

# **ЭКОЛОГИЯ**

*Методические указания к самостоятельной работе  
для студентов бакалавриата направлений  
15.03.01, 21.03.01, 22.03.01 и специальности 21.05.03*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2019**

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

Кафедра геоэкологии

## ЭКОЛОГИЯ

*Методические указания к самостоятельной работе  
для студентов бакалавриата направлений  
15.03.01, 21.03.01, 22.03.01 и специальности 21.05.03*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
2019

УДК 628.395 (073)

**ЭКОЛОГИЯ:** Методические указания к самостоятельной работе / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *В.С. Кузнецов, А.В. Стриженко, Д.С. Корельский*. СПб, 2019. 64 с.

Самостоятельная работа по дисциплине «Экология» направлена на формирование и совершенствование навыков применения знаний, полученных на лекциях, лабораторных и практических работах для самостоятельного решения практических задач на производстве.

Главным содержанием этого вида деятельности является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности. Предложен взаимосвязанный комплекс заданий по оценке воздействия промышленных производственных объектов различного направления деятельности на компоненты природной среды, экологического состояния атмосферы, гидросферы, почвы в зоне действия этих производственных объектов.

Методические указания составлены в соответствии с программой курса «Экология» и предназначены для студентов очной формы обучения направлений подготовки 15.03.01 «Машиностроение», 21.03.01 «Нефтегазовое дело», 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» и специальности 21.05.03 «Технология геологической разведки».

Научный редактор проф. *М.А. Пашкевич*

Рецензент канд. техн. наук *Н.И. Горошкова* (Государственный гидрологический институт)

© Санкт-Петербургский  
горный университет, 2019

## **ВВЕДЕНИЕ**

Добыча полезных ископаемых является процессом активного воздействия на окружающую среду, сопровождающегося весьма существенными изменениями в земных недрах, наземной поверхности, в окружающем воздушном и водном бассейнах.

Данные методические указания содержат ряд основных схем, используемых при оценке состояния окружающей среды. Для закрепления теоретических навыков приводится комплекс задач, предназначенных для индивидуальной работы студентов, выполнение которых требует предварительного изучения соответствующего теоретического материала.

В пояснительной записке отражаются следующие разделы:

- Цель работы;
- Теоретические основы выполнения работы;
- Исходные данные;
- Основные расчетные формулы;
- Выводы по работе.

## **Тема 1. РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ ПРИ ВЕДЕНИИ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ**

### **РАБОТА 1. Расчет валовых выбросов вредных веществ при буровых работах**

**Цель работы:** определение значений валового и максимально разового выбросов пыли при проведении буровых работ.

Буровые работы оказывают негативное влияние на окружающую среду главным образом за счёт запыления атмосферного воздуха. 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 образовавшейся мелкодисперсной пыли достигает сотен 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 пылеподавляющих и пылеулавливающих устройств при бурении скважин Ø 320 мм, при сетке скважин 8x8м; объём запыленного воздушного пространства приходящийся на каждый кубический метр подготовленной к взрыву породы составит  $8000 \div 10000 \text{ м}^3$  (при этом концентрация пыли в воздухе составляет  $50 \text{ мг/м}^3$ ).

Применяемые в настоящее время на буровых станках системы сухого пылеулавливания обладают весьма существенным недостатком: уловленная и аккумулированная в специальных ёмкостях пыль периодически сбрасывается на поверхность блока. В последующем пыль может быть поднята в атмосферу сильным ветром или взрывными работами.

Другой распространенный способ бурения - с помощью режущих долот, применяется для бурения, главным образом, мягких пород и угля. Разрушение здесь протекает при относительно небольших нагрузках и происходит за счёт скалывающих и сминающих воздействий на породу. При этом доля мелкодисперсных час-

тиц в 2,5-3,0 раза меньше, чем при шарошечном способе бурения. Такой способ бурения не приводит к столь значительному выбросу пыли, как шарошечный, поэтому шнековые станки не оснащают пылеулавливающими устройствами.

**Расчётная часть:** Масса пыли, выделяющейся при бурении скважин, определяется по формуле:

$$m_{\text{пб}} = \sum_{i=1}^n Q_{\text{оп}} \cdot q_i \cdot T_i \cdot K_2 \cdot 10^{-3}, \text{ т/год} \quad (1.1)$$

где:  $Q_{\text{оп}}$  - объёмная производительность  $i$ -го бурового станка по выбуриванию породы из скважины м<sup>3</sup>/ч;  $q_i$  - удельное пылевыведение с 1 метра выбуренной породы  $i$ -м станком, кг/м<sup>3</sup> (табл. 1.1);  $T_i$  - чистое время работы бурового станка в год ч/год;  $n$  - общее число работающих станков в разрезе;  $K_2$  - коэффициент, учитывающий влажность материала.

Влажность материала, %	До 0,5	0,6-3	3,1-7	7,1-8	8,1-9	9,1-10	>10
Коэффициент $K_2$	2,0	1,4	1,1	0,7	0,3	0,2	0,1

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

$$Q_{\text{оп}} = Q_{\text{лп}} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 0.785 \cdot Q_{\text{лп}} \cdot d^2, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (1.2)$$

где:  $Q_{\text{лп}}$  - техническая производительность станка, м/ч (табл. 1.2);  $d$  - диаметр скважины, м.

Таблица 1.1

## 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,	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

Таблица 1.2

Показатели бурения станками СБШ и СБР в породах различной крепости

Станок	Коэффициент крепости пород				
	6-8	8-12	12-14	14-16	>16
СБШ-200	9,7/78,9	8,2/75,2	5,1/41,7	-	3,4/26,0
СБШ-250	9,2/73,6	7,5/71,7	5,4/45,0	4,8/39,0	4,2/33,0
СБШ-320	-	-	13,4/82,0	8,1/54,8	5,4/49,2
СБР-160	11,1/96,1	-	-	-	-

Примечание. В числителе – скорость бурения; в знаменателе – производительность станка (м/см)

Сменная производительность бурового оборудования указана для 8-ми часовой рабочей смены.

Для группы однотипных станков, работающих в одинаковых условиях эксплуатации

$$m_{\text{пб}} = Q_{\text{оп}} \cdot q_i \cdot T_i \cdot K_2 \cdot n \cdot 10^{-3}, \text{ т/год} \quad (1.3)$$

где:  $n$  - общее количество однотипных станков.

Максимальный разовый выброс веществ при бурении скважин

$$m_{\text{пб}} = \frac{Q_{\text{оп}} \cdot q_i}{3.6}, \text{ г/с} \quad (1.4)$$

Исходные данные для выполнения работы представлены в приложении 1.

## РАБОТА 2. Расчет валовых выбросов вредных веществ при взрывных работах

**Цель работы:** определение значений валового и максимально разового выбросов вредных веществ при взрывных работах.

Массовый взрыв на разрезе (карьере) является мощным периодическим источником выброса в атмосферу большого количества пыли и газов. В настоящее время заряд массового взрыва достигает 800-1200 т, а количество взорванной горной массы за один взрыв достигает 6 млн.т. По данным замеров установлено, что удельное количество пыли изменяется в диапазоне 30-160 г/м<sup>3</sup>, в за-



висимости от рецептуры ВВ и свойств взрывааемых пород. Установлено также, что с увеличением крепости пород удельное количество пыли на единицу объёма горной массы возрастает, а так как с ростом глубины разработки увеличивается крепость разрабатываемых пород, то, следовательно, будет расти и запыленность.

Твердые примеси выделяются в атмосферу в виде пылегазового облака. Часть вредных газов (около одной трети) остается во взорванной горной массе и затем выделяется в атмосферу, загрязняя район взорванного блока и прилегающие к нему участки. Выделившаяся пыль, выпадая из пылегазового облака, оседает на уступах, на площадях около разреза (карьера) и в близлежащих поселках, являясь в дальнейшем источником пылевыведения, а также при атмосферных осадках образует так называемые дождевые сточные воды. Растворение взрывчатых веществ, применяемых при взрывных работах на разрезах, приводит к увеличению концентрации  $\text{NO}_x$  в производственных водах.

**Расчётная часть:** Масса вредных газов (оксид углерода, оксиды азота), выбрасываемых с пылегазовым облаком (ПГО):

$$m_{Г_1} = \sum_{i=1}^n q_{уд_i} \cdot K \cdot A \cdot 10^{-6}, \text{ т} \quad (1.5)$$

где:  $K$  - коэффициент, зависящий от определяемого вредного газа (для  $\text{CO}$ :  $K=1,25$  г/л, для  $\text{NO}$ :  $K=1,4$  г/л);  $q_{уд_i}$  - удельное содержание вредных газов в ПГО при взрыве 1 кг взрывчатых веществ (ВВ) (табл. 1.3);  $A$  - количество взрывааемого ВВ, кг.

Масса вредных газов, оставшихся во взорванной горной массе (ГМ) и постепенно выделяющаяся в атмосферу

$$m_{Г_2} = \sum_{i=1}^n C_{ГМ_i} \cdot Q_{ГМ} \cdot (K_p - 1) \cdot 10^{-9}, \text{ т} \quad (1.6)$$

где:  $C_{ГМ_i}$  - концентрация вредного газа во взорванной горной массе, мг/м<sup>3</sup>;  $Q_{ГМ}$  - объём взорванной горной массы, м<sup>3</sup>.

$$C_{ГМ_i} = \frac{q_{ГМ_i} \cdot K \cdot A \cdot 10^3}{Q_{ГМ} \cdot (K_p - 1)}, \text{ мг/м}^3 \quad (1.7)$$

где:  $q_{ГМ_i}$  - удельное содержание вредных газов в отбитой горной массе (ГМ) в зависимости от крепости пород и рецептуры ВВ, л/кг (табл. 1.3);  $K_p$  - коэффициент разрыхления горной массы (отношение породы в разрыхленном виде к её объему в массиве).

Продолжительность выделения в атмосферу вредных веществ до уровня ПДК оценивается в конкретных условиях эксплуатации.

Расчёт общей массы вредных веществ, выделившихся при взрыве (по условному СО)

$$M_{Г} = m_{Г_{1CO}} + m_{Г_{2CO}} + (m_{Г_{1NOX}} + m_{Г_{2NOX}}) \cdot 6,5, \text{ т} \quad (1.8)$$

где 6,5 - переводной коэффициент к СО.

Масса твердых частиц (пыли), выбрасываемых с ПГО

$$m_{п} = q_{п} \cdot K_2 \cdot Q_{ГМ} \cdot 10^{-3}, \text{ т} \quad (1.9)$$

где:  $q_{п}$  - удельное пылевыведение из  $1\text{ м}^3$  горной массы в зависимости от крепости пород и рецептуры ВВ: для эмульсионных ВВ при  $f=5-6$   $q_{п}=0,02$  кг/м<sup>3</sup>; для ВВ, не содержащих воды:

Крепость пород ( $f$ )	2-4	4,6	8-10	12-14
Удельное пылевыведение ( $q_{п}$ , кг/м <sup>3</sup> )	0,03	0,04	0,06-0,08	0,09-0,1

Суммарная масса вредных веществ, выделившихся при одном взрыве

$$M_{\Sigma} = m_{Г_1} + m_{Г_2} + m_{п} \quad (1.10)$$

Для определения массы вредных веществ, выделившихся при взрывах в течение одного года  $M_{\Sigma}$  следует умножить на количество взрывов за этот период.

Таблица 1.3

Содержание вредных веществ в пылегазовом облаке (ПГО) и взорванной горной массе (ГМ) при различных коэффициентах крепости пород, л/кг

Взрывчатые вещества	Коэфф. крепости	Вредные вещества			
		ПГО ( $q_{вд}$ )		ГМ ( $q_{гм}$ )	
		СО	NO <sub>x</sub>	СО	NO <sub>x</sub>
Граммонит 79/21	14-16	11,0	1,8	4,5	0,74
	13-15	9,4	2,4	3,6	0,93
	12-13	8,7	2,4	3,5	1,08
	10-12	7,0	4,8	3,2	2,20
	9-10	6,1	5,0	3,3	2,70
	6-8	5,8	5,7	2,5	2,50
	2-5	5,3	6,9	2,3	2,90
Граммонит 50/50	13-15	23,6	2,0	9,6	0,82
	12-13	21,3	2,3	9,5	1,04
Гранулотол	16-18	52,0	1,5	18,2	0,52
	14-16	47,2	2,1	18,2	0,81
	13-15	41,0	1,8	16,8	0,74
	12-14	36,0	2,2	16,2	0,99
Игданит	8-10	9,0	4,5	3,8	1,3
Гранулит С-6М	5-7	7,6	5,0	2,3	2,2
Гранулит УП	2-4	6,0	6,7	1,8	2,6
Эмульсионные ВВ		3,3	0,8	1,4	0,4

Исходные данные для выполнения работы представлены в приложении 2.

### **РАБОТА 3. Расчет валовых выбросов вредных веществ при погрузочно-разгрузочных работах**

**Цель работы:** определение значений валового и максимально разового выбросов пыли при проведении погрузочно-разгрузочных работ.

Погрузочно-разгрузочные работы в карьере сопровождаются значительным пылевыведением. Максимальное количество пыли выделяется при работе экскаваторов, несколько меньшее - при работе бульдозеров. Концентрация пыли при выемочно-погрузочных ра-

ботах, также как и при буровзрывных, зависит от крепости и естественной влажности горных пород.

Результаты замеров концентрации пыли в кабине машиниста и в забое на рудных карьерах показали, что часто она одинакова зимой и летом, или выше в период отрицательных температур. Это связано как с отсутствием средств гидрообеспыливания, так и за счёт большей ветровой активности в зимний период. На увеличение запыленности зимой влияет также частое осыпание смерзшихся кусков породы с верхней части 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 почти в таких же соотношениях, как и изменение объёма одновременно разрушаемой породы.

Одноковшовые экскаваторы являются основным оборудованием на добычных, вскрышных и отвальных работах. С помощью одноковшовых экскаваторов осуществляются: погрузка вскрышных пород и полезного ископаемого в забое, переэкскавация навалов породы, проведение траншей, нарезка новых горизонтов, погрузка угля и породы, укладка пород во внутренние и внешние отвалы и т.д. Все перечисленные процессы сопровождаются значительным выделением пыли.

**Расчетная часть:** Масса пыли, выделяющейся при работе одноковшовых экскаваторов, определяется по формуле

$$m_{\text{э}_1} = q_{\text{уд}} \left( \frac{3,6 \cdot E \cdot K_{\text{э}}}{t_{\text{ц}}} \right) \cdot T_{\text{г}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot 10^{-3}, \text{ т/год} \quad (1.11)$$

где:  $q_{\text{уд}}$  - удельное пылевыведение из  $1\text{ м}^3$  загружаемого (перегружаемого) материала,  $\text{г/м}^3$  (табл. 1.4);  $E$  - вместимость ковша экскаватора,  $\text{м}^3$ ;  $T_{\text{г}}$  - чистое время работы экскаватора в год, ч.;  $K_{\text{э}}$  - коэффициент экскавации (табл. 1.5);  $t_{\text{ц}}$  - время цикла работы экскаватора, с.

Таблица 1.4

Удельное пылевыведение экскаваторов при работе в забое и на отвале

Наименование оборудования	Удельное пылевыведение (г/м <sup>3</sup> ) 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

Максимальный разовый выброс вредных веществ при погрузочных работах одноковшовым экскаватором:

$$m_{э_1} = \frac{q_{уд} \cdot E \cdot K_э \cdot K_1 \cdot K_2}{t_{ц}}, \text{ г/с} \quad (1.12)$$

Таблица 1.5

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

Категория пород по трудности экскавации	Плотность породы в массиве, т/м <sup>3</sup>	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

Исходные данные для выполнения работы представлены в приложении 2.

#### РАБОТА 4. Расчёт валовых выбросов вредных веществ при транспортировании горной массы

**Цель работы:** определение значений валового и максимально разового выбросов вредных веществ при транспортировании горной массы.

Негативное воздействие на окружающую среду существующих, видов транспорта проявляется в виде отчуждения территорий при сооружении транспортных коммуникаций, загрязнения воды подвижным составом и обслуживающим хозяйством, загрязнения атмосферы пылью в результате сдувания её с поверхности транспортируемого материала. Автомобильный транспорт, помимо этого, загрязняет атмосферу при движении в результате взаимодействия автомобильных, колес с поверхностью дороги. Интенсивность пылеобразования зависит от скорости движения, грузоподъемности автомашин, а также от состояния дороги и материала верхнего её покрытия. Запылённость воздуха в зоне автодороги может достигать десятков и сотен миллиграмм на  $1 \text{ м}^3$ .

При работе автомобильного и железнодорожного (тепловозы) транспорта загрязнение атмосферы карьера происходит также за счёт выброса вредных веществ при сжигании топлива в двигателях внутреннего сгорания. При этом в атмосферу с отработавшими газами поступают аэрозольные и газообразные компоненты. Наиболее опасными из газообразных выбросов дизельных двигателей являются нормируемые вредные вещества: оксиды азота  $\text{NO}_x$  - сумма  $\text{NO}$  и  $\text{NO}_2$  в пересчёте на  $\text{NO}_2$ ; оксид углерода (II) -  $\text{CO}$ ; углеводороды  $\text{C}_n\text{H}_m$  - пары несгоревшего топлива и смазочного масла в пересчёте на  $\text{C}_n\text{H}_4$ ; частицы – твёрдый фильтрат (углерод)  $\text{C}$  и аэрозоли несгоревшего топлива и смазочного масла. К ненормируемым вредным веществам относятся: оксиды серы  $\text{SO}_x$  - сумма  $\text{SO}_2$  и  $\text{SO}_3$  в перерасчёте на  $\text{SO}_2$ .

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

$$m_{\text{ат}} = \sum_{i=1}^n m_{\text{ат},i}, \text{ т/год} \quad (1.13)$$

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

$$m_{ат_i} = m_{i_k} \cdot n_{год} \cdot N_{ар} \cdot k_t \cdot k_1 \cdot 10^{-3}, \text{ т/год} \quad (1.14)$$

где:  $m_{i_k}$  - масса  $i$ -го вредного вещества выделяемого при работе в различных режимах, кг/сут;  $n_{год}$  - число дней работы предприятия в году;  $k$  – режим работы двигателя;  $N_{ар}$  - 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:

$$m_{i_k} = \sum_{i=1}^3 q_{i_k} \cdot t_k, \text{ кг/сут} \quad (1.15)$$

где:  $q_{i_k}$  - удельный выброс  $i$ -го вредного вещества при работе двигателя в  $k$ -м режиме (табл. 1.7);  $t_k$  - время работы двигателя в  $k$ -м режиме в течение рейса (табл. 1.6).

Таблица 1.6

Процентное распределение времени работы двигателей при различных нагрузочных режимах

Вид транспорта	Режим работы двигателя, %		
	Холостой ход	50% 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 подъём, движение с грузом

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

$$m_{\text{атр}} = \frac{m_{i_k} \cdot N_{\text{ар}}}{24 \cdot 3,6}, \text{ г/с} \quad (1.16)$$

Таблица 1.7

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% мощности	Максимальная мощность
БелАЗ-7540 (30т)	CO	0,160	0,219	0,519
	NO <sub>x</sub>	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 <sub>x</sub>	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 <sub>x</sub>	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 <sub>x</sub>	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 <sub>x</sub>	0,642	4,706	8,605
	CH	0,214	0,427	0,804
	C	0,069	0,139	0,255



Масса годового образования пыли на автодорогах при движении автомобилей

$$m_{п} = 2 \cdot (q_{ср.в} K_5 L_в + q_{ср.с} K_5 L_с) \cdot n_{рс} \cdot (365 - T_с) \cdot N_{ар} 10^{-3}, \text{ т/год} \quad (1.17)$$

где:  $K_5$  - коэффициент, учитывающий среднюю скорость автосамосвалов в карьере;  $q_{ср.в}$ ,  $q_{ср.с}$  - удельное выделение пыли при прохождении одним автомобилем 1 км соответственно временной и стационарной дороги (табл. 1.8), кг/км;  $L_в$ ,  $L_с$  - длина временных и стационарных дорог, км;  $n_{рс}$  - число рейсов автосамосвала в сутки;  $T_с$  - годовое количество дней с устойчивым снежным покровом;  $N_{ар}$  - число работающих автосамосвалов.

Средняя скорость движения автосамосвала, км/ч	5	10	20	30
Коэффициент $K_5$	0,6	1,0	2,0	3,5

Масса вредных веществ, сдуваемых с поверхности материала, транспортируемого автотранспортом

$$m_{тм} = 3,6 \cdot q_{тм} \cdot S_a \cdot N_{ар} \cdot n_{рг} \cdot t_{двг} \cdot K_2 \cdot K_6 \cdot 10^{-3}, \text{ т/год} \quad (1.18)$$

где:  $q_{тм} = 0,003 \text{ г/м}^2 \cdot \text{с}$  - удельная сдуваемость твёрдых частиц с  $1 \text{ м}^2$  поверхности горной массы;  $S_a$  - площадь поверхности транспортируемого материала в кузове автосамосвала,  $\text{м}^2$ . Она составляет для автомобилей: БелАЗ-7540 -  $14 \text{ м}^2$ ; БелАЗ-7548 -  $17 \text{ м}^2$ ; БелАЗ-7549 -  $31 \text{ м}^2$ ; БелАЗ-7512 -  $42 \text{ м}^2$ ; БелАЗ-75215 -  $52 \text{ м}^2$ ;  $N_{ар}$  - 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, учитывающий влажность транспортируемого материала;  $K_6$  - 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 1.8

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

Условия транспор- тирования		Тип покрытия			
		Щебёноч- ное	Грунто- щебёночное	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
	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.

### **РАБОТА 5. Расчёт валовых выбросов вредных веществ при отвалообразовании**

**Цель работы:** определение значений валового и максимально разового выбросов пыли при отвалообразовании.

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

образования, точечными, линейными и плоскостными источниками. 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 преобразованию, зависящему от вида материала, гранулометрического состава, метеорологических условий.

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

$$m_o = m_{в.у.} + m_{с.отс.} \cdot S_{с.отс.} + m_d \cdot S_d, \text{ т/год} \quad (1.19)$$

где:  $m_{в.у.}$  - масса пыли, выделяющейся в зоне выгрузки и укладки пород, т/год;  $m_{с.отс.}$  - масса пыли, сдуваемая с  $1\text{ м}^2$  свежееотсыпанного отвала за год, т/год;  $S_{с.отс.}$  - площадь свежееотсыпанного отвала, равная площади, отсыпанной за год,  $\text{м}^2$ ;  $m_d$  - масса пыли, сдуваемая с  $1\text{ м}^2$  дефлирующих поверхностей отвала, т/год;  $S_d$  - площадь дефлирующих поверхностей отвала,  $\text{м}^2$ .

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:

$$m_{в.у.} = \left( q_{уд.} + \frac{q_{уд.ск.}}{\gamma} \right) \cdot Q \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot 10^{-6}, \text{ т/год} \quad (1.20)$$

где:  $q_{уд.}$ ,  $q_{уд.ск.}$  - удельное выделение пыли, соответственно выгружаемой из транспортного средства (0,32 г/т) и складываемой в отвал (табл.1.4.);  $Q$  - объём породы, транспортируемой на отвал, т/год.

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

$$m_{\text{в.у.}} = \left( q_{\text{уд.}} + \frac{q_{\text{уд.ск.}}}{\gamma} \right) \cdot Q_{\text{ч}} \cdot K_1 \cdot K_2 / 3600, \text{ т/год} \quad (1.21)$$

где:  $Q_{\text{ч}}$  - объём породы, подаваемой в отвал за 1 час, т/ч.

Масса пыли, сдуваемой с  $1\text{ м}^2$  свежееотсыпанного отвала:

$$m_{\text{с.отс.}} = 86,4 \cdot q_0 \cdot (365 - T_c) \cdot K_2 \cdot 10^{-6}, \text{ т/год} \quad (1.22)$$

где:  $q_0$  - удельная сдуваемость пыли с пылящей поверхности отвала (табл.1.9.),  $\text{мг/м}^2 \cdot \text{с}$ ;  $T_c$  - годовое количество дней с устойчивым снежным покровом.

Таблица 1.9

Удельная сдуваемость пыли с поверхностей отвала

Приземная скорость ветра, м/с	Удельная сдуваемость пыли, $\text{мг/м}^2 \cdot \text{с}$ 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

Масса пыли, сдуваемой с  $1\text{ м}^2$  дефлирующих поверхностей отвала:

$$m_{\text{д}} = 86,4 \cdot q_0 \cdot (365 - T_c) \cdot K_2 \cdot K_7 \cdot 10^{-6}, \text{ т/год} \quad (1.23)$$

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

Исходные данные для выполнения работы представлены в приложении 4.

## РАБОТА 6. Расчет диаметра и высоты трубы факельной установки

Отрицательное воздействие факелов распространяется на территорию, в 3 - 4 раза превышающую площадь земельного отвода. Это обусловлено потреблением кислорода, тепло-

вым излучением, загрязнением атмосферы, растительности и почвы продуктами неполного сгорания углеводородов, окислами углерода, азота и серы, а также другими вредными для природы веществами. На площади влияния уничтожается древесной, замазываются и спекаются почвы. Ежегодно предприятия нефтяной отрасли сжигают на факелах около 6 млрд. м<sup>3</sup> попутных газов.

По месту расположения факельной горелки факельные установки разделяют на высотные и наземные. В высотных факельных установках факельная горелка расположена в верхней части факельной трубы; продукты сгорания поступают сразу в атмосферу. В наземных установках горелка расположена на небольшом расстоянии от земли, а продукты сгорания отводятся в атмосферу через дымовую трубу.

Особые меры безопасности требуется принимать при сжигании углеводородов в наземных факельных установках. В этом случае факельную горелку устанавливают в чашу высотой около 2 м и постоянно контролируют состав, содержащегося в ней газа, чтобы предотвратить вытекание углеводородов в окружающую среду.

Для исключения опасности воспламенения газов и паров, выделяющихся из предохранительных клапанов и технологических установок, а также вредного воздействия на персонал теплового излучения пламени, вокруг факельных установок предусматривают свободную зону. Обычно для наземных факельных установок требуется зона радиусом не менее 50 м, а для высотных – радиусом 30 - 40 м.

Высотные факельные установки можно разделить на средние (4 - 25 м) и высокие (более 25 м). В некоторых факельных установках высота факельной трубы составляет 80 - 120 м.

На объектах нефтяной и газовой промышленности применяют факельные установки:

- низкого давления – для обслуживания цехов и установок, работающих под давлением до 0,2 МПа;

- высокого давления – для обслуживания цехов и установок, работающих под давлением выше 0,2 МПа.

Факельные газы из систем низкого и высокого давления могут (по возможности) собираться в газгольдер для дальнейшего целевого использования (на химическом предприятии).

К факельным установкам предъявляются следующие требования:

- полнота сжигания, исключая образование альдегидов, кислот, дыма, сажи и других вредных промежуточных продуктов;

- устойчивость факела при изменении расхода и состава сбрасываемых газов;

- безопасное воспламенение, бесшумность и отсутствие яркого свечения.

На практике применяют различные системы факельных установок, однако наибольшей популярностью пользуются:

- система со сбросом газов в факельную трубу;

- система для газов высокого давления с отбором факельных газов на переработку или для сжигания в котельных установках.

Сбрасываемые газы перед попаданием в факельную трубу проходят сепаратор. Конденсат из сепаратора возвращают в производство или утилизируют другим способом или сливают в канализацию. Факельная труба оснащается дежурными и запальными горелками. Такую систему применяют, когда газы не утилизируются (или не подлежат утилизации) или когда давление на технологических установках не достаточно для подачи сбросного (факельного) газа в газгольдер.

В системах второго типа газы поступают в сепаратор, где отделяются от конденсата. Основная масса газа направля-

ется потребителю, а избыток сбрасывается в факельную трубу через регулирующий клапан.

Воздействие теплового облучения от факелов чрезвычайно опасно для людей, животных и всей окружающей среды. В радиусе 50 – 100 м от факела погибает растительность.

Безопасность эксплуатации факельных установок зависит от правильного выбора режимных параметров:

- диаметра ствола факела, который должен обеспечить стабильное пламя в условиях переменной по составу и расходу нагрузке;

- высоты ствола;

- расстояния вокруг ствола, на котором тепловое излучение будет безопасным.

Скорость движения газа в факельной трубе независимо от колебаний нагрузки всегда должна быть больше скорости распространения пламени, но меньше некоторой предельной величины, при которой возможен отрыв пламени. Экспериментальные данные о скоростях отрыва пламени для факельных труб отсутствуют. На практике принимают, что пламя будет устойчивым при скорости газа на выходе из трубы, не превышающей 20 - 30% скорости звука в этом же газе.

Расход сбрасываемого газа определяется по следующей формуле:

$$G = 3600 \cdot \rho \cdot U \cdot S, \quad (1.24)$$

где  $G$  - расход газа, кг/ч;

$\rho$  - плотность газа, кг/м<sup>3</sup>;

$U$  - скорость газа на выходе из факельной трубы (скорость истечения газа), м/с;

$S$  - площадь поперечного сечения трубы, м<sup>2</sup>.

Плотность газа рассчитывается по формуле:

$$\rho = \frac{P \cdot M}{R \cdot T}, \quad (1.25)$$

где  $M$  - молекулярная масса газа, г/кмоль;

$P$  - абсолютное давление, Па;

$T$  - температура, К;

$R$  - универсальная газовая постоянная (принимается равной  $8314,8 \text{ Па} \cdot \text{м}^3 / (\text{кмоль} \cdot \text{К})$ ).

По условиям практической работы допускаем, что производится расчет факельной установки высокого давления, поэтому абсолютное давление ( $P$ ) принимаем равным  $5 \cdot 10^5 \text{ Па}$ .

Скорость звука в идеальном газе определяется по формуле:

$$U_3 = 91,5 \sqrt{k \cdot T / M}, \quad (1.26)$$

где  $k$  – это показатель адиабаты, который рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{C_p}{C_v} \quad (1.27)$$

Тогда скорость газа на выходе из факельной трубы принимается равной 20% от  $U_3$ :

$$U = 0.2 \cdot U_3 = 18.3 \sqrt{k \cdot T / M} \quad (1.28)$$

Площадь поперечного сечения факельной трубы рассчитывается по формуле:

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 0.785 \cdot d^2, \quad (1.29)$$

где  $d$  – диаметр факельной трубы.

Подставив значения, полученные по формулам 1.25, 1.26, 1.27, 1.28 в формулу 1.24 и, выразив  $d$ , получим следующее уравнение:

$$d = 0.4 \cdot \left( \frac{T}{k \cdot M} \right)^{0.25} \cdot \left( \frac{G}{P} \right)^{0.5} \quad (1.30)$$

Если задан объемный расход газа  $V$  ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ), то:



$$d = 0.4 \cdot 10^{-3} (V)^{0.5} \cdot \left( \frac{M}{kT} \right)^{0.25} \quad (1.31)$$

Если сжигаются газы, не выделяющие дыма, то расчетный диаметр может уменьшиться на 15%.

Длина факела рассчитывается по формуле:

$$L = 118 \cdot d \quad (1.32)$$

Интенсивность теплоизлучения пламени определяется уравнением:

$$q = \frac{\psi \cdot Q}{4 \cdot \pi \cdot l^2}, \quad (1.33)$$

где  $\psi$  - коэффициент светового излучения;

$Q$  - количество тепла, выделяемого пламенем, МДж/г;

$l$  - расстояние от центра пламени, при котором интенсивность теплоизлучения снижается до безопасной величины ( $q = 5$  МДж/(м<sup>2</sup>·ч)).

Коэффициент излучения  $\psi$  выражается эмпирическим уравнением:

$$\psi = 0,2 \cdot (Q_H \cdot 26.9 / 900)^{0.5}, \quad (1.34)$$

где  $Q_H$  - низшая теплота сгорания факельного газа, МДж/м<sup>3</sup>.

$$Q_H = \left( \frac{1}{26.9} \right) \cdot (50M + 100), \quad (1.35)$$

где  $M$  - молекулярная масса газа.

Для газовых смесей:

$$Q_H = \sum (N_i \cdot Q_i), \quad (1.36)$$

где  $N_i$  – мольная доля компонента в смеси;

$Q_i$  - низшая теплота сгорания компонента.

Количество тепла, выделяемого пламенем, исходя из скорости газа в факельной установке и площади сечения трубы факельной установки, определяется по следующей формуле:

$$Q = S \cdot U \cdot Q_H \quad (1.37)$$

Максимальная интенсивность теплоизлучения рассчитывается по формуле:

$$q_M = \frac{\psi \cdot Q}{4\pi \cdot l_1^2}, \quad (1.38)$$

где  $l_1$  – расстояние от центра пламени до основания факельной трубы, м.

$$l_1 = \sqrt{H \cdot (H + l)}, \quad (1.39)$$

где  $H$  – высота факельной трубы, м.

Выразив  $H$  из формулы 1.39 и подставив в неё значение, полученное в формуле 1.38, получаем следующее уравнение:

$$H = 0.5 \cdot \left\{ \left[ L^2 + \frac{\psi \cdot Q}{\pi \cdot q_M} \right]^{0.5} - L \right\} \quad (1.40)$$

Высота факельной трубы должна обеспечить безопасность радиационно-теплого воздействия на персонал. Максимальная величина  $q_M$ , которую может выдержать человек в течение некоторого времени, составляет 17 МДж/(м<sup>2</sup>·ч). Подставив эту величину в формулу 1.40, получаем:

$$H = 0.5 \cdot \left\{ \left[ L^2 + \frac{\psi \cdot Q}{\pi \cdot 17} \right]^{0.5} - L \right\} \quad (1.41)$$

Высоту факельной трубы рекомендуется принимать не менее  $35d$ .

Кроме этого, для полноты и обоснованности проведенного расчета необходимо рассчитать расстояние от основания факельной трубы до безопасной зоны, которую можно вычислить как длину катета  $l_2$  в прямоугольном треугольнике:

$$l_2 = \sqrt{l^2 - l_1^2} \quad \text{или} \quad (1.42)$$

$$l_2 = \sqrt{l^2 - H(H + L)} \quad (1.43)$$

Эта зависимость справедлива для случая, когда сброс газа производится в неподвижную атмосферу.

При ветре пламя будет отклонено под углом  $\alpha$  к оси трубы. Площадь у основания трубы, на которой интенсивность излучения будет выше допустимого предела, имеет форму эллипса. Поэтому расстояние от факельной трубы до безопасной зоны увеличивается. При таких условиях тангенс угла отклонения пламени к оси трубы будет определяться по следующей формуле:

$$\operatorname{tg} \alpha = U_{\text{в}} / U, \quad (1.44)$$

где  $U_{\text{в}}$  – скорость ветра, м/с;

$U$  – скорость сброса газов, м/с;

$\alpha$  – угол наклона пламени.

В таком случае расстояние от основания факельной трубы до безопасной зоны будет рассчитываться по следующей формуле:

$$l_2 = \left\{ l^2 - [H + (l_1 - H) \cdot \cos \alpha]^2 \right\}^{0.5} + (l_1 - H) \cdot \sin \alpha \quad (1.45)$$

По данным Деткова и др. в нашей стране не проводились экспериментальные исследования на промышленных факелах с целью определения интенсивности теплоизлучения, мощности тепловыделения, полноты сгорания газа (флюида), уровня шума, длины и отклонения пламени в зависимости от направления ветра и других параметров.

Обширный экспериментальный материал собран американскими исследователями: факельные трубы газо- и нефтеперерабатывающих заводов,  $d = 390$  мм,  $H = 22,9$  м, в частности, относительно шума при факельном сжигании газа.

Шум возникает при механических колебаниях в твердых, жидких и газообразных средах. Шум при сбросе газа через факельные трубы со скоростями, превышающими скорость звука в данном газе, обусловлен расширением газа при прохождении его через регулирующий клапан и при выходе из трубы. Шум при горении объясняется неравномерностью процес-

са горения. Неравномерность процесса горения проявляется в виде отдельных языков пламени.

Механические колебания в диапазоне частот 20 - 20000 Гц воспринимаются ухом человека как звук. После 6 - 7 ч. работы при интенсивности шума 80 - 90 дБ нарушаются функции вегетативной нервной системы и деятельность головного мозга.

Снизить уровень шума, возникающий при истечении газа из трубы, можно увеличением диаметра трубы или увеличением времени выпуска газа (снижение интенсивности выпуска газа). Однако при этом увеличиваются расходы на ее монтаж и ухудшаются условия горения. Кроме этого, для снижения уровня шума на сбросные трубы устанавливают глушители.

Исходные данные для выполнения практической работы представлены в приложении 5

## Тема 2. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

### РАБОТА 7. Разбавление сточных вод. Определение нормативов НДС загрязняющих веществ

**Цель работы:** определение величины предельно допустимого сброса, а также кратности разбавления загрязняющих веществ при сбросе сточных вод в водоток.

**Расчётная часть:** Основной механизм снижения концентрации загрязняющего вещества при сбросе сточных вод в водные объекты – разбавление. В практике расчётов используют понятие – кратность разбавления. Кратность разбавления в водотоке у расчётного створа выражается зависимостью:

$$n = \frac{\gamma Q + q}{q} \quad (2.1)$$

где:  $\gamma$  - коэффициент смешения, показывающий какая часть воды водотока участвует в разбавлении;  $q$  - максимальный расход сточных вод, м<sup>3</sup>/с;  $Q$  - расчётный минимальный расход воды водотока в контрольном створе, м<sup>3</sup>/с.

При определении коэффициента смешения наибольшее распространение получил метод В.А. Фролова–И.Д. Родзиллера для водотоков. Этот метод применим для больших и средних водотоков.

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha^3 \sqrt{L}}}{1 + \frac{Q}{q} e^{-\alpha^3 \sqrt{L}}} \quad (2.2)$$

где:  $L$  – расстояние по фарватеру водотока от места выпуска до расчётного створа, м;  $\alpha$  – коэффициент, зависящий от гидравлических условий смешения:

$$\alpha = \xi \cdot \varphi \cdot \sqrt[3]{\frac{D}{q}} \quad (2.3)$$

где:  $\xi$  – коэффициент, зависящий от расположения выпуска сточных вод в водоток:

- при выпуске у берега  $\xi = 1$ ;
- при выпуске в фарватер  $\xi = 1,5$ ;

$\varphi$  – коэффициент извилистости водотока, т.е. отношение расстояния между рассматриваемыми створами водотока по фарватеру к расстоянию по прямой;  $D$  – коэффициент турбулентной диффузии.

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

$$D = \frac{V_{\text{ср}} \cdot H_{\text{ср}}}{200} \quad (2.4)$$

где:  $V_{\text{ср}}$  – средняя скорость течения водотока между нулевым и расчётным створами, м/с;  $H_{\text{ср}}$  – средняя глубина водотока, м.

### **Расчет величин НДС для отдельных выпусков сточных вод в водотоки.**

Величины НДС определяются для всех категорий водопользователей как произведение максимального часового расхода сточных вод -  $q$  (м<sup>3</sup>/ч) на допустимую концентрацию загрязняющего вещества  $C_{\text{ндс}}$  (г/м<sup>3</sup>). При расчете условий сброса сточных вод сначала определяется значение  $C_{\text{ндс}}$ , обеспечивающее нормативное качество воды в контрольных створах с учетом требований Методики, а затем определяется НДС согласно формуле:

$$НДС = q \cdot C_{\text{ндс}} \quad (2.5.1)$$

где:  $q$  – максимальный часовой расход сточных вод (среднечасовой), (м<sup>3</sup>/ч)

$C_{\text{ндс}}$  – допустимая концентрация загрязняющего вещества, (г/м<sup>3</sup>)

Необходимо подчеркнуть обязательность требования увязки сброса массы вещества, соответствующей НДС, с рас-

ходом сточной воды. Например, уменьшение расхода при сохранении величины НДС будет приводить к концентрации вещества в водном объекте, превышающей ПДК.

Основная расчетная формула для определения без учета неконсервативности вещества имеет вид:

$$C_{\text{НДС}} = C_{\text{Ф}} + n \cdot (C_{\text{ПДК}} - C_{\text{Ф}}), \text{ г/м}^3 \quad (2.5.2)$$

где:  $C_{\text{ПДК}}$  - предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества (ПДК) в воде водотока,  $\text{г/м}^3$ ;  $C_{\text{Ф}}$  - фоновая концентрация загрязняющего вещества в водотоке ( $\text{г/м}^3$ ) выше выпуска сточных вод, определяемая в соответствии с действующими методическими документами по проведению расчетов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков;  $n$  - кратность общего разбавления сточных вод в водотоке.

Необходимо выполнение условия:

$$C_{\text{исх}} \leq C_{\text{НДС}} \quad (2.6)$$

Исходные данные для выполнения работы представлены в приложении 6.

## **РАБОТА 8. Расчёт расхода поверхностных сточных вод**

**Цель работы:** определение значений расхода поверхностных сточных вод.

Поверхностный сток с селитебных территорий и площадок предприятий является одним из интенсивных источников загрязнения окружающей среды различными примесями природного и техногенного происхождения. Водным законодательством РФ запрещается сбрасывать в водные объекты неочищенные до установленных нормативов дождевые, талые и поливочные воды, организованно отводимые с селитебных территорий и площадок предприятий.

Выбор схемы отведения и очистки поверхностного стока, а также конструкции очистных сооружений определяется, в первую очередь, его качественной и количественной характеристиками, по-

этому крайне важен предварительный расчёт расхода поверхностных сточных вод. Обычно требуется рассчитать среднегодовой объём поверхностного стока и разовый объём стока от расчётного дождя. Далее приведена методика расчёта среднегодового объёма.

**Расчётная часть:** Среднегодовой объём поверхностных сточных вод, образующихся на селитебных территориях и площадках предприятий в период выпадения дождей, таяния снега и мойки дорожных покрытий, определяется по формуле:

$$W_{\Gamma} = W_{\text{Д}} + W_{\text{Т}} + W_{\text{М}} \quad (2.7)$$

где:  $W_{\text{Д}}$ ,  $W_{\text{Т}}$  и  $W_{\text{М}}$  – среднегодовой объём дождевых, талых и поливочных вод, м<sup>3</sup>.

Среднегодовой объём дождевых ( $W_{\text{Д}}$ ) и талых ( $W_{\text{Т}}$ ) вод, стекающих с селитебных территорий и промышленных площадок, определяется по формулам (с учётом табл.2.1):

$$W_{\text{Д}} = 10 \cdot h_{\text{д}} \cdot \psi_{\text{д}} \cdot F \quad (2.8)$$

$$W_{\text{Т}} = 10 \cdot h_{\text{т}} \cdot \psi_{\text{т}} \cdot F \quad (2.9)$$

где:  $F$  – общая площадь стока, га;  $h_{\text{д}}$  – слой осадков, мм, за тёплый период года;  $h_{\text{т}}$  – слой осадков, мм, за холодный период года (определяет общее годовое количество талых вод) или запас воды в снежном покрове к началу снеготаяния;  $\psi_{\text{д}}$  и  $\psi_{\text{т}}$  – общий коэффициент стока дождевых и талых вод соответственно.

Таблица 2.1

Слой осадков в некоторых городах РФ (по СНиП 23-01-99)

№	Населенный пункт	Количество осадков за холодный период года, мм	Количество осадков за тёплый период года, мм
1	Архангельск	188	402
2	Уфа	195	362



Продолжение таблицы 2.1

№	Населенный пункт	Количество осадков за холодный период года, мм	Количество осадков за теплый период года, мм
3	Калининград	280	508
4	Петрозаводск	169	589
5	Кемерово	94	335
6	Воркута	178	370
7	Печора	183	373
8	Красноярск	85	369
9	С.-Петербург	200	420
10	Москва	201	443
11	Мончегорск	126	339
12	Оренбург	143	250
13	Пермь	192	424
14	Уренгой	117	397
15	Челябинск	104	435

При определении среднегодового объёма дождевых вод  $W_d$ , стекающих с территорий промышленных предприятий и производств, значение общего коэффициента стока  $\psi_d$  находится как средневзвешенная величина для всей площади стока с учётом средних значений коэффициентов стока для разного вида поверхностей (табл.2.2).

Таблица 2.2

Значения общего коэффициента стока для различных поверхностей

Вид поверхности или площади стока	Общий коэффициент стока $\psi_d$
Кровли и асфальтобетонные покрытия	0,6–0,8
Территория без дорожных покрытий, грунтовые площадки.	0,2–0,3
Газоны	0,1

При определении среднегодового объёма талых вод общий коэффициент стока  $\psi_T$  с площадок предприятий с учётом уборки снега и потерь воды за счёт частичного впитывания водопроницаемыми поверхностями в период оттепелей можно принимать в пределах 0,5-0,7.

Общий годовой объём поливомоечных вод ( $W_M$ ), м<sup>3</sup>, стекающих с площади стока, определяется по формуле:

$$W_M = 10 \cdot m \cdot k \cdot F_M \cdot \psi_M \quad (2.10)$$

где:  $m$  – удельный расход воды на мойку дорожных покрытий (как правило, принимается 1,2-1,5 л/м<sup>2</sup> на одну мойку);  $k$  - среднее количество моек в году;  $F_M$  – площадь твёрдых покрытий, подвергающихся мойке, га;  $\psi_M$  – коэффициент стока для поливомоечных вод (принимается равным 0,5).

Исходные данные для выполнения работы представлены в приложении 7.

## **РАБОТА 9. Оценка экологического ущерба от загрязнения поверхностных вод**

**Цель работы:** определение величины экологического ущерба при загрязнении поверхностных вод.

Фактические и возможные убытки окружающей среде в результате отрицательных воздействий хозяйственной и иной деятельности, а также техногенных аварий и катастроф в их количественном выражении, включая упущенную выгоду и дополнительные затраты на ликвидацию неблагоприятных последствий для жизнедеятельности человека, животных, растений и других живых организмов называются **экологическим ущербом**. Экологический ущерб отдельно рассчитывается по каждому компоненту окружающей среды.

Оценка экологического вреда (ущерба) может проводиться для целей:

- взыскания компенсаций за причинённый вред природным ресурсам и окружающей среде в результате нарушения природоохранного законодательства;
- для установления компенсационных платежей в возмещение экологического вреда при получении разрешений на осуществление хозяйственной деятельности (при недропользовании, осуществлении инвестиционных проектов, затрагивающих окружающую среду);
- для расчёта страховых платежей при страховании ответственности за риск, причинённый загрязнением природной среды в результате хозяйственной деятельности, например, при добыче нефти и газа или иных полезных ископаемых;
- при предъявлении исков и претензий о компенсации убытков, вызванных причинением вреда, находящимся в пользовании или собственности природным ресурсам (в основном, земельным участкам);
- при подготовке разделов "Оценка воздействия на окружающую среду" проектов хозяйственной деятельности;
- при проведении экологической экспертизы и принятия решения о допустимости или недопустимости строительства конкретных объектов.

Основным фактором, определяющим величину экологического ущерба водным объектам, является сброс загрязняющих веществ в поверхностные водоёмы и подземные горизонты.

**Расчётная часть:** Приблизительно экологический ущерб  $Y_B$  (руб/год) от загрязнения поверхностных вод определяется по формуле:

$$Y_B = K^B \cdot \sum_{i=1}^n Y_{уд_i}^B \cdot M_i \quad (2.11)$$

где:  $Y_{уд_i}^B$  – удельный ущерб водному объекту от сброса одной тонны вредного вещества, руб/усл.т.;  $K^B$  – коэффициент экологической ситуации водных объектов по бассейнам основных рек РФ;  $M_i$  – приведённая масса годового сброса вредного вещества в поверхностный водоём, усл.т/год

$$M_i = K_i \cdot m_i \quad (2.12)$$

где:  $K_i$  – коэффициент приведения  $i$ -го вредного вещества, учитывающий его относительную опасность

$$K_i = \frac{1}{ПДК_i} \quad (2.13)$$

где:  $ПДК_i$  – предельно-допустимая концентрация  $i$ -го вещества в водоёме данной категории;  $m_i$  – фактическая масса  $i$ -го вида вредного вещества, сбрасываемого в водоём, т/год.

$$m_i = \frac{C_i \cdot g \cdot 3600 \cdot 24 \cdot n}{10^6} \quad (2.14)$$

где:  $C_i$  – концентрация  $i$ -го вещества в сточных водах предприятий, мг/л, после очистных сооружений;  $g$  – расход сточных вод, м<sup>3</sup>/с;  $n$  – время работы очистных сооружений, сут/год (с учётом профилактических ремонтов  $n \approx 320$  сут/год).

В случае, если  $C_i$  (концентрация вредного вещества в сточных водах предприятия после очистных сооружений) меньше или равна  $C_{\text{доп.}i}$ , при определении  $Y_{\text{в}}$  (экологического ущерба по данному веществу) формула  $Y_{\text{уд.}i}^{\text{в}}$  берётся в пределах НДС; если  $C_i > C_{\text{доп.}i}$ , то  $Y_{\text{уд.}i}^{\text{в}}$  – по сверхлимитным нормам.

Таблица 2.3

Удельный ущерб водному объекту от сброса одной условной тонны вредного вещества

Наименование вещества	ПДК р/х*, мг/л	$Y_{\text{уд.}}^{\text{в}}$ , руб/усл.т	
		в пределах НДС	сверх нормативного сброса
Ацетон	0,05	3548,0	17740,0
Алкилсульфонаты (СПАВ)	0,5	354,8	1774,0
Железо ( $\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Fe}^{3+}$ )	0,3 (х/п)	1774,0	8870,0

Продолжение таблицы 2.3

Наименование вещества	ПДК р/х*, мг/л	$У_{\text{вд}}^{\text{В}}$ , руб/усл.г	
		в пределах НДС	сверх нормативного сброса
Кадмий ( $\text{Cd}^{2+}$ )	0,005	35480,0	177400,0
Ксилол	0,05	3548,0	17740,0
Кобальт ( $\text{Co}^{2+}$ )	0,01	17736,0	88700,0
Латекс	1,6	17740,0	88700,0
Масло соляровое	0,01	17740,0	88700,0
Медь ( $\text{Cu}^{2+}$ )	0,001	177400,0	887000,0
Метанол	0,1	1774,0	8870,0
Мышьяк (As)	0,05	3548,0	17740,0
Нефтепродукты	0,05	2800,0	17740,0
Никель ( $\text{Ni}^{2+}$ )	0,01	17740,0	88700,0
Нитробензол	0,01	354,8	1774,0
Ртуть ( $\text{Hg}^{2+}$ )	0,00001	17740000,0	88700000,0
Свинец ( $\text{Pb}^{2+}$ )	0,1	1774,0	8870,0
Толуол	0,5	354,8	1774,0
Фенолы	0,001	177400,0	887000,0
Формальдегид (муравьиный альдегид)	0,01	1774,0	8870,0

Примечания:

\* - рыбохозяйственный; \*\* - хозяйственно-питьевой

Таблица 2.4

Экологическая ситуация состояния водных объектов  
по бассейнам некоторых рек РФ

Бассейны рек РФ	$K^{\text{А}}$	Бассейны рек РФ	$K^{\text{Б}}$
1. Нева	1,11–1,91	5. Обь	1,05–1,30
2. Волга	1,16–1,42	6. Енисей	1,02–1,70
3. Урал	1,08–1,81	7. Лена	1,05–1,43
4. Печора	1,0–1,67	8. Амур	1,0–1,53

Исходные данные для выполнения работы представлены в приложении 8.

### Тема 3. ВОЗДЕЙСТВИЕ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ЛИТОСФЕРУ

#### РАБОТА 10. Снятие почвенного слоя для подготовки территории к ведению горных работ

**Цель работы:** определение основных параметров почвенного склада при снятии почвенного слоя.

Почвенный слой участков земель, нарушаемых промышленным предприятием, в обязательном порядке снимается. В частности, при строительстве металлургического предприятия почвенный слой снимается со всей площади промплощадки, а также с площадей, отчуждаемых под строительство долговременных вспомогательных объектов (транспортных коммуникаций, хвосто- и шламохранилищ, отвалов твёрдых отходов).

При освоении месторождения полезных ископаемых горное предприятие предварительно снимает почвенный слой с поверхности транспортных выемок внешнего заложения, со всей площади карьерного поля, поверхности земельных участков под отвалы вмещающих пород, твёрдых отходов и спецотвалов некондиционных полезных ископаемых. Снятие почвенного слоя рекомендуется выполнять очередями по мере отчуждения или нарушения участков.

**Расчётная часть:** Объём снятия почвенно-растительного слоя при отчуждении территории под внешние отвалы:

$$V_{\text{ПРС}} = v_{\text{ВП}} \cdot L_{\text{Фво}} \cdot h_{\text{сл}} \cdot K_{\text{р}}, \text{ м}^3 \quad (3.1)$$

где  $K_{\text{р}}$  – коэффициент разрыхления почвы при снятии ( $K_{\text{р}} = 1,2-1,4$ );  $h_{\text{сл}}$  – мощность снимаемого почвенно-растительного слоя, м;  $v_{\text{ВП}}$  – скорость годового подвигания фронта работ первого яруса внешнего отвала или передового вскрышного уступа, м/год;  $L_{\text{Фво}}$  – длина фронта, соответственно, внешнего отвала (уступа), м.

Формирование большого объёма площадного склада почвенно-растительного слоя в виде призмы с квадратным основанием наиболее приемлемо вследствие того, что такой массив почв легче противостоит выветриванию, эрозии, легче вести его предохранению.

тельную обработку от негативных воздействий внешней среды - гидропосевом трав на поверхности, внесением удобрений.

Ширина нижнего основания склада почв (для квадратной формы основания):

$$a_{\text{пс}} = \sqrt{\frac{V_{\text{ПРС}}}{H_{\text{пс}}}} + H_{\text{пс}} \cdot \text{ctg}\beta_{\text{пс}}, \text{ м} \quad (3.2)$$

где:  $H_{\text{пс}}$  – высота склада ПРС;  $\text{ctg}\beta_{\text{пс}}$  – наклон откоса склада почв.

Площадь, занимаемая непосредственно складом почв:

$$S_{\text{пс}} = a_{\text{пс}}^2 \cdot 10^{-4}, \text{ га} \quad (3.3)$$

Площадь бермы безопасности с откосом склада почв определяется:

$$S_{\text{БПС}} = 4 \cdot (a_{\text{пс}} + Z) \cdot Z \cdot 10^{-4}, \text{ га} \quad (3.4)$$

где  $Z$  – ширина бермы безопасности склада почв, принимается не более 3 м.

Общая площадь склада почв:

$$S_{\text{ОПС}} = S_{\text{БПС}} + S_{\text{пс}}, \text{ га} \quad (3.5)$$

Удельная вместимость 1 га почвенного склада:

$$q = \frac{V_{\text{ПРС}}}{S_{\text{ОПС}}}, \text{ м}^3/\text{га} \quad (3.6)$$

Безусловно, чем выше значение удельной вместимости почвенного склада, тем рациональнее используются отводимые под склад земли. Однако, с другой стороны, необходимо учитывать ухудшение агрохимических свойств почв при увеличении высоты складирования, которое также может быть определено в стоимостном выражении.

Исходные данные для выполнения работы представлены в приложении 9.

## РАБОТА 11. Экономическая оценка ущерба от нарушения почв горными работами

**Цель работы:** определение величины экологического ущерба в результате нарушения почв горными работами.

Основными требованиями при снятии, складировании и хранении почвы является уменьшение качественных и количественных её потерь. Количественные потери – это потери, связанные с неполнотой её выемки и потерями на складах, при транспортировании, перегрузке и нанесении на рекультивируемые земли. Неполнота выемки обусловлена несоответствием способа снятия и применяемого оборудования к условиям залегания почвенного слоя и рельефа. Качественные потери почвы (разубоживание) связаны с ухудшением её качества от засорения горными породами при снятии, перегрузке и хранении. Ухудшение структурных, агрохимических и микробиологических свойств почвы происходит при неправильном и длительном её хранении в буртах, навалах и на складах.

Технологии снятия, транспортирования и хранения почвы должны обеспечивать высокие технико-экономические показатели работ, потерь, разубоживания и ухудшения биологического качества почвы.

**Расчётная часть:** Экономическая оценка ущерба за год от нарушения почв горными работами определяется по формуле:

$$Y_{\text{нп}} = Y_{\text{пп}} + Y_{\text{нцп}}, \text{ руб.} \quad (3.7)$$

где  $Y_{\text{нцп}}$  – ущерб от нарушения целостности почв на территории складирования в результате их изъятия из агрооборота, руб;  $Y_{\text{пп}}$  – ущерб от потерь почвы при снятии, транспортировании, складировании, хранении почв на рекультивируемых территориях, руб.

Суммарные относительные потери почвы (%) от снимаемого объема её в целике определяются:

$$\sum r_n = r_1 + r_2 + r_3 + r_4 + r_5 \quad (3.8)$$

где  $r_1, r_2, r_3, r_4, r_5$  - соответственно, потери почвы от неполноты выемки при снятии почвенного слоя (норматив <5 %), транспориро-



вании до склада хранения (норматив <1 %), временном складировании (норматив <2,5 %) и перегрузках (норматив <2,5 %), работе в неблагоприятных климатических и метеорологических условиях (норматив <5 %).

Таким образом, максимальные относительные потери почвы от снимаемого объёма её в целике при снятии, хранении и нанесении почв на территории могут быть суммарно не более 17 % .

$$Y_{\text{ПП}} = N_{\text{ПОТ}} \cdot S \cdot h_{\text{сл}} \cdot 10^4 \cdot Ц_{\text{П}}, \text{руб} \quad (3.9)$$

где:  $N_{\text{ПОТ}}$  – суммарный норматив потерь почв ( $\leq 17\%$ ) при снятии, транспортировании, складировании, хранении почв на рекультивируемых территориях, %;  $S$  - площадь снимаемых земель, га;  $Ц_{\text{П}}$  – цена  $1 \text{ м}^3$  почв, руб/ $\text{м}^3$ .

Ущерб от нарушения целостности почв в результате их изъятия из агрооборота определяется:

$$Y_{\text{НЦП}} = Q \cdot K_{\text{УБК}} \cdot K_{\text{УАК}} \cdot K_{\text{РАЗ}} \cdot S, \text{руб} \quad (3.10)$$

где:  $Q$  – норматив стоимости 1 га вида угодий (пашни, кормовые угодья) до нарушения для условий близлежащих агропредприятий, руб/га;  $S$  - площадь снимаемых земель, га;  $K_{\text{УБК}}$ ,  $K_{\text{УАК}}$ ,  $K_{\text{РАЗ}}$  – соответственно коэффициенты ухудшения биологического, агрохимического качества почв и разубоживания почв подстилающими и другими породами, доли ед.;

Разубоживание (засорение другими грунтами, породами) почв характеризуется коэффициентом разубоживания, который определяется исходя из объёма различных пород, грунтов примешиваемых при снятии, складировании, хранении почв с учётом норматива разубоживания (засорения):

$$K_{\text{РАЗ}} = \frac{\sum B_i}{V_{\text{ПРС}} - V_{\text{ПП}}}, \text{ доли ед.} \quad (3.11)$$

где:  $\sum B_i$  – масса (объём) различных пород, грунтов, примешанных к почве при ее хранении, перегрузке и нанесении на спланирован-

ные отвалы, т (м<sup>3</sup>);  $V_{\text{пп}}$  – масса (объём) потерянной почвы с определённого участка, т (м<sup>3</sup>);  $V_{\text{ПРС}}$  – объём (масса) снимаемой почвы с определённого участка, (м) т.

$$V_{\text{пп}} = \sum r_n \cdot V_{\text{ПРС}}, \text{ м}^3 \quad (3.12)$$

$$\sum B_i = V_{\text{ПРС}} \cdot N_{\text{зп}} \quad (3.13)$$

где:  $N_{\text{зп}}$  – норматив разубоживания (засорения) почв другими породами.

Ухудшение агрохимического качества насыпной почвы количественно по среднему коэффициенту ухудшения агрохимических качеств почв:

$$K_{\text{уак}} = \frac{K_y^P + K_y^N + K_y^K + K_y^{pH}}{n}, \text{ доли ед.} \quad (3.14)$$

где:  $K_y^P$  – коэффициент ухудшения агрохимического качества почвы по фосфору:

$$K_y^P = 1 - K_{\text{И}}^P, \text{ доли ед.} \quad (3.15)$$

где:  $K_{\text{И}}^P$  – коэффициент изменения по фосфору, равный отношению процентного содержания фосфора в нарушенных и ненарушенных почвах:

$$K_{\text{И}}^P = \frac{K_{\text{И}}^P_{\text{наруш}}}{K_{\text{И}}^P_{\text{ненаруш}}}, \text{ доли ед.} \quad (3.16)$$

где:  $K_y^N, K_y^K, K_y^{pH}$  – соответственно, идентично определяемые коэффициенты ухудшения агрохимического качества почвы по азоту, калию, кислотности.

Биологическое ухудшение качества почв определяется по общему содержанию гумуса, как основного индикатора плодородия через коэффициент ухудшения биологического качества почв:

$$K_{\text{убк}} = 1 - \frac{G_n \cdot L_n}{G_0 \cdot L_0}, \text{ доли ед.} \quad (3.17)$$

где:  $G_0$ ,  $L_0$ ,  $G_n$ ,  $L_n$  – соответственно, среднее процентное содержание и глубина проникновения гумуса в почве до и после нарушения, %.

Исходные данные для выполнения работы представлены в приложении 9.

## **РАБОТА 12. Расчет инфильтрации нефти при прорыве внутрипромыслового нефтепровода**

На сегодняшний день в предаварийном состоянии находятся промышленные трубопроводные системы большинства нефтедобывающих предприятий России. Всего на территории Российской Федерации эксплуатируется более 350 тыс. км внутрипромысловых трубопроводов, на которых ежегодно отмечается свыше 50 тыс. инцидентов, приводящих к опасным последствиям. Основными причинами высокой аварийности при эксплуатации трубопроводов является сокращение ремонтных мощностей, низкие темпы работ по замене отработавших срок трубопроводов на трубопроводы с антикоррозионными покрытиями, а также прогрессирующее старение действующих сетей. Только на месторождениях Западной Сибири эксплуатируется свыше 100 тыс. км промысловых трубопроводов, из которых 30% имеют 30-летний срок службы, однако в год заменяется не более 2% трубопроводов.

При прорыве нефтепроводов значительный экологический и экономический ущерб наносится всем компонентам природной среды: почвенно-растительному покрову, атмосферному воздуху, живым организмам. Однако из всех видов загрязнения компонентов природной среды нефтепродуктами и другими группами загрязняющих веществ наиболее опасным является загрязнение горизонта грунтовых вод, так как токсичные вещества могут мигрировать на большие расстояния, распространяться за пределы первоначального участка и проникать к водозаборным сооружениям.

Защищенность подземных вод оценивается на основе:

- глубины залегания грунтовых вод или мощности зоны аэрации;
- строения и литохимического состава слагающих пород зоны загрязнения;
- мощности и распространенности слабопроницаемых отложений над грунтовыми водами;
- фильтрационных свойств пород над уровнем грунтовых вод.

Оценка категории защищенности почвенного покрова и грунтовых вод осуществляется по следующим параметрам:

- мощность зоны аэрации;
- глубина и скорость инфильтрации загрязненных вод;
- поглощающие и сорбционные свойства пород;
- соотношения уровней водоносных горизонтов;
- техногенные физико-химические процессы (свойства жидкости).

В рамках практической работы необходимо рассчитать уровень загрязнения грунтовых вод на участке со следующими параметрами:

- участок представляет собой аллювиальный водоносный комплекс, содержащий грунтовые воды с низкой степенью естественной защищенности;
- участок представлен песками, супесями и суглинками, залегающими на глинах;
- участок включает участки прибрежных полос рек и приустьевых частей, впадающих ручьев, а также хорошо проницаемые отложения с мощностью 4 - 6 м и уровнем залегания вод, близким к поверхности.

Глубина распространения нефтепродуктов до уровня грунтовых вод определяется по формуле:

$$H = \frac{V \cdot 1000}{F \cdot n}, \quad (3.18)$$

где  $V$  - объем инфильтрованной нефти, м<sup>3</sup>;

$F$  - площадь поверхностной инфильтрации, м<sup>2</sup>;

$n$  - параметр проницаемости (для мелкозернистых песков и легких суглинков 30 - 40).

Скорость инфильтрационного просачивания в зоне аэрации (м/сут.) определяется по формуле Н.Н. Биндемана:

$$v = \frac{1}{\Theta} \sqrt[3]{W^2 K_{\phi}}, \quad (3.19)$$

где  $\theta$  - полная влагоемкость, доли ед.;

$W$  - инфильтрационное питание, м/сут. (зависит от строения зоны аэрации, для типичных условий средней полосы РФ изменяется от 30 до 120 мм/год);

$K_{\phi}$  - коэффициент фильтрации, м/сут.

Параметры инфильтрационного просачивания для различных типов пород (по А.П. Белоусовой) представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Параметры инфильтрационного просачивания различных пород

Порода	$\theta$	$K_{\phi}$	$W$
Пески	0,4	30	$3,29 \cdot 10^{-4}$
Супеси	0,3	1,0	$3,29 \cdot 10^{-4}$
Суглинки	0,3	0,35	$8,22 \cdot 10^{-5}$

Оценка горизонтального распространения загрязненных потоков грунтовых вод рассчитывается по формуле:

$$R = T \cdot v, \quad (3.20)$$

где  $R$  - расстояние, проходимое потоком за время распада загрязняющего вещества, м;

$T$  - время распада загрязняющего вещества, год (для нефти  $T$  принимается равным 5 лет);

$v$  - скорость перемещения фронта загрязнения в естественном потоке грунтовых вод, м/год (принимается из формулы 3.19).

Исходные данные для выполнения практической работы представлены в приложении 10.

### РАБОТА 13. Расчет требуемого объема шламового амбара

Расчет объема шламового амбара должен производиться в соответствии с методикой РД 39-3-819-91 «Методические указания по определению объемов отработанных буровых растворов и шлама при строительстве скважин».

Буровой шлам - это отходы бурения, представляющие собой водную суспензию, твёрдая часть которой состоит из продуктов разрушения горных пород забоя и стенок скважины, продуктов истирания бурового снаряжения и обсадных труб, глинистых минералов (при промывке глинистым раствором). Обычно подразумевают, что собственно буровой шлам - это та часть взвеси, которая улавливается шламовой трубой при колонковом бурении. Та же часть бурового шлама, что выносится на поверхность промывочной жидкостью, называется буровой мутой.

Шламовые амбары - это токсичный очаг для прилегающих территорий. Во избежание утечек в грунт места размещения емкостей для хранения горюче-смазочных материалов и растворов, котлованов для сточных вод и бурового шлама должны быть обвалованы и гидроизолированы. Шламонакопители выводят из сельскохозяйственного оборота значительные площади. Обследование шламовых амбаров на месторождениях, где бурение велось с использованием соленасыщенных буровых растворов, показало, что на месте работы буровой установки площадь засоления грунтов и подземных вод достигает 4,5 га. При этом плодородие почв не восстанавливается даже спустя 11 лет после окончания бурения. Полное рассоление почв не зафиксировано ни на одном из участков, примыкающих к ранее пробуренным скважинам.

Исследование техногенного воздействия шламовых амбаров на окружающую среду выявило, что они либо вообще не имеют гидроизоляции, либо она нарушена и их содержимое проникает в грунты на глубину до 80 м. При попадании отработанного бурового раствора в почву происходит разрушение почвенных ферментов, за счет чего снижается продуктивность почвенного покрова. В частности, при попадании в почву отходов растворов, содержащих 15% нефти и нефтепродуктов, урожайность падает практически до нуля и почва не восстанавливается в течение длительного времени - до 15 или 20 лет.

В процессе бурения используют воду из близлежащих водоемов или из специально пробуренных скважин. Следует максимально полно использовать сточные воды на технологические

нужды, не допуская их сброса на рельеф. При бурении одной скважины безвозвратное потребление и потери воды достигают 3500 м<sup>3</sup>, а количество выпускаемых в водоемы производственных сточных вод составляет примерно 1,5 м<sup>3</sup> на один метр проходки.

В рамках практической работы принимается, что буровой шлам представлен средними и тяжелыми глинами с преобладанием иловато-пылевых фракций. Содержание песка составляет от 5 до 30%, относительная плотность образцов изменяется от 2200 до 2700 кг/м<sup>3</sup>, а содержание нефтепродуктов достигает 700 мг/кг.

Состав бурового шлама:

- горная порода – 60 - 80%;
- органическое вещество – 8 - 10%;
- водорастворенные соли – 6%;
- нефть, утяжелители и др. – 4 - 26%.

Миграция загрязняющих веществ в грунтовом горизонте в результате её инфильтрации в почвенный слой зависит от:

- пористости грунта;
- коэффициента фильтрации;
- глубины залегания грунтовых вод и их угла;
- положения водоупорного слоя;
- наличия литолого-фациальных замещений на пути фильтрации;
- плотности и вязкости отходов бурения;
- показателя гидростатического напора;
- интенсивности поступления атмосферных вод;
- агрессивности отработанного бурового раствора.

Наибольший объем отходов при бурении составляют буровые сточные воды, представляющие собой многокомпонентные суспензии, содержащие нефть и нефтепродукты, минеральные и органические вещества. В сточных водах в растворенном виде присутствуют минеральные соли натрия, калия, кальция, магния и химические реагенты. Нефтепродукты находятся в буровых сточных водах в эмульгированном и растворенном состояниях. Высокий уровень загрязненности таких сточных вод не допускает их сброса в объекты природной среды без предварительной очистки.

Наиболее рациональным и экологически оправданным

методом утилизации буровых сточных вод является переход на замкнутый цикл водоснабжения буровой установки, что обеспечит снижение норм водопотребления. Например, сточные воды можно использовать для приготовления тампонажных растворов.

Буровые сточные воды включают:

- отработанный буровой раствор;
- продукты реакции с буровым шламом;
- сбросы поверхностных вод с буровых площадок;
- химические реагенты.

Объем шламового амбара при отсутствии замкнутого цикла водооборота рассчитывается по формуле:

$$V_{\text{ша}} = 1,1 \cdot (V_{\text{обр}} + V_{\text{бш}} + V_{\text{бсв}}) \quad (3.21)$$

При наличии замкнутого цикла очистки сточных вод объем бурового шлама рассчитывается по следующей формуле:

$$V_{\text{ша}} = 1,1 \cdot (V_{\text{обр}} + V_{\text{бш}}) \quad (3.22)$$

Объем бурового шлама определяется по формуле:

$$V_{\text{бш}} = V_{\text{скв}} \cdot 1,2, \quad (3.23)$$

где  $V_{\text{скв}}$  – объем всей скважины, м<sup>3</sup>;

1,2 – коэффициент, учитывающий разуплотнение выбуренной породы.

Объем отработанного бурового раствора рассчитывается по формуле:

$$V_{\text{обр}} = 1,2 \cdot V_{\text{скв}} \cdot K + 0,5 \cdot V_{\text{ц}}, \quad (3.24)$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий потери бурового раствора (принимается равным 1,054);  $V_{\text{ц}}$  – объем циркуляционной системы буровой установки, м<sup>3</sup>.

Объем буровых сточных вод определяется по формуле:

$$V_{\text{бсв}} = 2 \cdot V_{\text{обр}} \quad (3.25)$$

$$V_{\text{скв}} = 0,785 \cdot ((D_1^2 \cdot K_{\text{кав}} \cdot H_1) + (D_2^2 \cdot K_{\text{кав}} \cdot H_2) + (D_3^2 \cdot K_{\text{кав}} \cdot H_3)), \quad \text{где} \quad (3.26)$$

$K_{\text{кав}}$  – коэффициент кавернозности (принимается равным 1,3);



$D$  – диаметр долота при бурении под направление, кондуктор и эксплуатационной колонны, мм;

$D_1 = 508$  мм,  $D_2 = 295$  мм,  $D_3 = 216$  мм.

$H$  – интервал бурения, м.

Исходные данные для выполнения практической работы представлены в приложении 11.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В методических указаниях представлен комплекс заданий по оценке воздействия промышленных производственных объектов различного направления деятельности на компоненты природной среды, экологического состояния атмосферы, гидросферы, почвы в зоне действия этих производственных объектов.

Самостоятельная работа по дисциплине «Экология» направлена на формирование и совершенствование навыков применения знаний, полученных на лекциях, лабораторных и практических работах для самостоятельного решения практических задач на производстве.

В результате освоения дисциплины «Экология» и выполнения представленных в настоящих методических указаниях самостоятельных работ, студент должен знать:

- основные закономерности распространения загрязняющих веществ в окружающей среде;
- представления об оценке воздействия на окружающую среду;
- принципы нормирования состояния окружающей среды;
- основы природопользования.

Уметь:

- выполнять математические расчеты;
- читать простейшие и инженерно-экологические карты, схемы, разрезы.

Владеть:

- навыками работы с информацией из различных источников для решения профессиональных и социальных задач;
- теоретическим навыком применения полученных знаний на практике.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

### ***а) основная литература:***

1. *Кальгин В.Г.* Промышленная экология: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений. - М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 432 с.
2. *Муртазов А.К.* Экологический мониторинг. Методы и средства: Учебное пособие. – Рязань: Рязанский государственный университет им. С.А. Есенина, 2008. – 146 с.
3. *Петрова Т.А.* ГИС в экологии и природопользовании: Учебное пособие. - СПб.: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2013. – 71 с.
4. *Семёнова И.В.* Промышленная экология. Учебное пособие. - М.: Академия, 2009. - 528 с.

### ***б) дополнительная литература:***

5. ГН 2.1.6.1338-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.
6. ГОСТ 17.2.3.01-86. Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов.
7. ГОСТ 17.2.3.02-78. Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями.
8. ГОСТ 30772-2001. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Термины и определения.
9. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ содержащихся в выбросах предприятий. - ГГО им. А.И. Воейкова Госкомгидромета.
10. Приказ Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 15.06.2001 года №511 «Об утверждении критериев отнесения отходов 1-5 классов опасности к классу опасности для окружающей природной среды».
11. РД 52.04.306-92. Охрана природы. Атмосфера. Руководство по прогнозу загрязнения воздуха.
12. СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест.
13. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов.

Приложение 1

Варианты заданий к работе 1

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

Варианты заданий к работам 2, 3

№ вар.	Количество взрываемого ВВ, кг.	Число взрывов в год, ед.	Кэфф. разрыхления взорванной горной массы, $K_p$	Тип экскаватора	Число работающих машин, ед.
1	80 000	40	1,35	ЭКГ-5А	3
2	120 000	50	1,45	ЭКГ-8И	3
3	100 000	48	1,25	ЭКГ-10	2
4	150 000	60	1,34	ЭКГ-5А	2
5	250 000	45	1,28	ЭКГ-8И	3
6	130 000	40	1,32	ЭКГ-20	2
7	300 000	70	1,48	ЭКГ-10	6
8	400 000	46	1,25	ЭКГ-5А	5
9	140 000	30	1,28	ЭКГ-15	4
10	120 000	45	1,25	ЭКГ-8И	2
11	100 000	40	1,34	ЭКГ-20	6
12	150 000	70	1,28	ЭКГ-10	5
13	250 000	46	1,32	ЭКГ-5А	4
14	130 000	30	1,48	ЭКГ-15	2
15	300 000	40	1,34	ЭКГ-5А	6

Приложение 3

Варианты заданий к работе 4

№ вар.	Марка автосамосвала	Число работающих машин, ед.	Протяженность станционных дорог, км	Протяженность временных дорог, км	Число рейсов автомобиля в сутки, ед.	Средняя длительность движения грузового 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)	25	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

## Варианты заданий к работе 5

№ вар.	Объем породлы, млн.т/год	Площадь свежеотсыпанного отвала, тыс.м <sup>2</sup>	Объем породы, т/ч	Площадь дефлорующей поверхности, тыс.м <sup>2</sup>
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

Варианты заданий к работе 6

Вариант	$M$ , г/моль	$T$ , К	$C_p/C_v$	$l$ , м	$U_{вв}$ , м/с
1	11,8	560	1,10	80	6
2	12,0	565	1,11	82	7
3	12,2	560	1,12	84	8
4	12,4	565	1,13	86	9
5	12,6	570	1,14	88	10
6	12,8	575	1,15	90	11
7	13,0	580	1,16	92	12
8	13,2	585	1,17	94	13
9	13,4	590	1,18	96	14
10	13,6	595	1,19	98	15
11	13,8	600	1,20	100	14
12	14,0	605	1,21	102	13
13	14,2	610	1,22	104	12
14	14,4	615	1,23	106	11
15	14,6	620	1,24	108	10



Варианты заданий к работе 7

№	$q$ м <sup>3</sup> /с	$Q$ м <sup>3</sup> /с	$H_{ср}$ м	$V_{ср}$ м/с	Условия выпуска	Тип водопользова- ния	$L$ (по фарватеру до пункта водо- пользования), м	$L$ (по прямой до расчётного створа), м	$C_{исх}$ , мг/л	ПДК, мг/л
1	1,3	37	1,2	1,4	Береговой	Кульг-быт	1500	250	15	1
2	1,3	37	1,2	1,4	Береговой	Хоз-пит	2500	1000	10	2
3	1,3	37	1,2	1,4	Береговой	Рыбохоз	-	300	14	1
4	1,5	37	1,2	1,4	Береговой	Кульг-быт	1600	450	10	0,4
5	1,5	37	1,2	1,4	Береговой	Хоз-пит	1800	600	5	0,5
6	1,7	37	1,2	1,4	Береговой	Рыбохоз	-	200	20	1
7	1,9	37	1,3	1,4	Береговой	Кульг-быт	2500	1000	25	2
8	2,1	37	1,3	1,4	Береговой	Хоз-пит	2300	1100	16	2
9	2,1	37	1,3	1,4	Береговой	Рыбохоз	-	250	15	2
10	2,0	37	1,3	1,4	Береговой	Кульг-быт	1900	800	20	3
11	2,0	37	1,3	1,4	Береговой	Хоз-пит	1700	500	25	5
12	2,3	37	1,3	1,4	Русловый	Рыбохоз	-	500	30	2
13	2,3	37	1,4	1,4	Русловый	Кульг-быт	2000	800	24	1
14	1,7	37	1,4	1,4	Русловый	Хоз-пит	2200	800	18	4
15	1,8	37	1,2	1,4	Русловый	Рыбохоз	-	450	2	1

## Варианты заданий к работе 8

№ вар	Регион расположения предприятия	Площадь промплощадки, га	Площадь с определенным покрытием, га			Кол-во моек в году
			Кровли и асфальт	Территории с грунтовым покрытием	Газоны	
1	Архангельск	54,50	11,20	23,00	20,30	100
2	Уфа	22,06	3,05	11,23	7,78	95
3	Калининград	124,23	12,50	29,50	82,23	120
4	Петрозаводск	3,06	2,01	0,56	0,49	120
5	Кемерово	14,36	3,60	6,52	4,24	60
6	Воркута	12,23	4,10	3,62	4,51	55
7	Печора	25,06	2,50	13,05	9,51	55
8	Красноярск	6,02	3,10	1,57	1,35	60
9	Санкт-Петербург	3,05	1,50	1,02	0,53	120
10	Москва	11,48	4,60	2,39	4,49	125
11	Мончегорск	10,95	2,65	3,69	4,61	65
12	Оренбург	9,56	3,59	2,51	3,46	160
13	Пермь	18,40	5,50	5,49	7,41	130
14	Уренгой	16,09	6,32	3,76	6,01	55
15	Челябинск	23,67	7,79	9,62	6,26	130

Приложение 8

Варианты заданий к работе 9

№ вар	Загрязняемый водный объект	Сбрасываемые вещества	$C_b$ , мг/л	$C_{доп}$ , мг/л	Расход сточных вод (г), м <sup>3</sup> /сек
1	Нева	Медь Железо Нефтепродукты	0,01 0,8 0,6	0,005 1,2 0,2	50,0
2	Нева	Медь Кобальт Никель	0,04 0,1 0,1	0,01 0,05 0,05	10,6
3	Волга	Нефтепродукты Фенолы Нитробензол	0,9 0,01 0,1	0,5 0,01 0,1	15,0
4	Волга	Нефтепродукты Формальдегид Ртуть	1,2 0,5 0,00001	0,1 0,2 0,00001	48,0
5	Урал	Масло соляное Нефтепродукты Фенол	0,3 1 0,02	0,24 1,2 0,024	1,9
6	Урал	Метанол Формальдегид Ацетон	0,9 0,05 0,03	0,6 0,06 0,03	12,2
7	Печора	Железо Медь Никель	1,5 0,006 0,5	1,2 0,01 0,1	18,0

Окончание приложения 8

№ вар	Загрязняемый водный объект	Сбрасываемые вещества	$C_p$ , мг/л	$C_{доп}$ , мг/л	Расход сточных вод (г), м <sup>3</sup> /сек
8	Печора	Железо Свинец Медь	2 0,1 0,01	0,6 0,2 0,002	28,0
9	Обь	Кобальт Никель Ртуть	0,2 0,01 0,00001	0,1 0,2 0,0002	45,3
10	Обь	Алкилсульфонаты Нефтепродукты Фенолы	5 1 0,3	10 1 0,02	50,0
11	Енисей	Медь Кадмий Кобальт	0,005 0,03 0,01	0,003 0,03 0,06	8,9
12	Енисей	Ацетон Нитробензол Толуол	0,2 0,2 2	0,25 0,05 2,5	11,2
13	Лена	Алкилсульфонаты Масло соляровое Фенолы	3 0,1 0,02	2,5 0,05 0,005	28,0
14	Лена	Нефтепродукты Фенолы Мышьяк	2 0,3 0,03	1,5 0,03 0,6	26,0
15	Амур	Никель Ртуть Свинец	0,02 0,0003 1,5	0,2 0,0002 2	37,7

Варианты заданий к работам 10, 11

№ вар.	$v_{\text{вп}}$	$L_{\text{Фво}}$	$h_{\text{сл}}$	$\beta$	Характеристика почв до / после нарушения					
					$pH$	$G, \%$	$L$	$N, \%$	$P, \%$	$K, \%$
1	50	640	1,5	30	7,0/4,5	9,0/3,4	40/20	2,0/0,26	3,0/1,0	3,5/0,9
2	110	950	0,8	27	6,5/5,0	8,5/2,5	30/15	2,1/0,35	2,5/1,5	2,8/1,9
3	90	1100	1,0	24	5,4/3,2	9,0/5,5	45/30	2,5/0,80	0,8/0,5	3,0/1,0
4	30	400	0,9	22	7,0/3,0	7,5/6,0	40/25	2,0/0,26	1,5/1,0	3,2/1,5
5	50	530	1,2	25	6,8/4,9	9,0/5,0	25/10	2,1/0,35	2,2/1,8	2,0/0,8
6	70	800	1,1	28	7,0/4,5	7,5/6,0	20/15	2,5/0,80	3,0/1,0	3,5/0,9
7	60	650	1,6	32	6,5/5,0	9,0/5,0	35/20	2,0/0,26	2,5/1,5	2,8/1,9
8	60	700	0,4	24	5,4/3,2	9,0/3,4	30/15	2,1/0,35	0,8/0,5	3,0/1,0
9	100	1000	0,3	22	7,0/3,0	8,5/2,5	45/30	2,5/0,80	1,5/1,0	3,2/1,5
10	90	600	0,9	25	6,8/4,9	9,0/5,5	40/25	2,0/0,26	2,2/1,8	2,0/0,8
11	85	950	1,1	28	7,0/3,0	7,5/6,0	25/10	2,1/0,35	3,0/1,0	3,5/0,9
12	115	1100	1,1	28	6,8/4,9	9,0/5,0	20/15	2,5/0,80	2,5/1,5	2,8/1,9
13	45	400	1,6	32	7,0/4,5	9,0/3,4	20/15	2,0/0,26	0,8/0,5	3,0/1,0
14	50	550	0,4	24	6,5/5,0	8,5/2,5	35/20	2,1/0,35	1,5/1,0	3,2/1,5
15	60	650	0,3	22	5,4/3,2	9,0/5,5	30/15	2,5/0,80	2,2/1,8	2,0/0,8

Стоимость  $1 \text{ м}^3$  почв – 350 руб/ $\text{м}^3$ ; норматив стоимости нарушенных земель – 125 тыс.руб/га; норматив разубоживания (засорения) почв – 0,08, объёмный вес почвы –  $1,7 \text{ т/м}^3$ .

Варианты заданий к работе 12

Вариант	$V, \text{ м}^3$	$F, \text{ м}^2$	$n$	Порода
1	0,170	45	30	Пески
2	0,171	46	31	Супеси
3	0,172	47	32	Суглинки
4	0,173	48	33	Пески
5	0,174	49	34	Супеси
6	0,175	50	35	Суглинки
7	0,176	51	36	Пески
8	0,177	52	37	Супеси
9	0,178	53	38	Суглинки
10	0,179	54	39	Пески
11	0,180	55	40	Супеси
12	0,181	56	39	Пески
13	0,183	57	38	Супеси
14	0,185	58	37	Суглинки
15	0,187	59	36	Пески

## Варианты заданий к работе 13

Вариант	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$V_u$
1	25	450	1600	300
2	26	460	1650	305
3	27	470	1700	310
4	28	480	1750	315
5	29	490	1800	320
6	30	500	1600	315
7	25	490	1650	310
8	26	480	1700	305
9	27	470	1750	300
10	28	460	1800	305
11	29	450	1600	310
12	30	460	1650	315
13	25	470	1700	320
14	26	480	1750	315
15	27	490	1800	310

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение .....</b>	<b>3</b>
<b>Тема 1. Расчёт выбросов вредных веществ в атмосферу при ведении открытых горных работ .....</b>	<b>4</b>
Работа 1. Расчёт валовых выбросов вредных веществ при буровых работах .....	4
Работа 2. Расчёт валовых выбросов вредных веществ при взрывных работах .....	7
Работа 3. Расчёт валовых выбросов вредных веществ при погрузочно-разгрузочных работах.....	10
Работа 4. Расчёт валовых выбросов вредных веществ при транспортировании горной массы .....	13
Работа 5. Расчёт валовых выбросов вредных веществ при отвалообразовании .....	17
Работа 6. Расчет диаметра и высоты трубы факельной установки.....	19
<b>Тема 2. Загрязнение поверхностных водных объектов.....</b>	<b>28</b>
Работа 7. Разбавление сточных вод. Определение нормативов пдс загрязняющих веществ.....	28
Работа 8. Расчёт расхода поверхностных сточных вод .....	30
Работа 9. Оценка экологического ущерба от загрязнения поверхностных вод .....	33
<b>Тема 3. Воздействие горного производства на литосферу.....</b>	<b>37</b>
Работа 10. Снятие почвенного слоя для подготовки территории к ведению горных работ .....	37
Работа 11. Экономическая оценка ущерба от нарушения почв горными работами .....	39
Работа 12. Расчет инфильтрации нефти при прорыве внутрипромыслового нефтепровода.....	42
Работа 13. Расчет объема шламового амбара.....	44
<b>Заключение.....</b>	<b>49</b>
<b>Библиографический список .....</b>	<b>50</b>
<b>Приложение 1 .....</b>	<b>51</b>
<b>Приложение 2 .....</b>	<b>52</b>
<b>Приложение 3 .....</b>	<b>53</b>
<b>Приложение 4 .....</b>	<b>54</b>



<b>Приложение 5.....</b>	<b>55</b>
<b>Приложение 6.....</b>	<b>56</b>
<b>Приложение 7.....</b>	<b>57</b>
<b>Приложение 8.....</b>	<b>58</b>
<b>Приложение 9.....</b>	<b>60</b>
<b>Приложение 10.....</b>	<b>61</b>
<b>Приложение 11.....</b>	<b>62</b>

## **ЭКОЛОГИЯ**

*Методические указания к самостоятельной работе  
для студентов бакалавриата направлений  
15.03.01, 21.03.01, 22.03.01 и специальности 21.05.03*

Сост.: *В.С. Кузнецов, А.В. Стриженов, Д.С. Корельский*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой  
геоэкологии

Ответственный за выпуск *В.С. Кузнецов*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 27.02.2019. Формат 60×84/16.

Усл. печ. л. 3,7. Усл.кр.-отт. 3,7. Уч.-изд.л. 3,0. Тираж 150 экз. Заказ 150. С 59.

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