

ЭКОЛОГИЯ

*Методические указания к практическим работам
для студентов бакалавриата направления 09.03.02*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2021**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра геоэкологии

ЭКОЛОГИЯ

*Методические указания к практическим работам
для студентов бакалавриата направления 09.03.02*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2021

УДК 504.05 (073)

ЭКОЛОГИЯ: Методические указания к практическим работам / Сост.: *Н.В. Джевага, А.С. Данилов*. Санкт-Петербургский горный университет. СПб, 2021. 77 с.

Изложены методики расчета загрязнения атмосферного воздуха от точечного и линейного источников, при ведении открытых горных работ, кратности разбавления сточных вод при сбросе в водоток, основы работы с инженерно-экологической картой.

Предназначены для студентов бакалавриата направления 09.03.02 «Информационные системы и технологии».

Научный редактор проф. *М.А. Пашкевич*

Рецензент канд. геогр. наук, доц. *Д.К. Алексеев* (ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет»)

© Санкт-Петербургский
горный университет, 2021

ЭКОЛОГИЯ

***Методические указания к практическим работам
для студентов бакалавриата направления 09.03.02***

Сост.: *Н.В. Джевага, А.С. Данилов*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
геоэкологии

Ответственный за выпуск *Н.В. Джевага*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 13.04.2021. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 4,5. Усл.кр.-отт. 4,5. Уч.-изд.л. 4,2. Тираж 75 экз. Заказ 307.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2

ВВЕДЕНИЕ

Целью дисциплины «Экология» является приобретение обучающимися знаний о методах расчета количеств загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух от различных видов источников загрязнения, при ведении открытых горных работ, о кратности разбавления сточных вод при сбросе в водоток, о допустимых условиях сброса сточных вод в водоем, а также об основах работы с инженерно-экологической картой.

При успешном освоении материала указанных методов будет возможно выполнить анализ состояния компонентов окружающей среды, что в дальнейшем позволит произвести оценку и прогноз состояния природной среды на локальном уровне.

По итогам выполнения практических работ по дисциплине «Экология» будет возможно систематизировать, закрепить и расширить теоретические знания в области охраны окружающей среды, в частности о закономерностях поступления загрязняющих веществ в атмосферу и гидросферу, их возможном негативном воздействии на человека и биоту, а также приобрести навыки практического применения этих знаний для решения конкретных научных, инженерных и производственных задач.

Выполнение практических работ является одним из видов промежуточной оценки знаний студентов, полученных в результате изучения дисциплины «Экология».

Практические работы выполняются индивидуально каждым студентом на основании исходных данных, представленных в методических указаниях, в соответствии с вариантом (порядковый номер студента в журнале группы).

Результат выполнения каждой практической работы оформляется в виде отчета, который подлежит защите руководителю практических занятий в индивидуальном порядке.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1. РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ОТ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Цель работы: оценка величин выбросов загрязняющих веществ в атмосферу автотранспортными потоками на городских магистралях.

В качестве исходных данных для расчета выбросов автотранспорта в атмосферу используются результаты натурных обследований структуры и интенсивности автотранспортных потоков с подразделением по основным категориям автотранспортных средств.

Приведенные в данной лабораторной работе усредненные удельные значения показателей выбросов отражают основные закономерности их изменения при реальном характере автотранспортного движения в городских условиях, определяемых целесообразным выбором передаточного отношения от двигателя к трансмиссии. При этом учитывается, что в городе автомобиль совершает непрерывно разгоны и торможения, перемещаясь с некоторой средней скоростью на конкретном участке автомагистрали, определяемой дорожными условиями.

Расчеты выбросов выполняются для следующих вредных веществ, поступающих в атмосферу с отработавшими газами автомобилей:

- оксид углерода (CO);
- оксиды азота NO_x (в пересчете на диоксид азота);
- углеводороды (CH)^{*};
- сажа;
- диоксид серы (SO₂);
- соединения свинца^{**};
- формальдегид;
- бенз(а)пирен.

^{*} - для автомобилей с бензиновыми двигателями при проведении расчетов загрязнения атмосферы используется ПДК_{м.р.} по бензину; для автомобилей с дизельным двигателем - по керосину.

^{**} - расчет выбросов соединений свинца для автомобилей, движущихся по городским автомагистралям, производится в том

случае, если в данном городе используется этилированный бензин. Рассчитанные значения выбросов соединений свинца целесообразно уточнить с учетом доли этилированного бензина в общем потреблении бензинов всех марок в данном городе.

Выброс i -го вредного вещества автотранспортным потоком определяется для конкретной автомагистрали, на всей протяженности которой, структура и интенсивность автотранспортных потоков изменяется не более, чем на 20 - 25 %. При изменении автотранспортных характеристик на большую величину, автомагистраль разбивается на участки, которые в дальнейшем рассматриваются как отдельные источники.

Такая магистраль (или ее участок) может иметь несколько нерегулируемых перекрестков или регулируемых при интенсивности движения менее 400 - 500 а/час.

Для автомагистрали (или ее участка) с повышенной интенсивностью движения (т.е. более 500 а/час) целесообразно дополнительно учитывать выброс автотранспорта в районе перекрестка.

В районе перекрестка выбрасывается наибольшее количество вредных веществ автомобилем за счет торможения и остановки автомобиля перед запрещающим сигналом светофора и последующим его движением в режиме «разгона» по разрешающему сигналу светофора.

Это обуславливает необходимость выделить на выбранной автомагистрали участки перед светофором, на которых образуется очередь автомобилей, работающих на холостом ходу в течение времени действия запрещающего сигнала светофора.

Таким образом, для автомагистрали (или ее участка) при наличии регулируемого перекрестка суммарный выброс M будет равен:

$$M = \sum_1^n (M_{II_1} + M_{II_2}) + M_{L_1} + M_{L_2} + \sum_1^m (M_{II_3} + M_{II_4}) + M_{L_3} + M_{L_4}, \quad (1.1)$$

где: M_{II_i} - выброс в атмосферу автомобилями, находящимися в зоне перекрестка при запрещающем сигнале светофора; M_{L_i} - выброс в атмосферу автомобилями, движущимися по данной автомагистрали в рассматриваемый период времени; n и m - число остановок

автотранспортного потока перед перекрестком соответственно на одной и другой улицах его образующих за 20- минутный период времени; индексы 1 и 2 соответствуют каждому из 2- х направлений движения на автомагистрали с большей интенсивностью движения, а 3 и 4 - соответственно для автомагистрали с меньшей интенсивностью движения.

Выброс i - го загрязняющего вещества (г/с) движущимся автотранспортным потоком на автомагистрали (или ее участке) с фиксированной протяженностью L (км) определяется по формуле:

$$M_{L_i} = \frac{L}{3600} \cdot \sum_1^k M_{k,i}^{\Pi} \cdot G_k \cdot r_{V_i}, \quad (1.2)$$

где: $M_{k,i}^{\Pi}$ (г/км) – пробеговой выброс i -го вредного вещества автомобилями k - й группы для городских условий эксплуатации, определяемый по таблице 1.1; k - количество групп автомобилей; G_k (1/час) - фактическая наибольшая интенсивность движения, т.е. количество автомобилей каждой из k групп, проходящих через фиксированное сечение выбранного участка автомагистрали в единицу времени в обоих направлениях по всем полосам движения; r_{V_i} - поправочный коэффициент, учитывающий среднюю скорость движения транспортного потока на выбранной автомагистрали (или ее участке), определяемый по таблице 1.2; $\frac{1}{3600}$ - коэффициент пересчета «час» в «сек»; L (км) - протяженность автомагистрали (или ее участка) из которого исключена протяженность очереди автомобилей перед запрещающим сигналом светофора и длина соответствующей зоны перекрестка (для перекрестков, на которых проводились дополнительные обследования).

Таблица 1.1

Значения пробеговых выбросов (г/км) для различных групп автомобилей

| Наименование группы автомобилей | № | Выбросы | | | | | | | |
|---|-----|---------|---|------|------|-----------------|--------------|-------------------|------------------------|
| | | CO | NO _x (в пересчете на NO ₂) | CH | Сажа | SO ₂ | Формальдегид | Соединения свинца | Бенз(а)пирен |
| Легковые | I | 19,0 | 1,8 | 2,1 | - | 0,065 | 0,006 | 0,019 | 1,7 · 10 ⁻⁶ |
| Легковые дизельные | I д | 2,0 | 1,3 | 0,25 | 0,1 | 0,21 | 0,003 | - | - |
| Грузовые карбюраторные с грузоподъемностью до 3 т (в том числе работающие на сжиженном нефтяном газе) и микроавтобусы | II | 69,4 | 2,9 | 11,5 | - | 0,20 | 0,020 | 0,026 | 4,5 · 10 ⁻⁶ |
| Грузовые карбюраторные с грузоподъемностью более 3 т (в том числе работающие на сжиженном нефтяном газе) | III | 75,0 | 5,2 | 13,4 | - | 0,22 | 0,022 | 0,033 | 6,3 · 10 ⁻⁶ |
| Автобусы карбюраторные | IV | 97,6 | 5,3 | 13,4 | - | 0,32 | 0,03 | 0,041 | 6,4 · 10 ⁻⁶ |

| Наименование группы автомобилей | № | Выбросы | | | | | | | |
|---|-----|---------|---|------|------|-----------------|--------------|-------------------|---------------------|
| | | CO | NO _x (в пересчете на NO ₂) | CH | Сажа | SO ₂ | Формальдегид | Соединения свинца | Бенз(а)пирен |
| Грузовые дизельные | V | 8,5 | 7,7 | 6,0 | 0,3 | 1,25 | 0,21 | - | $6,5 \cdot 10^{-6}$ |
| Автобусы дизельные | VI | 8,8 | 8,0 | 6,5 | 0,3 | 1,45 | 0,31 | - | $6,7 \cdot 10^{-6}$ |
| Грузовые газобаллонные, работающие на сжатом природном газе | VII | 39,0 | 2,6 | 1,3* | - | 0,18 | 0,002 | - | $2,0 \cdot 10^{-6}$ |

Таблица 1.2

**Значения коэффициентов, учитывающих изменения количества
выбрасываемых вредных веществ в зависимости от скорости движения**

| Скорость движения (км/час) | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|------|------|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|------|-----|------|
| V_i | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 60 | 75 | 80 | 100 |
| r_{V_i} | 1,35 | 1,28 | 1,2 | 1,1 | 1,0 | 0,88 | 0,75 | 0,63 | 0,5 | 0,3 | 0,45 | 0,5 | 0,65 |

Примечание: для диоксида азота r_{V_i} принимается постоянным и равным 1 до скорости 80 км/час.

При расчетной оценке уровней загрязнения воздуха в зонах перекрестков следует исходить из наибольших значений содержания вредных веществ в отработавших газах, характерных для режимов движения автомобилей в районе пересечения автомагистралей (торможение, холостой ход , разгон).

Выброс i - го загрязняющего вещества (ЗВ) в зоне перекрестка при запрещающем сигнале светофора определяется по формуле (г/мин):

$$M_{\Pi_i} = \frac{P}{60} \cdot \sum_{n=1}^{N_{\text{ц}}} \sum_{k=1}^{N_{\text{гр}}} M'_{\Pi_{i,k}} \cdot G_{k,n}, \quad 1.3)$$

где P (мин.) - продолжительность действия запрещающего сигнала светофора (включая желтый цвет); $N_{\text{ц}}$ - количество циклов действия запрещающего сигнала светофора за 20- минутный период времени ; $N_{\text{гр}}$ - количество групп автомобилей ; $M'_{\Pi_{i,k}}$ (г/мин) - удельный выброс i -г о З В автомобилями , k - ой группы , находящихся в «очереди» у запрещающего сигнала светофора; $G_{k,n}$ - количество автомобилей k группы, находящихся в «очереди» в зоне перекрестка в конце n - го цикла запрещающего сигнала светофора.

Значения $M'_{\Pi_{i,k}}$ определяются по таблице 1.3, в которой приведены усредненные значения удельных выбросов (г/мин), учитывающие режимы движения автомобилей в районе пересечения перекрестка (торможение , холостой ход , разгон), а значения P , $N_{\text{ц}}$, G_k - по результатам натуральных обследований.

Таблица 1.3

**Удельные значения выбросов для автомобилей, находящихся в зоне
перекрестка**

| Наименование группы автомобилей | № группы | Выбросы, г/мин | | | | | | | |
|--|----------|----------------|---|------|-------|-----------------|--------------|-------------------|------------------------|
| | | CO | NO _x (в пересчете на NO ₂) | CH | Сажа | SO ₂ | Формальдегид | Соединения свинца | Бенз(а)пирен |
| Легковые | I | 3,5 | 0,05 | 0,25 | - | 0,01 | 0,0008 | 0,0044 | 2,0 · 10 ⁻⁶ |
| Легковые дизельные | I д | 0,13 | 0,08 | 0,06 | 0,035 | 0,04 | 0,0008 | - | - |
| Грузовые карбюраторные с грузоподъемностью до 3 т (в том числе работающие на сжиженном нефтяном газе) и микроавтобусы | II | 6,3 | 0,075 | 1,0 | - | 0,02 | 0,0015 | 0,0047 | 4,0 · 10 ⁻⁷ |
| Грузовые карбюраторные с грузоподъемностью более 3 т (в том числе работающие на сжиженном нефтяном газе) | III | 18,4 | 0,2 | 2,96 | - | 0,028 | 0,006 | 0,0075 | 4,4 · 10 ⁻⁶ |
| Автобусы карбюраторные | IV | 16,1 | 0,16 | 2,64 | - | 0,03 | 0,012 | 0,0075 | 4,5 · 10 ⁻⁶ |

| Наименование группы автомобилей | № группы | Выбросы, г/мин | | | | | | | |
|---|----------|----------------|---|------|------|-----------------|--------------|-------------------|------------------------|
| | | CO | NO _x (в пересчете на NO ₂) | CH | Сажа | SO ₂ | Формальдегид | Соединения свинца | Бенз(а)пирен |
| Грузовые дизельные | V | 2,85 | 0,81 | 0,3 | 0,07 | 0,075 | 0,015 | - | 6,3 · 10 ⁻⁶ |
| Автобусы дизельные | VI | 3,07 | 0,7 | 0,41 | 0,09 | 0,09 | 0,020 | - | 6,4 · 10 ⁻⁶ |
| Грузовые газобаллонные, работающие на сжатом природном газе | VII | 6,44 | 0,09 | 0,26 | - | 0,01 | 0,0004 | - | 3,6 · 10 ⁻⁶ |

Для определения выбросов автотранспорта на городских автомагистралях и последующего их использования в качестве исходных данных при проведении расчетов загрязнения атмосферы проводится изучение особенностей распределения автотранспортных потоков (их состава и интенсивности) по городу и их изменений во времени (в течение суток, недели и года).

Территориальные различия состава и интенсивности транспортных потоков зависят от площади и поперечных размеров города, количества населения, схемы планировки улично-дорожной сети, особенностей расположения промышленных предприятий, автохозяйств, бензозаправочных станций и станций техобслуживания.

Временные различия в значительной степени связаны с режимом работы промышленных предприятий и учреждений города

и с климатическими особенностями района, в котором расположен город.

На основе изучения схемы улично-дорожной сети города, а также информации о транспортной нагрузке составляется перечень основных автомагистралей (и их участков) с повышенной интенсивностью движения и перекрестков с высокой транспортной нагрузкой.

В качестве таких магистралей (участков) рассматриваются:

- для городов с населением до 500 тыс. человек - магистрали (или их участки) с интенсивностью движения в среднем более 200 - 300 автомобилей в час;

- для городов с населением более 500 тыс. человек - магистрали (или их участки) с интенсивностью движения в среднем более 400 - 500 автомобилей в час.

Выбранные автомагистрали (или их участки) и перекрестки наносятся на карту-схему города (с учетом масштаба карты). На этой карте фиксируются и перекрестки, на которых предполагается проведение дополнительных обследований.

Для определения характеристик автотранспортных потоков на выбранных участках улично-дорожной сети проводится учет проходящих автотранспортных средств в обоих направлениях с подразделением по следующим группам:

- I (Л) - легковые, из них отдельно легковые и легковые дизельные автомобили;

- II (ГК < 3) - грузовые карбюраторные грузоподъемностью менее 3 тонн и микроавтобусы (ГАЗ -51-53, УАЗы, «Газель», РАФ и др.);

- III (ГК > 3) - грузовые карбюраторные грузоподъемностью более 3 тонн (ЗИЛы, Урал и др.);

- IV (АК) - автобусы карбюраторные (ПАЗ, ЛАЗ, ЛИАЗ);

- V (ГД) - грузовые дизельные (КРАЗ, КАМАЗ);

- VI (АД) - автобусы дизельные (городские и туристические);

- VII (ГГБ) - грузовые газобаллонные, работающие на сжатом природном газе.

Подсчет проходящих по данному участку автомагистрали транспортных средств проводится в течение 20 минут каждого часа. При высокой интенсивности движения (более 2 - 3 тыс. автомашин в час) подсчет проходящих автотранспортных средств проводится синхронно раздельно по каждому направлению движения (а при недостаточности числа наблюдателей - первые 20 минут - в одном направлении; следующие 20 минут - в противоположном направлении).

Для выявления максимальной транспортной нагрузки наблюдения выполняются в часы «пик». Для большинства городских автомагистралей отмечается два максимума: утренний и вечерний (соответственно с 7 - 8 часов до 10 до 11 часов и с 16 - 17 часов до 19 - 20 часов), для многих транзитных автомагистралей наибольшая транспортная нагрузка характерна для дневного времени суток.

Натурные обследования состава и интенсивности движущегося автотранспортного потока проводятся не менее 4-6 раз в часы «пик» на каждой автомагистрали.

Результаты натурных обследований структуры и интенсивности движущегося автотранспортного потока заносятся в полевой журнал по форме, приведенной в таблице 1.4.

Таблица 1.4

Полевой журнал обследования характеристик движущегося транспорта

| Дата | Время подсчета, за период 20 минут | Число автомобилей по группам | | | | | | | | Скорость движения потока, км/час | | |
|------|------------------------------------|------------------------------|----|------------|-------------------|----|----|----|-----|----------------------------------|----------|----------|
| | | Л | Лд | ГК < 3, МА | ГК ³ 3 | АК | ГД | АД | ГПБ | Легко вые | Грузовые | Авгобусы |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

Для оценки транспортной нагрузки в районе регулируемых перекрестков проводятся дополнительные обследования.

Последовательно (а при возможности одновременно) на каждом направлении движения в период действия запрещающего сигнала светофора (включая и желтый цвет) выполняется подсчет автотранспортных средств (по группам), образующих «очередь». Одновременно фиксируется длина «очереди» в метрах. Подсчеты проводятся не менее 4-6 раз в периоды часа-пик.

Результаты дополнительных обследований заносятся в полевой журнал по форме, приведенной в таблице 1.5.

Таблица 1.5

Полевой журнал обследования автотранспортных потоков на перекрестках

| Дата | Время работы запрещающего сигнала светофора, мин | Число автомобилей по группам | | | | | | | | Длина очереди автотранспорта (м) | | | |
|------|--|------------------------------|--------------------|------------|--------|----|----|----|-----|----------------------------------|--|--|--|
| | | Легковые | Легковые дизельные | ГК < 3, МА | ГК ≥ 3 | АК | ГД | АД | ГТБ | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |

В ходе проведения натуральных обследований дополнительно определяется ряд параметров, необходимых для расчета выбросов.

На каждой автомагистрали (или ее участке) фиксируются следующие параметры:

- ширина проезжей части (в метрах);
- количество полос движения в каждом направлении;
- протяженность выбранного участка автомагистрали (км) с указанием названий улиц, ограничивающих данную автомагистраль (или ее участок);
- средняя скорость автотранспортного потока с подразделением на три основные категории: легковые, грузовые и автобусы (км/час).

Определение средней скорости движения основных групп автотранспортного потока выполняется по всей протяженности обследуемой автомагистрали или ее участка, включая зоны нерегулируемых перекрестков и регулируемых перекрестков.

На обследуемом перекрестке фиксируются следующие параметры:

- ширина проезжей части (м);
- количество полос движения в каждом направлении;
- протяженность зоны перекрестка в каждом направлении (м).

К полевым журналам прилагаются схемы расположения обследуемых автомагистралей и перекрестков с регулируемым движением.

По заданию преподавателя определить выбросы загрязняющих веществ от автотранспортных потоков на элементах улично-дорожной сети.

По результатам выполнения работы сформировать отчет, который должен включать расчеты выбросов от автотранспортных потоков на элементах улично-дорожной сети, полевые журналы наблюдений за интенсивностью транспортного потока, карты-схемы расположения элементов улично-дорожной сети с указанием длины исследуемого участка, ширины проезжей части, этажности прилегающих зданий.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2. РАСЧЕТОВ РАССЕЙВАНИЯ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ (ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ) ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ ОТ ОДИНОЧНОГО ТОЧЕЧНОГО ИСТОЧНИКА

Цель работы: расчет полей максимальных разовых концентраций загрязняющих веществ (ЗВ), соответствующих сочетанию неблагоприятных метеорологических условий, в том числе, опасной скорости ветра, и неблагоприятных условий выброса ЗВ в атмосферный воздух, то есть такого сочетания мощностей и других параметров выброса ЗВ в атмосферный воздух (высота, диаметр устья, расход газоздушной смеси (ГВС), температура ГВС, скорость выхода ГВС из устья, мощность выброса), при котором в условиях соблюдения промышленным предприятием установленного режима работы достигаются максимальные значения максимальных приземных концентраций (далее - неблагоприятные условия выброса ЗВ в атмосферный воздух).

Расчет максимальных разовых и среднегодовых концентраций ЗВ, претерпевающих в атмосферном воздухе химические превращения (трансформацию) в более вредные ЗВ, должен проводиться по каждому исходному и образуемому веществу отдельно. При этом коэффициенты трансформации, используемые при расчете максимальных разовых и среднегодовых концентраций ЗВ, могут различаться. При расчетах максимальных

разовых концентраций коэффициент трансформации для каждого вещества устанавливается с учетом максимально возможной трансформации исходных веществ в более токсичные.

В зависимости от высоты H установленного отверстия, через которое содержащая ЗВ пылегазовоздушная смесь поступает в атмосферный воздух (далее - устье источника выброса), источники выбросов относятся к наземным (при H до 2 м включительно), низким (от 2 до 10 м включительно), средней высоты (от 10 до 50 м включительно), высоким (свыше 50 м).

Для наземных источников выбросов высота H при расчетах принимается равной 2 м.

Климатические параметры, необходимые для реализации расчетов, устанавливаются по климатическим данным, опубликованным для всеобщего доступа (в том числе - климатическим справочникам).

В тех случаях, когда отсутствует информация для рассматриваемой территории о значении максимальной расчетной скорости ветра, допускается ее определение по формулам:

$$u_{\text{м.р.}} = 3,936 \cdot u_{\text{Г}} - 0,344 \cdot u_{\text{Г}}^2 \text{ при } u_{\text{Г}} < 4 \quad 2.1)$$

$$u_{\text{м.р.}} = 2,56 \cdot u_{\text{Г}} \text{ при } u_{\text{Г}} \geq 4 \quad 2.2)$$

где $u_{\text{Г}}$ – средняя многолетняя скорость ветра для данной территории, м/с.

Максимальная приземная разовая концентрация ЗВ, при выбросе ГВС из одиночного точечного источника с круглым устьем достигается при опасной скорости ветра $u_{\text{м}}$ на расстоянии $x_{\text{м}}$ от источника выброса и для горячих выбросов определяется по формуле:

$$C_{\text{М}} = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \sqrt[3]{V \cdot \Delta T}}, \quad 2.3)$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы, определяющий условия горизонтального и вертикального рассеивания ЗВ в атмосферном воздухе; M – масса ЗВ, выбрасываемого в атмосферный воздух в единицу времени (мощность выброса), г/с; F – безразмерный коэффициент,

учитывающий скорость оседания ЗВ (газообразных и аэрозолей, включая твердые частицы) в атмосферном воздухе; m и n – безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выброса из устья источника выброса; η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности; H – высота источника выброса, м; V – расход ГВС, м³/с; ΔT – разность между температурой выбрасываемой ГВС и температурой атмосферного воздуха, °С.

Расход ГВС определяется по формуле:

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot w_0, \quad (2.4)$$

где D – диаметр устья источника выброса, м; w_0 – средняя скорость выхода ГВС из устья источника выброса, м/с.

Значения коэффициента A , соответствующего неблагоприятным метеорологическим условиям, при которых разовые концентрации ЗВ в атмосферном воздухе достигают максимальных значений, представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Значения коэффициента A

| № п/п | Регион | Значение коэффициента A |
|-------|---|---------------------------|
| 1 | Республика Бурятия и Забайкальский край | 250 |
| 2 | Районы европейской территории Российской Федерации южнее 50° с. ш., остальные районы Нижнего Поволжья, азиатская территория Российской Федерации, кроме указанных в пунктах 1 и 3 настоящей Таблицы | 200 |
| 3 | Европейская территория Российской Федерации и Урала от 50° с. ш. до 52° с. ш. включительно, за исключением попадающих в эту зону районов, перечисленных в пунктах 1 и 2 настоящей Таблицы, а также для районов азиатской территории Российской Федерации, расположенных к северу от Полярного круга и к западу от меридиана 108° в.д. | 180 |
| 4 | Европейская территория Российской Федерации и Урала севернее 52° с. ш. (за исключением центра европейской территории Российской Федерации) | 160 |
| 5 | Владимирская, Ивановская, Калужская, Московская, Рязанская и Тульская области | 140 |

Для источников выбросов, расположенных на расстоянии менее 3 км от административных границ, разделяющих территории с различными значениями коэффициента A , в расчетах принимается A , равное половине суммы указанных значений.

Мощности выброса, высоты источников, диаметры устьев, температуры и расходы ГВС при проектировании предприятий должны определяться расчетом в технологической части проекта (для проектируемых, вводимых в эксплуатацию построенных и реконструированных объектов), а для действующих производств должны определяться по результатам инвентаризации стационарных источников выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух.

Значение безразмерного коэффициента F при отсутствии данных о распределении на выбросе частиц аэрозолей по размерам определяется следующим образом: для газообразных ЗВ и мелкодисперсных аэрозолей диаметром не более 10 мкм $F = 1$; для аэрозолей (за исключением мелкодисперсных аэрозолей диаметром не более 10 мкм) при наличии систем очистки выбросов значение безразмерного коэффициента F приведено в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Значения коэффициента F

| Степень очистки | Значение коэффициента F |
|--|---------------------------|
| При среднем эксплуатационном коэффициенте очистки выбросов свыше 90% | 2 |
| При среднем эксплуатационном коэффициенте очистки выбросов от 75% до 90% включительно | 2,5 |
| При среднем эксплуатационном коэффициенте очистки выбросов менее 75% или отсутствии очистки выбросов | 3 |

Коэффициенты m и n определяются в зависимости от характеризующих свойства источника выброса параметров:

$$v_M = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V \cdot \Delta T}{H}} \quad (2.5)$$

$$v'_M = 1,3 \cdot \frac{\omega_0 \cdot D}{H} \quad (2.6)$$

$$f = 1000 \cdot \frac{\omega_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} \quad (2.7)$$

$$f_e = 800 \cdot (v'_M)^3 \quad (2.8)$$

Коэффициент m определяется по формулам:

$$m = \frac{1}{0,67+0,1\sqrt{f}+0,34\sqrt[3]{f}} \text{ при } f < 100 \quad (2.9)$$

$$m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}} \text{ при } f \geq 100 \quad (2.10)$$

Для $f_e < f < 100$ коэффициент m вычисляется при $f = f_e$.

Коэффициент n при $f < 100$ определяется по формулам:

$$n = 4,4 \cdot v_M \text{ при } v_M < 0,5 \quad (2.11)$$

$$n = 0,532 \cdot v_M^2 - 2,13 \cdot v_M + 3,13 \text{ при } 0,5 \leq v_M < 2 \quad (2.12)$$

$$n = 1 \text{ при } v_M \geq 2 \quad (2.13)$$

При $f \geq 100$ (или $0 \leq \Delta T < 0,5$) и $v'_M \geq 0,5$ (холодные выбросы) коэффициент n определяется по формулам 2.11-2.13 при $v_M = v'_M$.

Максимальная приземная разовая концентрация ЗВ, при выбросе ГВС из одиночного точечного источника с круглым устьем достигается при опасной скорости ветра u_M на расстоянии x_M от источника выброса и для холодных выбросов определяется по формуле:

$$C_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n}{H^{4/3}} \cdot K, \quad (2.14)$$

где:

$$K = \frac{D}{8 \cdot V} = \frac{1}{7,1 \cdot \sqrt{w_0 \cdot V}} \quad (2.15)$$

Аналогично, при $f < 100$ и $v_M < 0,5$ или $f \geq 100$ и $v'_M < 0,5$ (случаи предельно малых опасных скоростей ветра) расчет максимальной приземной концентрации ЗВ проводится по формуле:

$$C_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m'}{H^{7/3}}, \quad (2.16)$$

где

$$m' = 2,86 \cdot m \text{ при } v_M < 0,5 \quad (2.17)$$

$$m' = 0,9 \text{ при } f \geq 100 \text{ и } v'_M < 0,5 \quad (2.18)$$

Формула 2.16 при $m' = 0,9$ применяется также при расчете концентраций ЗВ для источников выбросов, у которых вертикальная составляющая скорости поступающей в атмосферу газовой смеси не превышает 0,01 м/с, а давление в ней, ее плотность и температура отличаются от соответствующих характеристик атмосферного воздуха не более, чем на 0,01%.

Расстояние от источника выброса, на котором приземная концентрация ЗВ при неблагоприятных метеорологических условиях достигает максимального значения определяется по формуле:

$$X_M = \frac{5-F}{4} \cdot d \cdot H, \quad (2.19)$$

Безразмерный коэффициент d при $f < 100$ находится по формулам:

$$d = 2,48 \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f_e}) \text{ при } v_M \leq 0,5 \quad (2.20)$$

$$d = 4,95 \cdot v_M \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}) \text{ при } 0,5 < v_M \leq 2 \quad (2.21)$$

$$d = 7 \cdot \sqrt{v_M} \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}) \text{ при } v_M > 2 \quad (2.22)$$

При $f \geq 100$ (или $0 \leq \Delta T < 0,5$) коэффициент d находится по формулам:

$$d = 5,7 \text{ при } v_M \leq 0,5 \quad (2.23)$$

$$d = 11,4 \cdot v'_M \text{ при } 0,5 < v'_M \leq 2 \quad (2.24)$$

$$d = 16 \cdot \sqrt{v'_M} \text{ при } v'_M > 2 \quad (2.25)$$

Для источников выбросов, у которых вертикальная составляющая скорости поступающей в атмосферу газовой смеси не превышает 0,01 м/с, а давление в ней, ее плотность и температура отличаются от соответствующих характеристик атмосферного воздуха не более, чем на 0,01% при $0 < v'_M \leq 0,5$ и $-0,5 \leq \Delta T \leq 0$ значение X_M принимается равным $5,7 \cdot H$.

Опасная скорость ветра на стандартном уровне флюгера (10 м от уровня земли), при которой достигается наибольшая приземная концентрация ЗВ в случае $f < 100$ определяется по формулам:

$$u_M = 0,5 \text{ при } v_M \leq 0,5 \quad (2.26)$$

$$u_M = v_M \text{ при } 0,5 < v_M \leq 2 \quad (2.27)$$

$$u_M = v_M \cdot (1 + 0,12 \cdot \sqrt{f}) \text{ при } v_M > 2 \quad (2.28)$$

При $f \geq 100$ (или $0 \leq \Delta T \leq 0,5$) значение опасной скорости ветра находится по формулам:

$$u_M = 0,5 \text{ при } v'_M \leq 0,5 \quad (2.29)$$

$$u_M = v'_M \text{ при } 0,5 < v'_M \leq 2 \quad (2.30)$$

$$u_M = 2,2 \cdot v'_M \text{ при } v'_M > 2 \quad (2.31)$$

Для источников выбросов, у которых вертикальная составляющая скорости поступающей в атмосферу газовой смеси не превышает 0,01 м/с, а давление в ней, ее плотность и температура отличаются от соответствующих характеристик атмосферного воздуха не более, чем на 0,01% при $0 < v'_M \leq 0,5$ и $-0,5 \leq \Delta T \leq 0$ значение u_M принимается равным 0,5 м/с.

По заданию преподавателя определить выбросы загрязняющих веществ от одиночного точечного источника в соответствии с исходными данными и заданным преподавателем регионом.

По результатам выполнения работы сформировать отчет, который должен включать расчеты рассеивания выбросов загрязняющих веществ от одиночного точечного источника, сравнение полученных приемных концентраций с предельно допустимыми значениями, сравнение расчетного расстояния на котором достигается максимальная приземная концентрация с размерами санитарно-защитных зон предприятий различного класса опасности.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3. РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ ПРИ ВЕДЕНИИ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Цель работы: определение значений валового и максимального выбросов вредных веществ при ведении открытых горных работ.

Расчет вредных выбросов при проведении буровых работ

Буровые работы оказывают негативное влияние на окружающую среду главным образом за счет выделения взвешенных частиц (пыли, не дифференцированной по составу) в атмосферный воздух. Незначителен ущерб от загрязнения грунтовых (подземных) вод, что объясняется естественным

понижением уровня грунтовых вод при ведении открытых горных работ.

Наибольшую опасность для окружающей среды представляет выделение в атмосферу мелкодисперсной пыли, образующейся в процессе бурения. При бурении скважин станками шарошечного бурения с очисткой сжатым воздухом количество образующейся мелкодисперсной пыли достигает сотни килограмм. Для наиболее типичных условий бурения вскрышных пород доля частиц с линейными размерами менее 0,05 мм составляет в среднем 12-15% от общей массы образующихся продуктов разрушения. Без применения пылеулавливающих устройств при бурении скважин диаметром 320 мм, при сетке скважин 8x8 м, объем запыленного воздушного пространства приходящий на каждый кубический метр подготовленной к взрыву породы составит 8000-10000 м³ (при этом концентрация пыли в воздухе может достигать 50 мг/м³).

Применяемые в настоящее время на буровых станках системы сухого пылеулавливания обладают весьма существенным недостатком: уловленная и аккумулированная в специальных емкостях пыль периодически сбрасывается на поверхность блока и в последующем сброшенная пыль может быть повторно поднята в атмосферный воздух сильными порывами ветра или взрывными работами.

Другой распространенный способ бурения – с помощью режущих долот, применяется для бурения главным образом мягких пород и угля. Разрушение в данном случае протекает при больших нагрузках и происходит за счет скалывающих и сминающих воздействий на породу. При этом доля мелкодисперсных частиц в 2,5-3,0 раза меньше, чем при шарошечном бурении. Такой способ бурения не приводит к столь значительному выбросу пыли, поэтому подобные станки не оснащаются пылеулавливающими устройствами.

Масса пыли, выделяющаяся при бурении скважин определяется по формуле:

$$m_{\text{пб}} = \sum_{i=1}^n Q_{\text{оп}i} \cdot q_i \cdot T_i \cdot K_2 \cdot 10^{-3}, \text{ т/год} \quad 3.1)$$

где: $Q_{опi}$ – объемная производительность i -го бурового станка по выбуриванию породы из скважин м³/ч; q_i – удельное бурение с одного метра выбуренной породы i -м станком, кг/м³; T_i – чистое время работы бурового станка в год, ч/год; n – общее число работающих станков в выработке (карьере, разрезе); K_2 – коэффициент, учитывающий влажность материала (определяется по таблице 3.1).

Таблица 3.1

| Значения коэффициента K_2 | | | |
|-----------------------------|-------|------------------------|-------|
| Влажность материала, % | K_2 | Влажность материала, % | K_2 |
| < 0,5 | 2 | 7,1 - 8 | 0,7 |
| 0,6 - 1 | 1,5 | 8,1 - 9 | 0,3 |
| 1,1 - 3 | 1,3 | 9,1 - 10 | 0,2 |
| 3,1 - 5 | 1,2 | > 10 | 0,1 |
| 5,1 - 7 | 1 | | |

Величина $Q_{опi}$ для любого типа буровых станков может быть получена из показателей технической (линейной) производительности по формуле:

$$Q_{опi} = Q_{лп} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 0,785 \cdot Q_{лп} \cdot d^2, \text{ м}^3/\text{час} \quad 3.2)$$

где: $Q_{лп}$ – техническая производительность станка (значение для расчета принимается по таблице 3.2), м/час; d – диаметр скважины, м.

Таблица 3.2

| Техническая производительность станка, м / смена. | | | | |
|---|------------|------------|------------|------------|
| Станок \ f | 8,1 - 12 | 12,1 - 14 | 14,1 - 16 | >16 |
| СБШ-200 | 8,2 / 75,2 | 5,1 / 41,7 | 4,2 / 33 | 3,4 / 26 |
| СБШ-250 | 7,5 / 71,7 | 5,4 / 45 | 4,8 / 39 | 4,2 / 33 |
| СБШ-320 | - | 13,4 / 82 | 8,1 / 54,8 | 5,4 / 49,2 |

В числителе – скорость бурения, в знаменателе – производительность станка (при продолжительности одной смены – 8 часов).

Таблица 3.3

Удельное пылевыделение при работе буровых станков

| Станок | Средства пылеподавления или улавливания пыли | Породы угольных месторождений | | | |
|---------|--|----------------------------------|-----------------------|-------------------------------|---|
| | | Известняки, сланцы, конгломераты | Алевролиты, аргиллиты | Алевролиты плотные, колчеданы | Алевролиты плотные, песчаники крепкие, доломиты |
| | | $f = 2 - 4$ | $f = 4, 1 - 6$ | $f = 6, 1 - 8$ | $f = 8, 1 - 12$ |
| СБШ-200 | ВВП | 0,6 | 0,9 | 1,4 | 2,4 |
| | УСП | 0,8 | 1,3 | 2,0 | 3,4 |
| | БСП | 20,0 | 32,0 | 49,5 | 84,5 |
| СБШ-250 | ВВП | 0,5 | 0,7 | 1,1 | 1,9 |
| | УСП | 0,6 | 0,9 | 1,3 | 2,4 |
| | БСП | 18,0 | 23,5 | 35,5 | 61,0 |
| СБШ-320 | ВВП | 0,6 | 0,9 | 1,4 | 2,4 |
| | УСП | 0,7 | 1,2 | 1,8 | 3,1 |
| | БСП | 15,0 | 29,0 | 44,5 | 77,5 |
| Станок | Средства пылеподавления или улавливания пыли | Породы рудных месторождений | | | |
| | | Сланцы | Безрудные роговики | Магнетитовые роговики | Плотные магнетитовые роговики |
| | | $f = 4 - 6$ | $f = 6, 1 - 10$ | $f = 10, 1 - 12$ | $f = 12 - 14$ |
| СБШ-200 | ВВП | 0,9 | 2,4 | 3,7 | 4,2 |
| | УСП | 1,3 | 3,3 | 5,2 | 5,9 |
| | БСП | 32,3 | 83,1 | 129,0 | 147,6 |
| СБШ-250 | ВВП | 0,8 | 1,9 | 3,0 | 3,5 |
| | УСП | 1,0 | 2,5 | 3,9 | 4,4 |
| | БСП | 24,1 | 62,5 | 96,5 | 110,4 |
| СБШ-320 | ВВП | 0,9 | 2,4 | 3,7 | 4,2 |
| | УСП | 1,2 | 3,0 | 4,7 | 5,3 |
| | БСП | 29,3 | 75,3 | 117,1 | 133,8 |

где: ВВП – водо-воздушное пылеподавление; УСП – сухое пылеподавление; БСП – без средств пылеподавления.

Максимальный разовый выброс твердых частиц (пыли) в атмосферный воздух может быть рассчитан по формуле:

$$G_{\text{выр}} = \frac{Q_{\text{оп}i} \cdot q_i}{3,6}, \text{ г/с} \quad (3.3)$$

Расчет валовых выбросов вредных веществ при взрывных работах

Массовый взрыв на разрезе (карьере) является мощным периодическим источником выброса в атмосферу большого количества пыли и газа. В настоящее время заряд массового взрыва может достигать 800-1200 т, а количество взорванной массы за один взрыв – 6 млн т. По экспериментальным данным установлено, что удельное количество пыли изменяется в диапазоне 30-160 г/м³, в зависимости от рецептуры взрывчатых веществ и свойств взрывающей породы. Также установлено, что с увеличением крепости пород удельное количество пыли на единицу объема горной массы возрастает, а так как с увеличением глубины выработок обычно увеличивается крепость разрабатываемых горных пород, то, следовательно, будет расти и запыленность.

Твердые примеси выделяются в атмосферный воздух в виде пылегазового облака. Часть газообразных загрязняющих веществ (около трети) остается во взорванной горной массе и затем выделяется в атмосферу, загрязняя воздух в районе взорванного блока и прилегающих к нему участков. Выделившаяся при взрыве пыль, выпадая из пылегазового облака, оседает на уступах, на территории вблизи горной выработки (карьера или разреза), а также на ближайших селитебных территориях, являясь в дальнейшем источником вторичного загрязнения. При выпадении вместе с атмосферными осадками образует так называемые дождевые сточные воды. Растворение взрывчатых веществ, применяемых при взрывных работах, приводит к увеличению концентрации NO_x в производственных сточных водах.

Масса газообразных загрязняющих веществ (в основном оксида углерода и сумма оксидов азота), выбрасываемых в атмосферный воздух вместе с пылегазовым облаком и оставшихся во взорванной горной массе рассчитывается по формулам:

$$M_{\Gamma_1} = \sum_{i=1}^n q_{уд_i} \cdot K \cdot A \cdot 10^{-6}, \text{ т} \quad (3.4)$$

где: $q_{уд_i}$ – удельное содержание загрязняющих веществ в пылегазовом облаке при взрыве 1 кг взрывчатого вещества (определяется по таблице 3.4), л/кг; K – коэффициент, зависящий от природы определяемого компонента (для $CO = 1,25$ г/л, для $NO_x = 1,4$ г/л); A – количество взрывающего вещества, кг.

$$M_{\Gamma_2} = \sum_{i=1}^n C_{\Gamma M_i} \cdot Q_{\Gamma M} \cdot (K_p - 1) \cdot 10^{-9}, \text{ т} \quad (3.5)$$

где: $C_{\Gamma M_i}$ – концентрация загрязняющего вещества во взорванной горной массе, мг/м³; $Q_{\Gamma M}$ – объем взорванной горной массы, м³.

$$C_{\Gamma M_i} = \frac{q_{\Gamma M_i} \cdot K \cdot A \cdot 10^3}{Q_{\Gamma M} \cdot (K_p - 1)}, \text{ мг/м}^3 \quad (3.6)$$

где: $q_{\Gamma M_i}$ – удельное содержание вредных газов в отбитой горной массе (ГМ) в зависимости от крепости пород и рецептуры ВВ, л/кг (табл. 3.4); K_p – коэффициент разрыхления горной массы (отношение породы в разрыхленном виде к ее объему в массиве).

Расчет общей массы вредных веществ, выделившихся при взрыве, может быть произведен по формуле:

$$M_{\Gamma} = M_{\text{ПГО}(CO)} + M_{\Gamma M}(CO)(M_{\text{ПГО}(NO_x)} + M_{\Gamma M}(NO_x)) \cdot 6,5, \text{ т} \quad (3.7)$$

где 6,5 – переводной коэффициент к CO.

Масса твердых частиц, выбрасываемых с ПГО определяется по формуле:

$$M_{\text{п}} = q_{\text{п}} \cdot K_2 \cdot Q_{\Gamma M} \cdot 10^{-3}, \text{ т} \quad (3.8)$$

где $q_{\text{п}}$ – удельное пылевыведение из 1 м³ горной массы в зависимости от крепости пород и свойств ВВ, кг/м³ (таблица 3.5); K_2 – коэффициент, учитывающий влажность, % (таблица 3.1); $Q_{\Gamma M}$ – объем взорванной горной массы, плотностью 3 т/м³ (из расчета, что на 1 т ВВ приходится 6000 т ГМ, м³).

Суммарная масса вредных веществ (валовый выброс) при одном взрыве рассчитывается по формуле:

$$M_{\Sigma} = M_{\Gamma_1} + M_{\Gamma_2} + M_{\text{п}}, \text{ т} \quad (3.9)$$

Для определения массы вредных веществ, выделившихся в течении одного года M_{Σ} следует умножить на количество взрывов за этот период (n – число взрывов в год).

Максимальный разовый выброс для твердых частиц определяется по формуле:

$$G_{\Pi} = \frac{Q_{ГМ} \cdot q_{\Pi} \cdot K_2 \cdot 10^{-3}}{t}, \text{ Т/с} \quad (3.10)$$

где t - продолжительность взрыва, $t = 5\text{с}$.

Таблица 3.4

Содержание вредных веществ в ПГО и взорванной ГМ при различных коэффициентах крепости пород, л/кг

| ВВ | f | q _{вд} ПГО | | q _{вд} ГМ | |
|---|-----------|---------------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| | | СО | NO _x | СО | NO _x |
| Граммонит 79/21 | > 15 | 11 | 1,8 | 4,5 | 0,74 |
| | 13,1 – 15 | 9,4 | 2,2 | 3,6 | 0,93 |
| | 12,1 – 13 | 8,7 | 2,4 | 3,5 | 1,08 |
| | 10,1 – 12 | 7 | 4,8 | 3,2 | 2,20 |
| | 9,1 – 10 | 6,1 | 5 | 3,3 | 2,70 |
| | 6,1 -9 | 5,8 | 5,7 | 2,5 | 2,50 |
| Граммонит 50/50 | 2 – 6 | 5,3 | 6,9 | 2,3 | 2,90 |
| | 13,1-15 | 23,6 | 2,0 | 9,6 | 0,82 |
| Гранулотол | 12-13 | 21,3 | 2,3 | 9,5 | 1,04 |
| | 16,1-18 | 52,0 | 1,5 | 18,2 | 0,52 |
| | 14,1-16 | 47,2 | 2,1 | 18,2 | 0,81 |
| | 13,1-15 | 41,0 | 1,8 | 16,8 | 0,74 |
| Игданит Гранулит С-6М Гранулит УП | 12,1-13 | 36,0 | 2,2 | 16,2 | 0,99 |
| | 8-10 | 9,0 | 4,5 | 3,8 | 1,3 |
| | 5-7 | 7,6 | 5,0 | 2,3 | 2,2 |
| Эмульсионные ВВ | 2-4 | 6,0 | 6,7 | 1,8 | 2,6 |
| | | 3,3 | 0,8 | 1,4 | 0,4 |

Таблица 3.5

Значения удельного пылевыведения, кг/м³

| f | 6 – 8 | 8,1 – 10 | 10,1 – 12 | >12 |
|----------------|-------|----------|-----------|------|
| q _н | 0,06 | 0,08 | 0,09 | 0,10 |

Исходные данные для выполнения работы представлены в приложении 2.

Расчет валовых выбросов вредных веществ при погрузочно-разгрузочных работах

Погрузочно-разгрузочные работы в открытых горных выработках сопровождаются значительным пылевыведением. Максимальное количество пыли выделяется в процессе работы экскаваторов, несколько меньше – при работе бульдозеров. Концентрация пыли при выемочно-погрузочных работах, также, как и при буровзрывных работах, зависит от крепости и естественной влажности горных пород.

Результаты измерений концентраций в кабине машиниста и в забое на рудном месторождении показали, что часто она одинакова зимой или летом, или выше в период отрицательных температур. Данный факт связан с отсутствием средств гидрообеспыливания и с повышенной ветровой нагрузкой в зимний период. На увеличение запыленности зимой влияет также частое осыпание смерзшихся кусков породы с верхних частей забоя.

На интенсивность пылевыведения оказывают влияние объем одновременно разгружаемой породы, высота разгрузки, угол поворота экскаватора. Так, при высоких забоях чаще происходит обрушение верхней части уступа, что приводит к повышению (в 1,5-5 раз) запыленности. Запыленность воздуха изменяется практически в тех же соотношениях, что и объем одновременно разрушаемой горной породы.

Одноковшовые экскаваторы являются основным оборудованием на добычных, вскрышных и отвальных работах. С помощью одноковшовых экскаваторов осуществляется погрузка вскрышных пород и полезного ископаемого в забое, перегрузка навалов породы, проведение траншей, нарезка новых горизонтов, погрузка полезного ископаемого и т.д. Все перечисленные процессы сопровождаются значительными выделениями пыли.

Масса пыли, выделяющаяся при работе одноковшовых экскаваторов, рассчитывается по формуле:

$$M_3 = q_{уд} \cdot \left(\frac{3,6 \cdot E \cdot K_3}{t_{ц}} \right) \cdot T_r \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot 10^{-3}, \text{ т / год} \quad (3.11)$$

где $q_{уд}$ – удельное пылевыведение, г/м^3 (таблица 3.6); E – вместимость ковша, м^3 ; K_3 – коэффициент экскавации, зависящий от плотности породы (табл. 3.7); $t_{ц}$ – время цикла работы экскаватора,

с; T_r – чистое время работы экскаватора в год, ч; K_1 – коэффициент, зависящий от скорости ветра (таблица 3.8); K_2 – коэффициент, зависящий от влажности пород (таблица 3.1).

Максимально разовый выброс вредных веществ при погрузочно-разгрузочных работах одноковшовым экскаватором:

$$G_э = \frac{g_{уд} \cdot E \cdot K_э \cdot K_1 \cdot K_2}{t_{ц}}, \text{ г/с} \quad (3.12)$$

Таблица 3.6

Значения удельного пылевыведения

| Наименование оборудования | Удельное пылевыведение (г/м ³) в зависимости от крепости пород (f) | | | | | | |
|---------------------------|--|-----|------|-------|-------|-------|-----|
| | Порода | | | | | Уголь | |
| | 2 | 4-6 | 7-10 | 11-13 | 14-18 | 1-2 | 2-4 |
| ЭКГ-5А | 2,4 | 3,4 | 4,8 | 7,2 | 10,9 | 1,9 | 2,0 |
| ЭКГ-8И | 2,9 | 4,1 | 5,8 | 8,7 | 13,2 | 2,7 | 2,8 |
| ЭКГ-10 | 3,1 | 4,4 | 6,3 | 9,4 | 14,3 | 2,8 | 2,9 |
| ЭКГ-12,5 | 3,8 | 4,4 | 7,6 | 9,4 | 17,3 | 2,9 | 3,1 |
| ЭКГ-15 | 4,2 | 5,4 | 8,4 | 11,4 | 19,2 | 3,0 | 3,2 |
| ЭКГ-20 | 4,8 | 5,9 | 9,6 | 12,7 | 21,8 | 3,2 | 3,5 |

Таблица 3.7

Коэффициенты разрыхления горной массы и экскавации (по ЕНВ 1989 г.)

| Категория пород по трудности экскавации | Плотность породы в массиве, т/м ³ | Коэффициенты | | |
|---|--|--------------------------|---------------|----------|
| | | Разрыхления горной массы | Экскавации | |
| | | | Прямая лопата | Драглайн |
| 1 | 1,6 | 1,15 | 0,91 | 0,83 |
| 2 | 1,8 | 1,25 | 0,84 | 0,75 |
| 3 | 2,0 | 1,35 | 0,70 | 0,65 |
| 4 | 2,5 | 1,50 | 0,60 | 0,58 |

Таблица 3.8

| Значения коэффициента K_1 | |
|-----------------------------|-------|
| Скорость ветра, м/с | K_1 |
| До 2 | 1 |
| 2,1-5 | 1,2 |
| 5,1-7 | 1,4 |
| 7,1-10 | 1,7 |
| 10,1-12 | 2 |
| 12,1-14 | 2,3 |
| 14,1 и выше | 2,6 |

Исходные данные для выполнения работы представлены в приложении 2.

Расчет выбросов вредных веществ при транспортировании горной массы

Негативное воздействие на окружающую среду существующих видов транспорта проявляется в виде отчуждения территорий при сооружении транспортных коммуникаций, загрязнении воды подвижным составом и обслуживающим хозяйством, загрязнения атмосферы пылью в результате ее сдувания с поверхности транспортируемого материала. Автомобильный транспорт, помимо этого, загрязняет атмосферу при движении в результате взаимодействия с поверхностью дорог. Интенсивность пылеобразования при этом зависит от скорости движения, грузоподъемности автомашин, а также от состояния дороги и материала верхнего ее покрытия. Запыленность воздуха вблизи автодорог может достигать десятков и сотен мг/м^3 .

При работе автомобильного и железнодорожного транспорта загрязнение карьерной атмосферы происходит также за счет выброса загрязняющих веществ при сжигании топлива в двигателях внутреннего сгорания. При этом в атмосферу с отработанными газами поступают аэрозольные и газообразные компоненты. Наиболее опасными из газообразных загрязняющих веществ дизельных двигателей являются: диоксид серы, сумма оксидов азота, оксид углерода, углеводороды – пары несгоревшего топлива и смазочного масла (в пересчете на метан), твердые вещества – углерод (сажа) и аэрозоли несгоревшего топлива и смазочного масла.

Масса годового выброса вредных веществ от сжигания топлива в двигателях автомобилей:

$$m_{am} = \sum_{i=1}^n m_{ami}, \text{ т/год} \quad 3.13)$$

где: n – общее число примесей; m_{ami} – масса i -го вредного вещества, выделяемого при работе автомобиля.

$$m_{ami} = m_{ik} \cdot n_{\text{год}} \cdot N_{ap} \cdot k_t \cdot k_1 \cdot 10^{-3}, \text{ т/год} \quad 3.14)$$

где m_{ik} – масса i -го вредного вещества, выделяемого при работе в различных режимах, кг/сут; $n_{\text{год}}$ – число дней работы предприятия в году; k – режим работы двигателя; N_{ap} – число работающих автосамосвалов; k_t – коэффициент влияния климатических условий: для северных и южных районов $k_t = 1,1 - 1,25$, для средней полосы $k_t = 1$; k_1 – коэффициент, зависящий от состояния автопарка: для автомобилей со сроком эксплуатации менее 2 лет $k_1 = 1$, при сроке эксплуатации более 2 лет $k_1 = 1,2$.

Масса i -го вредного вещества определяется по формуле:

$$m_{ik} = \sum_{i=1}^3 q_{ik} \cdot t_k, \text{ кг/сут} \quad 3.15)$$

где: q_{ik} – удельный выброс i -го вредного вещества при работе двигателя в k -м режиме (табл. 3.10); t_k – время работы двигателя в k -м режиме в течение рейса (табл. 3.9).

Максимальный разовый выброс i -го вредного вещества с отработанными газами автомобилей:

$$m_{amp} = \frac{m_{ik} \cdot N_{ap}}{24 \cdot 3,6}, \text{ г/сек} \quad 3.16)$$

Масса годового образования пыли на автодорогах при движении автомобилей:

$$m_{\text{п}} = 2(q_{\text{ср.в}} K_5 L_{\text{в}} + q_{\text{ср.с}} K_5 L_{\text{с}}) \cdot n_{\text{пс}} (365 - T_{\text{с}}) \cdot N_{ap} \cdot 10^{-3}, \text{ т/год} \quad 3.17)$$

где: K_5 – коэффициент, учитывающий среднюю скорость автосамосвала в карьере (табл. 3.11); $q_{\text{ср.в}}$, $q_{\text{ср.с}}$ – удельное выделение пыли при прохождении одним автомобилем 1 км соответственно временной и стационарной дороги (табл. 3.12); $L_{\text{в}}$, $L_{\text{с}}$

– длина временных и стационарных дорог, км; n_{pc} – число рейсов автосамосвала в сутки; T_c – годовое количество дней с устойчивым снежным покровом; N_{ap} – число работающих автосамосвалов.

Масса вредных веществ, сдуваемых с поверхности материала, транспортируемого автотранспортом:

$$m_{ГМ} = 3,6 \cdot q_{пп} \cdot S_a \cdot N_{ap} \cdot n_{рг} \cdot t_{двг} \cdot K_2 \cdot K_6 \cdot 10^{-3},$$

т/год 3.18)

где $q_{пп}=0,003$ г/(м²·с); – удельная сдуваемость твердых частиц с квадратного метра поверхности горной массы, г/(м²·с); S_a – площадь поверхности транспортируемого материала в кузове автосамосвала, м². Она составляет для автомобилей: БелАЗ-7540 – 14 м²; БелАЗ-7548 – 17 м²; БелАЗ-7549 – 31 м²; БелАЗ-7512 – 42 м²; БелАЗ-75215 – 52 м²; N_{ap} – количество рабочих автосамосвалов; $n_{рг}$ – число рейсов автосамосвалов в год; $t_{двг}$ – средняя длительность движения автосамосвала с грузом за 1 рейс, час; K_2 - коэффициент, зависящий от влажности пород (таблица 3.1); K_6 – коэффициент, учитывающий скорость обдува материала, которая определяется как геометрическая сумма скорости ветра и обратного вектора скорости движения автосамосвала ($K_6=1-1,8$ при скорости обдува от 2 до 15 м/с).

Таблица 3.9

Процентное распределение времени работы двигателей при различных нагрузочных режимах

| Вид транспорта | Режим работы двигателя, % | | |
|--------------------------|---|---|--|
| | Холостой ход | 50% от мощности | Максимальная мощность |
| Автомобили | 37-40 | 13-15 | 50-45 |
| Технологические процессы | Ожидание при погрузке, движение на спуске | Движение по горизонтальным участкам трассы в порожнем состоянии | Движение на подъеме, движение с грузом |

Таблица 3.10

Удельные выбросы вредных веществ дизельными двигателями автомобилей

| Марка автомобиля | Вредные вещества | Значения удельных выбросов вредных веществ, кг/ч, при различных режимах работы | | |
|-----------------------|------------------|--|-----------------|-----------------------|
| | | Холостой ход | 50% от мощности | Максимальная мощность |
| БелАЗ-7540 (30т) | CO | 0,160 | 0,219 | 0,519 |
| | NO _x | 0,115 | 0,963 | 1,767 |
| | CH | 0,044 | 0,087 | 0,161 |
| | C | 0,005 | 0,024 | 0,052 |
| БелАЗ-7548 (42т) | CO | 0,190 | 0,261 | 0,617 |
| | NO _x | 0,130 | 1,148 | 2,105 |
| | CH | 0,052 | 0,104 | 0,192 |
| | C | 0,009 | 0,034 | 0,052 |
| БелАЗ-7549 (80т) | CO | 0,371 | 0,488 | 0,895 |
| | NO _x | 0,254 | 2,148 | 3,398 |
| | CH | 0,098 | 0,195 | 0,358 |
| | C | 0,017 | 0,053 | 0,116 |
| БелАЗ-7513 (120т) | CO | 0,494 | 1,081 | 1,108 |
| | NO _x | 0,363 | 2,660 | 4,876 |
| | CH | 0,121 | 0,242 | 0,443 |
| | C | 0,023 | 0,079 | 0,144 |
| БелАЗ-75215 (180т) | CO | 0,874 | 1,413 | 1,961 |
| | NO _x | 0,642 | 4,706 | 8,605 |
| | CH | 0,214 | 0,427 | 0,804 |
| | C | 0,069 | 0,139 | 0,895 |

Таблица 3.11

Коэффициент K₅

| Средняя скорость движения автосамосвала, км/ч | 5 | 10 | 20 | 30 |
|---|-----|-----|-----|-----|
| K ₅ | 0,6 | 1,0 | 2,0 | 3,5 |

Таблица 3.12

Удельные выделение пыли на автодорогах при движении автомобилей, кг/км

| Условия транспортирования | | Тип покрытия | | | |
|---------------------------|-------------|--------------|------------------|---------------------|-------------------|
| | | Щебеночное | Грунтощебеночное | Грунтовое на отвале | Грунтовое в забое |
| Угольная пыль | БелАЗ-7540 | 0,73 | 0,92 | 1,30 | 1,59 |
| | БелАЗ-7548 | 0,86 | 1,08 | 1,53 | 1,87 |
| | БелАЗ-7549 | 1,01 | 1,28 | 1,80 | 2,20 |
| | БелАЗ-7512 | 1,41 | 1,94 | 2,66 | 3,29 |
| | БелАЗ-75215 | 2,20 | 2,74 | 3,85 | 4,73 |
| Породная пыль | БелАЗ-7540 | 0,36 | 0,53 | 0,71 | 0,90 |

| Условия транспортирования | Тип покрытия | | | |
|---------------------------|--------------|------------------|---------------------|-------------------|
| | Щебеночное | Грунтощебеночное | Грунтовое на отвале | Грунтовое в забое |
| БелАЗ-7548 | 0,42 | 0,61 | 0,85 | 1,06 |
| БелАЗ-7549 | 0,59 | 0,72 | 1,01 | 1,26 |
| БелАЗ-7512 | 0,79 | 0,99 | 1,38 | 1,71 |
| БелАЗ-75215 | 1,04 | 1,31 | 1,84 | 2,25 |

Исходные данные для выполнения работы представлены в приложении 3.

Расчет выбросов вредных веществ при отвалообразовании

Выброс вредных веществ (пыли) при отвалообразовании вскрышных пород осуществляется независимо от способов отвалообразования

точечные источники - экскаваторы, бульдозера. При их работе выделяется значительное количество пыли, причем при экскаваторном способе отвалообразования запылённость воздуха выше, чем при бульдозерном. Линейные источники - конвейеры, железнодорожные составы, автодороги.

Общим для всех способов отвалообразования является образование больших незакреплённых поверхностей (плоскостных источников), которые при неблагоприятных условиях приводят к интенсивному пылеобразованию, зависящему от вида материала, гранулометрического состава и метеорологических условий.

Масса вредных веществ, образующихся в зоне выгрузки и укладки пород:

$$m_o = m_{в.у} + m_{с.отс} \cdot S_{с.отс} + m_d \cdot S_d, \text{ т/год} \quad (3.19)$$

где: $m_{в.у}$ – масса пыли, выделившаяся в зоне выгрузки и укладки пород, т/год; $m_{с.отс}$ – масса пыли, сдуваемая с 1 м² свежесыпанного отвала за год, т/год; $S_{с.отс}$ – площадь свежесыпанного отвала, равная площади, отсыпаемой за год, м²; m_d – масса пыли, сдуваемая с 1 м² дефлирующих поверхностей отвала, т/год; S_d – площадь дефлирующих поверхностей отвала, м².

При железнодорожном и автомобильном транспорте масса вредных веществ (пыли) на отвале в зоне выгрузки складывается из массы пыли, образующейся в момент выгрузки из вагона или самосвала и образующейся при складировании вскрышных пород:

$$m_{в.у} = \left(q_{уд} + \frac{q_{уд.ск}}{\gamma} \right) \cdot Q \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot 10^{-6}, \text{ т/год} \quad (3.20)$$

где: $q_{уд}$ – удельное выделение пыли, выгружаемой из транспортного средства ($q_{уд} = 0,32$ г/т); $q_{уд.ск}$ – удельное выделение пыли, складываемой в отвал (табл. 3.6); Q – объем породы, транспортируемой на отвал, т/год.

Максимально разовый выброс пыли на отвале в зоне выгрузки и складирования пород:

$$m_{в.у}' = \left(q_{уд} + \frac{q_{уд,ск}}{\gamma} \right) \cdot Q_{ч} \cdot K_1 \cdot K_2 / 3600, \text{ т/год} \quad (3.21)$$

где: $Q_{ч}$ – объем породы, подаваемой в отвал за 1 час, т/ч.

Масса пыли, сдуваемая с 1 м² свежееотсыпанного отвала:

$$m_{с.отс} = 86,4 \cdot q_0 \cdot (365 - T_c) \cdot K_2 \cdot 10^{-6}, \text{ т/год} \quad (3.22)$$

где: q_0 – удельная сдуваемость пыли с пылящей поверхности отвала, мг/(м²·с) (таблица 3.13); T_c – годовое количество дней с устойчивым снежным покровом.

Масса пыли, сдуваемой с 1 м² дефлирующих поверхностей отвала:

$$m_{д} = 86,4 \cdot g_0 \cdot (365 - T_c) \cdot K_2 \cdot K_7 \cdot 10^{-6}, \text{ т/год} \quad (3.23)$$

где: K_7 – коэффициент, учитывающий эффективность сдувания твердых частиц с поверхности отвала (0,2 – в первые три года после прекращения эксплуатации; 0,1 – в последующие года до полного озеленения отвала).

Исходные данные для выполнения работы представлены в приложении 4.

Таблица 3.13

Удельная сдуваемость пыли (g_0), мг/(м²·с)

| Приземная скорость ветра, м/с | Удельная сдуваемость пыли, мг/м ² ·с при высоте отвала, м | | | |
|-------------------------------|--|------|-------|-------|
| | 10 | 50 | 100 | 150 |
| 5 | 3,7 | 9,3 | 13,8 | 17,4 |
| 8 | 14,3 | 35,8 | 53,3 | 67,3 |
| 10 | 26,7 | 68,2 | 100,9 | 127,1 |

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4. РАСЧЕТ КРАТНОСТИ РАЗБАВЛЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД И УСЛОВИЙ ИХ СБРОСА В ВОДОТОК

Цель работы: определить кратность разбавления и условия сброса сточных вод в водоток.

Ассимилирующая способность водного объекта - способность водного объекта принимать определенную массу

веществ в единицу времени без нарушения норм качества воды в контролируемом створе или пункте водопользования.

Водопользование - использование водных объектов для удовлетворения любых нужд населения и народного хозяйства.

Загрязняющее вещество - вещество или смесь веществ, количество и (или) концентрация которых превышают установленные для химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов нормативы и оказывают негативное воздействие на окружающую среду.

Источник загрязнения вод - источник, вносящий в поверхностные или подземные воды загрязняющие воду вещества, микроорганизмы или тепло.

Качество воды - характеристика состава и свойств воды, определяющая пригодность ее для конкретных видов водопользования.

Контрольный створ - поперечное сечение водного потока, в котором контролируется качество воды.

Нормы качества воды - установленные значения показателей качества воды для конкретных видов водопользования.

Предельно допустимая концентрация вещества в воде (ПДК) - концентрация вещества в воде, выше которой вода непригодна для одного или нескольких видов водопользования.

Предельно допустимый сброс - масса вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном пункте.

Самоочищение воды - совокупность природных процессов, направленных на восстановление экологического благополучия водных объектов.

Фоновое значение показателей качества воды – значение показателей качества воды водоема или водотока до влияния на него источника загрязнения.

Фоновые концентрации естественные –концентрации веществ в воде водного объекта в створе, выше которого водный объект не испытывает антропогенного воздействия.

Фоновый створ - поперечное сечение потока, в котором определяется фоновая концентрация вещества в воде.

Задание 1.

Определить кратность разбавления сточных вод в расчетном створе, концентрацию загрязняющих веществ после перемешивания и расстояние, при котором произойдет полное перемешивание.

Планируется сбрасывать в водоток с расходом Q сточные воды АБЗ с максимальным расходом $q_{ст}$. Ниже по течению от планируемого выпуска сточных вод (вид выпуска указан в исходных данных), на расстоянии 3,0 км предполагается разместить туристическую базу отдыха (цели водопользования определяются в соответствии с исходными данными). Водоток характеризуется на этом участке следующими показателями:

-среднемесячный расход водотока 95%-й обеспеченности Q , $м^3/с$;

-средняя глубина $H_{ср}$, м;

-средняя скорость течения $v_{ср}$, м/с;

-извилистость русла слабо выражена.

Показать ситуационную схему для расчета на карте.

Задание 2.

Определить концентрацию взвешенных веществ в сточной воде, разрешенной к сбросу в водоток после очистных сооружений, и потребную эффективность очистки сточной воды по взвешенным веществам.

Концентрация взвешенных веществ в сточной воде, поступающей на очистные сооружения, $C_{ст}$. Концентрация взвешенных веществ в воде водного объекта до места сброса $C_{ф}$.

Задание 3.

Определить, можно ли произвести сброс нагретых сточных вод с $T_{ст}$ в водоток со среднемесячной температурой воды $T_{в}$.

Задание 4.

Определить необходимую степень очистки сточных вод по содержанию в них растворенного кислорода $L_{ст}$, которые сбрасываются в водоток при следующих условиях:

– содержание растворенного кислорода в водотоке до места сброса сточных вод $O_{в}$, мг/л;

– полное биохимическое потребление кислорода (БПК_{полн}) в водотоке до места сброса L_B , мг/л.

Задание 5.

Определить необходимую степень очистки сточных вод по БПК_{полн} для водного объекта при заданных условиях.

Задание 6.

Определить величину нормативного сброса загрязняющих веществ в водоем при заданных условиях.

Исходные данные для расчетов представлены в Приложении 5.

Условия сброса сточных вод

Работа промышленных предприятий связана с потреблением воды. Вода используется в технологических и вспомогательных процессах или является составной частью выпускаемой продукции. При этом образуются сточные воды, которые подлежат сбросу в близлежащие водные объекты.

Сброс сточных вод в водоем недопустим, если:

- $C_{\phi} \geq \text{ПДК}$;
- запрещается сброс сточных вод в границах зон санитарной охраны источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, рыбоохранных зон, рыбохозяйственных заповедных зон:

- сточные воды можно сбрасывать в водные объекты при условии соблюдения гигиенических требований применительно к воде водного объекта в зависимости от вида водопользования.

Представим ситуацию, когда промышленное предприятие сбрасывает сточные воды после технологического процесса (рис. 4.1)

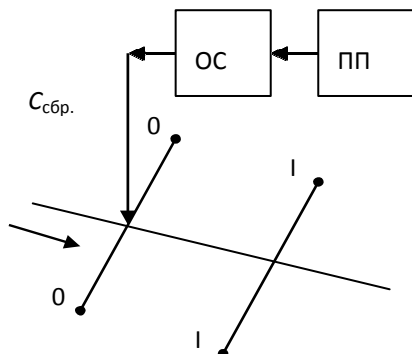


Рис. 4.1. Ситуационная схема для расчета условий сброса сточных вод: 0-0 – нулевой створ; I-I – расчетный створ; ПП – промышленное предприятие; ОС – очистное сооружение

Для водоемов питьевых, хозяйственно-бытовых целей нормативы качества вод или их природный состав и свойства выдерживаются на водотоках, начиная со створа, расположенного выше ближайшего по течению пункта водопользования на 1 км (водозабор для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, места купания, организованного отдыха и населенного пункта).

Для водоемов рыбохозяйственного назначения нормативы качества поверхностных вод или их природный состав и свойства соблюдаются на протяжении всего участка водопользования, начиная с контрольного створа, но не далее 500 м. от места сброса сточных вод или расположения других источников загрязнения поверхностных вод. В случае одновременного использования водного объекта или его участка для различных нужд для состава и свойств его вод принимаются наиболее жесткие нормы качества воды из числа установленных

Выделяются следующие виды и категории водопользования:

1. Хозяйственно-питьевое и культурно-бытовое водопользование:

I категория водопользования – водные объекты, используемые в качестве источников хозяйственно-питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, а также для водоснабжения предприятий пищевой промышленности.

II категория водопользования – водные объекты, используемые для купания, занятия спортом и отдыха населения.

2. Рыбохозяйственное водопользование:

К водным объектам рыбохозяйственного значения относятся водные объекты, которые используются или могут быть использованы для добычи (вылова) водных биоресурсов.

Высшая категория – места расположения нерестилищ, массового нагула и зимовальных ям особо ценных видов рыб и других промысловых водных организмов;

I категория – водные объекты, используемые для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к содержанию кислорода;

II категория – водные объекты, используемые для других рыбохозяйственных целей.

При сбросе сточных вод в водные объекты нормы качества воды водного объекта в расчетном створе, расположенном ниже выпуска сточных вод, должны соответствовать санитарным требованиям в зависимости от вида водопользования.

Нормы качества воды водных объектов включают:

- общие требования к составу и свойствам воды водных объектов в зависимости от вида водопользования;

- перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) нормированных веществ в воде водных объектов для различных видов водопользования.

В расчетном створе вода должна удовлетворять нормативным требованиям. В качестве норматива используется предельно допустимая концентрация – ПДК.

Все вредные вещества, для которых определены ПДК, подразделены по лимитирующим показателям вредности (ЛПВ), под которым понимают наибольшее отрицательное влияние, оказываемое данными веществами. Принадлежность веществ к одному и тому же ЛПВ предполагает суммацию действия этих веществ на водный объект.

Для водных объектов *хозяйственно-питьевого и культурно-бытового* водопользования используют три вида ЛПВ: **санитарно-токсикологический, общесанитарный и органолептический.**

Для *рыбохозяйственных* водоемов: **санитарно-токсикологический, общесанитарный, органолептический, токсикологический и рыбохозяйственный.**

Вещества, концентрация которых изменяется в воде водного объекта только путем разбавления, называются *консервативными*; вещества, концентрация которых изменяется как под действием разбавления, так и вследствие протекания различных химических, физико-химических и биологических процессов – *неконсервативными*.

Определение кратности разбавления сточных вод в расчетном створе

Основной механизм снижения концентрации загрязняющего вещества при сбросе сточных вод в водные объекты – разбавление.

Разбавление сточных вод – это процесс снижения концентрации загрязняющих веществ в водоемах, вызванный перемешиванием сточных вод с водной средой, в которую они выпускаются. Интенсивность процесса разбавления количественно характеризуется **кратностью разбавления**.

Расчет кратности разбавления основан на методе В.А. Фролова – И.Д. Родзиллера, который позволяет получить достоверное представление о потенциально возможном разбавлении сточных вод в стационарных, максимально неблагоприятных условиях, что и определяет целесообразность его использования для расчета допустимых концентраций загрязняющих веществ в сточных водах.

Кратность разбавления n , определяется по формуле:

$$n = \frac{\gamma Q + q_{ст}}{q_{ст}}$$

где: $q_{ст}$ – максимальный расход сточных вод, м³/с; Q – расчетный минимальный расход воды водотока в контрольном створе, м³/с.; γ – коэффициент смешения, показывающий, какая часть воды реки участвует в разбавлении сточных вод, определяется по формуле:

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{L_\Phi}}}{1 + \left(\frac{Q}{q_{ст}}\right) e^{-\alpha \sqrt[3]{L_\Phi}}}$$

где: Q – среднемесячный расход воды водотока 95%-й обеспеченности, м³/с; $q_{ст}$ – максимальный расход сточных вод, подлежащих сбросу в водоток, м³/с; L_{ϕ} – расстояние по фарватеру водотока от места выпуска до контрольного створа (*фарватер* – наиболее глубокая полоса данного водного пространства), м; α – коэффициент, зависящий от гидравлических условий потока:

$$\alpha = \xi \varphi \sqrt[3]{\frac{D_c}{q_{ст}}}$$

где: ξ – коэффициент, зависящий от расположения выпуска сточных вод в водоток: при выпуске в фарватер $\xi = 1,5$; φ – коэффициент извилистости водотока, т. е. отношение расстояния между рассматриваемыми створами водотока по фарватеру к расстоянию по прямой; D_c – коэффициент турбулентной диффузии.

Для равнинных рек и упрощенных расчетов коэффициент турбулентной диффузии находят по формуле М.В. Потапова:

$$D_c = \frac{v_{ср} H_{ср}}{200}$$

где: $v_{ср}$ – средняя скорость течения водотока на интересующем нас участке между нулевым и расчетным створами, м/с; $H_{ср}$ – средняя глубина на этом участке, м.

Концентрацию загрязняющих веществ после перемешивания на контрольном створе определяют по формуле:

$$C = (C_{ст} - C_{\phi}) + \frac{C_{\phi}}{n}$$

где: C_{ϕ} – концентрация взвешенных веществ в воде водного объекта до сброса сточных вод, мг/л; $C_{ст}$ – концентрацию взвешенных веществ в сточной воде, мг/л.

Для определения расстояния, при котором происходит полное перемешивание, используется формула:

$$L = \left[\frac{1}{\alpha} \cdot \ln \frac{(q_{ст} + \gamma Q)}{(1 - \gamma) q_{ст}} \right]^3$$

Расчеты загрязнений водных объектов

При выпуске сточных вод в водные объекты необходимо, чтобы вода водного объекта в расчетном створе удовлетворяла санитарным требованиям. Для достижения данного условия

необходимо заранее рассчитать предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в сточных водах, с которыми эта вода может быть сброшена в водный объект. Основными видами расчетов при этом являются:

- расчет необходимой степени очистки сточных вод по содержанию взвешенных веществ;
- расчет необходимой степени очистки сточных вод по содержанию растворенного кислорода;
- расчет необходимой степени очистки сточных вод по БПК смеси воды водного объекта и сточных вод;
- расчет величин нормативных сбросов в водоем по вредным веществам;
- расчет допустимой температуры сточных вод перед сбросом их в водные объекты.

Расчет необходимой степени очистки сточных вод по содержанию взвешенных веществ

Концентрацию взвешенных веществ в очищенной сточной воде, разрешенной к сбросу в водный объект, определяют из выражения:

$$C_{\text{оч}} = P \left(\frac{YQ}{q_{\text{см}}} + 1 \right) + C_{\text{ф}}$$

где: $C_{\text{ф}}$ – концентрация взвешенных веществ в воде водного объекта до сброса сточных вод, мг/л; P – разрешенное санитарными нормами увеличение содержания взвешенных веществ в воде водного объекта в расчетном створе; Q – среднемесячный расход воды водотока 95%-й обеспеченности, м³/с; $q_{\text{см}}$ – максимальный расход сточных вод, подлежащих сбросу в водоток, м³/с; γ – коэффициент смешения.

Рассчитав необходимую концентрацию взвешенных веществ в очищенной сточной воде ($C_{\text{оч}}$) и зная концентрацию взвешенных веществ в сточной воде, поступающей на очистку ($C_{\text{ст}}$), определяют требуемую эффективность очистки сточных вод по взвешенным веществам по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{взв}} = \frac{C_{\text{ст}} - C_{\text{оч}}}{C_{\text{ст}}} \cdot 100\%$$

Биохимическое потребление кислорода (БПК)

В природной воде водоемов всегда присутствуют органические вещества. Их концентрации могут быть иногда очень малы (например, в родниковых и талых водах). Природными источниками органических веществ являются разрушающиеся останки организмов растительного и животного происхождения, как живших в воде, так и попавших в водоем с листья, по воздуху, с берегов и т.п. Кроме природных, существуют также техногенные источники органических веществ: транспортные предприятия (нефтепродукты), целлюлозно-бумажные и лесоперерабатывающие комбинаты (лигнины), мясокомбинаты (белковые соединения), сельскохозяйственные и фекальные стоки и т.д. Органические загрязнения попадают в водоем разными путями, главным образом со сточными водами и дождевыми поверхностными смывами с почвы.

В естественных условиях находящиеся в воде органические вещества разрушаются бактериями, претерпевая аэробное биохимическое окисление с образованием двуокиси углерода. При этом на окисление потребляется растворенный в воде кислород. В водоемах с большим содержанием органических веществ большая часть растворенного кислорода потребляется на биохимическое окисление, лишая, таким образом, кислорода другие организмы. При этом увеличивается количество организмов, более устойчивых к низкому содержанию растворенного кислорода, исчезают кислородолюбивые виды и появляются виды, терпимые к дефициту кислорода. Таким образом, в процессе биохимического окисления органических веществ в воде происходит уменьшение концентрации растворенного кислорода, и эта убыль косвенно является мерой содержания в воде органических веществ. Соответствующий показатель качества воды, характеризующий суммарное содержание в воде органических веществ, называется **биохимическим потреблением кислорода (БПК)**.

Определение БПК основано на измерении концентрации растворенного кислорода в пробе воды непосредственно после отбора, а также после инкубации пробы. Инкубацию пробы проводят без доступа воздуха в кислородной склянке в течение

времени, необходимого для протекания реакции биохимического окисления. Обычно определяют БПК за 5 суток инкубации (БПК₅), однако содержание некоторых соединений более информативно характеризуется величиной БПК за 10 суток или за период полного окисления (БПК₁₀ или БПК_{полн.} соответственно).

Таким образом, БПК – количество кислорода в миллиграммах, требуемое для окисления находящихся в 1 л. воды органических веществ в аэробных условиях, без доступа света, при 20°С, за определенный период в результате протекающих в воде биохимических процессов. Ориентировочно принимают, что БПК₅ составляет около 70% БПК_{полн.}, но может составлять от 10 до 90% в зависимости от окисляющегося вещества.

При сбросе сточных вод в водные объекты снижение концентрации органических веществ происходит как за счет разбавления, так и благодаря процессам самоочищения. При протекании процесса самоочищения скорость изменения БПК пропорциональна количеству кислорода, потребного для биологического окисления органических веществ. Поэтому расчеты ведутся как по определению допустимой концентрации растворенного кислорода, так и по определению допустимого значения БПК.

Расчет допустимой концентрации растворенного кислорода

Содержание растворенного кислорода в водном объекте в результате сброса в него сточных вод не должно быть менее 4 мг/дм³ в любой период года в пробе, отобранной до 12 часов дня.

Расчет ведут по БПК_{полн} в очищенных сточных водах из условия сохранения в расчетном створе допустимой концентрации растворенного кислорода:

$$L_{ст} = \frac{\gamma \cdot Q}{0,4 \cdot q_{ст}} (O_{в} - 0,4L_{в} - O) - \frac{O}{0,4}$$

где: $L_{ст}$ – полное биохимическое потребление кислорода сточной водой, допустимой к сбросу, г/м³; $L_{в}$ – полное биохимическое потребление кислорода водой водотока, г/м³; γ – коэффициент смешения; Q – среднемесячный расход воды водотока 95%-й обеспеченности, м³/с; $q_{ст}$ – максимальный расход сточных вод,

подлежащих сбросу в водоток, м³/с; O_B – содержание растворенного кислорода в водотоке до места выпуска сточных вод, г/м³; O – минимальное содержание растворенного кислорода водного объекта, г/м³;

Величина допустимого значения БПК₅ в сточных водах на выпуске в водоток

Расчет ведут по БПК₅ сточных вод, допустимых к отводу в водные объекты:

$$L_{ст} = \frac{\gamma \cdot Q}{q_{ст} \cdot 10^{-k_{ст}t}} \cdot (L_{ПДК} - L_B \cdot 10^{-k_B t}) + \frac{L_{ПДК}}{10^{-k_{ст}t}}$$

где: k_B , $k_{ст}$ - константы скорости потребления кислорода органическими веществами воды водотока и сточной воды соответственно. Принимаются равными $k_B = k_{ст}$. Константа скорости потребления кислорода (для смеси бытовых и природных вод) имеет различные значения в зависимости от температуры (табл. 1):

Таблица 1

| | | | | | | | |
|----------------------|------|------|-------|------|------|-------|-------|
| Температура воды, °С | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| $k_{ст}$, сут | 0,04 | 0,05 | 0,063 | 0,08 | 0,10 | 0,126 | 0,158 |

$L_{ПДК}$ – значение допустимой концентрации БПК₅ смеси сточных вод и воды водного объекта в расчетном створе, мг/л; (требования, прил.2); L_B – БПК_{полн} воды водного объекта до места выпуска сточных вод, мг/л;(прил.2); t – длительность перемещения воды от места сброса до расчетного створа, сут.

$$t = \frac{L}{v_{ср}}$$

где: L - расстояние по фарватеру от места выпуска сточных вод до контрольного створа, м; $v_{ср}$ - средняя скорость течения воды водотока, м/с.

Расчет величин нормативных сбросов загрязняющих веществ в водоем

Качественные показатели воды обусловлены в основном концентрацией содержащихся в ней компонентов. В состав воды в виде различных химических соединений входят около 50 элементов, такие как кислород, углекислый газ, сероводород, азот, а также катионы и анионы растворенных в воде солей кальция, магния,

натрия, калия, хлора и др. В результате антропогенных загрязнений изменяются физические и органолептические свойства воды, увеличивается содержание сульфатов, хлоридов нитратов, появляются специфические загрязнения не свойственные естественному фону.

Так, например, высокие концентрации хлоридов в воде коррозионно активны, пагубно влияют на рост растений, вызывают засоление почв. Повышенное содержание нитратов и аммонийных соединений в воде могут служить индикатором загрязнения водоема в результате распространения фекальных либо химических загрязнений (сельскохозяйственных, промышленных). Водная среда подлежит нормированию и в таблице 2 приведены некоторые ПДК вредных веществ в водоемах различной категории водопользования (примеры ПДК, высокое (ВЗ) и экстремально высокое (ЭВЗ) загрязнение водоемов).

Таблица 2

| Показатели | Категория водопользования | ЛПВ водоема | ПДК | ВЗ | ЭВЗ |
|--|---------------------------|------------------|--------|--------|--------|
| Абс. содержание раств. O ₂ , мг/л | рыбохозяйственное | общие требования | 4 6 | △ △ | △ △ |
| БПК ₅ , мг/л | рыбохозяйственное | общие требования | 2 | >15 | >60 |
| Азот аммонийный | рыбохозяйственное | токсикол | 0.39 | >3.9 | >39 |
| Азот нитратов | рыбохозяйственное | сан.-токс. | 1 | >10 | >100 |
| Азот нитритов | рыбохозяйственное | токсикол. | 0.02 | >0.2 | >2.0 |
| Фенолы | рыбохозяйственное | рыбохоз. | 0.001 | >0.03 | >0.1 |
| Нефтепродукты | рыбохозяйственное | рыбохоз. | 0.05 | >1.5 | >5.0 |
| СПАВ | рыбохозяйственное | токсикол. | 0.1 | >1.0 | >10 |

Величины НДС определяются для всех категорий водопользователей по формуле:

$$\text{НДС} = q_{\text{ст}} \cdot C_{\text{НДС}} \text{ (г/час)}$$

где: $q_{\text{ст}}$ – максимальный часовой расход сточных вод, м³/ч; $C_{\text{НДС}}$

Допустимая концентрация загрязняющего вещества, г/м³, определяется по формуле:

$$C_{\text{НДС}} = n \cdot (C_{\text{ПДК}} - C_{\text{ф}}) + C_{\text{ф}}$$

где: $C_{\text{ПДК}}$ – предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в воде водотока, г/м³; $C_{\text{ф}}$ – фоновая концентрация загрязняющего вещества в водотоке выше выпуска сточных вод, г/м³; (придумать табл ЗВ); n – кратность общего разбавления сточных вод в водотоке.

Расчет допустимой температуры сточных вод перед сбросом их в водные объекты

Расчет ведут исходя из условий, что температура воды водного объекта не должна повышаться более величины, оговоренной «Гигиеническими требованиями к охране поверхностных вод» в зависимости от вида водопользования.

Температура сточных вод, разрешенных к сбросу, должна удовлетворять условию:

$$T_{\text{ст}} \leq n \cdot T_{\text{доп}} + T_{\text{в}}$$

где: $T_{\text{доп}}$ – допустимое повышение температуры; (Т+ф); $T_{\text{в}}$ – температура водного объекта до места сброса сточных вод.

Общие требования к составу и свойствам воды водных объектов в контрольных створах и местах питьевого, хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования

| № | Показатели | Категории водопользования | |
|---|----------------------|--|---|
| | | Для питьевого и хозяйственно- бытового водоснабжения, а также для водоснабжения пищевых предприятий | Для рекреационного водопользования, а также в черте населенных мест |
| 1 | Взвешенные вещества* | При сбросе сточных вод, производстве работ на водном объекте и в прибрежной зоне содержание взвешенных веществ в контрольном створе (пункте) не должно увеличиваться по сравнению с естественными условиями более чем на | |
| | | 0,25 мг/дм ³ | 0,75 мг/дм ³ |
| | | Для водных объектов, содержащих в межень более 30 мг/дм ³ природных взвешенных веществ, допускается увеличение их содержания в воде в пределах 5 %. Взвеси со скоростью выпадения более 0,4 мм/с для проточных водоемов и более 0,2 мм/с для водохранилищ к спуску запрещаются | |
| 2 | Плавающие примеси | На поверхности воды не должны обнаруживаться пленки нефтепродуктов, масел, жиров и скопление других примесей | |
| 3 | Окраска | Не должна обнаруживаться в столбике | |
| | | 20 см | 10 см |
| 4 | Запахи | Вода не должна приобретать запахи интенсивностью более 2 баллов, обнаруживаемые: | |
| | | непосредственно или | непосредственно |
| | | при последующем хлорировании или других способах обработки | |
| 5 | Температура | Летняя температура воды в результате сброса сточных вод не должна повышаться более чем на 3°С по сравнению со среднемесячной температурой воды самого жаркого месяца года за последние 10 лет | |

| | | | |
|----|--|---|---------------------------------------|
| 6 | Водородный показатель (рН) | Не должен выходить за пределы 6,5—8,5 | |
| 7 | Минерализация воды | Не более 1000 мг/дм ³ , в т. ч.: хлоридов - 350; сульфатов - 500 мг/дм ³ | |
| 8 | Растворенный кислород | Не должен быть менее 4 мг/дм ³ в любой период года, в пробе, отобранной до 12 часов дня. | |
| 9 | Биохимическое потребление кислорода (БПК ₅) | Не должно превышать при температуре 20 °С | |
| | | 2 мг O ₂ /дм ³ | 4 мг O ₂ /дм ³ |
| 10 | Химическое потребление кислорода (бихроматная окисляемость), ХПК | Не должно превышать: | |
| | | 15 мг O ₂ /дм ³ | 30 мг O ₂ /дм ³ |
| 11 | Химические вещества | Не должны содержаться в воде водных объектов в концентрациях, превышающих ПДК или ОДУ | |
| 12 | Возбудители кишечных инфекций | Вода не должна содержать возбудителей кишечных инфекций | |
| 13 | Жизнеспособные яйца гельминтов (аскарид, власоглав, токсокар, фасциол), онкосферы тениид и жизнеспособные цисты патогенных кишечных простейших | Не должны содержаться в 25 л воды | |
| 14 | Термотолерантные колиформные бактерии** | Не более 100 КОЕ/100 мл ** | Не более 100 КОЕ/100 мл |
| 15 | Общие колиформные | Не более | |
| | | 1000 КОЕ/100 мл** | 500 КОЕ/100 мл |
| 16 | Колифаги ** | Не более | |
| | | 10 БОЕ/100 мл** | 10 БОЕ/100 мл** |

| | | |
|----|---|----------------------------|
| 17 | Суммарная объемная активность радионуклидов при совместном присутствии*** | $\sum (A_i / YB_i) \leq 1$ |
|----|---|----------------------------|

Примечания

* *Содержание в воде взвешенных веществ неприродного происхождения (хлопья гидроксидов металлов, образующихся при обработке сточных вод, частички асбеста, стекловолокна, базальта, капрона, лавсана и т. д.) не допускается.*

** *Для централизованного водоснабжения; при нецентрализованном питьевом водоснабжении вода подлежит обеззараживанию.*

*** *В случае превышения указанных уровней радиоактивного загрязнения контролируемой воды проводится дополнительный контроль радионуклидного загрязнения в соответствии с действующими нормами радиационной безопасности;*

A_i - удельная активность i-го радионуклида в воде;

YB_i - соответствующий уровень вмешательства для i-го радионуклида.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5. ПОСТРОЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ

Цель работы: определить степень негативного воздействия от деятельности промышленного предприятия на окружающую среду.

Задание 1. Оформить инженерно-экологическую карту ОАО «Фосфаты», используя условные обозначения из таблицы 5.3.

Задание 2. Проанализировать промышленную деятельность предприятия ОАО «Фосфаты». Выявить нарушения и загрязнения компонентов окружающей среды.

Задание 3. Предложить свое предприятие, проанализировать его промышленную деятельность. Представить подробную информацию о специфике производства, месте расположения предприятия (привести характеристику климатических условий, рельефа местности, близлежащих населенных пунктов с указанием численности населения и т.д.). Начертить технологическую цепочку производственного цикла с указанием газообразных выбросов,

жидкостных сбросов и образующихся твердых отходах. На основании результатов анализа заполнить таблицу 5.2.

Общие сведения о промышленном объекте

ОАО «Фосфаты» включает в себя горнопромышленный комплекс по разработке месторождения фосфоритов и их обогащению, производство кормовых обесфторенных фосфатов (ПКОФ), специальные хранилища жидких и твердых отходов. Из-за низкого содержания полезного компонента в руде, добыча и переработка сопровождается образованием большого количества твердых и жидких отходов, складываемых в специальные хранилища. Основной продукцией является фосфоритная мука и песок кварцевый молотый.

На территории промплощадки ОАО «Фосфаты» (рис. 5.2) располагаются следующие объекты и сооружения:

1. Завод по производству удобрений (пункт 1);
2. Обогащительные фабрики рудопромывки и флотации (пункты 7, 8);
3. Котельные (пункты 3, 10);
4. Теплица (пункт 4);
5. Хвостохранилища завода, рудопромывки и флотации (пункты 2, 14, 15);
6. Водозабор (пункт 5);
7. Старые хвостохранилища (пункты 11, 12);
8. Отстойники (пункты 16, 17);
9. Накопитель оборотной воды (пункт 13);
10. Отвалы (пункты 19, 26);
11. Пункты перегрузки сырья, продукции (пункты 6, 9);
12. Болото техногенного происхождения (пункт 18);
13. Сельскохозяйственная рекультивация (пункт 20);
14. Лесохозяйственная рекультивация (пункт 21);
15. Рекреационная рекультивация (пункт 22);
16. Лес (пункт 23);
17. Вырубка леса (пункт 24);
18. Карьерная выемка, вскрывающая юрский водоносный горизонт (пункт 25).

ОАО «Фосфаты» включает в себя 11 карьеров. На рассматриваемой территории располагается карьер №7. Егорьевское месторождение фосфоритов расположено на юго-востоке Московской области.

На более чем 30% территории естественный рельеф нарушен в связи с обработкой месторождения открытым карьерным способом и намывом отходов обогащения. Большая часть отработанных участков карьеров спланирована и рекультивирована. Отрицательные формы рельефа, наряду с долинами рек и ручьев, образованы траншеями, котлованами, дренажными канавами.

По территории месторождения протекает р. Натынка с площадью водосбора 80,5 км², левый приток реки Москва. В районе Натынского водосбора располагаются две фабрики по обогащению фосфатного сырья – рудопромывочная и флотационная, хвостовое хозяйство обогатительных фабрик, куда производится намыв твердых и жидких отходов, производство кормовых обесфторенных фосфатов (ПКОФ), работающее на переработке привозного апатитового концентрата, шламонакопитель ПКОФ, куда сбрасываются отходы производства.

Карьерный дренаж – открытого типа. По системе водоотводных канав карьерные воды сбрасываются в р. Натынку и ее притоки. Карьерные воды образуются вследствие разгрузки подземных и атмосферных вод в дренажные каналы.

Заболоченность Натынского водосбора 7,5 %, и она имеет тенденцию к увеличению вследствие нарушения водного баланса территории – утечек из системы водооборота хвостового хозяйства и аварийных сбросов с обогатительных фабрик. В местах разгрузки загрязненных подземных вод с территории хвостового хозяйства, речные воды по своему составу близки к дренажным водам хвостохранилищ. На протяжении 7 км до впадения р. Натынки в р. Москву наблюдается улучшение качества воды, но не до требуемого уровня.

Фосфориты Егорьевского месторождения относятся к глауконитовой разновидности низкофосфатных фосфоритовых конкреций, содержащих 10,5 - 18,5% P₂O₅.

В районах хвостохранилищ и карьеров в геологическом разрезе присутствуют техногенные отложения, представленные насыпными и намывными породами.

Насыпные породы – это результат складирования в отвалы вскрышных пород. Мощность насыпных пород 3,8 - 22,7 м.

Намывные породы — это отходы обогащения фосфоритовой руды, представляющие собой механические примеси и химические осадки, насыщенные концентрированными токсичными растворами, складываются на территории хвостового хозяйства. Мощность намывных пород зависит от времени намыва и колеблется от 0,5 до 25 м.

Почвенный покров весьма разнообразен. На территориях, не подвергшихся техногенному воздействию, встречаются подзолистые, дерново-подзолистые и серые почвы, характеризующиеся низкими значениями рН и малым содержанием органических веществ (1,5-2,5%). В качестве искусственных почв (на территории рекультивации) нанесен слой глауконитовых песков.

По своему составу осадки несут техногенную нагрузку, их минерализация и концентрации основных компонентов превышают фоновые в 10-25 раз. Наблюдаются повышенные концентрации фосфатов, фторидов, которые являются характерными составляющими газопылевых выбросов обогатительных фабрик и ПКОФ.

Технологическая схема предприятия

Технологическая цепочка добычи и переработки фосфатов, а также образование отходов производства показано на рис. 1.

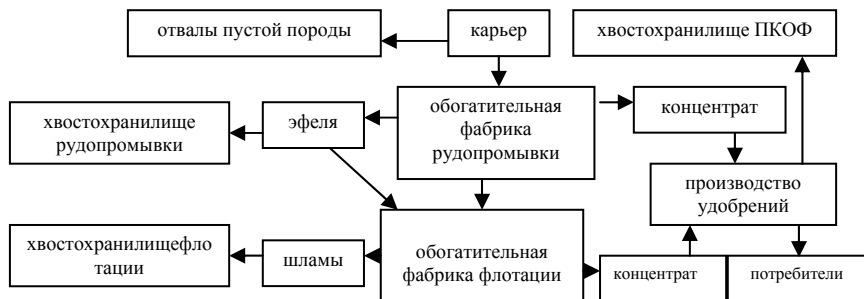


Рис. 5.1 Технологическая цепочка добычи и переработки фосфоритов, образования отходов производства.

Разработка месторождения ведется открытым способом по транспортно – отвальной схеме с дальнейшей рекультивацией нарушенных земель.

Переработка руды ведется на двух обогатительных фабриках (рудопромывочной и флотационной) и на заводе по производству удобрений. Весь цикл добычи и переработки полезных ископаемых сопровождается накоплением жидких и твердых отходов, загрязняющих земли, поверхностные и подземные воды, и формированием техногенных ландшафтов, лито- и гидрогеохимических ореолов и потоков загрязнения.

Для добычи полезного ископаемого на промплощадке экскаватором выкапывается карьер. Карьерная выемка вскрывает юрский водоносный горизонт. Вскрыша представлена песчаными породами. Пустая порода, не представляющая какой-либо ценности, направляется в отвал.

Используемая на предприятии вода берется из водозабора реки Натынки и транспортируется к заводу по производству удобрений и обогатительным фабрикам рудопромывки и флотации, где происходит обогащение фосфатного сырья.

Отходы обогащения, представленные жидкой и твердой фракцией, направляются в хвостохранилища, где вода отстаивается в течение некоторого времени. В результате твердая фракция оседает на дно, а жидкая переходит в накопитель оборотной воды. Вода из накопителя впоследствии поступает на обогатительные

фабрики рудопромывки и флотации. Таким образом, предприятие использует неполный замкнутый цикл водооборота.

Первичное обогащение (рудопромывка) основано на механическом дезинтегрировании в воде глинистого и дисперсного глауконитового материала и выделении желваков. Эффективность первичного обогащения низкая, так как желваки составляют всего 2-5% от веса фосфоритной руды. С целью снижения потерь P_2O_5 с отходами обогащения, эфеля (отходы рудопромывки) подвергают дообогащению флотацией. Для обогащения используются техническая вода, состоящая на 25% из оборотной воды из накопителя и на 75% из речной воды.

В результате промывки руды и гидротранспорта твердых отходов происходит интенсификация процессов растворения измельченной руды. В воде, используемой в технологическом процессе, повышается в 2-5 раз концентрация практически всех компонентов, особенно ионов Ca^{2+} , сульфатов, фосфатов, фторидов, органических веществ.

Флотация основана на искусственно создаваемом с помощью реагентов различии в смачиваемости минералов водой. Молекулы этих реагентов-коллекторов – гетерополярны, обладают сродством к определенным минералам, избирательно приликая к поверхности этих минералов, они образуют пленки, в результате чего частицы минералов становятся несмываемые водой и выносятся в пену. Рудные минералы остаются во флотационной камере. Процесс флотации фосфоритов происходит в щелочной среде. В качестве основных флотореагентов используется керосин или соляровое масло.

В результате первичного обогащения (рудопромывки) и флотации получают фосфоритную муку, являющуюся минеральным удобрением и отходы обогащения – твёрдые – эфеля (отходы рудопромывки) и шламы (отходы флотации), сбрасываемые в хвостохранилища. Ежегодно на территорию хвостового хозяйства сбрасывается 3000 тыс. т эфелей, 1460 тыс. т шламов, 30 тыс. т сточных вод. Утечки из хвостохранилищ представляют основную опасность в загрязнении и нарушении режима подземных и поверхностных вод района расположения горнопромышленного

предприятия. Происходит изменение генетических составляющих солевого баланса природных вод, вследствие чего с территории усиливается вынос карбонатов, хлоридов, сульфатов, фторидов, кальция, натрия, калия.

Флотация — это процесс, основанный на всплывании коллоидных и дисперсных примесей вместе с пузырьками воздуха и образовании на поверхности флотатора пены.

Концентрат – продукт обогащения полезных ископаемых, более пригодный для употребления или дальнейшей обработки, чем исходное сырьё.

Эфеля - мелкозернистая часть хвостов обогащения, отделяемая промывкой.

Шламы - наиболее тонкозернистая часть хвостов обогащения, нередко содержит значительное количество полезного компонента, не улавливаемого на обогатительных установках.

Хвостохранилище – устройство для приёма и хранения отходов обогащения полезных ископаемых — отвальных хвостов.

В результате пылегазовых выбросов происходит загрязнение атмосферы вредными веществами, такими как диоксид серы, оксиды азота, твердые частицы, оксид углерода и другие токсичные вещества.

Из-за уничтожения естественного покрова растительности и почв при разработке месторождения снижается биологическая продуктивность территории.

Восстановление нарушенных земель предприятие выполняет с помощью лесохозяйственной рекультивации (выравнивание отвала, высадка сосен), сельскохозяйственной рекультивации (посадка кормовых и пропашных культур) и рекреационной рекультивации, в результате чего образуются техногенные агроландшафты, лесохозяйственные и рекреационные ландшафты.

Строительство заводов и фабрик привело к образованию горнопромышленного техногенного ландшафта. Следствием этого является изменение минералогического и гранулометрического состава почв.

Загрязнения и нарушения природной среды

Промышленная деятельность ОАО «Фосфаты» оказывает влияние на окружающую среду. Это воздействие проявляется в виде нарушений и загрязнений.

Нарушение – структурно-пространственные изменения (числа, формы, расположения элементов), происходящие в результате воздействия производства на природную среду.

Выделяют нарушения:

- *геомеханические* – изменения, происходящие в почвенном слое и в массиве горных пород в результате различных производственно - технологических процессов (деформация, провалы, выемки, насыпи, застройки);

- *гидродинамические* – изменения размещения, режима и динамики поверхностных и грунтовых вод (затопление рельефа, истощение водоемов и водотоков, заболачивание);

- *аэродинамические* – нарушения, возникающие в результате изменения воздушных потоков при строительстве зданий, сооружений, отвалов и выделения в атмосферу больших потоков тепловой энергии (температурные инверсии, ветровые тени);

- *биоморфологические* – нарушения, возникающие в результате строительства и расширения предприятий, происходящие, как правило, в совокупности с другими нарушениями (фитоценоотические, зооценоотические, микробоценоотические).

Загрязнение – привнесение в природную среду или возникновение в ней новых, не характерных для среды физических, химических, биологических агентов; или повышение концентрации этих агентов сверх среднего наблюдавшегося количества или уровня.

Все виды загрязнителей можно классифицировать по их природе на:

- физические (тепловое, световое, электромагнитное, радиационное загрязнение);

- химические;

- биологические – привнесение в среду и размножение в ней нежелательных для человека организмов; привнесение патогенных микроорганизмов;

- информационные – поток негативной информации, поступающей человеку по различным информационным каналам.

Таблица 5.1

Классификация нарушений

| Группа | Форма | Процессы, способствующие возникновению нарушений |
|------------------------|--------------------------|--|
| Геомеханические | | |
| Деформации | Уплотнение и разрыхление | Транспортирование груза автотранспортом, длительное складирование тяжелых грузов, нагрузка под зданиями и сооружениями |
| | Проседание | Добыча полезных ископаемых подземным способом, добыча нефти и газа, забор воды из подземных горизонтов |
| | Трещины | Добыча полезных ископаемых подземным способом, сползание бортов карьера и т.д. |
| Провалы | Кольцевые | Отработка рудных месторождений с обрушением, неравномерно отложенные отвалы |
| | Каньонообразные | Отработка угольных крутопадающих пластов мощных пластов с обрушением, наличие карстовых пород и их осушение водозаборами |
| | Котлованные | Отработка мощных рудных и пластовых месторождений, наличие карстовых пород и их осушение водозаборами |
| | Террасированные | Отработка месторождений под склонами гор и сопок |

| Группа | Форма | Процессы, способствующие возникновению нарушений |
|--------------------------|--------------------------|--|
| Выемки | Карьерные | Добыча полезных ископаемых в зависимости от условий залегания и принятой системой разработок |
| | Котлованные и траншейные | Прокладка коммуникаций, строительство зданий или транспортных траншей (непродолжительное время) |
| | Придонная | Добыча полезных ископаемых по руслам рек, прокладка трубопроводов через водные преграды, добыча полезных ископаемых на шельфе |
| Насыпи | Отвальные | Складирование пород при прохождении горных выработок на шахте и рудниках, вскрыши, строительство, складирование сырья, отходов |
| | Гидротехнические | Формирование гидроотвалов, хвостохранилищ |
| Застройки | | Строительство зданий, сооружений, стройплощадки, жилой массив |
| Гидродинамические | | |

| Группа | Форма | Процессы, способствующие возникновению нарушений |
|---------------------------|---|---|
| Поверхностные | Зарегулирование | Изменение естественной динамики и расположения водотоков и водоемов (водохранилища, каналы) |
| | Затопление рельефа | Сбросы большого количества сточных вод, создание водохранилищ |
| | Истощение водотоков и водоемов | Мощные водозаборы |
| | Заболачивание | Повышение уровня грунтовых вод |
| Подземные | Затопление (подтопление), осушение | Геомеханические нарушения при строительстве, добыче полезных ископаемых |
| | Заболачивание | Захоронение жидких отходов, специальные способы отработки месторождений |
| Аэродинамические | | |
| | Разряжение (ветровые тени), возмущения по направлению | Размещение элементов ноосферы: зданий, сооружений |
| | Температурные инверсии | Выделение в атмосферу большого количества потоков тепловой энергии |
| Биоморфологические | | |
| Фитоценоотические | Повреждение и уничтожение растительности | |
| Зооценоотические | Распугивание. Уничтожение. Подавление способности к размножению | |

| Группа | Форма | Процессы, способствующие возникновению нарушений |
|----------------------|---|---|
| Микробоценоотические | Повреждение Уничтожение. Подавление способности к размножению | |

Таблица 5.2

Техногенное воздействие предприятия на компоненты окружающей среды

| Компонент ОС | Загрязнения | Нарушения | Последствия |
|---------------------|--------------------|------------------|--------------------|
| Атмосфера | | | |
| Гидросфера | | | |
| Литосфера | | | |
| Биосфера | | | |

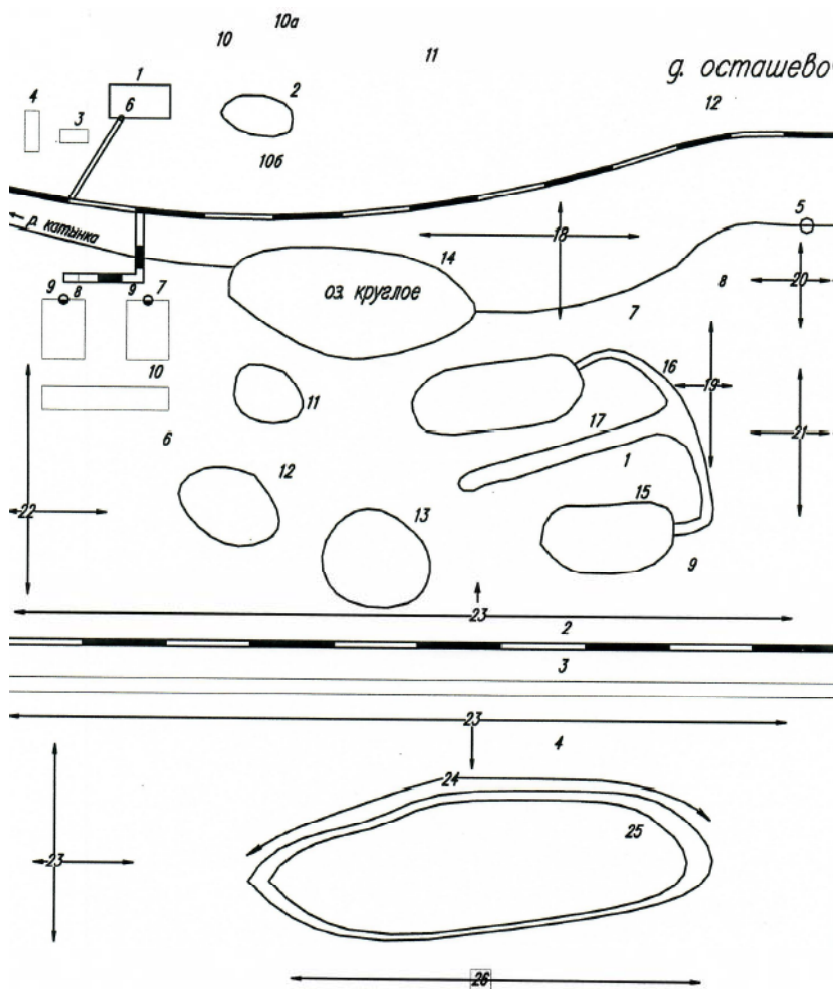
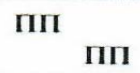
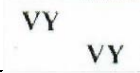
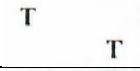
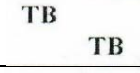
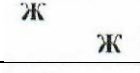
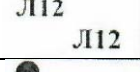

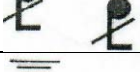

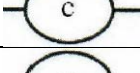



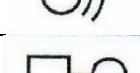
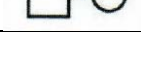


Рис. 5.2 Инженерно-экологическая карта

Таблица 5.3

Условные обозначения для нанесения на инженерно экологическую карту

| | |
|---|--|
|  | предприятие производственного цикла |
|  | карьерная выемка, вскрывающая юрский водоносный горизонт |
|  | производство тепла |
|  | хранилища твердых отходов |
|  | хранилища жидких отходов |
|  | отвалы пустой породы высотой 12 м |
|  | лес |
|  | вырубка леса |
|  | болото |
|  | транспорт сырья |
|  | транспорт тепла |
|  | транспорт воды |
|  | гидротранспорт отходов |
|  | пункт перегрузки |
|  | водозабор |

| | |
|---|---|
|  | лесохозяйственная рекультивация |
|  | сельскохозяйственная рекультивация (пропашные) |
|  | сельскохозяйственная рекультивация (кормовые) |
|  | рекреационная рекультивация |

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основная литература:

1. *Ветошкин, А. Г.* Основы инженерной экологии : учебное пособие / А. Г. Ветошкин. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. 332 с.
2. *Царалунга, А. В.* Экология : учебное пособие / А. В. Царалунга, В. В. Царалунга, Н. Л. Прохорова. — Воронеж : ВГЛТУ, 2018. 84 с.
3. *Стурман, В. И.* Геоэкология : учебное пособие для вузов / В. И. Стурман. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. 228 с.
4. *Дмитренко, В. П.* Экологические основы природопользования : учебное пособие / В. П. Дмитренко, Е. М. Мессинева, А. Г. Фетисов. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. 224 с.
5. *Карлович, И. А.* Геоэкология : учебник / И. А. Карлович. — Москва : Академический Проект, 2020. 512 с.

Дополнительная литература:

1. ГОСТ 32965-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Методы учета интенсивности движения транспортного потока».
2. Методика расчета годовых выбросов передвижных источников на автомагистралях Санкт-Петербурга на основе обследования структуры автотранспортных потоков, ООО «Фирма «Интеграл-Софт», 03.04.2018 г.
3. ГН 2.1.6.3492-17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений».
4. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (дополненное и переработанное). СПб, 2012. 16.
5. Приказ от 17 декабря 2007 года N 333 «Об утверждении Методики разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей» (с изменениями на 31 июля 2018 года).
6. СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод», Минздрав России, Москва 2000.
7. Расчет разбавления сточных вод в реках, озерах и водохранилищах: методические указания / Сост. В.В. Быкова. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2009. – 24 с.
8. Основные расчеты загрязнений водных объектов: методические указания к практическим работам по дисциплине «Промышленная экология ч.2» / Сост. О.А. Бычков. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2014. 27с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

| № вар. | Тип бурового станка | Диаметр скважины, м ($K_p = 1,05 \cdot L$) | Блочность массива | Крепость породы, f | Плотность породы, $\frac{т}{м^3}$ | Средства пылеподавления | Месторождение | Число машин, ед. | Влажность материала, % | Скорость ветра, м/с |
|--------|---------------------|--|-------------------|--------------------|-----------------------------------|-------------------------|---------------|------------------|------------------------|---------------------|
| 1 | СБШ-200 | 0,20· K_p | крупн. | 8 | 2,0 | ВВП | У | 4 | 3,0 | 2 |
| 2 | СБШ-250 | 0,25· K_p | средн. | 10 | 2,3 | УСП | Р | 4 | 5,0 | 3 |
| 3 | СБШ-320 | 0,32· K_p | мелк. | 12 | 2,5 | БСП | У | 3 | 6,0 | 6 |
| 4 | СБШ-200 | 0,20· K_p | крупн. | 6 | 1,8 | ВВП | Р | 2 | 8,0 | 10 |
| 5 | СБШ-250 | 0,25· K_p | средн. | 9 | 1,9 | УСП | У | 4 | 0,5 | 8 |
| 6 | СБШ-320 | 0,32· K_p | мелк. | 14 | 2,1 | БСП | Р | 5 | 15,0 | 5 |
| 7 | СБШ-200 | 0,20· K_p | крупн. | 8 | 2,0 | ВВП | У | 4 | 3,0 | 2 |
| 8 | СБШ-250 | 0,25· K_p | средн. | 10 | 2,3 | УСП | Р | 4 | 5,0 | 3 |
| 9 | СБШ-320 | 0,32· K_p | мелк. | 12 | 2,5 | БСП | У | 3 | 6,0 | 6 |
| 10 | СБШ-200 | 0,20· K_p | крупн. | 6 | 1,8 | ВВП | Р | 2 | 8,0 | 6 |
| 11 | СБШ-250 | 0,25· K_p | средн. | 9 | 1,9 | УСП | У | 4 | 1,0 | 8 |
| 12 | СБШ-320 | 0,32· K_p | мелк. | 14 | 2,1 | БСП | Р | 5 | 15,0 | 5 |
| 13 | СБШ-200 | 0,20· K_p | крупн. | 8 | 2,0 | ВВП | У | 4 | 5,0 | 3 |
| 14 | СБШ-250 | 0,25· K_p | средн. | 10 | 2,3 | УСП | Р | 4 | 6,0 | 6 |
| 15 | СБШ-320 | 0,32· K_p | мелк. | 12 | 2,5 | БСП | У | 3 | 8,0 | 12 |

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

| № вар. | Количество взрываемого ВВ, кг | Число взрывов в год, ед. | Коэффициент разрыхления взорванной массы, K_p | Тип экскаватора | Число работающих машин, ед. |
|--------|-------------------------------|--------------------------|---|-----------------|-----------------------------|
| 1 | 80000 | 40 | 1,35 | ЭКГ-5А | 3 |
| 2 | 120000 | 50 | 1,45 | ЭКГ-8И | 3 |
| 3 | 100000 | 48 | 1,25 | ЭКГ-10 | 2 |
| 4 | 150000 | 60 | 1,34 | ЭКГ-5А | 2 |
| 5 | 250000 | 45 | 1,28 | ЭКГ-8И | 3 |
| 6 | 130000 | 40 | 1,32 | ЭКГ-20 | 2 |
| 7 | 300000 | 70 | 1,48 | ЭКГ-10 | 6 |
| 8 | 400000 | 46 | 1,25 | ЭКГ-5А | 5 |
| 9 | 140000 | 30 | 1,28 | ЭКГ-15 | 4 |
| 10 | 120000 | 45 | 1,25 | ЭКГ-8И | 2 |
| 11 | 100000 | 40 | 1,34 | ЭКГ-20 | 6 |
| 12 | 150000 | 70 | 1,28 | ЭКГ-10 | 5 |
| 13 | 250000 | 46 | 1,32 | ЭКГ-5А | 4 |
| 14 | 130000 | 30 | 1,48 | ЭКГ-15 | 2 |
| 15 | 300000 | 40 | 1,34 | ЭКГ-5А | 6 |

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

| № вар. | Марка автосамосвала | Число работающих машин, ед. | Протяженность стационарных дорог, км | Протяженность временных дорог, км | Число рейсов автомобиля в сутки, ед. | Средняя длительность движения груженого автосамосвала за рейс, ч |
|--------|---------------------|-----------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|--|
| 1 | БелАЗ-7548(42т) | 20 | 3,0 | 4,0 | 26 | 0,21 |
| 2 | БелАЗ-7549(80т) | 24 | 4,5 | 3,4 | 18 | 0,31 |
| 3 | БелАЗ-7549(80т) | 18 | 4,3 | 3,6 | 18 | 0,31 |
| 4 | БелАЗ-7548(42т) | 20 | 2,1 | 4,2 | 24 | 0,23 |
| 5 | БелАЗ-7549(80т) | 24 | 3,5 | 5,5 | 22 | 0,25 |
| 6 | БелАЗ-75215(180т) | 16 | 5,5 | 3,6 | 16 | 0,35 |
| 7 | БелАЗ-7549(80т) | 24 | 2,7 | 3,8 | 21 | 0,26 |
| 8 | БелАЗ-7548(42т) | 40 | 2,5 | 3,2 | 25 | 0,22 |
| 9 | БелАЗ-7512(120т) | 22 | 4,3 | 3,4 | 12 | 0,46 |
| 10 | БелАЗ-7548(42т) | 25 | 2,1 | 3,6 | 16 | 0,35 |
| 11 | БелАЗ-7549(80т) | 16 | 3,5 | 4,2 | 22 | 0,25 |
| 12 | БелАЗ-75215(180т) | 24 | 5,5 | 5,5 | 16 | 0,35 |
| 13 | БелАЗ-7549(80т) | 40 | 2,7 | 3,6 | 21 | 0,26 |
| 14 | БелАЗ-7548(42т) | 22 | 2,5 | 3,8 | 25 | 0,22 |
| 15 | БелАЗ-7512(120т) | 18 | 3,0 | 3,6 | 12 | 0,30 |

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

| № вар. | Объем породы, млн.т/год | Площадь свежееотсыпанного отвала, тыс.м ² | Объем породы, т/ч | Площадь дефлирующей поверхности, тыс.м ² |
|--------|-------------------------|--|-------------------|---|
| 1 | 10,0 | 22 | 1300 | 88 |
| 2 | 8,5 | 18 | 1100 | 72 |
| 3 | 14,5 | 35 | 1800 | 140 |
| 4 | 23,0 | 50 | 3200 | 200 |
| 5 | 18,0 | 43 | 2450 | 172 |
| 6 | 13,0 | 33 | 1750 | 132 |
| 7 | 15,4 | 40 | 2200 | 160 |
| 8 | 8,5 | 16 | 1150 | 65 |
| 9 | 8,0 | 15 | 1000 | 60 |
| 10 | 23,0 | 18 | 1300 | 62 |
| 11 | 18,0 | 25 | 1700 | 70 |
| 12 | 13,0 | 17 | 1250 | 65 |
| 13 | 15,4 | 30 | 2500 | 180 |
| 14 | 8,5 | 26 | 2300 | 150 |
| 15 | 10,5 | 40 | 3000 | 200 |

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

| № вар. | Q _{ст} , м ³ /с | Q _с , м ³ /с | H _{ср} , м | V _{ср} , м/с | Условия выпуска | С _{ст} , мг/л взвешенные вещества | С _ф , мг/л взвешенные вещества | С _ф , мг/л кислорода | Категория водопользования | T _{ст} , °С | T _в , °С | O _в , мг/л | L _в , мг/л | L _{ст} , погр, мг/л |
|--------|-------------------------------------|------------------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------|--|---|---------------------------------|---------------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------|
| | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0,2 | 8 | 1,1 | 0,5 | Б | 50 | 4 | 0,4 | PX | 50 | 18 | 5,0 | 0,2 | 150 |
| 2 | 0,3 | 10 | 1,1 | 0,5 | Б | 60 | 4 | 0,4 | PX | 50 | 19 | 5,0 | 1,4 | 160 |
| 3 | 0,4 | 11 | 1,2 | 0,6 | Б | 70 | 4 | 0,4 | PX | 50 | 20 | 5,5 | 0,8 | 170 |
| 4 | 0,5 | 12 | 1,2 | 0,6 | Б | 80 | 4 | 0,4 | PX | 55 | 21 | 5,5 | 0,4 | 180 |
| 5 | 0,6 | 14 | 1,3 | 0,7 | Б | 90 | 6 | 0,6 | PX | 55 | 22 | 6,0 | 1,5 | 190 |
| 6 | 1,0 | 20 | 1,5 | 0,9 | Б | 130 | 8 | 0,8 | X-II | 60 | 21 | 7,0 | 2,2 | 230 |
| 7 | 1,1 | 22 | 1,5 | 0,9 | Б | 140 | 8 | 0,8 | X-II | 65 | 22 | 7,0 | 2,2 | 240 |
| 8 | 1,4 | 30 | 1,7 | 1,2 | Р | 170 | 10 | 0,1 | X-II | 70 | 20 | 5,5 | 1,4 | 270 |
| 9 | 1,5 | 31 | 1,7 | 1,2 | Р | 180 | 10 | 0,1 | X-II | 70 | 21 | 5,5 | 1,4 | 280 |
| 10 | 1,6 | 33 | 1,8 | 1,3 | Р | 190 | 10 | 0,1 | X-II | 70 | 22 | 6,0 | 1,6 | 290 |
| 11 | 1,8 | 37 | 1,9 | 1,4 | Р | 210 | 12 | 0,12 | К-Б | 75 | 19 | 6,5 | 1,8 | 310 |

Окончание приложения 5

| № вар. | qст м3/ с | Q, м3/с | Нср, м | vср м/с | Услов ия выпус ка | Сст, мг/л взвешенн ые вещества | Сф, мг/л взвешенные вещества | Сф, мг/л кислоро д | Категор ия водопол ьзования | Тст , °С | ТВ, °С | ОВ, мг/л | ЛВ, мг/л | Лст поли , мг/л |
|--------|-----------------|------------|-----------|------------|----------------------------|---|------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|-------------|-----------|-------------|-------------|--------------------------|
| 12 | 1,9 | 40 | 1,9 | 1,5 | Р | 220 | 12 | 0,12 | К-Б | 75 | 20 | 6,5 | 1,8 | 320 |
| 13 | 2,0 | 43 | 2,0 | 1,5 | Р | 230 | 12 | 0,12 | К-Б | 80 | 21 | 7,0 | 2,0 | 330 |
| 14 | 2,1 | 45 | 2,0 | 1,6 | Р | 240 | 12 | 0,12 | К-Б | 80 | 22 | 7,0 | 2,0 | 340 |
| 15 | 2,2 | 47 | 2,1 | 1,7 | Р | 250 | 14 | 0,14 | К-Б | 80 | 18 | 5,0 | 1,7 | 350 |

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| Введение..... | 3 |
| Практическая работа № 1. Расчет выбросов загрязняющих веществ от автомобильного транспорта в условиях городской среды..... | 4 |
| Практическая работа № 2. Расчет рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе от одиночного точечного источника | 16 |
| Практическая работа № 3. Расчет выбросов вредных веществ в атмосферу при ведении открытых горных работ | 22 |
| Практическая работа № 4. Расчет кратности разбавления сточных вод и условий их сброса в водоток..... | 38 |
| Практическая работа № 5. Построение инженерно-экологической карты | 54 |
| Библиографический список..... | 70 |