

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Практикум

Казань 2023

УДК 574

ББК 20.1

Э 40

Э40 Промышленная экология : практикум / составители : Е. В. Серазеева, А. В. Демин, Э. Р. Бариева и др. – Казань : КГЭУ, 2023. – 59 с.

Практикум содержит основные теоретические сведения, расчетные методики, задания и рекомендации для приобретения практических навыков решения актуальных задач в области экологии, оценки и снижения негативного воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду.

Предназначен для обучающихся по образовательным программам всех направлений подготовки.

УДК 574

ББК 20.1

ВВЕДЕНИЕ

Важное место в становлении человека как высокоразвитой личности занимает экологическое воспитание. Это определяется угрозой глобального экологического кризиса, пути преодоления которого невозможно осуществить без нормального функционирования всех составляющих биосферы: растительного и животного мира, воды и воздуха.

Необходимость охраны окружающей природной среды признана правительствами всех стран. Многие вопросы подкреплены государственными и федеральными законами, знание и изучение которых – неотъемлемая часть экологического образования. Вопросы глобальных климатических изменений, поднятые еще в конце прошлого столетия, до сих пор не решены. В их решении свою роль необходимо сыграть будущим специалистам, выпускникам вуза.

Основной задачей дисциплины «Экология» является ознакомление обучающихся с концептуальными основами экологии как современной комплексной фундаментальной науки об экосистемах и биосфере, глобальной экологии, системном подходе к ее изучению, а также формирование экологического мировоззрения на основе знания особенностей сложных живых систем.

При изучении данной дисциплины у обучающихся формируется способность определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений [1–6].

В результате обучающийся должен:

знать:

- законы функционирования биологических систем, проблемы взаимодействия общества с окружающей средой;
- основные принципы экологической безопасности, рационального природопользования, энерго- и ресурсосбережения;
- нормативно-правовую базу и основные направления государственной политики в области охраны окружающей среды, энерго- и ресурсосбережения;
- технологии переработки и утилизации отходов производства и потребления;
- современные методы и средства защиты окружающей среды;
- экономические аспекты охраны окружающей среды;

уметь:

- оценивать потенциальную опасность объекта с точки зрения воздействия на окружающую среду;

- осуществлять выбор методов очистки промышленных выбросов, сбросов, а также способов переработки и утилизации отходов на основе анализа научно-технической литературы;

- принимать решения с учетом возможного воздействия объектов на окружающую среду и требований энерго- и ресурсосбережения на основе существующей нормативно-правовой базы;

владеть:

- навыками использования экологических знаний в быту и на производстве;

- терминологией в области охраны окружающей среды, рационального природопользования, энерго- и ресурсосбережения;

- основными подходами к оценке качества окружающей среды и эффективности экологических мероприятий.

Продолжительность каждого практического занятия – 2 часа.

Результаты выполнения практических заданий оформляются обучающимися в форме отчета, включающего:

- фамилию И.О., номер группы обучающегося, дату выполнения;

- тему занятия и номер варианта исходных данных;

- исходные данные;

- основные расчетные формулы и численные результаты;

- краткие выводы.

Практическое занятие № 1

Проблемы роста численности населения и дефицита природных ресурсов

Цель – формирование знаний и навыков прогнозирования общей численности и естественного прироста населения.

Краткие теоретические сведения

Проблемы сохранения среды обитания всегда рассматривались человеком только после решения основного вопроса, главного для человечества, – вопроса производства пищи. В последние годы производство пищи увеличивается примерно на 3 % в год соответственно темпу прироста населения. Очевидно, что процесс производства пищи влечет за собой истощение ресурсов, загрязнение и разрушение окружающей среды. Однако определяющим фактором в данном вопросе является численность населения Земли (табл. 1).

Таблица 1

Численность населения Земли¹

Период	Численность населения, чел.
10 тыс. лет назад	10 млн
Начало нашей эры	200 млн
1650 г.	500 млн
Начало XIX в	1 млрд
Начало XX в	2 млрд
Начало XXI в	Более 6 млрд

Примечание – ¹ по данным отдела народонаселения департамента по экономическим и социальным вопросам ООН.

Демографические показатели: половозрастной состав, рождаемость, смертность, естественный прирост – являются важнейшей характеристикой населения, отражающей влияние социально-экономических процессов на здоровье общества, и существенно зависят от уровня здравоохранения и качества окружающей среды.

Ключевой фактор, определяющий диспропорции в темпах прироста населения, – *суммарный коэффициент рождаемости* (СКР): это среднее число детей, которое рождает женщина в течение жизни (статистические

данные). Если $СКР = 2$, то обеспечивается неизменная численность населения, так как два ребенка заменят отца и мать, когда те умрут. Если $СКР < 2$, то наблюдается снижение численности населения, потому что родительское поколение будет замещено не полностью. При $СКР > 2$ будет наблюдаться рост населения, так как число родителей будет возрастать с каждым поколением.

Практически во всех странах рождение и смерть людей регистрируются. Для сравнения прироста в разных странах рассчитывают среднее число рождений и смертей на 1000 человек в год (табл. 2). Эти показатели называют общим коэффициентом рождаемости (ОКР) и общим коэффициентом смертности (ОКС) соответственно. Данные показатели не учитывают, какую часть населения страны составляют пожилые и молодые люди, мужчины и женщины.

Общий коэффициент рождаемости рассчитывается как отношение количества детей, родившихся за определенный период времени, к средней численности населения:

$$ОКР = \frac{\text{Количество детей}}{\text{Средняя численность населения}} \cdot 1000. \quad (1)$$

Общий коэффициент смертности определяется как отношение количества людей, умерших за определенный период времени, к средней численности населения:

$$ОКС = \frac{\text{Количество умерших людей}}{\text{Средняя численность населения}} \cdot 1000. \quad (2)$$

Естественный прирост вычисляется как разность между ОКР и ОКС:

$$ЕП = ОКР - ОКС. \quad (3)$$

Как правило, принимают допущение, что суммарный рост населения происходит по экспоненте. При этом, как следует из табл. 2, в развивающихся странах наблюдается чрезвычайно интенсивный рост, а в развитых странах он практически отсутствует. В настоящее время основной демографический потенциал имеют именно развивающиеся страны, в которых большой удельный вес в популяции приходится на молодых людей.

Рост населения сводит нивелирует результаты экономического роста и усугубляет в развивающихся странах долговой кризис.

Среди основных причин демографического взрыва в развивающихся странах можно назвать:

- снижение детской смертности;
- переход от *пререпродуктивной* смертности (смерть человека до появления у него детей) к *пострепродуктивной*.

Таблица 2

Пример демографических показателей

Страна	СКР	ОКР	ОКС	ЕП
<i>Развитые страны</i>				
США	2,6	12,8	8,1	4,7
Япония	1,37	8,2	10,1	– 1,9
Германия	1,31	8,5	11,3	– 2,8
Испания	1,25	10,4	8,2	2,2
Франция	1,79	12,9	8,7	4,2
<i>Развивающиеся страны</i>				
Индия	2,98	22,9	7,2	15,7
Китай	1,69	12,7	7,1	5,6
Бразилия	2,05	15,9	6,5	9,4
Чили	2,13	15,3	5,6	9,7
Ангола	4,9	47,2	15,1	32,1
Россия	1,32	13	13	0

Причины различия показателей рождаемости в высокоразвитых и развивающихся странах:

- а) в аграрных семьях (развивающиеся страны) дети – это подспорье, в городских – дополнительная ответственность и нагрузка;
- б) в аграрных обществах люди надеются только на себя и свою семью и не имеют никаких гарантий в старости. В развитых странах есть социальные программы, обеспечивающие людям жизнь в старости;
- в) в развитых странах люди стремятся получить образование и профессиональную квалификацию, поэтому не спешат обзаводиться семьей в ранней молодости;
- г) в слаборазвитых странах женщины не имеют равных с мужчинами прав, основным их предназначением является рождение детей;
- д) религиозные верования и традиции;
- е) доступность контрацептивных средств.

В качестве примера выполним прогноз общей численности населения для Великобритании через 100 лет.

Пример расчета

Исходные данные и задание

Страна – Великобритания; СКР = 1,75; ДСКР = – 0,02; национальный доход на душу населения – 8920 долл.

Выполните прогноз общей численности населения и естественного прироста через 100 лет при заданном СКР. При этом считайте, что дети рождаются у женщин в возрасте 21 – 30 лет, женщины в заданной возрастной группе составляют 50 %, продолжительность жизни – 70 лет. Расчет ведите с шагом 10 лет.

Порядок расчета

1. Исходный состав населения выбираем исходя из уровня развития страны (табл. 3): страна относится к высокоразвитым (ВР) при национальном доходе на душу населения более 6000 долл.; к умеренно развитым (УР) – от 1000 до 6000 долл.; к слаборазвитыми (СР) – менее 1000 долл.

Таблица 3

Связь уровня развития страны и возрастного состава населения

Уровень развития страны	Количество людей, в возрасте, тыс. чел.						
	0–10	11–20	21–30	31–40	41–50	51–60	61–70
ВР	6	6	6	6	5,5	5	3
УР	11	9	7	6	5	4	3
СР	15	13	11	8	6	4	3

2. По табл. 3 выбираем исходный состав населения для высокоразвитых стран (национальный доход на душу населения в Великобритании – 8920 долл.).

3. Проведем расчет для первого десятилетия.

Количество женщин в возрастной группе 21–30 лет составляет 50 % от общего количества людей:

$$6000 \cdot 0,5 = 3000 \text{ чел.} \quad (1)$$

Определим число детей, родившихся у них, за 10 лет:

$$\text{СКР} \cdot 3000 = 1,75 \cdot 3000 = 5250 \text{ чел.} \quad (2)$$

За этот же период умерло 3000 чел. (люди, которые находились в возрастной группе 61–70 лет и за 10 лет превысили порог 70-летия).

Таким образом, общая численность населения:

$$520 + 6000 + 6000 + 6000 + 6000 + 5000 + 5000 = 39250 \text{ чел.} \quad (3)$$

Определим основные показатели по формулам (1)–(3):

$$\text{ОКР} = \frac{5250}{39250} \cdot 1000 = 134;$$

$$\text{ОКС} = \frac{3000}{39250} \cdot 1000 = 76;$$

$$\text{ЕП} = 134 - 76 = 58.$$

4. Проведем расчет для следующего десятилетия.

Дети (6000 чел.) из возрастной группы 0–10 лет через 10 лет перейдут в возрастную группу 11–20 лет, а из возрастной группы 11–20 (6000 чел.) перейдут в возрастную группу 21–30 лет и т.д.

В следующие 10 лет СКР уменьшится на величину ДСКР и составит:

– количество женщин:

$$1,75 - 0,02 = 1,73.$$

– число родившихся детей:

$$1,73 \cdot 6000 \cdot 0,5 = 5190 \text{ чел.}$$

Количество умерших людей – 5000 чел. Общая численность людей – 39440 чел.

$$\text{ОКР} = \frac{5190}{39440} \cdot 1000 = 132;$$

$$\text{ОКС} = \frac{5000}{39440} \cdot 1000 = 127;$$

$$EP = 132 - 127 = 5.$$

Результаты расчетов приведены в табл. 4.

Таблица 4

Результаты расчетов

Время, лет	ΔСКР	Количество людей, тыс. чел., в возрасте, лет							Общая численность, тыс. чел.	Умерло, тыс. чел.	ОКР	ОКС	ЕП
		0–10	11–20	21–30	31–40	41–50	51–60	61–70					
0	1,75	6	6	6	6	5	5	3	37	—	—	—	—
10	1,73	5,25	6	6	6	6	5	5	39,25	3	134	76	58
20	1,71	5,19	5,25	6	6	6	6	5	39,44	5	132	127	5
30	1,69	5,13	5,19	5,25	6	6	6	6	39,57	5	130	126	4
40	1,67	4,44	5,13	5,19	5,25	6	6	6	39,01	6	114	128	–14
50	1,65	4,33	4,44	5,13	5,19	5,25	6	6	36,34	6	116	160	–44
60	1,63	4,23	4,33	4,44	5,13	5,19	5,25	6	34,57	6	119	169	–50
70	1,61	3,62	4,23	4,33	4,44	5,13	5,19	5,25	32,19	6	109	181	–72
80	1,59	3,40	3,62	4,23	4,33	4,44	5,13	5,19	30,34	5,25	108	167	–59
90	1,57	3,36	3,40	3,62	4,23	4,33	4,44	5,13	28,51	5,19	114	176	–62
100	1,55	2,84	3,36	3,40	3,62	4,23	4,33	4,44	26,22	5,13	104	188	–84

Выводы

1. Прогнозируется уменьшение численности населения Великобритании за следующие 100 лет в 1,4 раза.

2. Изменение состава населения: дети – количество уменьшилось; работающие – количество практически не изменилось; пенсионеры – количество увеличилось.

Человечество не научилось создавать и применять технологии, которые удовлетворяют все его потребности и в то же время не наносят вред природе. Значительная доля продовольствия сейчас производится способами, наносящими вред окружающей среде. Поэтому многие специалисты считают, что перед человечеством сейчас стоят три основные задачи:

- повышение эффективности использования природных ресурсов;
- более справедливое распределение этих ресурсов;

- повсеместное сокращение уровня потребления.

Если эти задачи не будут решены, следует ожидать тяжелых социальных и международных конфликтов.

Ситуация в современном мире столь сложна и неоднозначна, что невозможно давать какие-то точные рекомендации по выходу из нее. Можно только обозначить направления, в которых необходимо прилагать основные усилия мирового сообщества.

1. Максимум усилий во всем мире необходимо направить на решение проблемы планирования семьи. Для этого нужно принять определенные меры по повышению культурного и образовательного уровня всего населения планеты. Причем особое внимание должно уделяться женщинам, их общественному статусу и правам.

2. В области сельского хозяйства необходимо направить все усилия биотехнологий на повышение продуктивности зерновых культур и их устойчивости к заражению вирусами и различными вредителями.

3. Внедрение новых ресурсосберегающих технологий должно уменьшить нагрузку на окружающую среду. Однако успех технологий не должен внушать мысль, что проблему ограниченности ресурсов можно избежать, а, следовательно, способствовать расширению границ потребления.

4. Следует развивать международную торговлю, которая позволяет странам с ограниченными природными ресурсами поддерживать уровень жизни населения за счет импорта из стран, где такие ресурсы имеются в изобилии. При этом необходимо учитывать, что международная торговля может приносить как положительный, так и отрицательный эффект. С одной стороны, она может помочь стране преодолеть кризис «несущей способности» путем ввоза недостающих ресурсов, с другой стороны, она может стимулировать рост несбалансированного потребления, создавая иллюзию неограниченности ресурсов, чем способствовать возникновению экологически напряженных ситуаций в других регионах, удаленных от мест потребления ресурсов.

Каждое из рассмотренных направлений может быть расширено и уточнено, могут появиться и другие способы выхода из сложившегося кризисного состояния. Очевидно одно: человечество должно предпринимать значительные усилия для преодоления ситуации, причиной которой во многом явилось оно само.

Задание

Выполните прогноз общей численности населения и естественного прироста через 100 лет при заданном СКР (табл. 5).

При этом считайте, что дети рождаются у женщин в возрасте 21–30 лет, женщины в заданной возрастной группе составляют 50 %, продолжительность жизни – 70 лет. Расчет ведите с шагом 10 лет.

Таблица 5

Национальный доход на душу населения в некоторых странах
(на примере базы данных World Development Indicators)

Номер варианта	Страна	Национальный доход на душу населения, долл.	СКР	ΔСКР
1	Германия	12080	1,31	+0,01
2	Япония	12850	1,37	+0,01
3	США	17500	2,06	–0,01
4	Сингапур	5200	1,5	–0,01
5	Австралия	11910	1,77	–0,02
6	Гонконг	5050	2,05	–0,03
7	Южная Корея	2370	2,1	–0,04
8	Греция	4150	2,2	–0,03
9	Китай	1300	1,69	–0,01
10	Аргентина	2350	2,33	–0,05
11	Бразилия	1810	2,05	–0,02
12	Шри-Ланка	300	3,5	–0,13
13	Таджикистан	1420	3,7	–0,14
14	Туркмения	1800	4,09	–0,15
15	Колумбия	700	3,8	–0,16
16	Мексика	1850	2,58	–0,03
17	Индия	270	2,98	–0,06
18	Нигерия	850	5,9	–0,3
19	Филиппины	800	3,35	–0,15
20	Пакистан	350	4,25	–0,2
21	Эфиопия	120	7,0	–0,5
22	Кения	300	8,0	–0,6
23	Руанда	290	8,5	–0,65

24	Перу	2200	4,5	–0,25
25	Сальвадор	900	5,5	–0,35
26	Иордания	1400	7,3	–0,5
27	Испания	7200	1,25	+0,02
28	Австрия	9300	1,4	+0,01
29	Франция	10100	1,89	–0,01
30	Йемен	750	7,6	–0,6

Контрольные вопросы

1. Какова динамика численности населения мира в XX веке?
2. Каковы тенденции в изменении численности населения России?
3. Что такое естественный и миграционный прирост?
4. Назовите основные структуры населения. Каким образом возрастная структура связана с типом воспроизводства населения?

Практическое занятие № 2

Расчет платы за использование природных ресурсов

Цель – формирование практических навыков по платежам за использование природных ресурсов и загрязнение окружающей среды.

Краткие теоретические сведения

Основными экономическими инструментами обеспечения экологической безопасности являются:

- платежи за использование природных ресурсов, загрязнение окружающей среды и размещение отходов;
- штрафы;
- льготное налогообложение;
- субсидии и льготное кредитование;
- ускоренная амортизация фондов природоохранного назначения;
- продажа прав на загрязнение.

Плата за право пользования природным ресурсом – это цена потребляемого количества ресурса или услуги, оказываемой при их использовании. Плата за пользование природными ресурсами взимается в составе налогов, арендной платы или в иных формах, предусмотренных законодательством.

При установлении платности за пользование природными ресурсами ставились следующие задачи:

- повышение заинтересованности производителя в эффективном использовании природных ресурсов и земель;
- повышение заинтересованности в сохранении и воспроизводстве материальных ресурсов;
- получение дополнительных средств на восстановление и воспроизводство природных ресурсов.

Общее природопользование осуществляется гражданами бесплатно.

Система платежей согласно положениям Закона РФ «Об охране окружающей среды» предусматривает **два вида платежей**:

- за право пользования природными ресурсами;
- за загрязнение окружающей среды.

Цель платного природопользования:

- рациональное и комплексное использование природных ресурсов;
- стимулирование деятельности по охране окружающей среды;
- выравнивание социально-экономических условий хозяйствования при использовании природных ресурсов;
- формирование специальных фондов финансирования по охране и воспроизводству природных ресурсов.

Плата за природные ресурсы является издержками предприятия, связанными с их использованием и рассчитанными в соответствии с действующей в стране методикой. Она включает плату за:

- право пользования ресурсами;
- выплаты за сверхлимитное и нерациональное использование природных ресурсов;
- выплаты на воспроизводство и охрану природных ресурсов.

Платежи устанавливаются с учетом кадастровой оценки природных ресурсов, а при ее отсутствии – применяют другие показатели, характеризующие качество природных ресурсов, их местоположение и продуктивность.

Формы платежей за природные ресурсы в зависимости от их вида и назначения могут быть различными.

Платежи за природные ресурсы поступают в местный бюджет (города или района), в фонды воспроизводства и охраны природных ресурсов. Эти платежи повышают материальную заинтересованность природопользователя в сохранении ресурсов и их рациональном использовании.

Таблица 6

Объекты и виды платежей за природные ресурсы

Объект	Вид платежа
Земля	Земельный налог Арендная плата Нормативная цена земли
Недра	Платежи за пользование недрами Отчисления на воспроизводство минерально-сырьевой базы Акцизы Сбор за участие в конкурсе (аукционе) и выдачу лицензий Плата за геологическую информацию о недрах, полученную за счет государственных средств
Вода	Плата за пользование водными объектами (водный налог) Плата, направляемая на восстановление и охрану водных объектов Сбор за выдачу лицензий на водопользование
Лес	Лесные подати (налог) Арендная плата
Растительные ресурсы	За сбор лекарственных трав и сырья За сбор не древесных ресурсов За заготовку технического сырья
Ресурсы животного мира	Плата за право пользования животным миром Арендная плата за пользование охотничьими угодьями

Пример расчета

Исходные данные и задание

Рассчитайте плату за воду, израсходованную предприятием, исходя из следующих условий:

1) объем израсходованной водопроводной воды – $8200 \text{ м}^3/\text{год}$, в том числе безвозвратно – $300 \text{ м}^3/\text{год}$;

2) объем израсходованной неочищенной воды из подземных источников – $3650 \text{ м}^3/\text{год}$;

3) установлены лимиты на водопроводную (очищенную) воду в объеме $9000 \text{ м}^3/\text{год}$, на артезианскую – $3000 \text{ м}^3/\text{год}$;

4) тарифы на воду: $T_{\text{вдпр}} = 28,4 \text{ руб./м}^3$, $T_{\text{артез}} = \text{примерно } 16,84 \text{ руб./м}^3$.

Плата за всю израсходованную предприятием воду будет соответствовать сумме

$$\Pi_{\text{в}} = \Pi_{\text{в.вдпр}} + \Pi_{\text{в.артез}} \quad (4)$$

Порядок расчета

1. Расчет платы за водопроводную воду.

Так как водопроводной воды было израсходовано меньше установленного лимита ($8200 < 9000$), то оплата производится по тарифам с учетом повышения на 1,25 на безвозвратно израсходованную воду по формуле

$$\Pi_{\text{в.вдпр}} = (V_{\text{израсх.вдпр}} - V_{\text{безвозвр.}})T_{\text{вдпр}} + 1,25T_{\text{вдпр}}V_{\text{безвозвр.}} \quad (5)$$

Следовательно, плата за водопроводную воду составит

$$\Pi_{\text{в.вдпр}} = (8200 - 300) \cdot 28,4 + 1,25 \cdot 28,4 \cdot 300 = 235010 \text{ руб./год.}$$

2. Расчет платы за артезианскую неочищенную воду.

Артезианской воды израсходовано свыше установленных лимитов ($3650 > 3000$), поэтому расчет проводим по формуле

$$\Pi_{\text{в.вдпр}} = 3000 \cdot 16,84 + (3650 - 3000) \cdot 5 \cdot 16,84 = 105250 \text{ руб./год.}$$

Выводы

С экономической точки зрения целесообразным является реализация организационных и технических мероприятий по снижению водопотребления, в том числе при установке локальных систем очистки и повторного использования воды.

Задание

Рассчитайте плату за воду, израсходованную предприятием за год, исходя из следующих тарифов на воду: $T_{\text{вдпр.}} - 28,4 \text{ руб./м}^3$; $T_{\text{артез.}} - 16,84 \text{ руб./м}^3$; $T_{\text{поверхн.}} - 6,34 \text{ руб./м}^3$ (исходные данные для расчета приведены в табл. 7).

Таблица 7

Исходные данные для расчета платы за воду

Номер варианта	Объем израсходованной воды, м ³ /год					Лимит, м ³ /год		
	водопроводной $V_{\text{вдпр}}$		неочищенной из подземных источников $V_{\text{артез}}$		неочи- щенной поверх- ностной $V_{\text{поверхн}}$	$V_{\text{вдпр}}$	$V_{\text{артез}}$	$V_{\text{поверхн}}$
	всего	в том числе безвоз- вратно	всего	в том числе безвоз- вратно	всего			
1	7600	200	1300		600	8000	1000	900
2	85400	6200	10700	1100	—	82000	15000	—
3	14500	615	800	20	160	15000	700	500
4	5900	25	—	—	510	5700	—	1000
5	71600	1300	15000	100	2000	70000	20000	2500
6	30050	690	1200	—	5400	25000	2000	10000
7	2800	220	5000	1116	—	3000	4500	—
8	47500	12700	1100	—	2400	46500	3000	5000
9	11250	30	550	100	400	11500	600	300
10	12000	2100	5600	750	3200	11000	5700	10000

Контрольные вопросы

1. Какие виды платы за пользование природными ресурсами существуют?
2. Какова цель платного природопользования?
3. Как и кем устанавливаются платежи за природные ресурсы?

Практическое занятие № 3

Расчет максимальной концентрации вредных веществ при выбросе нагретой газовой смеси из одиночного точечного источника

Цель – получение практических навыков расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий.

Краткие теоретические сведения

Наряду с предельно допустимой концентрацией (ПДК) для каждого загрязняющего вещества (ЗВ) для источника выбросов в атмосферу устанавли-

ливается предельно допустимый выброс (ПДВ) исходя из условия, что выбросы от данного источника и совокупности источников населенного пункта с учетом развития промышленных предприятий не создадут концентрацию, превышающую ПДК [1]. При установлении ПДВ для какого-либо источника загрязнений необходимо учитывать фоновую концентрацию от остальных источников загрязнения, действующих в данной местности. Предельно допустимый выброс измеряется в граммах в секунду (г/с).

Основой для проведения работ по нормированию выбросов ЗВ в атмосферный воздух являются результаты инвентаризации стационарных источников и этих выбросов ЗВ (в отношении действующих хозяйствующих субъектов) и данные проектной документации (в отношении вводимых в эксплуатацию новых и (или) реконструируемых хозяйствующих субъектов).

При определении нормативов выбросов ЗВ применяют методы расчетов [2].

Максимальная приземная разовая концентрация ЗВ C_m , мг/м³, при выбросе газовой смеси (ГВС) из одиночного точечного источника с круглым устьем достигается при опасной скорости ветра u_m на расстоянии x_m от источника выброса и определяется по формуле:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}, \quad (6)$$

где A – коэффициент, учитывающий рассеивающие свойства атмосферы, которые определяются климатической зоной; M – расход выбрасываемого в атмосферу вещества (мощность выброса), г/с; F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания ЗВ в атмосферном воздухе (для газообразных веществ $F = 1$, для оксидов $F = 1,5$, для пыли $F = 3$; m, n – коэффициенты, учитывающие условия выхода ГВС из устья источника выброса; η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности (в случае местности с перепадом высот не более 50 м на 1 км $\eta = 1$); H – высота трубы, м; V_1 – расход ГВС, определяемый по формуле (7), м³/с; ΔT – разность между температурой выбрасываемой ГВС T_r и температурой атмосферного воздуха T_b , °С.

$$V_1 = \frac{\pi D^2 w_0}{4}, \quad (7)$$

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

Значение коэффициента A , соответствующее неблагоприятным метеорологическим условиям, при которых концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе максимальна, принимается равным:

- а) 250 – для Республики Бурятия и Забайкальского края;
- б) 200 – для районов европейской территории Российской Федерации южнее 50° с.ш., остальных районов Нижнего Поволжья, азиатской территории Российской Федерации, кроме указанных в пп. а) и в);
- в) 180 – для европейской территории Российской Федерации и Урала от 50° с.ш. до 52° с.ш. включительно, за исключением попадающих в эту зону районов, перечисленных в пп. а) и б), а также для районов азиатской территории Российской Федерации, расположенных к северу от Полярного круга и к западу от меридиана 108° в.д.;
- г) 160 – для европейской территории Российской Федерации и Урала севернее 52° с.ш. (за исключением центра европейской территории Российской Федерации);
- д) 140 – для Владимирской, Ивановской, Калужской, Московской, Рязанской и Тульской областей.

Значения коэффициентов m и n определяются в зависимости от параметров, характеризующих свойства источника выброса v_M , v'_M , f и f_e :

$$v_M = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}}, \quad (8)$$

$$v'_M = 1,3 \cdot \frac{w_0 \cdot D}{H}, \quad (9)$$

$$f = 1000 \cdot \frac{w_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}, \quad (10)$$

$$f_e = 800 \cdot (v'_M)^3. \quad (11)$$

Коэффициент m определяется в зависимости от значения f по формулам (12а) или (12б):

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}} \quad \text{при } f < 100, \quad (12a)$$

$$m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}} \quad \text{при } f \geq 100. \quad (12б)$$

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

Коэффициент n при $f < 100$ определяется в зависимости от значения v_M по формулам (13а)–(13в):

$$n = 4,4 \cdot v_M \quad \text{при } v_M < 0,5, \quad (13a)$$

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

$$n = 1 \quad \text{при } v_M \geq 2. \quad (13в)$$

Если вместо значения C_M использовать значение ПДК конкретного вещества, то из формулы (6) можно получить предельное значение мощности выбросов M данного вещества, т. е. предельно допустимый выброс. Таким образом, регламентация выбросов в атмосферу осуществляется путем установления ПДВ вредных веществ.

Пример расчета

Исходные данные и задание

По заданным характеристикам источника загрязнения (табл. 8) рассчитайте максимальную концентрацию вредных веществ.

Таблица 8

Характеристики источника загрязнения

Вредное вещество в выбросе	M , г/с	V_3 , м ³ /с	ΔT , °С	H , м	D , м	A	F	ПДК, мг/м ³	класс опасности
Оксид железа	20	100	20	100	4	140	1,5	0,04	3
Сажа	30						3	0,15	3
Бенз(а)пирен	10^{-3}						1	10^{-3}	1

Порядок расчета

1. Вычислим скорость ГВС на выходе из трубы:

$$w_0 = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 100}{3,14 \cdot 16} = 7,96 \text{ м/с.}$$

2. Параметр f рассчитаем по формуле (10):

$$f = 1000 \cdot \frac{w_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} = 1000 \cdot \frac{7,96^2 \cdot 4}{100^2 \cdot 20} = 1,267.$$

3. Параметр $f < 100$, следовательно, коэффициент m определяем по формуле (12а):

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}} = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{1,26} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{1,26}} = 0,87.$$

4. Параметр v_M вычисляем по формуле (8):

$$v_M = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V \cdot \Delta T}{H}} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{100 \cdot 20}{100}} = 1,764.$$

5. Коэффициент n рассчитываем по формуле (13б):

$$n = 0,532 \cdot v_M^2 - 2,13 \cdot v_M + 3,13 = 0,532 \cdot 1,764^2 - 2,13 \cdot 1,764 + 3,13 = 1,028.$$

6. В результате получаем максимальные приземные концентрации:
для оксида железа

$$C_{M1} = \frac{140 \cdot 20 \cdot 1,5 \cdot 0,87 \cdot 1,028 \cdot 1}{10000 \cdot \sqrt[3]{100 \cdot 20}} = 0,03 \text{ мг/м}^3;$$

для сажи

$$C_{M2} = \frac{140 \cdot 30 \cdot 3 \cdot 0,87 \cdot 1,028 \cdot 1}{10000 \cdot \sqrt[3]{100 \cdot 20}} = 0,09 \text{ мг/м}^3;$$

для бенз(а)пирена

$$C_{мз} = \frac{140 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 1,028 \cdot 1}{10000 \cdot \sqrt[3]{100 \cdot 20}} = 0,99 \cdot 10^{-6} \text{ мг/м}^3.$$

Выводы

По результатам расчетов значения максимальных концентраций загрязняющих веществ не превышают нормативных значений ПДК_i, следовательно, дополнительной очистки выбросов не требуется.

Задание

Рассчитайте максимальную концентрацию вредных веществ по заданным характеристикам источника загрязнения атмосферы одиночным точечным источником (табл. 9). Диаметр устья источника выброса $D = 4$ м. Коэффициент, учитывающий рассеивающие свойства атмосферы, которые определяются климатической зоной, $A = 140$.

Таблица 9

Характеристики источника загрязнения атмосферы

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
M_1 , г/с (оксид железа)	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
M_2 , г/с (сажа)	15	16	17	18	19	20	25	26	28	30
M_3 , 10^{-3} г/с (бенз(а)пирен)	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
V , м ³ /с	100	110	120	110	120	115	125	110	120	125
ΔT , °C	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
H , м	110	100	100	110	120	125	115	100	110	120

Контрольные вопросы

1. Какими параметрами определяется величина максимальной приземной концентрации вредных веществ?
2. Каким образом метеорологические условия влияют на уровень загрязнения воздуха в районе источника?
3. Что понимается под одиночным или точечным источником?
4. Каким образом максимальная приземная концентрация вредных веществ зависит от высоты выброса и его мощности?
5. Что такое горячие и холодные выбросы?
6. Что такое предельно допустимый выброс?

Практическое занятие № 4

Расчет нормативов допустимого сброса для проточного водоема

Цель – формирование практических навыков расчета нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ в водные объекты со сточными водами.

Краткие теоретические сведения

Предельно допустимая концентрация вредного вещества в воде водоемов – это максимальная концентрация вредного вещества, которая не оказывает влияния на состояние здоровья населения и последующих поколений при ее воздействии на организм человека в течение всей жизни и не ухудшает гигиенические условия водопользования населения. Состав и свойства воды в водных объектах должны соответствовать нормативам в створе реки или в радиусе 1 км от пункта водопользования для непроточных водоемов.

Предельно допустимые концентрации вредного вещества для разных категорий водопользования различны. Исходя из того, что отдельные вещества оказывают неблагоприятное воздействие на организм при попадании внутрь, а другие представляют опасность даже при контактном воздействии, для практического применения приняты различные ограничения. Поэтому при установлении ПДК разных веществ используют лимитирующие показатели вредности (ЛПВ):

- органолептический ЛПВ, учитывающий органолептические свойства воды;
- общесанитарный ЛПВ, учитывающий влияние загрязняющего вещества на общесанитарное состояние водоема, в частности на скорость протекания процессов самоочищения;
- токсикологический ЛПВ, учитывающий влияние вещества на организм человека и гидробионтов.

Лимитирующий показатель вредности не имеет количественной характеристики, но отражает приоритетность требований к качеству воды.

В водных объектах культурно-бытового и хозяйственно-питьевого назначения в основу приоритетности нормирования положены санитарно-токсикологический, общесанитарный, органолептический ЛПВ, в водных объектах рыбохозяйственного назначения – дополнительно токсикологический и органолептический.

При наличии нескольких веществ, относящихся к одной группе лимитирующего показателя вредности, должно выполняться условие:

$$\sum_{i=1}^m \frac{C_i}{C_{\text{пдк}i}} \leq 1, \quad (14)$$

где m – общее количество веществ данной группы ЛПВ, находящихся в воде исследуемого водного объекта; $C_i, C_{\text{пдк}i}$ – средняя концентрация и предельно допустимая концентрация i -го вещества в воде водотока соответственно.

Целью природоохранных мероприятий является обеспечение такого содержания загрязняющих веществ в воде, которое не окажет вредного воздействия ни на качество окружающей среды, ни на здоровье людей. Поэтому задача сводится к ограничению содержания загрязняющих веществ в сточных водах.

В соответствии с нормативами допустимого воздействия (НДВ) на водные объекты разрабатываются нормативы допустимых сбросов (НДС). Разработка НДС осуществляется в соответствии с законодательством в области охраны окружающей среды, водным законодательством в отношении загрязняющих веществ, характеризующих применяемые технологии и особенности производственного (технологического) процесса на объекте организации-водопользователя и объектах его абонентов (при наличии).

В соответствии с методикой разработки нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ в водные объекты [3] величины НДС определяются для всех категорий водопользователей как произведение максимального часового расхода сточных вод на допустимую концентрацию загрязняющего вещества.

При расчете условий сброса сточных вод сначала определяется значение допустимой концентрации загрязняющего вещества, обеспечивающее нормативное качество воды в контрольных створах, а затем вычисляется НДС согласно формуле:

$$\text{НДС} = q \cdot C_{\text{ндс}}, \quad (15)$$

где q – максимальный объемный расход сточных вод, $\text{м}^3/\text{ч}$ или $\text{м}^3/\text{с}$; $C_{\text{ндс}}$ – допустимая концентрация загрязняющего вещества, $\text{г}/\text{м}^3$.

Следует иметь в виду, что сброс массы вещества, соответствующей НДС, должен быть увязан с расходом сточной воды, так как уменьшение расхода при сохранении величины НДС приводит к концентрации вещества в водном объекте, превышающей ПДК.

Основное расчетное уравнение для определения $C_{\text{ндс}}$, без учета способности вещества изменяться в воде за счет химических и гидрологических процессов (не консервативность), имеет вид

$$C_{\text{ндс}} = n(C_{\text{пдк}} - C_{\text{ф}}) + C_{\text{ф}}, \quad (16)$$

где n – кратность общего разбавления сточных вод в водостоке, равная произведению кратности начального разбавления $n_{\text{н}}$ на кратность основного разбавления $n_{\text{о}}$, т. е. $n = n_{\text{н}} \cdot n_{\text{о}}$; $C_{\text{ф}}$ – фоновая концентрация загрязняющего вещества, определяемая выше выпуска сточных вод, г/м³.

Кратность начального разбавления $n_{\text{н}}$ учитывается при выпуске сточных вод в водостоки в следующих случаях:

а) для напорных сосредоточенных и рассеивающих выпусков в водосток при соотношении скоростей потока реки $\vartheta_{\text{р}}$ и выпуска сточных вод $\vartheta_{\text{ст}}$:

$$\vartheta_{\text{ст}} \geq 4 \cdot \vartheta_{\text{р}};$$

б) при абсолютных скоростях истечения струи из выпуска, больших 2 м/с.

При меньших скоростях расчет начального разбавления не производится.

Кратность основного разбавления $n_{\text{о}}$ определяется формуле:

$$n_{\text{о}} = \frac{q + \gamma \cdot Q}{q}, \quad (17)$$

где Q – расчетный расход водотока, м³/с; γ – коэффициент смешения, показывающий, какая часть речного расхода смешивается со сточными водами в максимально загрязненной струе расчетного створа:

$$\gamma = \frac{1 - \exp(-\alpha \sqrt[3]{l})}{1 + \frac{Q}{q} \exp(-\alpha \sqrt[3]{l})}, \quad (18)$$

где l – расстояние от выпуска до расчетного створа по фарватеру, м; α – коэффициент, учитывающий гидравлические условия в реке, вычисляется по формуле:

$$\alpha = \varphi \cdot \xi \sqrt[3]{\frac{D}{q}}, \quad (19)$$

где φ – коэффициент извилистости (отношение расстояния от выпуска до контрольного створа по фарватеру к расстоянию по прямой); ξ – коэффициент, зависящий от места выпуска сточных вод (при выпуске у берега $\xi = 1$, при выпуске в стрежень реки $\xi = 1,5$); D – коэффициент турбулентной диффузии, $\text{м}^2/\text{с}$.

Коэффициент турбулентной диффузии D для летнего периода определяется по формуле:

$$D = \frac{g \cdot \vartheta \cdot H}{37 \cdot n_{\text{ш}} \cdot C^2}, \quad (20)$$

где g – ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$; ϑ – средняя скорость течения реки, м/с ; H – средняя глубина реки, м ; $n_{\text{ш}}$ – коэффициент шероховатости ложа реки, определяемый по справочным данным (табл. 10); C – коэффициент, $\text{м}^{1/2}/\text{с}$, определяемый по формуле (при $H \leq 5 \text{ м}$):

$$C = \frac{R^y}{n_{\text{ш}}}, \quad (21)$$

где R – гидравлический радиус потока, м ($R \approx H$);

$$y = 2,5\sqrt{n_{\text{ш}}} - 0,13 - 0,75\sqrt{R} \cdot (\sqrt{n_{\text{ш}}} - 0,1). \quad (22)$$

В табл. 10 приведены значения коэффициентов шероховатости для русел, имеющих различные характеристики.

Таблица 10

Коэффициенты шероховатости для открытых русел

Характеристика русла	Коэффициент шероховатости $n_{\text{ш}}$	$1/n_{\text{ш}}$
Естественные русла, благоприятные условия (русла чистые, прямые, незасоренные, земляные со свободным течением)	0,025	40

Русла постоянных водотоков равнинного типа, преимущественно больших и средних рек в благоприятных условиях. Периодические водотоки при очень хорошем состоянии поверхности и формы ложа	0,03	33,333
Сравнительно чистые русла постоянных равнинных водотоков в обычных условиях, извилистые или с неправильностями рельефа дна (отмели, промоины, местами камни)	0,04	25
Русла больших и средних рек, значительно засоренные и извилистые	0,05	20
Сильно засоренные, галечно-валунные русла горного типа	0,067	14,925
Русла со слабым течением, валунные, горного типа с неправильной поверхностью водного зеркала	0,08	12,5
Русла горно-водопадного типа со значительной извилистостью	0,1	10
Русла болотного типа, во многих случаях со стоячей водой	0,133	7,5

Для зимнего периода (периода ледостава):

$$D = \frac{g \cdot R_{\text{пр}} \cdot \vartheta}{37 n_{\text{пр}} \cdot C_{\text{пр}}^2}, \quad (23)$$

где $R_{\text{пр}}$ – приведенное значение гидравлического радиуса:

$$R_{\text{пр}} = 0,5 \cdot H, \quad (24)$$

$n_{\text{пр}}$ – приведенное значение коэффициента шероховатости:

$$n_{\text{пр}} = n_{\text{ш}} \left(1 + \left(\frac{n_{\text{л}}}{n_{\text{ш}}} \right)^{1,5} \right)^{0,67}, \quad (25)$$

где $n_{\text{л}}$ – коэффициент шероховатости нижней поверхности льда (табл. 11);

$C_{\text{пр}}$ – приведенное значение коэффициента, указанного в формуле (23):

$$C_{\text{пр}} = \frac{R_{\text{пр}}^{y_{\text{пр}}}}{n_{\text{пр}}}, \quad (26)$$

$$y_{\text{пр}} = 2,5\sqrt{n_{\text{пр}}} - 0,13 - 0,75\sqrt{R_{\text{пр}}} \cdot (\sqrt{n_{\text{пр}}} - 0,1). \quad (27)$$

Таблица 11

Значения коэффициентов шероховатости нижней поверхности льда

Период ледостава	Коэффициент шероховатости $n_{\text{ш}}$
Первые 10 дней ледостава (первая декада)	0,15 + 0,05
10–20-й дни после ледостава (последняя декада декабря – начало января)	0,1 + 0,04
20–60-й дни после ледостава (середина января – первая декада февраля)	0,05 + 0,015
60–80-й дни после ледостава (конец февраля – начало марта)	0,04 + 0,015
80–110-й дни после ледостава	0,025 + 0,01

Формулы (17) – (27) для расчета кратности основного разбавления применяются при соблюдении следующего неравенства:

$$0,0025 \leq \frac{q}{Q} \leq 0,1.$$

Пример расчета

Исходные данные и задание

По заданным условиям рассчитайте нормативы допустимых сбросов загрязняющих веществ.

Характеристика водного объекта: проточный водоем, имеющий хозяйственно-питьевое водопользование; расстояние от выпуска до расчетного створа $l = 3500$ м; расход воды $Q = 50$ м³/с; средняя скорость течения $\vartheta = 0,2$ м/с; коэффициент шероховатости ложа реки $n_{\text{ш}} = 0,03$; коэффициент извилистости $\varphi = 1,5$; коэффициент, зависящий от места выпуска сточных вод $\varepsilon = 1,5$; средняя глубина реки $H = 3$ м.

Расход сточных вод $q = 0,3$ м³/с. Кратность начального разбавления $n_{\text{н}} = 1$. Содержание загрязняющих веществ в сточных водах, мг/л: бензол – 0,3; фенол – 0,5; медь – 12,0; железо – 37,0; свинец – 2,5.

Порядок расчета

1. По формуле (22) находим показатель степени y , используемый в формуле (21) для вычисления коэффициента C :

$$y = 2,5\sqrt{0,03} - 0,13 - 0,75\sqrt{3} \cdot (\sqrt{0,03} - 0,1) = 0,2079.$$

2. По формуле (21) вычисляем коэффициент C :

$$C = \frac{3^{0,2079}}{0,03} = 41,887.$$

3. По формуле (20) рассчитываем коэффициент турбулентной диффузии D для равнинных рек:

$$D = \frac{9,81 \cdot 0,2 \cdot 3}{37 \cdot 0,03 \cdot 41,887^2} = 0,003 \text{ м}^2 / \text{с}.$$

4. По формуле (19) определяем коэффициент α , учитывающий гидравлические условия в реке:

$$\alpha = 1,5 \cdot 1,5 \sqrt[3]{\frac{0,003}{0,3}} = 0,48.$$

5. По формуле (18) находим коэффициент смешения γ :

$$\gamma = \frac{1 - \exp(-0,48 \sqrt[3]{3500})}{1 + \frac{50}{0,3} \exp(-0,48 \sqrt[3]{3500})} = 0,9.$$

6. По формуле (17) вычисляем кратность основного разбавления n_o :

$$n_o = \frac{0,3 + 0,9 \cdot 50}{0,3} = 151.$$

7. Кратность общего разбавления n сточных вод в водостоке:

$$n = 1 \cdot 151 = 151.$$

8. Примем, что $C_{\phi} = 0$, и по формуле (16) проводим расчеты $C_{\text{ндс}}$. Затем по уравнению (15) выполняем расчеты НДС для каждого загрязняющего вещества. Результаты расчета сводим в табл. 12.

Таблица 12

Расчет НДС для загрязняющих веществ

Загрязняющее вещество	C_i , мг/л	$C_{\text{пдк } i}$, мг/л	$C_{\text{ндс } i}$ мг/л	НДС i г/с
Бензол	0,3	0,001	0,152	0,046
Фенол	0,5	0,001	0,152	0,046
Медь	12,0	1,0	151,85	45,556
Железо	37,0	0,3	45,556	13,667
Свинец	2,5	0,01	1,519	0,456

Выводы

Концентрации C_i бензола, фенола и свинца в сточных водах превышают соответствующие допустимые значения $C_{\text{ндс } i}$, поэтому требуется очистка сточных вод от этих загрязняющих веществ.

Независимо от нормативных требований к качеству воды существуют ограничения на сброс сточных вод в водный объект. Запрещается сбрасывать в водные объекты сточные воды, если они:

- могут быть устранены путем рациональной технологии, максимального использования в системах оборотного и повторного водоснабжения;
- содержат ценные отходы, которые могут быть утилизированы на данном или других производствах;
- включают в себя производственное сырье, реагенты, полупродукты и конечные продукты производства в количествах, превышающих установленные нормативы технологических потерь;
- содержат вредные вещества, для которых не установлены ПДК;
- при соблюдении санитарных требований и с учетом состава местных условий могут быть использованы для орошения в сельском хозяйстве.

Задание

Для заданного преподавателем индивидуального варианта исходных данных (табл. 13) определите допустимые концентрации загрязняющих веществ, нормативы допустимых сбросов и сделайте выводы о необходимости очистки сточных вод от конкретных загрязняющих веществ.

Исходные данные, общие для всех вариантов:

- проточный водоем хозяйственно-питьевого водопользования;
- коэффициент извилистости $\varphi = 1,5$;
- коэффициент, зависящий от места выпуска сточных вод $\varepsilon = 1,5$;
- коэффициент шероховатости ложа реки $n_{ш} = 0,03$;
- кратность начального разбавления $n_H = 1$.

Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в сточных водах, мг/л: ацетон – 2,2; бутadiен – 0,05; дихлорметан – 0,02; циклогексан – 0,1; этиламин – 0,5 [1]. Фоновые концентрации загрязняющих веществ равны нулю.

Таблица 13

Исходные данные для расчета нормативов допустимых сбросов

№ варианта	Q , м ³ /с	Q , м/с	H , м	q , м ³ /с	l , м	Концентрации загрязняющих веществ, мг/л				
						ацетон	бутadiен	дихлор- метан	цикло- гексан	этиламин
1	45	0,20	3,0	0,23	1000	21,5	7,2	3,4	15,7	12,0
2	47	0,22	3,2	0,25	1100	24,3	8,7	4,2	10,2	13,4
3	49	0,25	3,4	0,27	1200	27,0	9,1	5,4	12,2	18,2
4	51	0,27	3,6	0,29	1300	25,1	10,2	2,7	14,8	17,7
5	52	0,29	3,8	0,31	1400	35,8	17,8	6,1	16,1	25,3
6	55	0,31	4,0	0,33	1500	43,4	8,9	1,9	21,9	10,9
7	57	0,33	4,2	0,35	1600	18,2	13,0	5,2	12,2	77,1
8	59	0,35	4,4	0,37	1700	12,9	14,1	9,4	22,4	51,6
9	61	0,37	4,6	0,39	1800	35,0	18,2	1,4	11,4	45,2
10	63	0,39	4,8	0,41	1900	18,1	5,5	4,2	14,7	75,2

Контрольные вопросы

1. Дайте определение предельно допустимой концентрации вредного вещества в воде водоемов.
2. Как определяется величина норматива допустимого сброса для загрязняющего вещества?
3. Какое условие должно быть выполнено при наличии в сточных водах нескольких веществ, относящихся к одной группе лимитирующего показателя вредности?
4. Укажите назначение и виды лимитирующего показателя вредности.
5. Как определяется кратность общего разбавления сточных вод?

Практическое занятие № 5

Расчет циклона

Цель – получение практических навыков расчета характеристик устройства для очистки загрязненного воздуха.

Краткие теоретические сведения

Циклонные осадители получили наибольшее распространение в системах пылеочистки вентиляционных и технологических выбросов. Улавливание частиц основано на организации вращательного движения запыленного потока в аппарате с цилиндрическими стенками. При отбрасывании на стенки частицы осаждаются.

К основным достоинствам циклонов относятся простота изготовления и надежность в эксплуатации, включая условия работы при высоких давлениях и температурах. Эти аппараты обеспечивают фракционную эффективность очистки до 95 % от частиц пыли, имеющих размеры более 10 мкм. Как правило, циклоны используются на первых стадиях очистки выбросов. После них применяются более эффективные аппараты, например – тканевые и электрофильтры.

При проектировании циклона выбирают его геометрические характеристики, затем определяют основные конструкционные размеры, фракционную эффективность очистки, гидравлическое сопротивление и необходимую мощность [4].

Исходные данные для расчета циклонов:

- объемный расход очищаемой пылегазовой смеси при рабочих условиях V_p , м³/с;
- плотность газа при рабочих условиях ρ_g , кг/м³;
- динамическая вязкость газа при рабочей температуре μ_g , Па·с;
- дисперсный состав пыли, задаваемый двумя параметрами: d_m – размер пылевых частиц, при котором количество частиц крупнее d_m равно количеству частиц мельче d_m ; $\lg \sigma_q$ – среднее квадратическое отклонение в функции распределения частиц по размерам;
- концентрация пыли в пылегазовой смеси $C_{вх}$, г/м³;
- плотность частиц пыли ρ_q , кг/м³;
- требуемая эффективность очистки газа η , %.

Расчет циклона проводится в следующем порядке:

1. Задается тип циклона и по табл. 14 определяется оптимальная скорость газа в аппарате $w_{\text{опт}}$.

Таблица 14

Характеристики циклонов

Параметры	Типы циклонов						
	ЦН-24	ЦН-15У	ЦН-15	ЦН-11	СДК-ЦН-33	СК-ЦН-34М	СК-ЦН-34
$w_{\text{опт}}, \text{ м/с}$	4,5	3,5	3,5	3,5	2,0	1,7	2,0
$d_{50}^T, \text{ м}$	8,50	6,00	4,50	3,65	2,31	1,95	1,13
$\lg \sigma_{\eta}^T$	0,308	0,283	0,352	0,352	0,364	0,308	0,340

2. Задается количество циклонов n и определяется внутренний диаметр циклона по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V_p}{\pi \cdot w_{\text{опт}} \cdot n}}. \quad (28)$$

По табл. 15 выбирается стандартное значение внутреннего диаметра циклона $D_{\text{ц}}$, ближайшее к полученному значению диаметра D .

Таблица 15

Стандартные значения внутреннего диаметра циклона

Диаметр	Стандартные значения									
$D_{\text{ц}}, \text{ м}$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2
	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	—

3. По выбранному диаметру циклона определяется действительная скорость движения газа в циклоне:

$$w_p = \frac{4 \cdot V_p}{\pi \cdot D_{\text{ц}}^2 \cdot n}. \quad (29)$$

Действительная скорость в циклоне не должна отклоняться от оптимальной более чем на 15 %:

$$\left| \frac{w_p - w_{\text{опт}}}{w_{\text{опт}}} \right| \cdot 100 \leq 15 \%. \quad (30)$$

При отклонении более чем на 15 % выбирается другое количество циклонов или тип циклона.

4. Диаметр частиц d_{50} при рабочих условиях (диаметре циклона, скорости потока, плотности пыли, динамической вязкости газа) определяется по формуле:

$$d_{50} = d_{50}^T \sqrt{\frac{D_{\text{ц}} \cdot 1930 \cdot \mu \cdot 3,5}{0,6 \cdot \rho_{\text{ч}} \cdot 22,2 \cdot 10^{-6} \cdot w_p}}. \quad (31)$$

Полученное значение d_{50} должно быть меньше заданного d_m . Если это условие не выполняется, то необходимо выбрать другой циклон с меньшим значением d_{50}^T .

5. Определяется параметр X по формуле

$$X = \frac{\lg \frac{d_m}{d_{50}}}{\sqrt{\lg^2 \sigma_{\text{ч}} + \lg^2 \sigma_{\text{ч}}^T}}. \quad (32)$$

По величине параметра X находится значение нормальной функции распределения $\Phi(X)$ – полный коэффициент очистки газа, выраженный в долях:

$$\Phi(X) = \begin{cases} 0,3762X + 0,5, & \text{если } 0 \leq X \leq 0,6, \\ 1 - \frac{1}{5,8X + 0,5}, & \text{если } X > 0,6. \end{cases} \quad (33)$$

6. Вычисляется эффективность очистки газа в циклоне:

$$\eta = \frac{1 + \Phi(X)}{2}. \quad (34)$$

Полученное значение сравнивается с заданным. Если η меньше заданного, то следует выбрать другой тип циклона – с меньшими значениями $w_{\text{опт}}$

и d_{50}^T .

7. Определяется концентрация пыли на выходе из циклона:

$$C_{\text{вых}} = C_{\text{вх}} (1 - \eta). \quad (35)$$

8. Для выявления потерь давления находят коэффициент гидравлического сопротивления циклона:

$$\xi = K_1 K_2 \xi_{500}, \quad (36)$$

где K_1 – поправочный коэффициент на диаметр циклона (табл. 16); K_2 – поправочный коэффициент на запыленность газа (табл. 17); ξ_{500} – коэффициент гидравлического сопротивления одиночного циклона диаметром 500 мм (табл. 18).

Таблица 16

Поправочный коэффициент K_1

$D_{\text{ц}}, \text{ м}$	ЦН-11	ЦН-15, ЦН-15У, ЦН-24	СДК-ЦН-33, СК-ЦН-34, СК-ЦН-34М
0,2	0,95	0,90	1,00
0,3	0,96	0,93	1,00
0,4	0,99	1,00	1,00
$\geq 0,5$	1,00	1,00	1,00

Таблица 17

Поправочный коэффициент K_2

Тип циклона	Запыленность на входе $C_{\text{вх}}, \text{ г/м}^3$						
	0	10	20	40	80	120	150
ЦН-11	1,00	0,96	0,94	0,92	0,90	0,87	0,85
ЦН-15	1,00	0,93	0,92	0,91	0,90	0,87	0,86
ЦН-15У	1,00	0,93	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87
ЦН-24	1,00	0,95	0,93	0,92	0,90	0,87	0,86
СДК-ЦН-33	1,00	0,81	0,785	0,78	0,77	0,76	0,745
СК-ЦН-34	1,00	0,98	0,947	0,93	0,915	0,91	0,90
СК-ЦН-33М	1,00	0,99	0,97	0,95	-	-	-

Таблица 18

Коэффициент гидравлического сопротивления ξ_{500}

Тип циклона	ЦН-24	ЦН-15, ЦН-15У	ЦН-11	СДК-ЦН-33	СК-ЦН-34, СК-ЦН-34М
ξ_{500}	75	155	245	520	1050

9. Гидравлическое сопротивление циклона:

$$\Delta P = \xi \frac{\rho \cdot w_p^3}{2}, \quad (37)$$

где ρ – плотность газа, кг/м^3 ; w_p – скорость газа в циклоне, м/с .

10. С помощью величины гидравлического сопротивления ΔP и объемного расхода V_p очищаемого газа определяется мощность N привода устройства для подачи газа к циклону:

$$N = \frac{K_3 \cdot \Delta P \cdot V_p}{\eta_m \cdot \eta_v}, \quad (38)$$

где K_3 – коэффициент запаса мощности ($K_3 = 1,2$); η_m – КПД передачи мощности от электродвигателя к вентилятору ($\eta_m = 0,8$); η_v – КПД вентилятора ($\eta_v = 0,8$).

Пример расчета*Исходные данные и задание*

Определите основные размеры циклона, степень очистки, концентрацию пыли на выходе из аппарата и его гидравлическое сопротивление при следующих исходных данных: тип циклона – ЦН-24; $V_p = 12 \text{ м}^3/\text{с}$; $\rho = 1,29 \text{ кг/м}^3$; $d_m = 18 \text{ мкм}$; $\lg \sigma_{\text{ч}} = 0,652$; $C_{\text{вх}} = 20 \text{ г/м}^3$; $\rho_{\text{ч}} = 2000 \text{ кг/м}^3$; требуемое значение эффективности очистки – $\eta = 0,8$.

Порядок расчета

1. По табл. 14 найдем $w_{\text{опт}} = 4,5 \text{ м/с}$ и $d_{50}^T = 8,5 \text{ мкм}$.
2. Определим диаметр циклона:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 12}{3,14 \cdot 4,5}} = 1,84 \text{ м}.$$

По табл. 15 выбираем ближайшее стандартное значение диаметра $D_{ц} = 1,8$ м.

3. Рассчитаем действительную скорость движения газа в циклоне

$$w_p = \frac{4 \cdot 12}{3,14 \cdot 1,8^2} = 4,72 \text{ м/с}$$

и сравним ее с оптимальной:

$$\left| \frac{4,72 - 4,5}{4,5} \right| \cdot 100 = 4,8 \leq 15 \, \%.$$

Отклонение находится в допустимых пределах.

4. Рассчитаем диаметр частиц, реально осаждаемых с эффективностью 50 % при рабочих условиях

$$d_{50} = 8,5 \sqrt{\frac{1,8 \cdot 1930 \cdot 17,3 \cdot 10^{-6} \cdot 3,5}{0,6 \cdot 2000 \cdot 22,2 \cdot 10^{-6} \cdot 4,72}} = 9,7 \text{ мкм.}$$

Полученное значение меньше заданного: $d_{50} = 9,7 < d_m = 18$ мкм.

5. Рассчитаем параметр X

$$X = \frac{\lg\left(\frac{18}{9,7}\right)}{\sqrt{0,308^2 + 0,652^2}} = 0,372$$

и найдем значение нормальной функции распределения

$$\Phi(X) = 0,3762 \cdot 0,372 + 0,5 = 0,64.$$

6. Вычислим эффективность очистки газа в циклоне

$$\eta = \frac{1 + 0,64}{2} = 0,82.$$

7. Найдем значение коэффициента гидравлического сопротивления

циклона:

$$\xi = 1 \cdot 0,93 \cdot 75 = 69,75.$$

8. Вычислим гидравлическое сопротивление циклона:

$$\Delta P = 69,75 \cdot \frac{1,29 \cdot 4,72^2}{2} = 1002 \text{ Па}.$$

9. Определим мощность привода устройства:

$$N = \frac{1,2 \cdot 1002 \cdot 12}{0,8 \cdot 0,8} = 22545 \text{ Вт}.$$

10. Найдем концентрацию пыли на выходе из циклона:

$$C_{\text{вых}} = 20 \cdot (1 - 0,82) = 3,6 \text{ г/м}^3.$$

Вывод: расчетное значение эффективности очистки больше заданного $\eta = 0,82 > 0,8$.

Задание

Для заданного преподавателем типа циклона рассчитайте: размеры циклона, степень очистки газа, концентрацию пыли на выходе из аппарата и его гидравлическое сопротивление. Исходные данные приведены в табл. 19

Таблица 19

Исходные данные для расчета циклона

№ варианта	V_p , $\text{м}^3/\text{с}$	ρ , кг/м^3	μ , $\text{Па} \cdot \text{с}$	d_m , мм	$C_{\text{вх}}$, г/м^3	$\rho_{\text{ч}}$, кг/м^3	η
1	20	1,29	17,3	50	30	2000	0,85
2	16	1,29	17,3	30	10	2000	0,80
3	13	1,29	17,3	18	25	2000	0,80
4	10	1,29	17,3	10	20	2000	0,80
5	8	1,29	17,3	25	100	2240	0,85
6	12	1,29	17,3	16	10	2600	0,80

7	15	1,29	17,3	14	20	2600	0,80
8	11	1,29	17,3	15	50	1350	0,80
9	14	1,29	17,3	6	20	2900	0,80
10	16	1,29	17,3	7	40	2000	0,80

Контрольные вопросы

1. Укажите основные принципы работы циклонов.
2. Какие исходные данные необходимы при расчете и проектировании циклона?
3. Укажите оптимальную скорость газа в циклоне типа ЦН-15.
4. Какие параметры необходимы для определения мощности привода устройства для подачи газа к циклону?

Практическое занятие № 6 **Расчет горизонтального отстойника**

Цель – получение практических навыков расчета промышленного отстойника в системе очистки сточной воды.

Краткие теоретические сведения

Отстаивание является самым простым, наименее энергоемким и дешевым методом выделения из сточных вод грубодиспергированных примесей с плотностью, отличной от плотности воды. Под действием силы тяжести частицы загрязнений оседают на дно сооружения или всплывают на его поверхность.

Относительная простота отстойных сооружений обуславливает их широкое применение на различных стадиях очистки сточной воды и обработки образующихся осадков. В зависимости от своего назначения и расположения в технологических схемах очистки сточных вод отстойные сооружения подразделяются на следующие: отстойники – первичные, вторичные и третичные; илоуплотнители; осадкоуплотнители.

Отстаивание применяют в промышленности для сгущения суспензий или классификации по фракциям частиц твердой фазы суспензии.

Конструктивно сгустители и классификаторы выполняют аналогично, однако при расчете сгустителей основываются на скорости осаждения самых мелких частиц суспензий, а при расчете классификаторов – на скорости осаждения тех частиц, которые должны быть преимущественно отделены на

данной стадии.

Из непрерывно действующих отстойников наиболее распространены сгустители с вращающимися скребками. В промышленности широко применяют отстойники непрерывного действия с гребковой мешалкой (рис. 1). Их основные размеры приведены ниже:

Диаметр, м	1,8	3,6	6,0	9,0	12,0	15,0	18,0	24,0	30,0
Высота, м	1,8	1,8	3,0	3,6	3,5	3,6	3,2	3,6	3,6
Поверхность, м ²	2,54	10,2	28,2	63,9	113	176,6	254	452	706,5

Конструкции непрерывно действующих отстойников в основном отличаются системой удаления осадка, обеспечивающей непрерывное медленное перемещение сгущенного осадка по дну резервуара к расположенному в центре коллектору (обычно коническому) и разгрузку через отверстие (или откачку диафрагмовым насосом). Питание в сгуститель (цилиндрического сечения) поступает через центральную трубу. Осветленная жидкость переливается по периферии аппарата в кольцевой желоб.

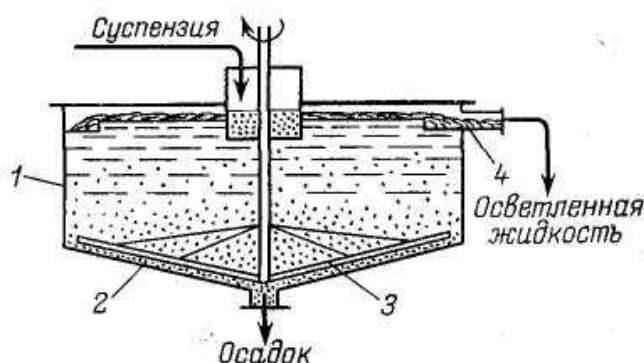


Рис. 1. Отстойник для суспензий:

1 – цилиндрический корпус; 2 – днище; 3 – гребковая мешалка; 4 – кольцевой желоб для сбора осветленной жидкости

При расчете отстойников основной расчетной величиной является поверхность осаждения F , которую находят по формуле:

$$F = K_3 \frac{G_{\text{см}}}{\rho_{\text{осв}} \cdot w} \cdot \frac{(x_{\text{ос}} - x_{\text{см}})}{(x_{\text{ос}} - x_{\text{осв}})}, \quad (39)$$

где K_3 – коэффициент запаса поверхности, учитывающий неравномерность распределения исходной суспензии по всей площади осаждения, вихреобра-

зование и другие факторы, проявляющиеся в производственных условиях (обычно $K_3 = 1,3 - 1,35$); $G_{см}$ – массовый расход исходной суспензии, кг/с; $\rho_{осв}$ – плотность осветленной жидкости, кг/м³; w – скорость осаждения частиц суспензии, м/с; $x_{см}$, $x_{ос}$ и $x_{осв}$ – содержание твердых частиц, соответственно, в исходной смеси, осадке и осветленной жидкости, масс. доли. Скорость осаждения частиц суспензии (скорость стесненного осаждения) рассчитывают по формулам (в м/с):

$$\text{при } \varepsilon > 0,7 \quad w = w_{ос} \cdot \varepsilon^2 \cdot 10^{-1,82(1-\varepsilon)};$$

$$\text{при } \varepsilon \leq 0,7 \quad w = \frac{w_{ос} \cdot 0,123\varepsilon^3}{1 - \varepsilon},$$

где $w_{ос}$ – скорость свободного осаждения частиц; ε – объемная доля жидкости в суспензии.

Величину ε находят по соотношению

$$\varepsilon = \frac{1 - x_{см}\rho_{см}}{\rho_T}, \quad (40)$$

где $\rho_{см}$ и ρ_T – соответственно плотность суспензии и твердых частиц, кг/м³.

Плотность суспензии можно определяется по формуле:

$$\rho_{см} = 1 / (x_{см} / \rho_T + (1 - x_{см}) / \rho_{ж}), \quad (41)$$

где $\rho_{ж}$ – плотность чистой жидкости.

Скорость свободного осаждения шарообразных частиц (в м/с) рассчитывают по формуле:

$$w_{ос} = \mu_{ж} Re / (d_T \rho_{ж}), \quad (42)$$

где $\mu_{ж}$ – вязкость жидкости, Па·с; d_T – диаметр частицы, м; Re – число Рейнольдса при осаждении частицы.

Если частицы имеют нешарообразную форму, то в формулу (42) в качестве d_T следует подставить диаметр эквивалентного шара; кроме того, величину $w_{ос}$ нужно умножить на поправочный коэффициент ϕ , называемый коэффициентом формы. Его значения определяют опытным путем. В частности, для округлых частиц $\phi \approx 0,77$, угловатых – 0,66, продолговатых – 0,58, пластинчатых – 0,43.

Значение числа Рейнольдса рассчитывают по формулам, зависящим от режима осаждения, что определяется с помощью критерия Архимеда:

$$Ar = \frac{d_T^2 \rho_{\text{ж}} g (\rho_{\text{т}} - \rho_{\text{ж}})}{\mu_{\text{ж}}}, \quad (43)$$

при $Ar \leq 36$ $Re = Ar / 18$,

при $36 < Ar \leq 83000$ $Re = 0,152 Ar^{0,714}$,

при $Ar > 83000$ $Re = 1,74 \sqrt{Ar}$.

Пример расчета

Исходные данные и задание

Выполните расчет отстойника, предназначенного для сгущения водной суспензии, используя следующие исходные данные: расход суспензии $G_{\text{см}} = 9600$ кг/ч; содержание твердых частиц в суспензии $x_{\text{см}} = 0,1$, в осадке $x_{\text{ос}} = 0,5$ и в осветленной жидкости $x_{\text{осв}} = 0,0001$ кг/кг. Частицы суспензии имеют шарообразную форму. Минимальный размер удаляемых частиц $d_T = 25$ мкм. Плотность частиц $\rho_T = 2600$ кг/м³. Осаждение происходит при температуре 5 °С.

Порядок расчета

1. Определим значение критерия Архимеда:

$$Ar = 25 \cdot 10^{-6} \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot (2600 - 1000) / (1,519 \cdot 10^{-3})^2 = 0,106.$$

2. Рассчитаем значение критерия Рейнольдса:

$$Re = 0,106 / 18 = 0,00589.$$

3. Скорость свободного осаждения в соответствии с выражением составит:

$$w_{\text{ос}} = \frac{0,00589 \cdot 1,519 \cdot 10^{-3}}{25 \cdot 10^{-6} \cdot 1000} = 3,58 \cdot 10^{-4} \text{ м/с.}$$

4. Найдем плотность суспензии:

$$\rho_{\text{см}} = \frac{1}{0,1 / 2600 + 0,9 / 1000} = 1066 \text{ кг/м}^3.$$

5. Определим значение ε :

$$\varepsilon = 1 - 0,1 \cdot 1066 / 2600 = 0,959.$$

6. Рассчитаем скорость осаждения частиц:

$$w = 3,58 \cdot 10^{-4} \cdot 0,959^2 \cdot 10^{-1,82(1-0,959)} = 2,77 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}.$$

7. Затем находим поверхность осаждения, принимая $K_3 = 1,3$ и считая, что плотность осветленной жидкости равна плотности чистой воды:

$$F = 1,3 \frac{9600}{3600 \cdot 1000 \cdot 2,77 \cdot 10^{-4}} \frac{(0,5 - 0,1)}{(0,5 - 0,0001)} = 10,2 \text{ м}^2.$$

Вывод: по расчетным значениям выбираем отстойник диаметром 3,6 м, высотой 1,8 м.

Задание

По приведенной выше методике рассчитайте отстойник при следующих исходных данных в соответствии с вариантом индивидуального задания (табл.20).

Таблица 20

Исходные данные для расчета отстойника

№ варианта	Расход суспензии $G_{\text{см}}$, кг/ч	Содержание твердых частиц в суспензии $x_{\text{см}}$, кг/кг	Содержание твердых частиц в суспензии $x_{\text{ос}}$, кг/кг	Содержание твердых частиц в суспензии $x_{\text{осв}}$, кг/кг	Минимальный размер удаляемых частиц $d_{\text{т}}$, мкм	Плотность частиц $\rho_{\text{т}}$, кг/м ³
1	7250	0,1	0,45	0,0001	15	2100
2	9100	0,15	0,47	0,00015	20	2200

3	9500	0,2	0,5	0,0001	25	2300
4	8300	0,1	0,52	0,00015	30	2400
5	9200	0,15	0,55	0,0001	15	2500
6	7750	0,2	0,57	0,00015	20	2100
7	7300	0,1	0,6	0,0001	25	2200
8	7400	0,15	0,62	0,00015	30	2300
9	8100	0,2	0,65	0,0001	15	2400
10	8350	0,1	0,45	0,00015	20	2500

Контрольные вопросы

1. Какие непрерывно действующие отстойники получили наибольшее распространение?
2. Укажите основные отличия конструкций непрерывно действующих отстойников.
3. Укажите основные параметры, необходимые для расчета отстойников.
4. Укажите основную величину, определяемую при расчете отстойников.

Практическое занятие № 7 **Расчет объемов образования отходов**

Цель – получение практических навыков определения основных характеристик полигона твердых коммунальных отходов.

Краткие теоретические сведения

Ежедневно во всем мире в больших количествах образуются отходы потребления, которые необходимо утилизировать. Эта задача решается во всех странах с различным успехом. Так, в США в среднем утилизируют около 20 % образующегося ежегодно мусора, в Японии этот процент выше – 30 – 50 %. В Германии принят закон, согласно которому фирмы-производители упаковки обязаны принимать до 90 % ее назад и перерабатывать не менее 80 % от объема ее ежегодного выпуска. В России в настоящее время широко распространены два основных способа переработки твердых бытовых отходов – сжигание и биокомпостирование. Третьим (более простым и менее современным) способом утилизации мусора является его захоронение на свалках и полигонах твердых коммунальных отходов (ТКО).

На долю этого способа приходится в среднем 75–80 % объема образующегося мусора.

Современные полигоны ТКО – это комплексы природоохранных сооружений, предназначенные для складирования, изоляции и обезвреживания отходов, обеспечивающие защиту от загрязнения атмосферы, почвы, поверхностных и грунтовых вод, препятствующие распространению грызунов, насекомых и болезнетворных микроорганизмов. Поэтому полигоны строят по проекту, выполняемому проектными организациями, в соответствии с требованиями, предъявляемыми строительными нормами и правилами.

Проектная документация крупных полигонов состоит из следующих основных частей:

- гидрогеологической записки с обоснованием выбора площадки строительства;
- технологической части (расчета вместимости, режима эксплуатации и т.д.);
- генерального плана участка;
- архитектурно-строительной части;
- основных технико-экономических показателей;
- сводной сметы и т. д.

Этапы проектирования, которые рассматривают в обязательном порядке:

- установление необходимой вместимости полигона захоронения ТБО;
- исследование и выбор потенциальных участков; определение применимости федеральных, республиканских (областных) и местных требований;
- определение местных технических возможностей в обеспечении потребности полигона в энергии и материалах покрытия;
- рассмотрение возможных направлений последующего использования участка после рекультивации.

Кроме того, для предотвращения негативного воздействия на окружающую среду при захоронении отходов в мировой практике приняты следующие природоохранные мероприятия и инженерные решения, которые обязательно разрабатывают в проектах:

- санитарно-защитная зона – территория, отделяющая жилую застройку от территории, занятой отходами.
- нижний противofильтрационный экран – слой глины или геосинтетические мембраны, предназначенные для сбора фильтрата, его откачки и предотвращения попадания в грунтовые воды (фильтрат – жидкость, которая прошла через твердые отходы или появилась из них и содержит растворимые,

взвешенные или осажденные материалы, выделенные из захороненных отходов).

Основная задача проектирования полигонов состоит в том, чтобы размещать отходы согласно определенному графику с минимальным негативным влиянием на окружающую среду, а также при наименьших затратах.

Размещают полигоны за пределами городов и населенных пунктов. Перед проектированием заказчик с заинтересованными организациями (архитектурно-планировочным управлением, отделом по делам строительства и архитектуры, органами экологии и санэпиднадзора и гидрологической службой) определяют район, в котором подбирают участок для размещения полигона. При этом руководствуются размером санитарно-защитной зоны, которая должна быть не менее чем 500 м от жилой застройки до границ полигона, и гидрологическими условиями [5]. По гидрологическим условиям благоприятными считают участки с отложениями глины и суглинков и залеганием уровня грунтовых вод на глубине более 2 м. Нельзя использовать под полигоны болота глубиной более 1 м и участки с выходом грунтовых вод на поверхность в виде ключей, территории, затопляемые водами, районы геологических разломов, а также участки, расположенные ближе 15 км от аэропортов. Под полигоны отводят отработанные карьеры глин, участки в лесных массивах, овраги, свободные от ценных пород деревьев.

При отводе участка выдают рекомендации по использованию нарушенной территории после закрытия полигона с учетом дальнейшего ее применения: создания лесопаркового комплекса, устройства открытых складов строительных материалов и тары непищевого назначения. Капитальное строительство на участках складирования ТКО запрещено из-за выделения ядовитых и взрывоопасных газов в течение длительного времени (свыше 40 лет после закрытия полигона).

Основные элементы полигона – это подъездная дорога, участок складирования ТБО, хозяйственная зона, инженерные сооружения и коммуникации.

Основное сооружение полигона – участок складирования отходов, который обычно занимает до 95 % площади полигона. Его разбивают на очереди эксплуатации с учетом приема отходов в течение 3–5 лет. Заполняют каждую очередь по высоте поярусно. Высоту каждого яруса принимают 2–2,5 м, включая толщину слоя изоляции отходов минеральным грунтом.

Участки складирования должны быть защищены от стока поверхностных вод, поступающих с вышерасположенных земельных массивов. Для перехвата дождевых и паводковых вод вокруг полигона проектируют водоотводную канаву. На расстоянии 1–2 м от водоотводной канавы устраивают

ограждение вокруг полигона. Кроме того, по периметру полигона на полосе 5–8 м высаживают древесно-кустарниковую растительность, прокладывают инженерные коммуникации (водопровод, канализацию), устанавливают мачты электроосвещения, отсыпают минеральный грунт для использования его на изоляцию ТКО.

Если проектная высота полигона ТКО не менее 20 м, а нагрузка на использованную площадь превышает 10 т/м^2 , то такой полигон считается высоконагружаемым.

Далее приведена методика расчета высоконагружаемого полигона твердых коммунальных отходов для условного города. При расчетах предполагается, что тенденция урбанизации в России сохранится, а население этого условного города через 15–20 лет возрастет. При этом целесообразно считать, что количество отходов также будет возрастать.

Расчеты проводятся в три этапа.

1. Первый этап расчета – определение общей вместительности полигона ТКО E_T , м^3 , на весь срок его эксплуатации.

Для этого необходимы следующие исходные данные:

- а) расчетный срок эксплуатации полигона T , лет;
- б) удельная норма образования бытовых отходов на 1 человека в год Y_1 , в среднем по России составляет $1,16 \text{ м}^3/(\text{чел.} \cdot \text{год})$;
- в) скорость ежегодного прироста величины удельной нормы образования отходов U , %. Для U примем значение 1,8 %.

Следовательно, через T лет на 1 человека ежегодно будет образовываться Y_2 бытовых отходов. Причем:

$$Y_2 = Y_1 \cdot \left(1 + \frac{U}{100}\right)^T, \text{ м}^3/(\text{чел.} \cdot \text{год}); \quad (44)$$

г) численность населения города (населенного пункта) на момент проектирования – N_1 , чел. ;

д) прогнозируемая численность населения города (населенного пункта) через T лет – N_2 , чел. ;

е) ориентировочная высота «холма» ТКО, согласованная с архитектурно-планировочным управлением города, – H_n^1 , м;

ж) коэффициент, учитывающий уплотнение засыпанных ТБО в процессе эксплуатации полигона за период $T \geq 15$ лет (K_1). Величину K_1 определяют по табл. 21.

Таблица 21

Значения коэффициента K_1 в зависимости от проектной высоты H_n^1

Проектируемая высота полигона H_n^1 , м	K_1
< 10	3,7
10 – 30	4,0
более 30	4,5

з) коэффициент, учитывающий объем изолирующих слоев грунта (K_2).
Значение K_2 принимают по табл. 22

Таблица 22

Значения коэффициента K_2 в зависимости от проектной высоты H_n^1

Проектная высота полигона H_n^1 , м	< 5,0	5,1–7,0	5,1–9,0	9,1–12,0	12,1–15,1	15,1–39	40–50
K_2	1,37	1,27	1,25	1,24	1,2	1,18	1,16

Таким образом, общая вместимость полигона ТКО E_T , м³:

$$E_T = \frac{Y_1 + Y_2}{2} \cdot \frac{N_1 + N_2}{2} \cdot T \cdot \frac{K_2}{K_1}, \text{ м.} \quad (45)$$

2. Второй этап расчета – определение площади полигона.

Сначала для ориентировочных расчетов принимают, что полигон ТКО имеет форму пирамиды. Как известно, объем пирамиды:

$$V = \frac{1}{3} S \cdot H, \quad (46)$$

где S – площадь основания пирамиды; H – ее высота.

Следовательно, площадь участка складирования ТКО:

$$S_{y.c} = \frac{3E_T}{H_n^1}, \text{ м}^2. \quad (47)$$

Так как необходима площадь для размещения вспомогательной зоны, а также для полосы вокруг полигона и для подъездных дорог, то требуемая площадь полигона должна быть несколько больше:

$$S_{\Pi} = 1,1 \cdot S_{y.c} + S_{\text{доп}}, \quad (48)$$

где $S_{\text{доп}} = 6000 \text{ м}^2$.

3. Третий этап расчета – определение уточненной высоты полигона и расчет котлована.

После определения величины $S_{y.c}$ можно уточнить значение высоты H_n^1 . Для этого надо учесть, что на самом деле «холм» ТБО имеет форму усеченной пирамиды, причем размеры верхней площадки должны обеспечивать безопасные развороты мусоровозов. Следовательно, ширина верхней площадки должна быть не менее 40 м.

Объем усеченной пирамиды:

$$V = \frac{1}{3}(S_H + S_B + \sqrt{S_H \cdot S_B})H, \quad (49)$$

где S_H – площадь нижнего основания; S_B – площадь верхнего основания; H – высота пирамиды.

В случае полигона ТКО:

$$E_T = \frac{1}{3}(S_{y.c} + S_{B.\Pi} + \sqrt{S_{y.c} \cdot S_{B.\Pi}})H_n^1, \quad (50)$$

где $S_{B.\Pi}$ – площадь верхней площадки, м^2 . Считается, что полигон представляет собой в плане квадрат. Принимается, что минимально допустимые размеры верхней площадки: $40 \times 40 \text{ м}$, т. е. $S_{B.\Pi} = 1600 \text{ м}^2$.

Уточненная высота полигона:

$$H_n^1 = \frac{3E_T}{S_{y.c} + S_{B.\Pi} + \sqrt{S_{y.c} \cdot S_{B.\Pi}}}. \quad (51)$$

Потребный объем удаляемого из котлована грунта V_{Γ} , м^3 , рассчитывается по формуле:

$$V_{\Gamma} = E_T \left(1 - \frac{1}{K_2}\right), \text{ м}^3. \quad (52)$$

С учетом наличия откосов и картовой схемы полигона можно рассчитать глубину котлована H_K :

$$H_K = 1,1 \frac{V_{\Gamma}}{S_{y.c}}, \text{ м}. \quad (53)$$

Затем находится верхняя отметка полигона ТКО после его наружной изоляции слоем грунта 1 м:

$$H_{в.о} = H_n^1 - H_K + 1, \text{ м}. \quad (54)$$

Задание

Рассчитайте основные характеристики проектируемого полигона:

- общую вместимость полигона;
- значение площади участка складирования;
- значение площади полигона с учетом дополнительной площади;
- высоту полигона;
- требуемый объем грунта;
- глубину котлована;
- верхнюю отметку полигона.

Таблица 23

Исходные данные для расчета полигона

№ варианта	T , лет	N_1 , чел.	N_2 , чел.	H_n^1 , м
1	20	350000	500000	20
2	20	1300000	2000000	40
3	25	280000	450000	25
4	18	630000	1000000	30
5	22	410000	800000	30
6	25	250000	520000	20
7	20	1100000	1800000	35
8	18	800000	1100000	30
9	19	425000	630000	30
10	22	370000	530000	30

Контрольные вопросы

1. Укажите основные части проектной документации полигонов.
2. Укажите этапы проектирования полигонов.
3. Укажите основные элементы полигонов.
4. Укажите основную задачу при расчете и проектировании полигонов.

Практическое занятие № 8

Международные конвенции и соглашения в области защиты окружающей среды

Цель – ориентирование в основных положениях международных конвенций, соглашений в области охраны окружающей среды.

Краткие теоретические сведения

Формы международного сотрудничества в области охраны окружающей среды различны:

- международные организации по охране природы;
- международные договоры, соглашения, конвенции;
- государственные инициативы по международному сотрудничеству.

Международные организации по охране природы. В настоящее время в мире функционирует более 100 различных международных организаций, занимающихся вопросами экологии.

Наиболее авторитетная международная межправительственная из них – *Организация объединенных наций (ООН)*. Одно из важнейших направлений ее деятельности – сотрудничество в области охраны природы. ООН рассматривает важные вопросы на Генеральной ассамблее, принимает резолюции и декларации, проводит международные совещания и конференции. ООН разработала и приняла специальные принципы охраны окружающей человека среды, в частности, в Декларации Стокгольмской конференции ООН (1972 г.) и во Всемирной хартии природы (1982 г.).

При ООН функционируют специализированные международные организации по охране окружающей среды.

Специальный орган ООН по окружающей среде (ЮНЕП) осуществляет долгосрочную программу по охране окружающей среды, для финансирования которой Генеральная ассамблея ООН создала Фонд окружающей среды.

Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) осуществляет программу «Ядерная безопасность и защита окружающей среды».

Организация объединенных наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО) занимается организацией исследования окружающей среды и ее ресурсов, ею одобрены программы «Человек и биосфера», «Человек и его окружающая среда».

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) занимается проблемами гигиены окружающей среды, борьбы с загрязнением атмосферного воздуха.

Всемирная метеорологическая организация (ВМО) занимается изучением климата.

Всемирная организация продовольствия (ФАО) занимается вопросами продовольственной безопасности отдельных стран и всего мира.

Важная роль в решении экологических проблем принадлежит международной неправительственной организации – *Международному союзу охраны природы и природных ресурсов (МСОП)*, который содействует сотрудничеству между правительствами, национальными и международными организациями, а также отдельными лицами по вопросам защиты природы и охраны природных ресурсов. МСОП подготовил Международную Красную книгу.

Вопросами сохранения биологического разнообразия активно занимается *Всемирный фонд дикой природы (ВВФ)*.

Главным направлением деятельности международной общественной организации «Гринпис» является противодействие радиоактивному загрязнению окружающей среды.

Международные договоры, соглашения, конвенции – важный инструмент сотрудничества. Различаются договоры общие и специальные, многосторонние и двусторонние, глобальные и региональные. Готовятся и рассматриваются они по инициативе отдельной страны (стран) или международной организации.

Общие международно-правовые договоры могут затрагивать и вопросы окружающей природной среды. Например, в договорах о режиме государственной границы, как правило, имеются статьи, посвященные режиму приграничных водоемов, охране растительности, животного мира.

Специальные природоохранные международные договоры содержат статьи только об охране окружающей среды.

К глобальным договорам относятся Конвенция о запрещении военного или любого иного враждебного использования средства воздействия на природную среду (1977 г.), Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния (1979 г.), Конвенция об охране мигрирующих видов диких животных (1979 г.).

В числе *региональных договоров* можно назвать договоры об использовании и охране Дуная, Черного моря; договоры европейских стран (ЕЭС); Африканскую конвенцию по охране природы и природных ресурсов (1968 г.); Конвенцию по охране Средиземного моря от загрязнения (1976 г.); Конвенцию об охране морских живых ресурсов Антарктики (1980 г.); Соглашение об охране полярного медведя (1974 г.); Конвенцию о рыболовстве в северо-восточной части Атлантического океана (1959 г.); Конвенцию о рыболовстве и сохранении живых ресурсов в Балтийском море и Датских проливах (1973 г.); Соглашение о сотрудничестве по борьбе с загрязнением Северного моря нефтью (1969 г.).

Особое значение имеют международные договоры об ограничении, сокращении запрещении испытаний ядерного, бактериологического, химического оружия в различных средах и регионах. В 1996 г. в ООН торжественно подписан Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний.

Результатом международного экологического сотрудничества является заключение международных договоров, соглашений, конвенций. Среди них такие важные, как:

Базельская конвенция о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их утилизации (1989 г., Базель, Швейцария). Цели: обязательства сторон по сокращению трансграничного перемещения отходов, включенных в перечень Конвенции; максимальное снижение объема и токсичности опасных отходов, обеспечение экологичного использования; оказание помощи развивающимся странам в утилизации опасных отходов.

Венская конвенция о гражданской ответственности за ядерный ущерб (1963 г., Вена, Австрия). Цели: установление некоторых минимальных норм для обеспечения финансовой защиты от ущерба, возникающего в результате определенных видов мирного использования ядерной энергии, а также развитие дружеских отношений между нациями независимо от различий их конституционных и социальных систем.

Венская конвенция об охране озонового слоя (1985 г., Вена, Австрия). Цели: защита и охрана здоровья людей и окружающей среды от неблагоприятных воздействий, связанных с изменениями в озоновом слое.

Конвенция о биологическом разнообразии (1992 г., Рио-де-Жанейро, Бразилия). Цели: сохранение биологического разнообразия, устойчивое использование компонентов биологического разнообразия, справедливое распределение преимуществ от использования генетических ресурсов.

Конвенция о водно-болотных угодьях, имеющих международное значение, главным образом в качестве местобитаний водоплавающих птиц (Рамсарская конвенция). Цели: приостановка нарастающего освоения и

утраты водно-болотных угодий; признание их экологической, экономической, культурной, научной и рекреационной ценности.

Конвенция о запрещении военного или любого иного враждебного использования средств воздействия на природную среду (1977 г., Женева, Швейцария). Цели: упрочение мира, прекращение гонки вооружений, достижение всеобщего и полного разоружения под строгим международным контролем, устранение опасности для человечества военного или любого враждебного использования средств воздействия на природную среду.

Конвенция о международной торговле видами дикой фауны, и природы, находящимися под угрозой исчезновения (СИТЕС, 1973 г., Вашингтон, США). Цели: охрана отдельных видов, находящихся под угрозой исчезновения, от переэксплуатации, ввод системы таможенного контроля.

Конвенция о трансграничном воздействии промышленных аварий (1992 г., Хельсинки, Финляндия). Цели: защита людей и окружающей среды от промышленных аварий путем их предотвращения, насколько это возможно, уменьшения их частоты и серьезности, смягчения их воздействия.

Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния (1979 г., Женева, Швейцария). Цели: защита людей и окружающей среды от загрязнения воздуха; ограничение, постепенное сокращение и предотвращение загрязнения воздуха, включая трансграничное.

Конвенция об охране дикой фауны и флоры и природных сред обитания в Европе (1979 г., Берн, Швейцария). Цели: сохранение дикой фауны и флоры и их природных сред обитания, особенно тех видов и местообитаний, охрана которых требует сотрудничества ряда государств; содействие такому сотрудничеству.

Конвенция об охране мигрирующих видов диких животных (1979 г., Бонн, Германия). Цели: охрана видов диких животных, мигрирующих через национальные границы.

Конвенция об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте (1991 г., ЭСПО, Финляндия). Цели: содействие устойчивому экономическому развитию; использование оценки воздействия на окружающую среду в качестве предупредительной меры против трансграничной деградации окружающей среды.

Конвенция ООН по морскому праву (1982 г. Монтего Бей, Ямайка). Цели: создание нового правового режима в отношении окружающей среды морей и океанов, принятие правил природоохранных стандартов и положений, касающихся загрязнения морской среды.

Конвенция по борьбе с опустыниванием (1994 г., Париж, Франция). Цели: борьба с опустыниванием и ликвидация последствий засухи в странах, которые подвергаются опустыниванию, использование засушливых земель.

Конвенция по защите Черного моря от загрязнения (1992г., Бухарест, Румыния). Цели: решение экологических и природоохранных проблем на международном уровне по предотвращению и уменьшению загрязнения морских вод Черного моря.

Межправительственное соглашение государств – участников Содружества Независимых Государств о взаимодействии в области экологии и охраны окружающей природной среды (1992 г., Москва). Цели: принятие согласованных правовых актов в области экологии и охраны окружающей среды, а также согласованных стандартов и экологических нормативов, обеспечивающих экологическую безопасность и благополучие каждого человека.

Рамочная Конвенция ООН об изменении климата (1992 г., Нью-Йорк, США). Цели: стабилизация концентрации в атмосфере парниковых газов на уровне, который предотвратит антропогенное вмешательство в систему формирования климата.

Соглашение о сотрудничестве в области изучения, разведки и использования минерально-сырьевых ресурсов (1997 г., Москва). Цели: развитие взаимодействия в экономической и научно-технической сферах, совершенствование механизма научных, производственных и экономических связей; эффективное решение проблем изучения, разведки и рационального использования минерально-сырьевых ресурсов, геоэкологии и охраны окружающей среды.

Соглашение по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер (1992 г., Хельсинки, Финляндия). Цели: принятие национальных и международных мер по охране, рациональному использованию трансграничных вод.

Стратегия защиты окружающей среды Арктики (1991г., Рованиemi, Финляндия). Цели: сотрудничество в области научных исследований по уточнению источников, путей переноса, выпадений и влияния на регион основных загрязнителей; осуществление и усиление мер контроля за загрязняющими веществами; оценка потенциального воздействия на окружающую среду региона, охрана арктической флоры и фауны, биоразнообразия и местообитаний, интегрирование арктических интересов в глобальный природоохранный процесс.

Первым международным документом, использующим рыночный механизм для решения глобальных проблем изменения климата, был Протокол о

сокращении выбросов парниковых газов, подписанный в 1997 г. в Киото главами 55 государств. На сегодня среди стран – участниц Киотского протокола доля выбросов Японии составляет 6,7 %, России – 16,75 %, стран ЕС – 23 %, США – 33,6 %.

В условиях ухудшающегося экологического состояния различных территорий и стран, нарастающего глобального потепления климата на Земле должны получить дальнейшее развитие направления и формы международного сотрудничества в области охраны окружающей среды и использования природных ресурсов.

Задание

1. Выберите наиболее значимые международные организации охраны природы.
2. Изучите содержание международных соглашений.
3. Составьте и заполните таблицу в соответствии с табл. 24.
4. Сделайте вывод по результатам работы. Ответьте на контрольные вопросы.

Таблица 24

Основные международные конвенции и соглашения в области охраны окружающей среды

№	Наименование конвенции / соглашения	Основные положения
1	...	...
...	...	...

Контрольные вопросы

1. В соответствии с какими правовыми документами осуществляется международное сотрудничество в области охраны окружающей среды в России?
2. Когда впервые Россия вступила в международные отношения в области охраны окружающей природной среды?
3. Требования каких международных конвенций и соглашений необходимо учитывать в практической деятельности в рамках международного сотрудничества в области охраны окружающей природной среды?
4. Какие международные конвенции ратифицированы законами РФ?

Библиографический список

1. СанПиН 1.2.3685-21. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения : утверждены постановлением государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 г. № 2. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 29.09.2022). – Текст : электронный.

2. Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе : утверждены приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 06.06.2017. № 273. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/456074826> (дата обращения: 09.09.2022). – Текст : электронный.

3. Методика разработки нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ в водные объекты для водопользователей : утверждены приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 29.12.2020. № 1118. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573275596> (дата обращения: 21.09.2022). – Текст : электронный.

4. Ветошкин, А. Г. Процессы и аппараты пылеочистки : учебное пособие / А. Г. Ветошкин. – Пенза: Издательство Пензенского государственного университета, 2005. – 210 с.

5. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов : утверждены постановлением государственного санитарного врача РФ от 28.09.2007 г. № 74. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902065388> (дата обращения: 30.09.2022). – Текст : электронный.

6. Экология : учебник и практикум для вузов / О. Е. Кондратьева [и др.]. – Москва : Издательство «Юрайт», 2020. – 283 с.

Содержание

Введение	
Практическое занятие № 1. Проблемы роста численности населения и дефицита природных ресурсов.....	
Практическое занятие № 2. Расчет платы за использование природных ресурсов	
Практическое занятие № 3. Расчет максимальной концентрации вредных веществ при выбросе нагретой газовой воздушной смеси из оди- ночного точечного источника	
Практическое занятие № 4. Расчет нормативов допустимого сброса для проточного водоема	
Практическое занятие № 5. Расчет циклона	
Практическое занятие № 6. Расчет горизонтального отстойника	
Практическое занятие № 7. Расчет объемов образования отходов	
Практическое занятие № 8. Международные конвенции и соглашения в области защиты окружающей среды	
Библиографический список	

Учебное издание

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ
Практикум

**Составители: Серазеева Елена Владимировна,
Демин Алексей Владимирович,
Бариева Энза Рафаиловна,
Королёв Эдуард Анатольевич**

Кафедра инженерной экологии и безопасности труда КГЭУ

Редактор издательского отдела: М.С. Беркутова
Компьютерная верстка

Изд. лиц. ИД № 03480 от 08.12.00. Подписано в печать Формат 60×84/16. Гарнитура
«Timens». Вид печати РОМ.

Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж экз. Заказ № .

Редакционно-издательский отдел КГЭУ, 420066, г. Казань, ул. Красносельская, 51