$) соотношении кислород воздуха/топливо помимо основных продуктов полного окисления – воды и диоксида углерода – образуются и выбрасываются с отработавшими газами в воздух токсичные вещества: оксиды углерода, азота, органические кислородосодержащие соединения, несгоревшие углеводороды, сажа, а при использовании свинцовых антидетонаторов (этилированных бензинов) – свинец (в виде бромидов и хлоридов). Образование токсичных веществ в бензиновых и дизельных двигателях имеет свои особенности и отличия, ввиду этого и состав отработавших газов отличается. Основные токсичные продукты отработавших газов бензиновых двигателей (в современных бензиновых двигателях соотношение воздух/топливо автоматически поддерживается в пределах $1,00 \div 1,02$ относительно стехиометрического) – продукты неполного горения топлива: оксид углерода (СО) и недогоревшие углеводороды (C_mH_n). Дизельный двигатель работает со значительным избытком воздуха, и микродиффузионный режим сгорания топлива создает условия образования токсичных веществ, значительно отличающиеся от условий в бензиновых двигателях.

Таблица 1.1

Исходные данные для решения

| Номер варианта | Выбросы токсичных веществ автомобилем с бензиновым двигателем, г/км | | | | | | | | | Выбросы токсичных веществ автомобилем с дизельным двигателем, г/км | | | | | | | | | | | |
|----------------|---|------|------|-----------------|------|------|-------------------------------|-------|------|--|------|------|-----------------|------|------|-------------------------------|------|------|-------|-------|-------|
| | CO | | | NO ₂ | | | C _m H _n | | | CO | | | NO ₂ | | | C _m H _n | | | Сажа | | |
| | 0* | 1** | 2*** | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 2 |
| 1 | 0,70 | 0,07 | 0,49 | 0,07 | 0,03 | 0,04 | 0,08 | 0,008 | 0,05 | 0,47 | 0,09 | 0,33 | 0,25 | 0,25 | 0,19 | 0,05 | 0,01 | 0,03 | 0,025 | 0,013 | 0,015 |
| 2 | 2,72 | 0,30 | 1,90 | 0,47 | 0,19 | 0,33 | 0,50 | 0,01 | 0,33 | 2,72 | 0,30 | 2,31 | 0,47 | 0,47 | 0,30 | 0,50 | 0,10 | 0,33 | 0,14 | 0,07 | 0,08 |
| 3 | 2,20 | 0,20 | 1,40 | 0,25 | 0,05 | 0,18 | 0,50 | 0,05 | 0,33 | 1,00 | 0,10 | 2,30 | 0,46 | 0,46 | 0,29 | 0,23 | 0,02 | 0,15 | 0,08 | 0,04 | 0,04 |
| 4 | 1,50 | 0,20 | 1,00 | 0,14 | 0,03 | 0,10 | 0,17 | 0,02 | 0,11 | 0,60 | 0,06 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,39 | 0,06 | 0 | 0,04 | 0,05 | 0,03 | 0,03 |
| 5 | 2,0 | 0,2 | 1,3 | 0,17 | 0,03 | 0,13 | 0,25 | 0,03 | 0,16 | 0,80 | 0,08 | 0,68 | 0,70 | 0,70 | 0,50 | 0,08 | 0 | 0,05 | 0,06 | 0,03 | 0,03 |
| 6 | 12,41 | 1,24 | 8,69 | 1,90 | 0,76 | 1,40 | 2,11 | 0,21 | 1,37 | 3,10 | 0,30 | 2,60 | 5,60 | 5,60 | 4,20 | 1,10 | 0,10 | 0,72 | 0,18 | 0,09 | 0,09 |
| 7 | 7,00 | 1,40 | 4,90 | 0,21 | 0,08 | 0,16 | 0,26 | 0,05 | 0,17 | 2,30 | 0 | 1,90 | 2,50 | 2,50 | 1,88 | 0,90 | 0 | 0,59 | 0,20 | 0,10 | 0,10 |
| 8 | 5,50 | 1,10 | 3,90 | 0,17 | 0,07 | 0,12 | 0,20 | 0,02 | 0,13 | 2,00 | 0,20 | 1,70 | 5,00 | 5,00 | 3,75 | 1,20 | 0,10 | 0,78 | 0,19 | 0,10 | 0,10 |
| 9 | 3,00 | 0,30 | 2,10 | 0,20 | 0,08 | 0,35 | 0,30 | 0,03 | 0,19 | 1,50 | 0,20 | 1,28 | 5,40 | 5,40 | 4,20 | 1,00 | 0,10 | 0,65 | 0,14 | 0,07 | 0,07 |
| 10 | 2,00 | 0,20 | 1,40 | 0,19 | 0,08 | 0,14 | 0,23 | 0,02 | 0,13 | 0,90 | 0 | 0,77 | 0,49 | 0,49 | 0,36 | 0,16 | 0 | 0,10 | 0,08 | 0,04 | 0,04 |
| 11 | 1,80 | 0,20 | 1,26 | 0,12 | 0,05 | 0,08 | 0,16 | 0,02 | 0,10 | 0,50 | 0 | 0,43 | 0,60 | 0,60 | 0,45 | 0,05 | 0 | 0,03 | 0,05 | 0,03 | 0,03 |
| 12 | 9,00 | 1,00 | 6,30 | 1,50 | 0,60 | 1,11 | 1,80 | 0,18 | 1,10 | 2,40 | 0,20 | 2,00 | 4,20 | 4,20 | 3,27 | 0,70 | 0,07 | 0,46 | 0,15 | 0,07 | 0,08 |
| 13 | 4,00 | 0,40 | 2,80 | 0,70 | 0,28 | 0,51 | 0,90 | 0,09 | 0,59 | 1,30 | 0,10 | 1,00 | 5,20 | 5,20 | 4,06 | 1,40 | 0,14 | 0,90 | 0,21 | 0,11 | 0,11 |
| 14 | 1,60 | 0,20 | 1,20 | 0,15 | 0,06 | 0,11 | 0,19 | 0,03 | 0,12 | 0,70 | 0 | 0,60 | 0,70 | 0,70 | 0,55 | 0,07 | 0 | 0,05 | 0,07 | 0,05 | 0,05 |
| 15 | 1,70 | 0,30 | 1,20 | 0,16 | 0,06 | 0,11 | 0,20 | 0,02 | 0,13 | 0,80 | 0 | 0,70 | 0,90 | 0,90 | 0,70 | 0,08 | 0 | 0,05 | 0,06 | 0,03 | 0,03 |
| 16 | 1,80 | 0,40 | 1,30 | 0,20 | 0,08 | 0,14 | 0,25 | 0,04 | 0,14 | 0,90 | 0 | 0,80 | 0,80 | 0,80 | 0,60 | 0,09 | 0 | 0,06 | 0,08 | 0,04 | 0,04 |
| 17 | 1,90 | 0,20 | 1,30 | 0,21 | 0,08 | 0,14 | 0,25 | 0,03 | 0,14 | 0,60 | 0 | 0,50 | 0,60 | 0,60 | 0,45 | 0,06 | 0 | 0,04 | 0,06 | 0,03 | 0,04 |
| 18 | 2,00 | 0,20 | 1,40 | 0,20 | 0,08 | 0,14 | 0,26 | 0,03 | 0,17 | 2,10 | 0,20 | 1,80 | 5,00 | 5,00 | 0,38 | 0,66 | 0,07 | 0,43 | 0,10 | 0,05 | 0,05 |
| 19 | 2,00 | 0,20 | 1,40 | 0,18 | 0,07 | 0,13 | 0,22 | 0,02 | 0,14 | 1,50 | 0,10 | 1,30 | 3,50 | 3,50 | 2,63 | 0,46 | 0,05 | 0,29 | 0,04 | 0,02 | 0,02 |
| 20 | 2,30 | 0,40 | 1,60 | 0,22 | 0,08 | 0,14 | 0,27 | 0,03 | 0,18 | 4,00 | 0,40 | 3,40 | 7,00 | 7,00 | 5,30 | 1,10 | 0,10 | 0,70 | 0,15 | 0,07 | 0,08 |
| 21 | 0,70 | 0 | 0,50 | 0,08 | 0,03 | 0,06 | 0,09 | 0 | 0,06 | 0,48 | 0,05 | 0,41 | 0,3 | 0,3 | 0,23 | 0,06 | 0 | 0,04 | 0,03 | 0,015 | 0,015 |
| 22 | 1,40 | 0,10 | 0,90 | 0,16 | 0,06 | 0,12 | 0,18 | 0,12 | 0,12 | 0,75 | 0,05 | 0,64 | 0,60 | 0,60 | 0,45 | 0,05 | 0 | 0,03 | 0,04 | 0,02 | 0,02 |

* Выбросы до проведения природоохранного мероприятия.

** Выбросы после природоохранного мероприятия 1.

*** Выбросы после природоохранного мероприятия 2.

В результате в дизельных двигателях образование оксидов азота значительно выше, чем в бензиновых двигателях, а образование оксида углерода – много меньше. В то же время значительно выше степень полного и неполного окисления углеводородов, и, следовательно, значительно меньше выбросы суммы углеводородов и их оксипроизводных (но доля выбросов альдегидов в $1,5 \div 4$ раза выше), чем в бензиновых двигателях. Кроме того, в выбросах дизельных двигателей всегда содержится сажа, ввиду особенностей диффузионного горения.

Для оценки суммарной токсичности отработавших газов необходимо знание ПДК токсичных компонентов выбросов. Обычно при оценке токсичности веществ, выбрасываемых в воздух автотранспортом, исходили из значений максимальной разовой ПДК. Однако в настоящее время города настолько насыщены автомобилями, что правильнее пользоваться среднесуточными ПДК. При этом существует большая неопределенность в величине ПДК для группы токсичных веществ C_mH_n , так как определяется сумма горючих, кроме СО, включающая в себя как малотоксичные, так и чрезвычайно токсичные вещества (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Предельно допустимые концентрации некоторых веществ, входящих в группу C_mH_n отработавших газов АТС

| Вещество | Предельно допустимая концентрация, мг/м ³ | |
|--------------|--|----------------|
| | максимальная разовая | среднесуточная |
| Бутан | 200 | – |
| Гексан | 60 | – |
| Бутен | 3 | 3 |
| Гексен | 0,4 | 0,085 |
| Бензол | 1,5 | 0,1 |
| Формальдегид | 0,035 | 0,003 |
| Бенз(α)пирен | – | 10^{-6} |

Поскольку усреднение ПДК в данном случае проблематично, мы принимаем для группы C_mH_n ПДК, равным ПДК NO₂ (в нормах ПДВ стран ЕС до 2000 г. C_mH_n и NO_x, определяемые в виде NO₂, лимитировались суммарно). Ниже приведены среднесуточные ПДК основных токсичных компонентов отработавших газов:

| Вещество | ПДК _{СС} , мг/м ³ |
|-------------------------------------|---------------------------------------|
| NO ₂ | 0,04 |
| СО..... | 3 |
| C _m H _n | 0,04 |
| Твердые частицы (сажа)..... | 0,05 |

1.1. Методика оценки суммарной токсичности выбросов

Если при сжигании 1 кг топлива выделяется G_A г токсичного вещества A и предельно допустимая среднесуточная концентрация его равна ПДК _{A} , то концентрация A в воздухе будет равна ПДК _{A} . Тогда объем воздуха, в котором разбавлены продукты сгорания (коэффициент разбавления – $K_p(A)$, м³), равен

$$K_p(A) = \frac{G_A}{\text{ПДК}_A} . \quad (1.1)$$

Такая же степень загрязнения воздуха веществом B будет при $\frac{G_B}{\text{ПДК}_B} = \frac{G_A}{\text{ПДК}_A}$, или $K_p(B) = K_p(A)$. Отсюда загрязнение воздуха веществом B можно выразить через вес G_A , г:

$$\frac{G_B}{\text{ПДК}_B} \text{ПДК}_A = G_A . \quad (1.2)$$

Тогда суммарное загрязнение воздуха различными токсичными веществами можно рассчитать через вес одного вещества G_A , г, принятого за эталон, определяя

$$\sum_i \frac{G_i}{\text{ПДК}_i} \text{ПДК}_A = G_A . \quad (1.3)$$

Суммирование ведется по видам токсичных веществ.

Примем за эталон оксид углерода. Тогда суммарное загрязнение воздуха токсичными веществами, образующимися при сжигании 1 кг моторного топлива, будет определяться формулой

$$\sum_i \frac{G_i}{\text{ПДК}_i} \text{ПДК}_{\text{CO}} = g_{\text{CO}} , \quad (1.4)$$

где g_{CO} – вес оксида углерода, дающий такое же загрязнение, как все токсичные вещества в сумме, г.

Используя данную методику, можно сравнивать экологические характеристики различных типов автомобилей по интегральной

характеристике токсичности отработавших газов, выраженной через эквивалентный вес оксида углерода, также можно сравнивать экологическую эффективность методов снижения токсичности отработавших газов автомобилей, сравнивать экологические свойства различных сортов бензинов и дизельных топлив и т.д.

Для оценки суммарной токсичности выбросов автомобилями фирмы за год необходимо учитывать среднегодовой пробег L . Суммарная токсичность годовых выбросов i -го токсичного вещества одним автомобилем G_{CO} , кг, определяется по формуле

$$\sum_i \frac{g_i}{\text{ПДК}_i} \text{ПДК}_{CO} L * 10^{-3} = g_{CO} L * 10^{-3} = G_{CO}, \quad (1.5)$$

где g_i – выбросы i -го токсичного вещества автомобилем на километр пробега, г;

g_{CO} – вес оксида углерода, дающий такое же загрязнение, как сумма токсичных выбросов на километр пробега автомобиля, г;

10^{-3} – коэффициент перевода годовых выбросов в килограммы;

G_{CO} – вес оксида углерода, дающий такое же загрязнение, как сумма токсичных выбросов автомобилем за год, кг.

Учитывая, что в автопарке фирмы есть автомобили, как с бензиновыми, так и с дизельными двигателями, формула принимает вид:

$$\sum_i \frac{g_{ij}}{\text{ПДК}_i} \text{ПДК}_{CO} L * 10^{-3} = G_{CO}^j, \quad (1.6)$$

где j – тип двигателя (бензиновый или дизельный);

g_{ij} – выбросы i -го токсичного вещества автомобилем j -го типа на километр пробега, г;

G_{CO}^j – эквивалентный по токсичности этим выбросам вес оксида углерода, кг.

В работе расчет суммарной токсичности производится отдельно для автомобилей с бензиновыми и дизельными двигателями.

1.2. Методика определения вклада токсичных компонентов отработавших газов в суммарную токсичность выбросов

Используя приведенную выше методику пересчета суммарной токсичности отработавших газов на вес оксида углерода, можно оценить и долю в общей токсичности любого выбрасываемого двигателем вещества. Если загрязнение воздуха i -м веществом оценивается формулой $\frac{G_i}{\text{ПДК}_i} \text{ПДК}_{CO}$, а суммарное

загрязнение воздуха – $\sum_i \frac{G_i}{\text{ПДК}_i} \text{ПДК}_{CO}$, то доля в общей токсичности любого выбрасываемого двигателем вещества будет равна

$$\frac{\left(\frac{G_i}{\text{ПДК}_i}\right)}{\sum_i \left(\frac{G_i}{\text{ПДК}_i}\right)}. \quad (1.7)$$

Для автомобиля j -го типа при использовании данных о токсичных выбросах на километр пробега доля i -го токсичного вещества в суммарной токсичности выбросов определяется формулой:

$$v_i = \frac{\left(\frac{g_{ij}}{\text{ПДК}_i}\right)}{\sum_i \left(\frac{g_{ij}}{\text{ПДК}_i}\right)}. \quad (1.8)$$

Доля токсичности в процентах равна:

$$n_i = \frac{\left(\frac{g_{ij}}{\text{ПДК}_i}\right)}{\sum_i \left(\frac{g_{ij}}{\text{ПДК}_i}\right)} 100\%. \quad (1.9)$$

Расчет ведется отдельно для автомобилей с бензиновыми и дизельными двигателями.

1.3. Влияние природоохранных мероприятий на выбросы токсичных веществ

После проведенных расчетов результаты представляются в виде гистограмм, на которых приводятся суммарная токсичность выбросов и выбросы каждого токсичного компонента отработавших газов в пересчете на оксид углерода до и после проведения каждого из предлагаемых природоохранных мероприятий. По полученным результатам делается вывод о большей экологической эффективности одного из предлагаемых вариантов.

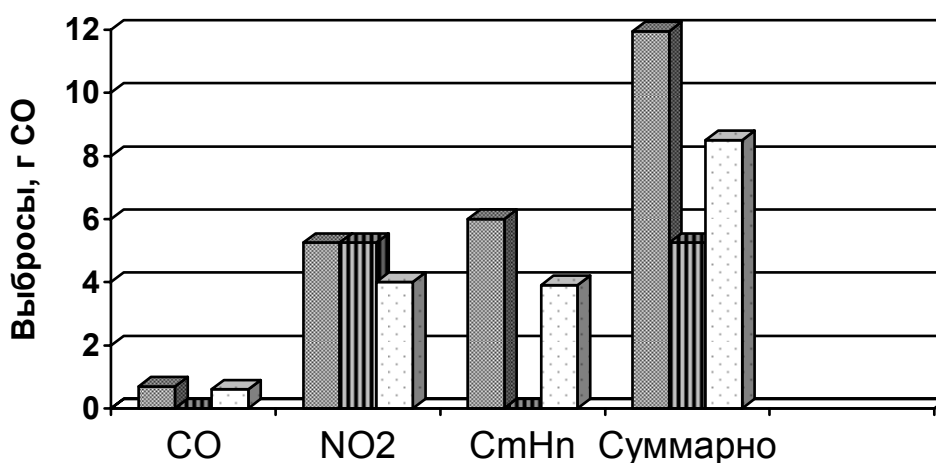


Рис.1.1. Снижение токсичности отработавших газов автомобилей с бензиновыми двигателями после проведения природоохранных работ:
 ■ - до проведения природоохранных мероприятий;
 ▨ - природоохранное мероприятие 1;
 □ - природоохранное мероприятие 2

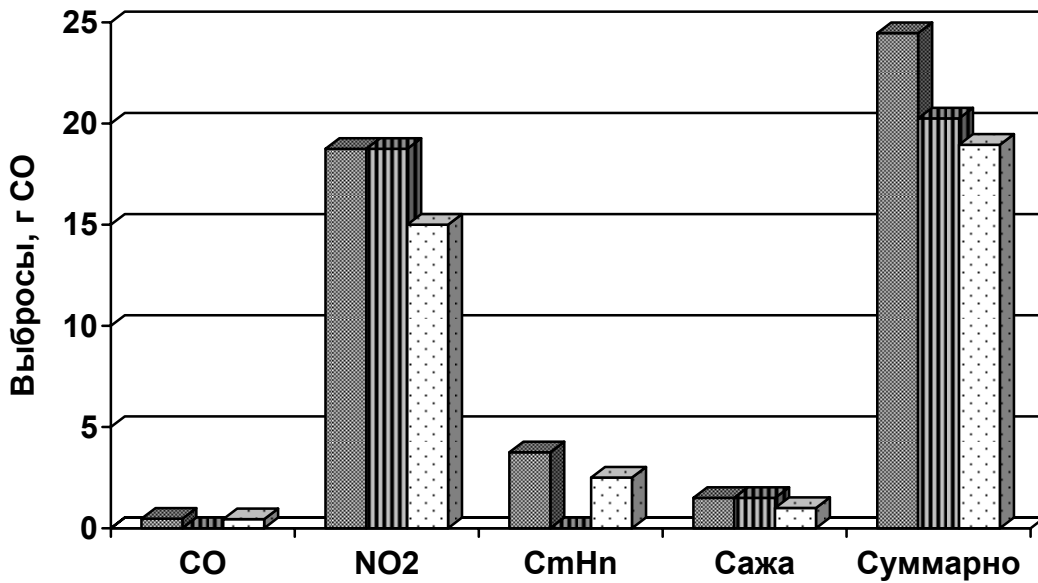


Рис.1.2. Снижение токсичности отработавших газов автомобилей с дизельными двигателями после проведения природоохранных работ:

- - до проведения природоохранных мероприятий;
- ▨ - природоохранное мероприятие 1;
- ▩ - природоохранное мероприятие 2

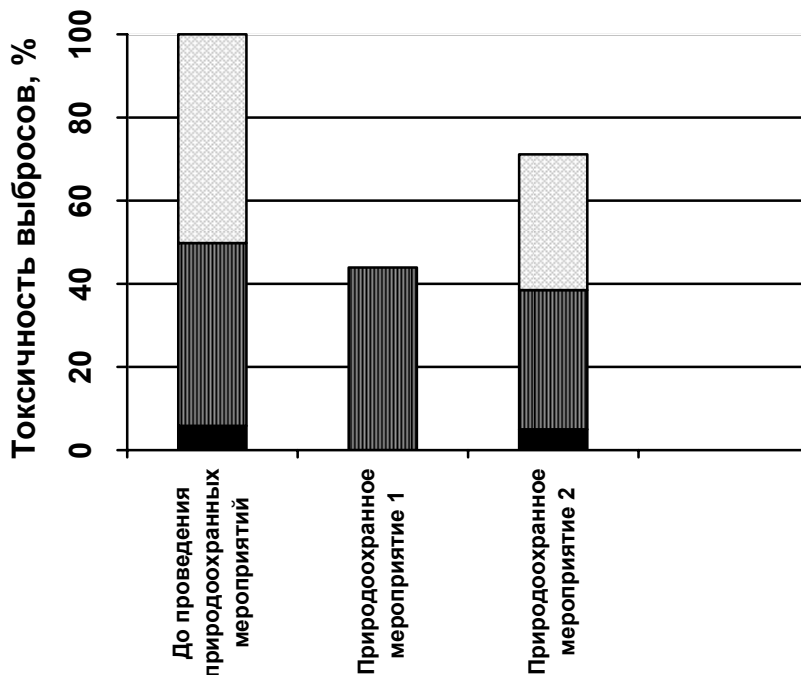


Рис.1.3. Вклад в суммарную токсичность компонентов отработавших газов автомобилей с бензиновыми двигателями:

- - CO; ▨ - NO2; ▩ - CmHn

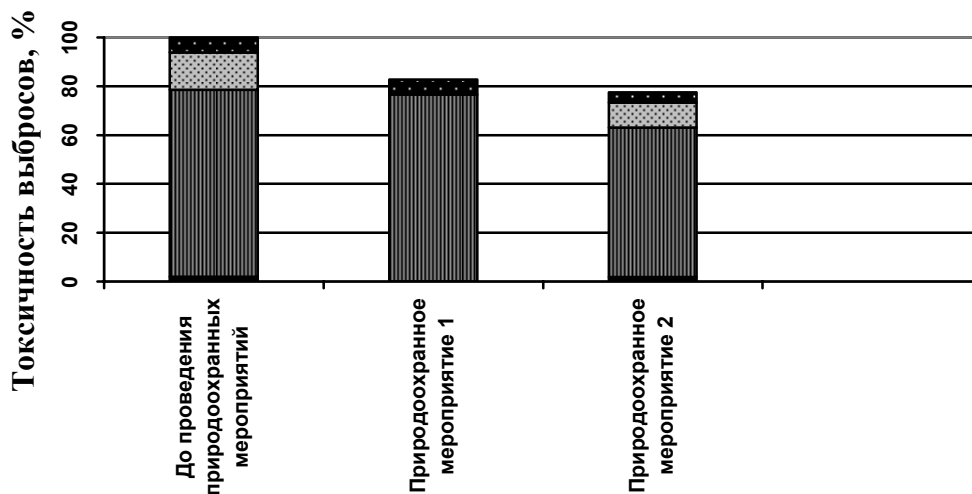


Рис.1.4. Вклад в суммарную токсичность компонентов отработавших газов автомобилей с дизельными двигателями:

■ - CO; ▨ - NO₂; ▩ - CmHn; ■ - сажа.

1.4. Определение экономичности природоохранных мероприятий

Экономичность природоохранных мероприятий определяют по соотношению снижения суммарной токсичности отработавших газов и текущих расходов.

Экономичность природоохранного мероприятия, направленного на снижение токсичных выбросов автомобилями, Э, кг/руб.:

$$\mathcal{E} = \frac{G_{\text{CO}}^0 - G_{\text{CO}}^{\text{ПМ}}}{C}, \quad (1.10)$$

где G_{CO}^0 – суммарная токсичность годовых выбросов автомобилем до проведения природоохранного мероприятия, кг;

$G_{\text{CO}}^{\text{ПМ}}$ – суммарная токсичность годовых выбросов автомобилем после проведения природоохранного мероприятия, кг;

C – текущие расходы при проведении природоохранного мероприятия, руб.

Для природоохранного мероприятия 1, считая каталитические нейтрализаторы приспособлениями целевого назначения и учитывая увеличение расхода топлива, рассчитаем текущие расходы при внедрении мероприятия для автомобилей с двигателями j -го типа, получаем:

$$C_j = \frac{\Pi}{t} + P_j v_j L \frac{\Delta T}{100\%}, \quad (1.11)$$

2. ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ. МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА ПРЕДПРИЯТИИ

Цель работы: формирование представлений о структуре и составе сточных вод промышленных предприятий, знакомство с некоторыми принципами очистки сточных вод, системами очистки, примерами их конструктивной реализации.

2.1. Сточные воды предприятия

В результате производственной деятельности промышленные предприятия и другие хозяйственные объекты сбрасывают сточные воды, различные по структуре, составу и объему.

Сточные воды предприятия в зависимости от условий образования делятся на бытовые (хозяйственно-бытовые, хозяйственно-фекальные), атмосферные и производственные (промышленные).

Бытовые сточные воды – это стоки душевых, бань, прачечных, столовых, туалетов, от мытья полов и т.д.

Атмосферные сточные воды образуются в результате выпадения атмосферных осадков, таяния снега и льда и стекания с территории предприятия.

Производственные сточные воды представляют собой жидкие отходы, которые возникают при добыче и переработке сырья. В технологических процессах источниками сточных вод являются воды, образующиеся при протекании химических реакций; воды, находящиеся в виде свободной и связанной влаги в сырье и исходных продуктах; промывные воды после промывки сырья; маточные водные растворы; водные экстракты и абсорбенты; воды охлаждения; другие сточные воды. В свою очередь производственные сточные воды делятся на условно-чистые (из холодильников, теплообменников и др., не соприкасавшиеся с сырьем и продуктами) и загрязненные (те, которые непосредственно участвовали в технологических процессах).

Наиболее распространенными загрязняющими веществами, входящими в состав сточных вод являются нефтепродукты, фенолы, легкоокисляемые органические вещества, соединения меди, цинка, аммонийный и нитратный азот, лигнин, ксантогенаты, анилин, метилмеркаптан, формальдегид и др.

Сточные воды любого промышленного предприятия содержат вещества, которые должны удаляться до смешения со стоками другого производства или населенного пункта. Приоритетные загрязняющие вещества можно определить по величине отношений концентрации отдельных загрязнителей в сточных водах к соответствующим значениям предельнодопустимых концентрации $C_i/ПДК_i$.

Задание 2.1

1. Приведите в работе следующие сведения:

а) виды, на которые делятся сточные воды в зависимости от условий образования;

б) источники производственных сточных вод;

в) наиболее распространенные загрязняющие вещества, входящие в состав сточных вод.

2. Используя данные табл. 2.1 и табл. 2.2. заполните приведенную ниже форму. Определите приоритетные загрязнители сточных вод предприятия.

| № п/п | Вещество | ПДК _i , мг/л | C _i , мг/л | C _i /ПДК _i |
|-------|---------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------------------|
| 1 | Азот аммонийный | | | |
| 2 | Фенолы | | | |
| 3 | Нефтепродукты | | | |
| 4 | ПАВ* | | | |
| 5 | Фосфаты | | | |
| 6 | Взвешенные вещества | | | |
| 7 | БПК полн.** | | | |
| 8 | Железо | | | |
| 9 | Медь | | | |

Таблица 2.1

Предельно допустимые концентрации основных загрязняющих веществ

| № п/п | Вещество | ПДК _i , мг/л |
|-------|---------------------|-------------------------|
| 1 | Азот аммонийный | 1 |
| 2 | Фенолы | 0,0018 |
| 3 | Нефтепродукты | 0,05 |
| 4 | ПАВ* | 0,09 |
| 5 | Фосфаты | 0,29 |
| 6 | Взвешенные вещества | 6,67 |
| 7 | БПК полн.** | 3,33 |
| 8 | Железо | 1 |
| 9 | Медь | 0,0018 |

* ПАВ – поверхностно-активные вещества.

** БПК – биохимическая потребность воды в кислороде – количественный показатель загрязненности воды органическими веществами, которые способны к биохимическому окислению в присутствии растворенного кислорода.

Таблица 2.2

Характеристики сбросов предприятия

| Номер варианта | V, тыс.м ³ /год | Концентрация загрязнителей, мг/л | | | | | | | | |
|----------------|-------------------------------|----------------------------------|--------|---------------|-------|---------|------------------------|---------------------|--------|-------|
| | | Азот аммонийный | Фенолы | Нефтепродукты | ПАВ | Фосфаты | Взвешенные вещества | БПК _{полн} | Железо | Медь |
| 1 | 240 | 2,35 | 0,064 | 6,29 | 0,055 | 0,150 | 10,00 | 37,1 | 1,80 | 0,061 |
| 2 | 260 | 0,79 | 0,094 | 24,00 | 0,102 | 0,026 | 17,30 | 40,4 | 1,62 | 0,055 |
| 3 | 280 | 1,29 | 0,160 | 12,06 | 0,130 | 0,530 | 32,50 | 84,0 | 2,45 | 0,240 |
| 4 | 300 | 5,90 | 0,080 | 13,04 | 0,460 | 0,610 | 14,70 | 95,4 | 1,00 | 0,064 |
| 5 | 320 | 2,64 | 0,072 | 18,20 | 0,092 | 0,340 | 22,60 | 51,7 | 1,53 | 0,086 |
| 6 | 0,9 | 4,40 | 0,300 | 0,09 | 7,200 | 0,110 | 0,58 | 14,0 | 32,7 | 1,100 |
| 7 | 1,2 | 1,31 | 0,048 | 2,04 | 0,210 | 0,220 | 1,64 | 17,3 | 1,64 | 0,008 |
| 8 | 1,5 | 1,78 | 0,430 | 9,82 | 0,170 | 0,210 | 20,00 | 78,3 | 2,45 | 0,055 |
| 9 | 1,8 | 5,90 | 0,070 | 3,53 | 1,100 | 0,600 | 13,00 | 98,0 | 1,20 | 0,010 |
| 10 | 2,0 | 3,62 | 0,210 | 8,37 | 0,180 | 0,280 | 18,50 | 28,3 | 1,47 | 0,038 |
| 11 | 230 | 3,15 | 0,087 | 11,60 | 0,227 | 0,460 | 18,30 | 64,2 | 1,78 | 0,094 |
| 12 | 250 | 2,88 | 0,092 | 21,69 | 0,114 | 0,590 | 29,70 | 78,0 | 2,22 | 0,107 |
| 13 | 270 | 0,81 | 0,101 | 7,62 | 0,340 | 0,180 | 12,00 | 94,6 | 1,14 | 0,217 |
| 14 | 290 | 4,52 | 0,071 | 15,79 | 0,069 | 0,098 | 18,80 | 53,7 | 1,50 | 0,085 |
| 15 | 310 | 1,82 | 0,154 | 22,74 | 0,317 | 0,380 | 20,60 | 68,5 | 2,11 | 0,168 |
| 16 | 1 | 1,54 | 0,240 | 6,65 | 0,940 | 0,590 | 19,50 | 18,6 | 4,45 | 0,071 |
| 17 | 1,3 | 5,14 | 0,096 | 7,15 | 4,320 | 0,170 | 17,40 | 86,1 | 3,50 | 0,042 |
| 18 | 1,6 | 2,65 | 0,197 | 4,56 | 1,160 | 0,330 | 12,80 | 43,0 | 1,83 | 0,060 |
| 19 | 1,9 | 4,29 | 0,090 | 2,70 | 0,630 | 0,140 | 6,25 | 58,4 | 2,32 | 0,077 |
| 20 | 2,2 | 4,80 | 0,088 | 0,98 | 0,370 | 0,520 | 14,40 | 75,0 | 1,77 | 0,068 |

2.2. Очистка сточных вод

Практически все вещества, присутствующие в стоках, относятся к числу вредных и поэтому должны быть удалены из них. Выбор конкретного варианта очистных сооружений определяется видом примесей, их дисперсным составом и концентрацией в сточных водах; объемом сточных вод.

Конструкционные решения устройств весьма разнообразны, но заложенных в них принципов немного: гравитационное осаждение (отстаивание), фильтрование, флотация, инерционное разделение, биологическая очистка, химическая очистка и ряд других.

В данной работе рассмотрим технические устройства, действие которых основано на реализации флотации, инерционного разделения,

биологической очистке. В сложных системах очистки сточных вод эти устройства могут выступать в качестве отдельных элементов.

Флотатор

Флотационная установка чаще всего применяется для очистки воды от масел и нефтепродуктов, которые находятся во взвешенном состоянии, образуя с водой эмульсии. Несмотря на разность плотностей несущей среды (воды) и жирных компонентов, очистка сточной воды от такого рода примесей методом отстаивания неудовлетворительна из-за чрезмерно большой длительности процесса. При флотации процесс интенсифицируется из-за обволакивания капель масла пузырьками воздуха, вводимого в сточную воду, и их последующего всплытия. Помимо масел с помощью флотационной установки можно концентрировать и выводить из сточных вод взвешенные вещества, ПАВ, органические примеси, медь и т.д. Существует несколько вариантов флотационных установок, отличающихся особенностями конструкции. На рис. 2.1. представлен один из вариантов.

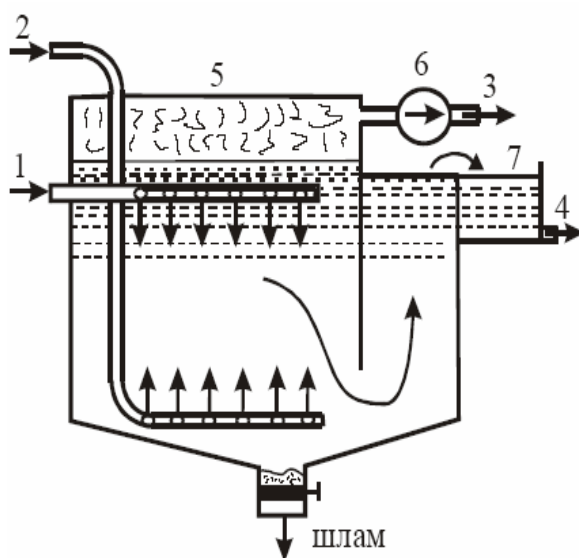


Рис. 2.1. Схема флотационной установки

Исходная сточная вода по трубопроводу 1 и отверстиям в нем равномерно поступает в объем флотатора. Навстречу потоку воды по трубопроводу 2 подается сжатый воздух, который через насадку из пористого материала равномерно распределяется в виде мельчайших пузырьков по сечению флотатора. Всплывая, пузырьки воздуха “прилипают” к частицам нефтепродуктов и увлекают их к поверхности. Образующаяся таким образом пена скапливается между зеркалом воды и крышкой флотатора 5, откуда она отсасывается центробежным вентилятором 6 и по трубопроводу 3 направляется на утилизацию. Взвешенные вещества и другие твердые примеси оседают в шламоборник, откуда по мере накопления периодически удаляются для утилизации или захоронения. В процессе встречного

движения кислород воздуха окисляет органические примеси. За счет аэрации концентрация кислорода в воде растет. Очищенная сточная вода огибает перегородку и переливается в приёмный бак 7, откуда по трубопроводу 4 подается на сброс, повторное использование или дополнительную обработку.

Процесс флотации может быть интенсифицирован при помощи реагентов коагулянтов и флокулянтов. Добавление коагулянтов способствует процессу коагуляции – соединения мелких частиц загрязнения в более крупные. Для положительно заряженных частиц коагулянтами являются анионы, а для отрицательно заряженных – катионы. В качестве коагулянтов используют известковое молоко, соли алюминия, железа, магния, цинка, углекислый газ и др.

Между молекулами флокулянтов и мелкими частицами загрязнений в воде образуются мостики, за счет чего происходит агрегация загрязнений. Этот процесс назван флокуляцией. В качестве флокулянтов используют активную кремниевую кислоту, эфиры, крахмал, целлюлозу, синтетические органические полимеры.

Задание 2.2 Письменно ответьте на вопросы:

1. Для очистки от каких загрязняющих веществ может быть использована флотационная установка?
2. Что такое коагуляция. Какие вещества могут быть использованы в качестве коагулянтов?
3. Что такое флокуляция? Какие вещества используются в качестве флокулянтов?
4. Какие группы веществ выходят из флотационной установки?

Гидроциклон

Прежде чем использовать флотатор, нередко необходимо провести предварительную очистку сточных вод от взвешенных частиц и масляной фракции нефтепродуктов. Для этой цели перед флотатором дополнительно включается гидроциклон (рис. 2.2).

В этом устройстве использован инерционный принцип разделения, основанный на разности плотностей несущей среды (воды), твердых частиц и масляных фракций (например, нефтепродуктов). Гидроциклон часто используется в оборотных системах водоснабжения, он может являться частью технологического оборудования (например, использоваться в моечной машине очистки моющей жидкости).

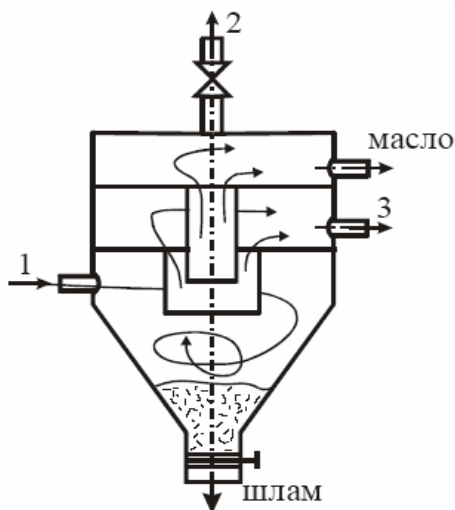


Рис. 2.2. Схема гидроциклона

Загрязненные сточные воды вводятся через патрубок 1. Вследствие возникшего закручивания тяжелые твердые частицы отбрасываются во внешний вращающийся слой (к стенкам гидроциклона), где их скорость снижается при трении о корпус; при этом становится эффективным гравитационный механизм осаждения и твердые частицы опускаются по стенкам в шламоборник, откуда по мере накопления периодически удаляются. Напорные гидроциклоны применяют для выделения из воды грубодисперсных минеральных примесей с плотностью $2 \div 3 \text{ г/см}^3$ (песка, частиц кирпича, шлака) при размерах частиц свыше $0,05 \div 0,1$.

Масляная фракция, менее плотная, чем вода, напротив, собирается в центральной части вихря, имеющего вращательно-восходящее движение по направлению к выходам. Две концентрически расположенные воронки с разными диаметрами цилиндрических частей вырезают в вихре три слоя. Об одном (нижнем) речь шла ниже; два других слоя попадают в соответствующие выходные камеры. Маслопродукты направляются на утилизацию (например, сжигание), а очищенная вода 3 поступает на последующую ступень очистки. В верхней части вертикального напорного гидроциклона предусмотрен вентиль (воздушник) 2, который обычно закрыт и открывается лишь при пуске устройства или при наличии в стоках газовых включений.

Задание 2.3 Письменно ответьте на вопросы:

1. Для очистки от каких примесей применяют гидроциклон?
2. Какой принцип лежит в основе его устройства?
3. Какие фракции получают на выходе из гидроциклона?

Биологический фильтр

Биологическая очистка стоков от органических веществ осуществляется в ряде устройств, используемых чаще всего на последней ступени очистки перед сбросом сточных вод в канализацию или повторном

возвращении в систему водооборота. Биологическая очистка основана на разрушении органических веществ микроорганизмами, среди которых есть одноклеточные (бактерии, плесневые грибы, инфузории и др.) и микроскопические многоклеточные (коловратки, черви, личинки насекомых и др.). Другой задачей устройств биологической очистки является также восстановление содержания кислорода в сбрасываемых водах, что способствует процессам самоочищения в природных водоёмах. Биологический фильтр представлен на рис. 2.3.

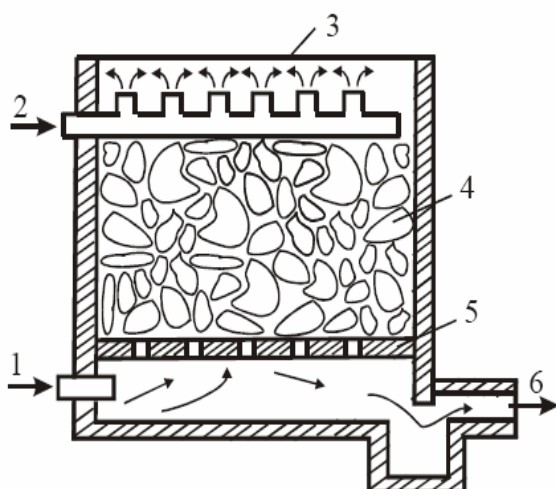


Рис. 2.3. Биологический фильтр

Сточная вода подается по трубопроводу 2 и через насадки 3 равномерно разбрызгивается по всей площади фильтра. Вода движется сквозь загрузку 4 из кусков твердого материала (шлака, щебня, гравия и др.), на поверхности которого самопроизвольно образуется биологическая пленка. Разложение органических веществ стока микроорганизмами пленки протекает достаточно интенсивно благодаря большой удельной поверхности фильтра и выбору оптимальных параметров состояния системы (температуры, водородного показателя рН, содержания кислорода, который активизирует процессы жизнедеятельности в пленке). Насыщение воды кислородом достигается подачей сжатого воздуха через трубопровод 1 и опорную решетку 5, обеспечивающую равномерную его подачу по сечению загрузки. Очищенная и аэрированная вода выводится из фильтра по трубопроводу 6.

При помощи биологической фильтрации из сточных вод могут быть удалены также фенолы. Перед биологической очисткой фенолсодержащие сточные воды предварительно проходят очистку методом озонирования, которым можно очищать стоки, содержащие фенолы в концентрации до 1000 мг/л.

Собственно биологическая очистка неприменима для стоков, концентрация некоторых веществ в которых превышает предельно допустимую для биологического процесса. Так, при содержании меди в сточной воде свыше 0,5 мг/л биохимические процессы замедляются, а при 10 мг/л почти совсем прекращаются.

Задание 2.4 Письменно ответьте на вопросы:

1. Для очистки от какого рода загрязнений используют биологические фильтры?
2. На каких стадиях очистки они используются?
3. Оцените границы применимости биологической очистки.

2.3. Эффективность очистки сточных вод

Показателями качества воды после её очистки являются концентрации вредных веществ на выходе очистительного сооружения $c_{i \text{ вых}}$.

Эффективность очистки η_i сточных вод от i -го загрязняющего вещества определяется по формуле

$$\eta_i = (c_i - c_{i \text{ вых}}) / c_i, \quad (2.1)$$

где c_i – концентрация i -го загрязнителя на входе в очистное устройство, мг/л;

$c_{i \text{ вых}}$ – концентрация i -го загрязнителя на выходе из устройства, мг/л.

Эффективность очистки имеет смысл коэффициента полезного действия (КПД) соответствующего устройства.

Эффективность некоторых средств очистки приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Эффективности очистки воды

| Наименование технического средства очистки | Используемый принцип | Удаляемые загрязнители | Эффективность |
|--|------------------------|------------------------|---------------|
| Флотатор | Флотация | Нефтепродукты, ПАВ | 0,80 ÷ 0,99 |
| | | Взвешенные вещества | 0,95 ÷ 0,99 |
| | | БПК | 0,25 ÷ 0,85 |
| | | Азот аммонийный | До 0,25 |
| | | Фосфаты, медь | До 0,8 |
| | | Железо | До 0,9 |
| Гидроциклон | Инерционное разделение | Нефтепродукты | До 0,5 |
| | | Взвешенные вещества | До 0,7 |
| Установка биологической очистки | Биологическая очистка | Фенолы | До 0,999* |
| | | БПК _{полн.} | До 0,75 |
| | | Взвешенные вещества | До 0,6 |

* Попутно удаляются нефтепродукты с такой же эффективностью.

Вследствие большого разнообразия свойств примесей решить задачу приемлемой очистки сточных вод в каком-либо одном устройстве практически невозможно. Целесообразно применение систем из последовательно соединенных аппаратов, которая дает общую эффективность очистки от i -той примеси, рассчитываемую по формуле

$$\eta_{i \text{ общ}} = 1 - (1 - \eta_{i1}) (1 - \eta_{i2}) \dots (1 - \eta_{ij}), \quad (2.2)$$

где η_{ij} – эффективность очистки от i -й примеси в j -м устройстве.

Задание 2.5

Письменно отразите:

- а) смысл понятия эффективности очистки сточных вод;
- б) вид выражения для определения эффективности очистки для отдельного устройства и для системы из нескольких устройств.
- в) предложите систему очистки сточных вод, состав примесей которых приведен в табл. 2.2 для вашего варианта. Систему можно представить как расположенные в определенном порядке устройства, описанные в работе. Пользуясь данными табл. 2.3, оцените эффективность очистки сточных вод вашей системой от каждого из загрязняющих веществ. Если загрязняющее вещество удаляется несколькими устройствами, для расчета общей эффективности очистки по данному веществу используйте формулу (2.2). Используя формулу (2.1), определите концентрацию примесей на выходе из системы очистки. Результаты сведите в форму, приведенную ниже. Сравните значения $c_{i \text{ вых}}$ и ПДК $_i$. Сделайте вывод о том, для каких веществ обеспечиваемая установкой степень очистки сточных вод позволяет соблюдать санитарно-гигиенические нормы, а для каких нет.

| № п/п | Вещество | ПДК $_i$, мг/л | $c_{i \text{ вых}}$, мг/л |
|----------|------------------------|-----------------|-------------------------------|
| 1 | Азот аммонийный | | |
| 2 | Фенолы | | |
| 3 | Нефтепродукты | | |
| 4 | ПАВ | | |
| 5 | Фосфаты | | |
| 6 | Взвешенные вещества | | |
| 7 | БПК полн. | | |
| 8 | Железо | | |
| 9 | Медь | | |

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Магарил Е.Р. Экологические свойства моторных топлив/Е.Р.Магарил. Тюмень: ТюмГИГУ, 2000. 171 с.
2. Крылов В.К. Основы экологии и охраны окружающей среды: учебное пособие/В.К. Крылов. М.:Изд-во ВЗИИТа, 1995. 66 с.
3. Протасов В.Ф. Экология, здоровье и природопользование в России/В.Ф. Протасов, А.В. Молчанов. М.: Финансы и статистика, 1995. 528 с.
4. Очистка хозяйственно-бытовых сточных вод и обработка осадков/ А.Ф. Афанасьева [и др.]. М.: Изограф, 1997. 96 с.
5. Никитин С.П. Охрана окружающей среды и эколого-экономические расчеты: сборник практических работ/С.П. Никитин, А.А.Машуков. Иркутск, 2002. 62 с.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРИРОДООХРАННЫХ РАБОТ

Составители Магарил Елена Роменовна
Рукавишникова Ирина Владимировна

Редактор *И.В. Коршунова*
Компьютерный набор *И.В. Рукавишниковой*

ИД № 06263 от 12.11.2001 г.

Подписано в печать 12.10.2006

Бумага писчая

Уч.-изд.л. 1,50

Плоская печать

Тираж 100

Заказ

Формат 60x84 1/16

Усл.печ.л. 1,63

Цена “С”

Редакционно-издательский отдел ГОУ ВПО УГТУ-УПИ
620002, г.Екатеринбург, ул.Мира, 19

Ризография НИЧ ГОУ ВПО УГТУ-УПИ
620002, г.Екатеринбург, ул.Мира, 19