

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Инженерная экология»

О. И. Родькин
Г. И. Морзак
Н. В. Сидорская

УПРАВЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПРЕДПРИЯТИЯ

Практикум
для обучающихся на II ступени высшего образования
по специальности 1-33 80 01 «Экология»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
по экологическому образованию*

Минск
БНТУ
2022

УДК 502/504+628.5(076.5)(075.8)

ББК 20.1я7

P61

Р е ц е н з е н т ы:

кафедра экологического мониторинга и менеджмента
Учреждения образования «Международный государственный
экологический институт им. А. Д. Сахарова»
Белорусского государственного университета;
заведующий НИИ «Экопром» Филиала БНТУ
«Научно-исследовательская часть»,
канд. техн. наук *В. И. Глуховский*

Родькин, О. И.

P61 Управление экологической безопасностью предприятия : практикум для обучающихся на II ступени высшего образования по специальности 1-33 80 01 «Экология» / О. И. Родькин, Г. И. Морзак, Н. В. Сидорская. – Минск : БНТУ, 2022. – 85 с.
ISBN 978-985-583-249-3.

Методическое пособие предназначено для выполнения практических работ по дисциплине «Управление экологической безопасностью предприятия» для магистрантов специальности 1-33 80 01 «Экология». Пособие содержит современные данные об основных направлениях охраны окружающей среды и экологической безопасности на промышленном предприятии.

УДК 502/504+628.5(076.5)(075.8)

ББК 20.1я7

ISBN 978-985-583-249-3

© Родькин О. И., Морзак Г. И.,
Сидорская Н. В., 2022

© Белорусский национальный
технический университет, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Практическая работа 1. Оценка экологической безопасности при эксплуатации автомобильного транспорта	4
Практическая работа 2. Оценка уровня загрязнения окружающей среды	18
Практическая работа 3. Оценка потенциальной опасности производственных процессов	31
Практическая работа 4. Экологические проблемы и их решения	47
Практическая работа 5. Промышленная экология.....	53
Практическая работа 6. Расчет оценки экологической безопасности промышленного производства	59
Практическая работа 7. Управление промышленной безопасностью.....	65
Литература	85

Практическая работа 1

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Цель работы: рассчитать суммарную токсичность выхлопных газов и выбрать наиболее эффективное природоохранное мероприятие для двигателя внутреннего сгорания.

Транспорт и окружающая среда

В своей хозяйственной деятельности человек использует различный транспорт. Выделяют его следующие виды: автомобильный, железнодорожный (наземный и подземный), воздушный, водный (речной и морской), а также рельсовый и безрельсовый наземный электротранспорт (трамваи, троллейбусы).

Для транспорта используют следующие виды топлива: автомобильный и авиационный бензин, дизельное топливо, керосиновые фракции, природный газ и смесь разных видов топлива.

По конструкции двигателя разделяют на бензиновые, дизельные и реактивные силовые установки, которые оказывают на природную среду различное воздействие.

Негативное влияние транспорта на окружающую среду состоит в том, что для его функционирования необходимо топливо, которое само по себе токсично; при работе двигателей поглощается кислород и выделяются выхлопные газы, многие из которых отрицательно влияют на природу.

Работа транспорта сопровождается шумом, вибрациями, излучением электромагнитных колебаний, тепловым загрязнением среды обитания. В процессе движения машин по грунтовым дорогам деформируется поверхность почвы, возникает запыление и т. д.

Автомобильный транспорт – основной загрязнитель атмосферного воздуха. Установлено, что ежегодно один легковой автомобиль, поглощая 4 т молекулярного кислорода, выделяет в атмосферу 0,8 т угарного газа, до 40 кг различных оксидов азота (NO_x), до 200 кг углеводородов, кроме того сажу, тетраэтилсвинец, альдегиды, органические кислоты, полициклические углеводороды и их производные и другие вещества.

Двигатели, работающие на дизельном топливе, выделяют в окружающую среду меньшее количество угарного газа, но большее количество диоксидов углерода и серы.

Наименьшее количество вредных примесей содержится в выхлопных газах двигателей, работающих на сжиженном газе (угарного газа в пять раз меньше, чем у карбюраторных двигателей, оксидов азота – в два раза, а оксиды серы отсутствуют).

К факторам, оказывающим существенное влияние на уровень токсичных выбросов, относят условия движения автомобиля (режимы работы двигателя), температуру окружающей среды, техническое состояние двигателя.

В отработавших газах в период замедления движения содержится значительно большее количество углеводородов, чем при движении автомобиля с постоянной скоростью. Максимальный выброс CO наблюдается при работе на холостом ходу, а максимальный выброс NO_x – при ускоренном движении автомобиля.

В выхлопных газах содержатся канцерогенные соединения – вещества, способствующие развитию раковых заболеваний, например, бенз(оа)пирен. Таким образом, состав выхлопных газов зависит как от типа двигателя, так и от режима работы транспорта, что важно учитывать при реализации природоохранных мероприятий.

Экологическая характеристика продуктов сгорания топлива

Загрязнение воздуха городов токсичными веществами, выбрасываемыми автотранспортом, часто обуславливает концентрации токсичных веществ в воздухе в зоне дыхания, во много раз превышающие безвредные для здоровья человека. Выбросы токсичных веществ автомобилями зависят как от технического совершенствования автомобилей и их двигателей, так и от экологических свойств моторных топлив.

При сгорании моторных топлив в бензиновых и дизельных двигателях при соотношении $\frac{\text{кислород воздуха}}{\text{топливо}}$, помимо основных продуктов полного окисления (воды и диоксида углерода), образуются и выбрасываются с отработавшими газами в воздух токсичные вещества: оксид углерод, оксиды азота, органические кислородосо-

державшие соединения, несгоревшие углеводороды, сажа, свинец (в виде бромидов и хлоридов) – при использовании свинцовых антидетонаторов (этилированных бензинов).

Образование токсичных веществ в бензиновых и дизельных двигателях имеет свои особенности и отличия, ввиду этого и состав отработавших газов отличается.

Основные токсичные продукты отработавших газов бензиновых двигателей – продукты неполного горения топлива: оксид углерода (СО), оксиды азота (NO_x) и недогоревшие углеводороды (C_nH_m).

Дизельный двигатель работает со значительным избытком воздуха, и микродиффузионный режим сгорания топлива создает условия образования токсичных веществ, значительно отличающиеся от условий в бензиновых двигателях.

В результате в дизельных двигателях образование оксидов азота значительно выше, чем в бензиновых двигателях, а образование оксида углерода – значительно ниже.

В то же время значительно выше степень полного и неполного окисления углеводородов и, следовательно, намного меньше сумма выбросов углеводородов и их оксипроизводных (но доля выбросов альдегидов в 1,5–4 раза выше), чем в бензиновых двигателях.

Кроме того, в выбросах дизельных двигателей всегда содержится сажа, ввиду особенностей диффузионного горения.

Для оценки суммарной токсичности отработавших газов необходимы величины предельно допустимых концентраций (ПДК) токсичных компонентов выбросов.

Раньше при оценке токсичности веществ, выбрасываемых в воздух автотранспортом, исходили из значений максимальной разовой ПДК. Однако в настоящее время города настолько насыщены автомобилями, что правильнее пользоваться среднесуточными ПДК (табл. 1.1).

Таблица 1.1

ПДК среднесуточные основных компонентов выхлопных газов

Вещество	ПДК _{сс} , мг/м ³	Вещество	ПДК _{сс} , мг/м ³
NO_2	0,04	СО	3
C_nH_m	0,04	Твердые частицы (сажа)	0,05

Токсичность вредных выбросов выхлопных газов автомобильного транспорта

По мере роста автомобильного парка во многих странах мира введены стандарты на ограничение выбросов токсичных веществ, в зависимости от концентрации автомобилей, климатических, рельефных условий и других факторов.

Под токсичностью выбросов двигателя автомобиля понимают способность выбросов двигателя оказывать токсическое воздействие на людей, животный мир. Токсическое воздействие определяется составом токсичных веществ; абсолютным количеством выбросов токсичных веществ в единицу времени (или на единицу пути, пройденного автомобилем); физико-химическими законами превращения химических соединений в атмосфере; геофизическими законами распространения токсичных веществ; чувствительностью живых организмов.

Наибольшее количество загрязняющих веществ приходится на автомобили устаревших моделей. В автомобилях, выпускаемых в настоящее время в промышленно развитых странах, вредных выбросов в 10–15 раз меньше, чем 10–15 лет назад.

Таблица 1.2

Нормы токсичности автомобилей для европейских стран

Наименование стандартов	Год введения	Содержание в выхлопе, г/кВт ч			
		NO _x	CO	C _n H _m	Твердые частицы
Евро-0	1988	14,4	11,2	2,5	–
Евро-1	1993	8,0	4,5	1,1	0,36
Евро-2	1996	7,0	4,0	1,1	0,15
Евро-3	1999	5,0	2,0	0,6	0,10
Евро-4	2005	3,5	1,5	–	0,02
Евро-5	2008	2,0	1,5	–	0,02
Евро-6	2015	1,0	1,0	0,13	0,01

Нормы токсичности, установленные стандартом Евро-1, введены в Республике Беларусь в 1996 г., Евро-3 – в 2006 г., Евро-4 – в 2015 г., Евро-5 – в 2018 г., Евро-6 в Беларуси еще не введен.

Различают два основных метода снижения уровня токсичности вредных выбросов.

Первичный метод основан на снижении содержания в остаточных газах CO, CH, NO_x за счет оптимизации рабочего процесса. Сюда входит и использование альтернативных топлив, и организация рабочего процесса, регулировки, применение различных добавок к топливам и т. д.

Вторичный метод направлен на удаление вредных примесей уже на выходе из цилиндра двигателя. Применяется каталитическое обезвреживание выбросов, включающее фильтрацию от сажи и аэрозолей на пористых материалах с периодической термической регенерацией фильтра, каталитическое дожигание газообразных продуктов неполного сгорания на катализаторах и многое другое.

Катализатор – устройство в выхлопной системе, предназначенное для снижения токсичности отработавших газов посредством восстановления оксидов азота и использования полученного кислорода для дожига угарного газа и недогоревших углеводородов

Для того чтобы повысить эффективность очистки, целесообразно использовать эти два метода совместно.

Индивидуальное задание

(Номер варианта соответствует порядковому номеру в журнале)

Автомобильный парк предприятия представлен двумя видами машин: с бензиновыми и дизельными двигателями внутреннего сгорания.

Средний пробег одного автомобиля составляет 10 000 км/год.

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

– применение трехкомпонентных каталитических нейтрализаторов для автомобилей с бензиновыми двигателями, фильтр-нейтрализатор – для автомобилей с дизельными двигателями (природоохранное мероприятие 1 – ПОМ1);

– применение многофункциональной присадки к бензинам и дизельным топливам (природоохранное мероприятие 2 – ПОМ2).

Для оценки экологической безопасности выбросов выхлопных газов автомобилей необходимо:

1. *Оценить суммарную токсичность выбросов автомобилями с бензиновыми и дизельными двигателями за год до проведения*

природоохранного мероприятия и по двум вариантам предложенных природоохранных мероприятий.

Расчет ведется отдельно для автомобилей с бензиновыми и дизельными двигателями. Результаты расчетов представить в табл. 1.3. Исходные данные для расчетов представлены в табл. 1.5 и 1.6.

Таблица 1.3

Результаты расчетов суммарной токсичности выбросов автомобилей с бензиновым и дизельным двигателем

Вариант	Суммарная токсичность выбросов автомобиля, кг/год					
	с бензиновым двигателем			с дизельным двигателем		
	до ПОМ	ПОМ 1	ПОМ 2	до ПОМ	ПОМ 1	ПОМ 2
	$M_{CO}^{бенз0}$	$M_{CO}^{бенз1}$	$M_{CO}^{бенз2}$	$M_{CO}^{диз0}$	$M_{CO}^{диз1}$	$M_{CO}^{диз2}$

Методика оценки суммарной токсичности выбросов

Если при сжигании 1 кг топлива выделяется количество токсичного вещества A (m_A) и предельно допустимая среднесуточная концентрация его равна ПДК_A, то концентрация вещества A в воздухе будет равна ПДК_A.

Тогда объем воздуха, в котором разбавлены продукты сгорания (коэффициент разбавления – $K_p(A)$, м³), равен

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

Такая же степень загрязнения воздуха веществом B будет при $\frac{m_B}{\text{ПДК}_B} = \frac{m_A}{\text{ПДК}_A}$, или $K_p(B) = K_p(A)$.

Отсюда загрязнение воздуха веществом B можно выразить через количество вещества A (m_A):

$$m_A = \frac{m_B}{\text{ПДК}_B} \text{ПДК}_A. \quad (1.2)$$

Тогда суммарное загрязнение воздуха различными токсичными веществами можно рассчитать через количество одного вещества m_A , принятого за эталон, по формуле:

$$m_A = \sum \frac{m_i}{\text{ПДК}_i} \text{ПДК}_A. \quad (1.3)$$

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

$$m_{\text{CO}} = \sum \frac{m_i}{\text{ПДК}_i} \text{ПДК}_{\text{CO}}, \quad (1.4)$$

где m_{CO} – суммарное загрязнение воздуха токсичными веществами, г/км;

m_i – количество i -го токсичного вещества, выбрасываемого автомобилем за километр пробега, г/км;

ПДК_i – предельно допустимая концентрация i -го токсичного вещества, мг/м³;

ПДК_{CO} – предельно допустимая концентрация оксида углерода СО, мг/м³.

Суммарное загрязнение воздуха токсичными веществами, образующимися при сжигании 1 кг бензина, определяются по формуле:

$$m_{\text{CO}}^{\text{бенз}} = \left(\frac{m_{\text{CO}}}{\text{ПДК}_{\text{CO}}} + \frac{m_{\text{NO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{NO}_2}} + \frac{m_{\text{C}_n\text{H}_m}}{\text{ПДК}_{\text{C}_n\text{H}_m}} \right) \text{ПДК}_{\text{CO}}, \quad (1.5)$$

где m_{CO} , m_{NO_2} , $m_{\text{C}_n\text{H}_m}$ – количеств СО, NO₂, C_nH_m, выбрасываемых автомобилем с бензиновым двигателем за километр пробега, г/км (данные приведены в табл. 1.5);

ПДК_{CO} , ПДК_{NO_2} , $\text{ПДК}_{\text{C}_n\text{H}_m}$ – предельно допустимые концентрации СО, NO₂, C_nH_m, мг/м³ (табл. 1.1).

Суммарное загрязнение воздуха токсичными веществами, образующимися при сжигании 1 кг дизельного топлива, определяются по формуле:

$$m_{\text{CO}}^{\text{диз}} = \left(\frac{m_{\text{CO}}}{\text{ПДК}_{\text{CO}}} + \frac{m_{\text{NO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{NO}_2}} + \frac{m_{\text{C}_n\text{H}_m}}{\text{ПДК}_{\text{C}_n\text{H}_m}} + \frac{m_{\text{сажа}}}{\text{ПДК}_{\text{сажа}}} \right) \text{ПДК}_{\text{CO}}, \quad (1.6)$$

где m_{CO} , m_{NO_2} , $m_{\text{C}_n\text{H}_m}$, $m_{\text{сажа}}$ – количества CO, NO₂, C_nH_m, сажи, выбрасываемых автомобилем с дизельным двигателем за километр пробега, г/км (данные приведены в табл. 1.6);

ПДК_{CO}, ПДК_{NO₂}, ПДК_{C_nH_m}, ПДК_{сажа}, – предельно допустимые концентрации CO, NO₂, C_nH_m, сажи, мг/м³ (табл. 1.1).

Для оценки суммарной токсичности выбросов автомобилями фирмы за год необходимо учитывать среднегодовой пробег L .

Суммарная токсичность годовых выбросов одним автомобилем M_{CO} , кг, определяется по формуле:

$$M_{\text{CO}} = m_{\text{CO}} \cdot L \cdot 10^{-3}, \quad (1.7)$$

где M_{CO} – суммарная токсичность годовых выбросов одним автомобилем, кг/год;

m_{CO} – суммарное загрязнение воздуха токсичными веществами на километр пробега автомобиля, г/км;

L – среднегодовой пробег, км/год;

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

2. *Определить долю основных компонентов отработавших газов в суммарной токсичности выбросов.*

Результаты расчетов представить в табл. 1.4.

Доля в суммарной токсичности (n_i) любого выбрасываемого вещества (%) рассчитывается по формуле:

$$n_i = \frac{\frac{m_i}{\text{ПДК}_i}}{\sum \left(\frac{m_i}{\text{ПДК}_i} \right)} 100 \%, \quad (1.8)$$

где m_i – количество i -го токсичного вещества, выбрасываемого автомобилем за километр пробега, г/км;

ПДК $_i$ – предельно допустимая концентрация i -го токсичного вещества, мг/м³ (табл. 1.1).

Таблица 1.4

Результаты расчетов доли выбрасываемого двигателем вещества в суммарной токсичности выбросов автомобиля

Вещество	Доля в общей токсичности выбрасываемого двигателем вещества n , %		
	до ПОМ	ПОМ 1	ПОМ 2
Автомобиль с бензиновым двигателем			
Оксид углерода CO			
Диоксид азота NO ₂			
Углеводороды C _n H _m			
Автомобиль с дизельным двигателем			
Оксид углерода CO			
Диоксид азота NO ₂			
Углеводороды C _n H _m			
Сажа			

Для автомобиля с бензиновым двигателем внутреннего сгорания:

$$n_{CO} = \frac{\frac{m_{CO}}{ПДК_{CO}}}{\frac{m_{CO}}{ПДК_{CO}} + \frac{m_{NO_2}}{ПДК_{NO_2}} + \frac{m_{C_nH_m}}{ПДК_{C_nH_m}}} \cdot 100 \% ; \quad (1.9)$$

$$n_{NO_2} = \frac{\frac{m_{NO_2}}{ПДК_{NO_2}}}{\frac{m_{CO}}{ПДК_{CO}} + \frac{m_{NO_2}}{ПДК_{NO_2}} + \frac{m_{C_nH_m}}{ПДК_{C_nH_m}}} \cdot 100 \% ; \quad (1.10)$$

$$n_{C_nH_m} = \frac{\frac{m_{C_nH_m}}{\text{ПДК}_{C_nH_m}}}{\frac{m_{CO}}{\text{ПДК}_{CO}} + \frac{m_{NO_2}}{\text{ПДК}_{NO_2}} + \frac{m_{C_nH_m}}{\text{ПДК}_{C_nH_m}}} 100 \%, \quad (1.11)$$

где m_{CO} , m_{NO_2} , $m_{C_nH_m}$ – количества CO, NO₂, C_nH_m, выбрасываемых автомобилем с бензиновым двигателем за километр пробега, г/км (данные приведены в табл. 1.5);

ПДК_{CO}, ПДК_{NO₂}, ПДК_{C_nH_m} – предельно допустимые концентрации CO, NO₂, C_nH_m, мг/м³ (табл. 1.1).

Для автомобиля с дизельным двигателем внутреннего сгорания:

$$n_{CO} = \frac{\frac{m_{CO}}{\text{ПДК}_{CO}}}{\frac{m_{CO}}{\text{ПДК}_{CO}} + \frac{m_{NO_2}}{\text{ПДК}_{NO_2}} + \frac{m_{C_nH_m}}{\text{ПДК}_{C_nH_m}} + \frac{m_{сажа}}{\text{ПДК}_{сажа}}} 100 \%; \quad (1.12)$$

$$n_{NO_2} = \frac{\frac{m_{NO_2}}{\text{ПДК}_{NO_2}}}{\frac{m_{CO}}{\text{ПДК}_{CO}} + \frac{m_{NO_2}}{\text{ПДК}_{NO_2}} + \frac{m_{C_nH_m}}{\text{ПДК}_{C_nH_m}} + \frac{m_{сажа}}{\text{ПДК}_{сажа}}} 100 \%; \quad (1.13)$$

$$n_{C_nH_m} = \frac{\frac{m_{C_nH_m}}{\text{ПДК}_{C_nH_m}}}{\frac{m_{CO}}{\text{ПДК}_{CO}} + \frac{m_{NO_2}}{\text{ПДК}_{NO_2}} + \frac{m_{C_nH_m}}{\text{ПДК}_{C_nH_m}} + \frac{m_{сажа}}{\text{ПДК}_{сажа}}} 100 \%; \quad (1.14)$$

$$n_{сажа} = \frac{\frac{m_{сажа}}{\text{ПДК}_{сажа}}}{\frac{m_{CO}}{\text{ПДК}_{CO}} + \frac{m_{NO_2}}{\text{ПДК}_{NO_2}} + \frac{m_{C_nH_m}}{\text{ПДК}_{C_nH_m}} + \frac{m_{сажа}}{\text{ПДК}_{сажа}}} 100 \%, \quad (1.15)$$

где m_{CO} , m_{NO_2} , $m_{C_nH_m}$, $m_{сажа}$ – количества CO, NO₂, C_nH_m, сажи, выбрасываемых автомобилем с дизельным двигателем за километр пробега, г/км (данные приведены в табл. 1.6);

ПДК_{CO}, ПДК_{NO₂}, ПДК_{C_nH_m}, ПДК_{сажа} – предельно допустимые концентрации CO, NO₂, C_nH_m, сажи, мг/м³ (табл. 1.1).

3. По результатам расчетов построить гистограммы (рис. 1.1, 1.2, 1.3).

4. Сделать вывод о целесообразности использования одного из двух предлагаемых природоохранных мероприятий для каждого двигателя внутреннего сгорания.

Контрольные вопросы

1. Какое влияние оказывает автомобильный транспорт на окружающую среду?

2. Что такое токсичность выхлопных газов автомобилей?

3. Назовите методы снижения уровня токсичности выхлопных газов автомобилей.

4. Какие показатели учитываются при оценке суммарной токсичности выбросов автомобилями?

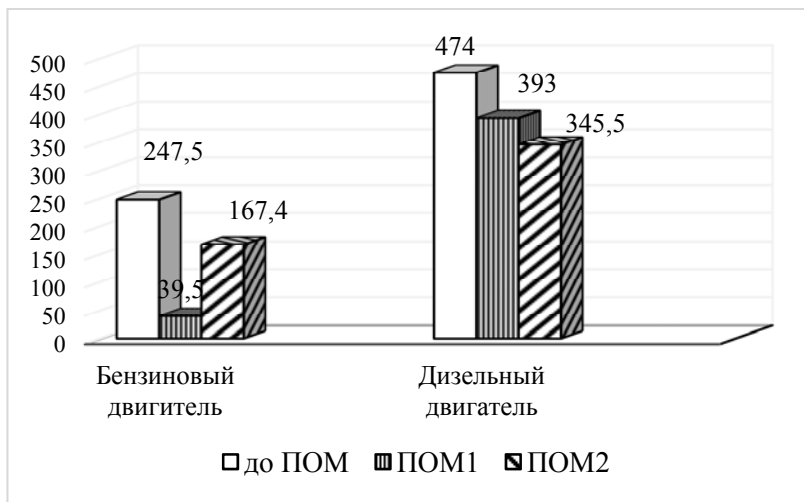


Рис. 1.1. Суммарная токсичность выбросов автомобиля, кг/год

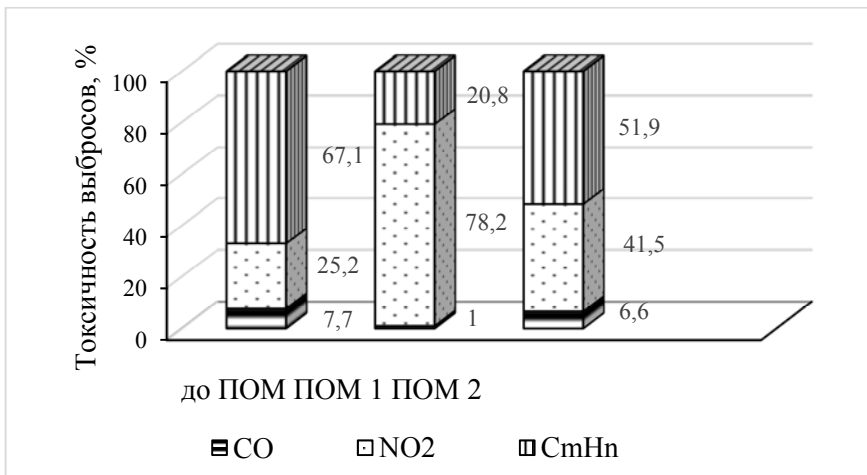


Рис. 1.2. Вклад в суммарную токсичность выбросов автомобилей с бензиновым двигателем

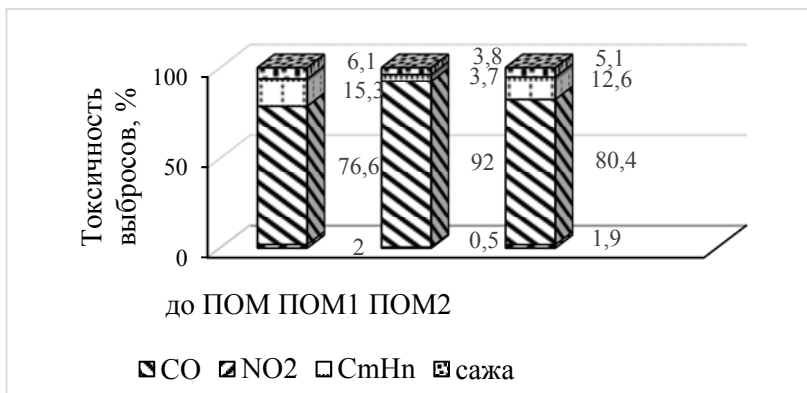


Рис. 1.3. Вклад в суммарную токсичность выбросов автомобилей с дизельным двигателем

Таблица 1.5

Выбросы токсичных веществ автомобилем
с бензиновым двигателем

Количество токсичного вещества, выбрасываемого автомобилем с бензиновым двигателем m , г/км											
m , г/км		Варианты									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CO	0	0,7	2,72	2,20	1,50	2,0	12,4	7,0	5,5	3,0	2,0
	1	0,07	0,3	0,2	0,2	0,2	1,24	1,40	1,1	0,3	0,2
	2	0,49	1,9	1,4	1,0	1,3	8,69	4,9	3,9	2,1	1,4
NO ₂	0	0,07	0,47	0,25	0,14	0,17	1,0	0,21	0,17	0,2	0,19
	1	0,03	0,19	0,05	0,03	0,03	0,76	0,08	0,08	0,07	0,08
	2	0,04	0,33	0,18	0,1	0,13	0,41	0,16	0,12	0,15	0,14
C _m H _n	0	0,08	0,5	0,5	0,17	0,25	2,11	0,26	0,02	0,3	0,23
	1	0,008	0,01	0,05	0,02	0,03	0,21	0,05	0,02	0,03	0,02
	2	0,05	0,33	0,33	0,11	0,16	1,37	0,17	0,13	0,19	0,13
m , г/км		Варианты									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
CO	0	1,8	9,0	4,0	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,0	2,3
	1	0,2	1,0	0,4	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,4
	2	1,26	6,3	2,8	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,6
NO ₂	0	0,12	1,5	0,7	0,15	0,16	0,2	0,21	0,2	0,18	0,22
	1	0,05	0,6	0,28	0,06	0,06	0,08	0,08	0,08	0,07	0,08
	2	0,14	1,11	0,51	0,11	0,11	0,14	0,14	0,14	0,13	0,14
C _m H _n	0	0,16	1,8	0,9	0,19	0,2	0,25	0,25	0,26	0,22	0,27
	1	0,02	0,18	0,09	0,03	0,02	0,04	0,03	0,03	0,02	0,03
	2	0,1	1,1	0,59	0,12	0,13	0,14	0,14	0,17	0,14	0,18

Таблица 1.6

**Выбросы токсичных веществ автомобилем
с дизельным двигателем**

Количество токсичного вещества, выбрасываемого автомобилем с дизельным двигателем m , г/км											
m , г/км		Варианты									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CO	0	0,47	2,72	1,0	0,6	0,8	3,1	2,3	2,0	1,5	0,9
	1	0,09	0,03	0,1	0,06	0,08	0,3	10 ⁻⁴	0,2	0,2	10 ⁻⁴
	2	0,33	2,31	2,3	0,5	0,68	2,6	1,9	1,7	1,28	0,77
NO ₂	0	0,25	0,47	0,46	0,5	0,7	5,6	2,5	5,0	5,4	0,49
	1	0,25	0,47	0,46	0,5	0,7	5,6	2,5	5,0	5,4	0,49
	2	0,19	0,3	0,29	0,39	0,5	4,2	1,88	3,75	4,2	0,36
C _m H _n	0	0,05	0,5	0,23	0,06	0,08	1,1	0,9	1,2	1,0	0,16
	1	0,01	0,1	0,02	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	0,1	0,02	0,1	0,1	10 ⁻⁴
	2	0,03	0,33	0,15	0,04	0,05	0,72	0,59	0,78	0,65	0,1
Сажа	0	0,025	0,14	0,08	0,05	0,06	0,18	0,2	0,19	0,14	0,08
	1	0,013	0,07	0,04	0,03	0,03	0,09	0,1	0,1	0,07	0,04
	2	0,015	0,08	0,04	0,03	0,03	0,09	0,1	0,1	0,07	0,04
m , г/км		Варианты									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
CO	0	0,5	2,4	1,3	0,7	0,8	0,9	0,6	2,1	1,5	4,0
	1	10 ⁻⁴	0,2	0,1	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	0,2	0,1	0,4
	2	0,43	2,0	1,0	0,6	0,7	0,8	0,5	1,8	1,3	3,4
NO ₂	0	0,6	4,2	5,2	0,7	0,9	0,8	0,6	5,0	3,5	7,0
	1	0,6	4,2	5,2	0,7	0,9	0,8	0,6	5,0	3,5	7,0
	2	0,45	3,27	4,06	0,55	0,7	0,6	0,45	0,38	2,63	5,3
C _m H _n	0	0,05	0,7	1,1	0,07	0,08	0,09	0,06	0,66	0,46	1,1
	1	10 ⁻⁴	0,07	0,14	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	0,07	0,05	0,1
	2	0,03	0,46	0,9	0,05	0,05	0,06	0,04	0,43	0,29	0,7
Сажа	0	0,05	0,15	0,21	0,07	0,06	0,08	0,06	0,1	0,04	0,15
	1	0,03	0,07	0,11	0,05	0,03	0,04	0,03	0,05	0,02	0,07
	2	0,03	0,07	0,11	0,05	0,03	0,04	0,03	0,05	0,02	0,07

0 – Выбросы до проведения природоохранного мероприятия (до ПОМ).

1 – Выбросы после природоохранного мероприятия 1 (ПОМ1).

2 – Выбросы после природоохранного мероприятия 2 (ПОМ2).

Практическая работа 2

ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Цель работы: оценить уровень загрязнения атмосферного воздуха населенного пункта, водного объекта и почвы.

Загрязнение окружающей среды

Загрязнение окружающей среды – это внесение в нее новых, не характерных для нее физических, химических и биологических агентов (загрязнителей) либо превышение в ней естественного многолетнего уровня этих агентов.

Загрязнители окружающей среды – это несвойственные (новые) для среды физические, химические и биологические агенты либо характерные для нее агенты, но находящиеся в объемах, превышающих естественно сложившийся многолетний (фоновый) уровень их присутствия.

Классификация видов загрязнения. Рассматривают обычно два различных по происхождению вида загрязнения:

– естественное загрязнение, возникающее в результате действий природных явлений без участия людей;

– антропогенное загрязнение, связанное с человеческой деятельностью, главной составной частью которого является техногенное загрязнение, обусловленное деятельностью промышленных производств и автомобильным транспортом.

По природе загрязнителей различают следующие виды загрязнения: биологическое, физическое либо химическое загрязнение.

1) биологическое – либо привнесение в окружающую среду и размножение в ней нежелательных для человека организмов, либо проникновение (естественное или антропогенное) в экосистему организмов, чуждых сообществам экосистемы и обычно там отсутствующих;

2) физическое (радиационное, тепловое, световое, электромагнитное, шумовое и др.);

3) химическое (загрязнение биосферы химическими веществами).

По способу образования различают загрязнение первичное и вторичное.

Первичное загрязнение – поступление в среду загрязнителей, образующихся непосредственно в ходе естественных или антропогенных процессов в биосфере.

Вторичное загрязнение – образование (синтез) вредных и опасных для окружающей среды и человека загрязнителей в ходе физико-химических процессов в окружающей среде, при этом все или некоторые реагенты могут быть сами по себе неопасными. Например, вторичным загрязнением является образование при некоторых условиях ядовитых химических веществ в атмосфере, называемое смогом.

По пространственному признаку различают:

1) глобальное загрязнение – обнаруживаемое в любой точке планеты как угодно далеко от его источника;

2) региональное загрязнение – обнаруживаемое в пределах значительных территорий, но не охватывающее всей планеты;

3) локальное загрязнение – наблюдаемое на небольшой территории, ограниченной пределами населенного пункта, предприятия.

По видам компонентов окружающей среды рассматривают, во-первых, загрязнения атмосферы, гидросферы или литосферы (на глобальном уровне) и загрязнения атмосферного воздуха, поверхностных и подземных водоемов и почвы (на локальном уровне).

Считается, что из загрязняющих агентов, регулярно попадающих в организм человека, около 70 % поступает с пищей, 20 % – из воздуха и 10 % – с водой.

Нормативы качества компонентов окружающей среды

Уровень загрязнения окружающей среды оценивают с использованием критериев нормативов качества, которые установлены для компонентов окружающей среды. Такими нормативами чаще всего выступают предельно допустимые концентрации (ПДК). Наиболее разработаны нормативы качества применительно к атмосферному воздуху и воде.

Нормативы качества атмосферного воздуха включают нормативы ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе или ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) и уровни вредных физических и иных воздействий на него, установленные в санитарных нормах и правилах.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) – количество загрязняющего вещества в окружающей среде (почве, воздухе, воде, продуктах питания), которое при постоянном или временном воздействии на человека не влияет на его здоровье и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства.

ПДК рассчитывают на единицу объема (для воздуха, воды), массы (для почвы, пищевых продуктов) или поверхности (для кожи работающих).

ПДК устанавливают на основании комплексных исследований. При ее определении учитывают степень влияния загрязняющих веществ не только на здоровье человека, но и на животных, растения, микроорганизмы, а также на природные сообщества в целом.

В настоящее время в нашей стране действуют более 1400 ПДК вредных химических веществ для водоемов, более 500 для атмосферного воздуха и более 130 для почв.

При содержании в природном объекте нескольких загрязняющих веществ, обладающих суммацией действия (синергизмом), учитывают их совместное воздействие.

При нормировании качества атмосферного воздуха используют показатели ПДК.

Для нормирования качества воздуха в производственных помещениях применяется ПДК вредного вещества в воздухе рабочей зоны (ПДКрз), а для нормирования качества воздуха в населенных пунктах применяются ПДК максимально разовая (ПДКмр) и ПДК среднесуточная (ПДКсс).

ПДКрз – это максимальная концентрация, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 часов или при другой продолжительности, но не более 40 часов в неделю, на протяжении всего рабочего стажа не должна вызывать заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами исследования, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений. Рабочей зоной следует считать пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадь, на которой находятся места постоянного или временного пребывания рабочих.

ПДКмр – это максимальная концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, не вызывающая при вдыхании в течение 20 минут рефлекторных реакций в организме человека (ощущение запаха, изменение световой чувствительности глаз и др.).

ПДК_{сс} – это максимальная концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного воздействия при неограниченно долгом вдыхании.

Наряду с предельно допустимыми концентрациями существуют временно допустимые концентрации (ВДК), иначе называемые ориентировочными безопасными уровнями воздействия (ОБУВ).

ОБУВ – это временный ориентировочный гигиенический норматив содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе населенных мест. Этот показатель устанавливается путем расчетов на 2–3 года, после чего должен быть заменен на ПДК.

При нормировании качества воды используют такие показатели, как ПДК вредных веществ для питьевых вод и рыбохозяйственных водоемов. Также нормируют запах, вкус, цветность, мутность, температуру, жесткость, коли-индекс и другие показатели качества воды.

Предельно допустимая концентрация в воде водоема хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДК_в) – это максимальная концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать прямого или косвенного влияния на организм человека в течение всей его жизни и на здоровье последующих поколений, а также не должна ухудшать гигиенические условия водопользования.

Предельно допустимая концентрация в воде водоема, используемого для рыбохозяйственных целей (ПДК_{вр}), – это максимальная концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать вредного влияния на популяции рыб, в первую очередь промысловых.

При отсутствии ПДК на основе расчетных и экспресс-экспериментальных методов прогноза токсичности устанавливается временный норматив – ориентировочный допустимый уровень (ОДУ) воздействия химического вещества в воде водных объектов.

При нормировании качества почвы используют такой показатель, как ПДК вредного вещества в пахотном слое почвы.

Предельно допустимая концентрация в пахотном слое почвы (ПДК_п) – это максимальная концентрация вредного вещества в верхнем пахотном слое почвы, которая не должна оказывать прямого или косвенного отрицательного влияния на здоровье человека, плодородие почвы, ее самоочищающую способность, соприкасающиеся среды с ней (воздух, вода) и не приводящее к накоплению вредных веществ в сельскохозяйственных культурах.

Так как в атмосферном воздухе, воде водных объектов и почве одновременно присутствуют сразу несколько загрязняющих веществ, то для оценки уровня загрязнения используют комплексные показатели.

Определение показателей, характеризующих уровень загрязнения окружающей среды

Расчет комплексного показателя загрязнения атмосферы

Для гигиенической оценки степени опасности загрязнения атмосферного воздуха при одновременном присутствии нескольких веществ применяют комплексный показатель загрязнения P .

Комплексный показатель загрязнения атмосферы учитывает кратность превышения ПДК, класс опасности вещества, количество совместно присутствующих загрязнителей в атмосфере, характер комбинированного действия веществ.

Следует иметь в виду, что показатель P является условным вследствие того, что при длительном поступлении атмосферных загрязнений в организм человека характер их комбинированного действия в большинстве случаев остается неизвестным, хотя такое количественное его выражение максимально приближено к возможному биологическому воздействию.

Расчет комплексного показателя P производится по формуле:

$$P = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{C_i k_i}{\text{ПДК}_i}}, \quad (2.1)$$

где P – комплексный показатель загрязнения атмосферы;

n – число загрязняющих веществ;

C_i – фактическая среднесуточная концентрация i -вещества, мкг/м³;

k_i – коэффициент изоэффективности, зависящий от класса опасности i -вещества: 1-го класса – 2,0, для 2-го класса – 1,5, для 3-го класса – 1,0, для 4-го класса – 0,8 (приведение концентраций веществ разных классов опасности к концентрации веществ 3-го класса опасности);

ПДК _{i} – среднесуточная (среднегодовая) ПДК i -вещества, мкг/м³.

Показатель P имеет соответственно среднесуточную временную характеристику.

По значению суммарного показателя P устанавливается степень опасности загрязнения атмосферы в зависимости от количества вредных веществ и величины P (табл. 2.1).

Загрязнение I степени является безопасным для здоровья населения, при загрязнении II–V степени ожидаемые негативные эффекты возрастают с увеличением степени загрязнения атмосферы.

Таблица 2.1

Гигиеническая оценка степени загрязнения атмосферного воздуха комплексом вредных химических веществ

Степень загрязнения атмосферного воздуха		Величина комплексного показателя P при числе загрязнителей атмосферы			
		2–3	4–9	10–20	20 и более
I	Допустимая	до 1,0	до 1,9	до 3,1	до 4,4
II	Слабая	1,1–2,0	2,0–3,0	3,2–4,0	4,5–5,0
III	Умеренная	2,1–4,0	3,1–6,0	4,1–8,0	5,1–10,0
IV	Сильная	4,1–8,0	6,1–12,0	8,1–16,0	10,1–20,0
V	Опасная	$\geq 8,1$	$\geq 12,1$	$\geq 16,1$	$\geq 20,1$

Расчет индекса загрязнения атмосферы

Степень суммарного загрязнения атмосферного воздуха несколькими веществами может оцениваться по индексу загрязнения атмосферы (ИЗА). Величина ИЗА рассчитывается по значениям среднегодовых концентраций. Этот показатель характеризует уровень хронического, длительного загрязнения воздуха.

Расчет ИЗА производится для приоритетных для данной территории загрязняющих веществ по формуле:

$$\text{ИЗА} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \right)^{\alpha_i}, \quad (2.2)$$

где C_i – фактическая среднесуточная концентрация i -вещества, $\text{мкг}/\text{м}^3$;

ПДК_i – среднесуточная ПДК i -вещества, $\text{мкг}/\text{м}^3$;

α_i – безразмерный коэффициент, учитывающий класс опасности i -вещества (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Значения коэффициента α

Класс опасности	α	Класс опасности	α
1	1,5	3 и неопределенный	1,0
2	1,3	4	0,85

Уровень загрязнения атмосферного воздуха определяется на основании показателя ИЗА, данные приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Уровень загрязнения атмосферы в зависимости от показателя ИЗА

Величина ИЗА	Уровень загрязнения атмосферы
менее или равно 5	Низкий
от 5 до 7	повышенный
от 7 до 14	Высокий
более 14	очень высокий

Расчет индекса загрязненности вод

Важной характеристикой качества вод водного объекта является индекс загрязненности вод (ИЗВ). Расчет ИЗВ производится по среднегодовым концентрациям веществ, вносящих наибольший вклад в загрязнение водного объекта.

ИЗВ рассчитывается по формуле:

$$\text{ИЗВ} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}, \quad (2.3)$$

где C_i – фактическая среднесуточная концентрация i -вещества, мг/л;

ПДК_i – ПДК i -вещества для вод водного объекта конкретного вида водопользования (рыбохозяйственного, хозяйственно-питьевого и культурно-бытового), мг/л.

n – количество показателей, участвующих в расчете.

В Республике Беларусь при расчете ИЗВ обычно учитываются шесть показателей качества воды, чаще всего следующие: содержание растворенного кислорода, легко окисляемых органических веществ (по БПК₅), азота аммонийного, азота нитритного, фосфора, фосфатов и нефтепродуктов. В зависимости от величины ИЗВ определяют характеристику и класс качества воды.

Таблица 2.4

Классификация качества поверхностных вод

Величина ИЗВ	Характеристика качества	Класс качества воды
менее или равно 0,3	Чистая	I
от 0,3 до 1,0	относительно чистая	II
от 1,0 до 2,5	умеренно загрязненная	III
от 2,5 до 4,0	загрязненная	IV
от 4,0 до 6,0	Грязная	V
от 6,0 до 10,0	очень грязная	VI
более 10,0	чрезвычайно грязная	VII

Расчет суммарного показателя химического загрязнения почв

Химическое загрязнение почв, грунтов имеет важнейшее значение для оценки экологического состояния той или иной территории, так как почвы представляют тройной интерес: как начальное звено пищевой цепи, как источник вторичного загрязнения атмосферы и вод и как интегральный показатель экологического состояния окружающей среды.

Кроме того, возможно и прямое негативное воздействие загрязненных почв на здоровье населения. Именно поэтому большинство обследований урбанизированных территорий начинается с исследования состояния почв, а показатели их загрязненности входят в набор обязательных параметров при определении мест экологического кризиса.

Почвы в силу своих природных свойств способны накапливать значительное количество загрязняющих веществ.

Санитарно-гигиенический подход к выбору критериев экологической оценки почв (грунтов) населенных пунктов определяется, с одной стороны, возможностью переноса загрязняющих веществ

в воздух и воды этих территорий, с другой стороны, – непосредственным влиянием отдельных показателей на здоровье населения.

Химическое загрязнение почв оценивается по суммарному показателю химического загрязнения (Z_c).

Суммарный показатель химического загрязнения (Z_c) характеризует степень химического загрязнения почв обследуемых территорий. Показатель рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_c = \left(\sum_{i=1}^n K_{c_i} \right) - (n-1), \quad (2.4)$$

где K_{c_i} – коэффициент концентрации i -го химического элемента;

n – число учитываемых элементов.

Коэффициент концентрации (K_c) рассчитывается по формуле:

$$K_c = \frac{C_i}{C_{\text{фон}}}, \quad (2.5)$$

где C_i – фактическое содержание элемента, мкг/кг;

$C_{\text{фон}}$ – геохимический фон, мкг/кг.

Унифицированного подхода к определению набора элементов, по которым рассчитывается суммарный показатель химического загрязнения, не существует. Обычно для расчета рассматривают 10 элементов: свинец, цинк, мышьяк (1 класс токсической опасности); кобальт, никель, медь, хром (2 класс); марганец, ванадий, стронций (3 класс).

В зависимости от величины суммарного показателя химического загрязнения (Z_c) определяют категорию загрязнения почвы.

Таблица 2.5

Ориентировочная оценочная шкала опасности
загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения

Категория загрязнения	Величина Z_c
– допустимая	менее 16
– умеренно опасная	16–32
– опасная	32–128
– чрезвычайно опасная	более 128

Индивидуальное задание

(Номер варианта соответствует номеру в журнале)

1. Рассчитать комплексный показатель P и ИЗА по исходным данным, приведенным в табл. 2.7.

2. Рассчитать ИЗВ для водного объекта в соответствии с вариантом исходных данных (табл. 2.8) по шести показателям.

3. Используя данные табл. 2.9, рассчитать суммарный показатель загрязнения почв (Z_c).

4. Заполнить таблицу результатов (табл. 2.6) и сделать вывод:

а) дать оценку степени загрязнения атмосферного воздуха населенного пункта;

б) охарактеризовать качество воды в водном объекте. Оценить, какой вид загрязнения (загрязняющие вещества органической природы – БПК, нефтепродукты, биогенные – азот и фосфор) является преобладающим;

в) определить уровень загрязнения почв тяжелыми металлами.

Таблица 2.6

Таблица результатов

Вар.	Объект оценки	Показатели	
	Атмосферный воздух населенного пункта	Комплексный показатель P	
		Степень загрязнения	
		ИЗА	
		Уровень загрязнения	
	Водный объект	ИЗВ	
		Характеристика качества воды	
		Класс качества воды	
	Почва	Суммарный показатель загрязнения почв Z_c	
		Уровень загрязнения почв	

Таблица 2.7

Фактические концентрации, ПДК и класс опасности
основных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе

Вариант	Фактические концентрации загрязняющих веществ в воздухе, мкг/м ³							
	Твердые частицы	Оксид углерода	Диоксид азота	Диоксид серы	Фенол	Формальдегид	Сероуглерод	Свинец
1	21	812	29	21	0,7	6,4	1,2	0,008
2	18	613	26	16	1,0	11,9	0,8	0,030
3	115	675	36	55	1,1	10,5	1,4	0,027
4	45	444	20	27	2,5	10,7	2,7	0,047
5	40	665	28	33	4,1	4,8	0,9	0,016
6	45	241	97	30	0,9	2,1	3,1	0,087
7	63	558	42	60	0,1	5,1	0,4	0,015
8	19	386	32	73	0,4	4,9	1,7	0,020
9	47	875	55	21	1,8	7,9	4,5	0,009
10	73	437	18	16	3,1	6,2	2,1	0,082
11	56	611	31	29	2,7	1,4	2,0	0,023
12	21	835	42	26	0,9	6,0	4,1	0,021
13	15	762	21	36	1,1	11,2	2,5	0,019
14	52	369	16	20	1,0	12,7	1,8	0,069
15	31	1169	55	28	0,9	6,4	3,4	0,013
16	175	519	27	97	3,1	7,6	1,9	0,044
17	54	878	33	42	0,7	8,1	6	0,049
18	78	338	30	32	0,0	4,4	2,6	0,022
19	85	870	60	55	2,5	1,2	3,8	0,001
20	93	1200	73	18	0,01	3,7	5,1	0,008
	ПДК _{сс} , мкг/м ³							
	150	3000	100	200	7,0	12	15	0,3
	Класс опасности							
	3	4	2	3	2	2	2	1

Таблица 2.8

Фактические концентрации и ПДК загрязняющих веществ в пробах воды

Вариант	Фактические концентрации загрязняющих веществ в воде, мг/дм ³					
	Растворенный кислород	БПК ₅	Азот		Фосфаты	Нефтепродукты
			аммонийный	нитритный		
1	6,8	2,21	0,180	0,017	0,008	0,019
2	7,2	1,83	0,534	0,025	0,022	0,024
3	9,4	1,49	0,336	0,018	0,021	0,014
4	8,5	1,35	0,240	0,015	0,017	0,015
5	5,8	1,74	0,323	0,019	0,019	0,018
6	7,1	2,73	0,621	0,032	0,112	0,041
7	6,77	1,84	0,326	0,004	0,051	0,016
8	9,01	1,67	0,362	0,010	0,009	0,029
9	7,88	1,78	0,471	0,013	0,006	0,030
10	8,32	1,71	0,274	0,010	0,033	0,015
11	6,03	1,76	0,353	0,008	0,029	0,021
12	4,59	2,31	0,308	0,018	0,082	0,049
13	8,02	1,52	0,132	0,005	0,008	0,018
14	7,26	2,85	0,335	0,006	0,017	0,032
15	8,31	3,80	0,161	0,010	0,022	0,021
16	6,65	2,08	0,197	0,006	0,006	0,022
17	7,88	5,12	0,316	0,008	0,092	0,018
18	9,9	2,36	0,173	0,007	0,007	0,025
19	7,75	1,92	0,98	0,025	0,032	0,015
20	4,09	3,41	0,462	0,018	0,024	0,018
ПДК, мг/дм ³						
	4,0	3,0	0,039	0,024	0,066	0,05

Таблица 2.9

**Фактические концентрации и геохимический фон
загрязняющих веществ и в почве**

Вар.	Содержание химических элементов в верхнем почвенном горизонте, мг/кг									
	Pb	Zn	As	Ni	Co	Mn	Cr	V	Cu	Sr
1	15,3	161,1	15,5	32,3	0,7	483,1	58,6	5,0	20,0	209,5
2	18,7	91,0	14,2	23,9	0,8	509,9	50,4	4,3	24,7	139,9
3	44,8	117,7	15,8	22,7	1,9	422,2	46,2	6,7	24,4	169,6
4	26,3	82,7	14,7	23,5	0,9	491,4	51,6	5,0	32,3	193,1
5	30,4	95,0	14,8	23,9	0,9	419,1	52,4	6,7	37,9	129,3
6	31,2	109,1	15,1	28,2	0,5	425,1	60,5	9,1	39,4	166,0
7	15,7	219,6	16,9	22,9	0,7	484,4	46,6	6,4	26,8	155,1
8	16,1	85,9	19,0	23,0	0,4	423,1	57,4	3,2	23,4	133,3
9	14,9	98,2	15,2	23,8	0,9	418,4	53,3	5,8	21,8	125,0
10	17,0	101,9	15,1	23,6	1,2	429,3	48,8	6,9	15,0	127,4
11	18,3	88,3	14,7	24,1	1,1	431,3	46,5	7,1	17,1	115,6
12	20,1	91,7	14,9	25,3	0,6	431,7	60,0	3,4	19,0	130,1
13	19,7	139,0	15,0	22,8	1,3	415,9	59,1	4,0	18,8	141,2
14	17,8	102,3	14,4	24,9	0,4	425,5	55,3	7,7	17,9	144,9
15	22,6	115,1	17,0	23,7	0,3	419,9	51,0	4,9	17,0	139,4
16	18,2	103,2	14,5	22,9	0,5	419,0	52,4	6,9	25,8	128,9
17	17,3	90,0	15,9	24,5	1,5	428,8	50,9	8,0	23,9	129,0
18	19,0	86,4	14,3	26,1	1,1	420,0	50,4	7,5	18,0	131,2
19	26,3	88,3	14,2	22,9	1,2	484,4	46,5	3,2	21,8	115,6
20	30,4	91,7	15,8	23,0	1,1	423,1	60,0	5,8	15,0	130,1
Геохимический фон $C_{\text{фон}}$, мг/кг										
	14,7	85,8	14,2	22,7	0,3	419,0	50,2	6,4	17,5	128,0

Контрольные вопросы

1. Что такое загрязнение окружающей среды? Перечислите виды загрязнения окружающей среды.
2. Дайте определение ПДК.
3. В чем отличие ПДК_{рз}, ПДК_{мр} и ПДК_{сс}?
4. Что такое индексы загрязнения окружающей среды.

Практическая работа 3

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Цель работы: освоить процедуру количественной и качественной оценки опасности и вредности производственных процессов.

Теоретические положения

Опасность – это негативное свойство живой и неживой материи, способное причинять ущерб самой материи: людям, природной среде, материальным ценностям.

Источником опасности может быть все живое и неживое, а подвергаться опасности также может все живое и неживое.

Опасности не обладают избирательным свойством. При своем возникновении они негативно воздействуют на всю окружающую их материальную среду.

Источники опасностей – естественные процессы и явления, техногенная среда и действия людей.

Опасности реализуются в виде энергии, вещества и информации, они существуют в пространстве и во времени. Человек непрерывно воздействует на среду обитания своей деятельностью и продуктами деятельности (техническими средствами, выбросами различных производств и т. п.), генерируя в среде обитания антропогенные опасности.

Чем выше преобразующая деятельность человека, тем выше уровень и число антропогенных опасностей – вредных и опасных (травмирующих) факторов, отрицательно воздействующих на человека и окружающую среду.

Опасность хранят все системы, имеющие энергию, химически или биологически активные компоненты, а также характеристики, несоответствующие условиям жизнедеятельности человека.

Опасности классифицируются по ряду признаков (табл. 3.1).

Сферы проявления опасностей: бытовая, производственная, культурная, научная, спортивная, дорожно-транспортная, военная и др. Различают априорные признаки (предвестники) опасности и апостериорные (следы) признаки опасностей.

Таблица 3.1

Классификация опасностей

Признак классификации	Вид (класс)
По видам источников возникновения	Природные Антропогенные Техногенные Экологические Смешанные
По видам потоков в жизнедеятельности	Энергетические Массовые Информационные
По величине потоков в жизнедеятельности	Допустимые Предельно допустимые Опасные Чрезвычайно опасные
По моменту возникновения опасности	Прогнозируемые Спонтанные
По длительности воздействия опасности	Постоянные Переменные Периодические Кратковременные
По размерам зоны воздействия	Локальные Региональные Межрегиональные Глобальные
По объектам негативного воздействия	Действующие на человека Действующие на природную среду Действующие на материальные ресурсы Комплексного воздействия
По характеру воздействия на человека	Механические Физические Химические Биологические Психофизиологические

Признак классификации	Вид (класс)
По количеству людей, подверженных опасному воздействию	Личные Групповые (коллективные) Массовые
По способности человека идентифицировать опасности органами чувств	Ощутимые Неощутимые
По виду негативного воздействия на человека	Вредные Травмоопасные
По приносимому ущербу	Социальный Технический Экологический Экономический

Номенклатура опасностей – перечень названий, терминов, систематизированный по определенному признаку. При выполнении конкретных исследований составляется номенклатура опасностей для отдельных объектов (производств, цехов, рабочих мест, процессов, профессий и т. д.). Так Всемирная Организация Здравоохранения представляет в алфавитном порядке общую номенклатуру всех видов опасностей.

Под идентификацией опасностей понимается процесс обнаружения и установления количественных, временных, пространственных и иных характеристик, необходимых и достаточных для разработки профилактических и оперативных мероприятий, направленных на обеспечение жизнедеятельности. В процессе идентификации выявляются номенклатура опасностей, вероятность их проявления, пространственная локализация (координаты), возможный ущерб и др. параметры, необходимые для решения конкретной задачи.

Квантификация опасностей – это введение количественных характеристик для оценки сложных, качественно определяемых понятий. Применяются численные, балльные и другие приемы квантификации. Наиболее распространенной оценкой опасности является риск.

Опасности носят потенциальный, т. е. скрытый характер. Условия, при которых реализуются потенциальные опасности, называются причинами. Причины характеризуют совокупность обстоятельств, благодаря которым опасности проявляются и вызывают те или иные нежелательные последствия, вред (ущерб). Формы вреда

или нежелательные последствия, разнообразны: травмы различной тяжести, заболевания, определяемые современными методами, ущерб окружающей среде и др.

Триада «опасность – причины – нежелательные последствия» – это логический процесс развития, реализующий потенциальную опасность в реальный ущерб (последствие). Ни в одном виде деятельности невозможно достичь абсолютной безопасности.

Безопасность – это состояние деятельности, при которой с определенной вероятностью исключено проявление опасностей. При этом решаются следующие задачи:

- идентификация и описание зон воздействия опасностей техносферы и отдельных ее элементов (предприятия, машины, приборы и т. п.);

- разработка и использование наиболее эффективных систем и методов защиты от опасностей;

- формирование систем контроля опасностей и управления состоянием безопасности техносферы;

- разработка и реализация мер по ликвидации последствий проявления опасностей;

- организация обучения населения основам безопасности и подготовка специалистов по безопасности жизнедеятельности.

Объектом анализа опасностей является система «человек – машина – окружающая среда», в которую объединены технические объекты, люди и окружающая среда, взаимодействующие друг с другом. Самым простым является локальное взаимодействие, которое осуществляется при контакте человека с техникой в домашних условиях, на работе, во время движения, а также взаимодействие между отдельными промышленными предприятиями. Анализ опасностей делает их предсказуемыми и, следовательно, их можно предотвратить соответствующими мерами.

Анализ опасностей позволяет определить источники опасностей, последовательность развития событий, величину риска, величину последствий, пути предотвращения, смягчения последствий и т. д. На практике анализ опасностей начинается с глубокого исследования, позволяющего идентифицировать источники опасностей, и заканчивается планированием предупредительных мероприятий. Установление логических связей между качественным и количественным анализом необходимо для расчета вероятности возникновения опасности.

Методы расчета вероятностей и статистический анализ являются составляющими количественного анализа опасностей.

Качественные методы анализа опасностей включают:

- предварительный анализ опасностей;
- анализ последствий отказов;
- анализ опасностей с помощью дерева причин;
- анализ опасностей с помощью дерева последствий;
- анализ опасностей методом потенциальных отклонений;
- анализ ошибок персонала;
- причинно-следственный анализ.

Выбор того или иного качественного метода анализа зависит от:

- преследующей цели;
- предназначения объекта;
- сложности объекта.

Последовательность изучения опасностей:

- предварительный анализ опасности;
- выявление источников опасности;
- определение части системы, которые могут вызывать эти опасности;
- введение ограничения на анализ, т. е. исключение опасностей, которые не будут изучаться;
- выявление последовательности опасных ситуаций, построение дерева событий и опасностей;
- анализ последствий.

Все производственные процессы являются опасными и вредными и необходимо уметь их анализировать.

Под потенциальной опасностью и вредностью производственных процессов следует понимать наличие опасных и вредных производственных факторов, воздействие которых на человека может привести к производственной травме и профессиональному заболеванию.

Вредный фактор – негативное воздействие на человека, которое приводит к ухудшению самочувствия или заболеванию.

Опасный (травмирующий) фактор – негативное воздействие на человека, которое приводит к травме или летальному исходу.

Потенциальная опасность и вредность производственных процессов позволяет оценить экономические потери предприятия, которые могли иметь место, если бы не было системы защиты.

Использование понятия «потенциальная опасность и вредность производственных процессов» в инженерных расчетах предполагает наличие ее количественной оценки.

Так как потенциальная опасность и вредность есть не что иное, как вероятная мера возможности двух событий, то их количественную оценку целесообразно определять через вероятность.

Количественная оценка потенциальной опасности производственных процессов

Вероятность наличия i -го опасного фактора может быть определена по формуле:

$$P_{vi} = P_i^v \cdot P_i^p, \quad (3.1)$$

где P_i^v – вероятность действия i -го опасного фактора;

P_i^p – вероятность нахождения работающего в зоне действия i -го опасного фактора.

Вероятность действия опасного фактора и вероятность нахождения работающего в зоне его действия определяются по формулам:

$$P_i^v = \frac{t_i^v}{T_{ст}} \text{ и } P_i^p = \frac{t_i^p}{T_{ст}}, \quad (3.2)$$

где t_i^v и t_i^p – время действия i -го опасного фактора и время нахождения работающего в зоне действия i -го опасного фактора за время рабочей смены $T_{ст}$.

Вероятность действия на работающих i -го опасного фактора рассчитывается по следующей формуле:

$$P_{vi} = P_i^v \cdot P_i^p = \frac{t_i^v}{T_{ст}} \cdot \frac{t_i^p}{T_{ст}} = \frac{1}{T_{ст}^2} \cdot (t_i^v \cdot t_i^p). \quad (3.3)$$

При наличии n опасных факторов вероятность их действия определяется по формулам:

$$P_v(n) = P_{vn} + P_{vn-1} - P_{vn} \cdot P_{vn-1}. \quad (3.4)$$

Зная вероятности действия опасных факторов на работающих, можно определить опасность производственного процесса в целом:

$$P_m^0 = \frac{N_1 \cdot P_0(1) + N_2 \cdot P_0(2) + \dots + N_n \cdot P_0(n)}{N}, \quad (3.5)$$

где N_1, N_2, \dots, N_n – количество работающих, подвергающихся действию 1, 2, ..., n факторов;

$P_0(1), P_0(2), \dots, P_0(n)$ – вероятность действия на 1, 2, ..., n факторов;

N – общая численность работающих:

$$N = N_y + N_1 + N_2 + \dots + N_n, \quad (3.6)$$

где N_y – количество работающих, не подвергающихся действию опасных факторов.

Количественная оценка потенциальной вредности производственных процессов

Вероятность действия j -го вредного фактора определяется по формуле:

$$P_{bj} = P_j^b \cdot P_j^p \cdot P_j^{nc}, \quad (3.7)$$

где P_j^b – вероятность наличия в рабочей зоне j -го вредного фактора (вещества);

P_j^p – вероятность нахождения человека в зоне действия j -го вредного фактора (вещества);

P_j^{nc} – поражающая способность j -го вредного фактора (вещества).

Вероятность наличия в рабочей зоне j -го вредного вещества определяется по формуле:

$$P_j^b = \frac{t_j^b}{T_{ст}}, \quad (3.8)$$

где P_j^b – время действия j -го вредного вещества в течение рабочей смены.

Вероятность нахождения человека в зоне действия j -го вредного фактора:

$$P_j^p = \frac{t_j^p}{T_{ст}}, \quad (3.9)$$

где P_j^p – время нахождения человека в зоне действия j -го вредного вещества в течение рабочей смены.

Поражающая способность j -го вредного вещества:

$$P_j^{nc} = \frac{d_j}{D_j}, \quad (3.10)$$

где d_j – фактическое содержание j -го вредного вещества;

D_j – предельное содержание j -го вредного вещества.

Предельное содержание – это такое количество вредного вещества, при котором работающие подлежат немедленной эвакуации из опасной зоны.

Подставив в формулу (3.7) значения P_j^b , P_j^p , P_j^{nc} , получим

$$P_{bj} = \frac{t_j^b \cdot t_j^p \cdot d_j}{T_{ст}^2 \cdot D_j}. \quad (3.11)$$

Вероятность вредного воздействия вредных факторов определяется по формуле:

$$P_b(m) = 1 - \prod_{j=1}^m (1 - P_{bj}). \quad (3.12)$$

Зная вероятность действия вредных факторов на работающих, можно определить вредность производственного процесса в целом:

$$P_{nm}^b = \frac{N_1 \cdot P_b(1) + N_2 \cdot P_b(2) + \dots + N_n \cdot P_b(m)}{N}, \quad (3.13)$$

где N_1, N_2, \dots, N_m – количество работающих в зоне действия 1, 2, ..., m вредных факторов;

N – общая численность работающих.

$$N = N_b + N_1 + N_2 + \dots + N_m, \quad (3.14)$$

где N_b – количество работающих, не подвергающихся действию вредных факторов.

Экономическая оценка потенциальной опасности и вредности производственных процессов

Наличие потенциальной опасности и вредности производственных процессов ведет к существенным потерям, которые в общем случае равны:

$$v_{nn} = v_{no} = v_{nb}, \quad (3.15)$$

где v_{no} – потери, обусловленные действием опасных факторов;

v_{nb} – потери, обусловленные действием вредных факторов.

Потери от действия n опасных факторов за время «жизни» производственного процесса (T) определяются по формуле:

$$v_{no} = \frac{T}{T_{ст}} \sum_{i=1}^n \left(N_i^v \cdot P_v(i) \cdot C_{vi} \right), \quad (3.16)$$

где N_i^v – количество работающих в зоне действия i -го числа вредных факторов;

$P_v(i)$ – вероятность действия i -го числа вредных факторов;

C_{vi} – потери от действия на работающих i -го числа вредных факторов;

n – количество вредных факторов.

Потери от действия m вредных факторов за время «жизни» производственного процесса (T) равны:

$$v_{nn} = \frac{T}{T_{ст}} \sum_{j=1}^m \left(N_j^b \cdot P_b(j) \cdot C_{bj} \right), \quad (3.17)$$

где N_j^b – количество работающих в зоне действия j -го числа вредных факторов;

$P_b(j)$ – вероятность действия j -го числа вредных факторов;

C_{bj} – потери от действия на работающих j -го числа вредных факторов;

m – количество вредных факторов.

Подставив в формулу (3.15) значения v_{no} и v_{nb} , получим суммарные потери:

$$v_{nm} = \frac{T}{T_{\text{ст}}} \left[\sum_{i=1}^n (N_i^v \cdot P_v(i) \cdot C_{vi}) + \sum_{j=1}^m (N_j^b \cdot P_b(j) \cdot C_{bj}) \right]. \quad (3.18)$$

Индивидуальное задание

(Номер варианта соответствует порядковому номеру в журнале)

1. Дать количественную оценку потенциальной опасности производственного процесса, имеющего технологические переходы в зоне действия кинетической энергии (автодорога и подъездной железнодорожный путь). Время нахождения работающих в зоне действия кинетической энергии: автодороги – t_p (ч); подъездного пути – t_p (ч). Количество переходов одним работающим: автодороги T_1 железнодорожного пути T_2 . Интенсивность движения: автомашин n_1 , (1/ч), железнодорожных составов – n_2 (1/ч). Продолжительность рабочей смены – $T_{\text{ст}}$ (ч). Общее количество работающих N (чел), из них N_1 , (чел) выполняют опасные операции. Исходные данные в табл. 3.2.

Определить вероятность нахождения работающих в зоне движения автотранспорта по формуле:

$$P_1^p = \frac{t_1^p \cdot m_1}{T_{\text{ст}}}.$$

Определить вероятность нахождения работающих в зоне движения железнодорожных составов:

$$P_2^p = \frac{t_2^p \cdot m_2}{T_{\text{ст}}}.$$

Таблица 3.2

Варианты заданий

Вариант	Исходные данные								
	t_1^p , ч	t_2^p , ч	m_1	m_2	n_1 , 1/ч	n_2 , 1/ч	$T_{ст}$, ч	N , чел	N_1 , чел
1	$6 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-8}$	8	25	4	2	8	112	50
2	$6,5 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-8}$	9	30	5	3	6	99	42
3	$5,5 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-8}$	10	22	6	4	8	102	44
4	$6,0 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-8}$	8	12	8	5	6	93	38
5	$6,5 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-8}$	11	20	3	2	8	100	43
6	$7,0 \cdot 10^{-3}$	$4,0 \cdot 10^{-8}$	9	10	5	5	6	96	40
7	$6,0 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-8}$	13	24	8	3	8	119	54
8	$5,5 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-8}$	8	14	12	4	6	88	35
9	$6,0 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-8}$	10	20	7	2	8	106	46
10	$6,5 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-8}$	11	30	6	2	6	115	52
11	$5,0 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-8}$	10	20	11	3	8	87	34
12	$6,5 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-8}$	12	24	5	4	6	90	36
13	$6 \cdot 10^{-3}$	$3,0 \cdot 10^{-8}$	15	26	6	2	8	110	49
14	$6,5 \cdot 10^{-3}$	$3,5 \cdot 10^{-8}$	13	17	10	3	6	82	31
15	$5,5 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-8}$	14	19	2	4	8	107	47
16	$5,0 \cdot 10^{-3}$	$3,0 \cdot 10^{-8}$	10	15	10	5	6	84	33
17	$7,0 \cdot 10^{-3}$	$4,0 \cdot 10^{-8}$	12	28	3	4	8	117	53
18	$6,5 \cdot 10^{-3}$	$3,5 \cdot 10^{-8}$	8	16	5	3	6	71	39
19	$6,0 \cdot 10^{-3}$	$3,5 \cdot 10^{-8}$	9	21	4	2	8	80	30
20	$6,0 \cdot 10^{-3}$	$3,0 \cdot 10^{-8}$	8	22	9	4	6	77	45

Определить вероятность проследования автотранспортом места возможного перехода работающими автодороги:

$$P_1^v = \frac{n_1 \cdot t_1^p \cdot T_{ст}}{T_{ст}} = n_1 \cdot t_1^p.$$

Определить вероятность проследования железнодорожного состава места возможного перехода работающими железнодорожного пути:

$$P_2^v = \frac{n_2 \cdot t_2^p \cdot T_{\text{ст}}}{T_{\text{ст}}} = n_2 \cdot t_2^p.$$

Определить вероятность действия на работающих первого опасного фактора (автодорога):

$$P_{v1} = P_1^v \cdot P_1^p.$$

Определить вероятность действия на работающих второго опасного фактора (подъездной железнодорожный путь):

$$P_{v2} = P_2^v \cdot P_2^p.$$

Определить вероятность совместного действия двух опасных факторов:

$$P_v(2) = P_{v2} + P_{v1} - P_{v2} \cdot P_{v1}.$$

Определить потенциальную опасность производственного процесса

$$P_{nn}^0 = \frac{N_1 \cdot P_0(1) + N_2 \cdot P_0(2)}{N}.$$

2. Дать количественную оценку потенциальной вредности производственного процесса, при котором в воздух рабочей зоны выделяются бензол, оксид углерода и аэрозоль алюминия.

Продолжительность рабочей смены – $T_{\text{ст}}$ (ч). Время действия вредного фактора – t_j^b (ч). Время нахождения человека в зоне действия

вредного фактора в течение рабочей смены – t_j^p (ч). Фактическое содержание j -го вредного вещества – d_j , (мг/м³). Предельное содержание j -го вредного вещества – D_j (мг/м³). Количество работающих в зоне действия вредных факторов – N_m (чел). Количество работающих, не подвергающихся действию вредных факторов – N_b (чел). Общая численность работающих N (чел). Исходные данные в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Варианты заданий

Исходные данные		Варианты									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t_{j1}^b , ч	бензол	2,0	1,5	2,5	1,2	3,0	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4
t_{j1}^p , ч		1,5	1,5	2,0	1,2	2,0	1,7	1,5	1,0	1,8	2,4
d_{j1} , мг/м ³		10	9	18	15	10	15	10	8	12	15
D_{j1} , мг/м ³		15	10	20	16	11	19	17	12	14	18
N_1 , чел		20	10	20	10	30	20	15	40	10	15
t_{j2}^b , ч	оксид углерода	3,0	1,0	2,0	1,5	2,5	3,0	1,4	2,0	1,8	1,3
t_{j2}^p , ч		2,5	0,5	1,5	1,5	2,0	3,0	1,0	2,0	0,8	0,9
d_{j2} , мг/м ³		30	30	25	35	30	25	35	35	40	45
D_{j2} , мг/м ³		40	35	30	40	35	30	38	37	45	50
N_2 , чел		30	20	30	20	20	10	40	10	20	15
t_{j3}^b , ч	алюминий	4,0	3,8	3,6	3,4	3,2	3,5	3,3	3,7	4,0	3,1
t_{j3}^p , ч		2,0	3,0	4,0	3,0	2,0	5,0	3,0	4,0	2,0	2,0
d_{j3} , мг/м ³		5,0	5,0	4,0	4,	3,0	5,0	6,0	6,0	4,0	8,0
D_{j3} , мг/м ³		8	7	6	5	4	6	8	7	5	9
N_3 , чел		20	40	20	30	20	40	10	10	25	20
N_B , чел		50	30	40	60	30	40	55	30	70	70
$T_{ст}$, ч		8	6	8	6	8	6	8	6	8	6

Исходные данные		Варианты									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
t_{j1}^b , ч	бензол	2,5	2,3	1,7	1,5	3,0	2,2	1,2	2,6	1,1	1,3
t_{j1}^p , ч		2,4	2,0	1,5	1,5	2,0	2,1	1,2	1,3	1,0	1,3
d_{j1} , мг/м ³		8	10	12	14	9	19	10	15	18	13
D_{j1} , мг/м ³		2,4	12	13	16	11	20	13	17	20	15
N_1 , чел		10	20	10	20	10	30	20	20	30	20
t_{j2}^b , ч	оксид углерода	1,2	1,0	2,2	3,0	1,4	1,6	2,4	2,0	1,5	1,8
t_{j2}^p , ч		1,2	0,9	2,0	2,8	1,0	1,5	2,2	2,0	0,8	0,9
d_{j2} , мг/м ³		30	25	33	28	35	32	35	30	30	25
D_{j2} , мг/м ³		35	30	35	30	40	36	45	40	38	30
N_2 , чел		20	10	12	15	30	14	22	30	32	15
t_{j3}^b , ч	алюминий	3,6	3,2	4,0	3,1	3,7	3,5	3,8	3,5	3,9	3,0
t_{j3}^p , ч		2,0	2,2	3,0	3,0	2,6	2,8	3,0	3,2	3,5	2,8
d_{j3} , мг/м ³		3	3	4	4	5	5	6	7	7	6
D_{j3} , мг/м ³		4	5	5	6	6	6	7	8	8	8
N_3 , чел		25	30	40	20	35	10	10	20	20	25
N_B , чел		40	45	50	55	30	70	20	50	30	60
$T_{ст}$, ч		6	6	8	6	8	6	8	6	8	6

Методические указания к решению задачи

1. Определить вероятность наличия в рабочей зоне каждого вредного вещества p_j^b по формуле (3.8).

2. Определить вероятность нахождения человека в зоне действия каждого вредного вещества p_j^p по формуле (3.9).

3. Определить поражающую способность каждого вредного вещества P_j^{nc} по формуле (3.10).

4. Определить вероятность действия каждого вредного вещества P_b по формуле (3.7)

5. Определить вероятность воздействия всех вредных факторов по формуле (3.12).

6. Определить вредность производственного процесса в целом по формуле (3.13).

7. По табл. 3.4 установить классы опасности вредных веществ и виды их действия на организм человека.

8. Сделать выводы.

3. Дать экономическую оценку потенциальной опасности и вредности производственных процессов. Потери от действия на работающих i -го числа опасных факторов C_{vi} . Потери от действия на работающих j -го числа вредных факторов C_{bj} . Время «жизни» производственного процесса T (лет). Исходные данные в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Характеристики вредных веществ

Наименование веществ	ПДК, мг/м ³	Агрегатное состояние	Класс опасности	Действие на организм человека
Бензол +	15/5	П	2	К
Оксид углерода	20	П	4	О
Алюминий	2	А	3	Ф

Примечания:

- 1) + – требуется специальная защита кожи и глаз;
- 2) значение ПДК через черту означает, что в числителе дана максимальная величина, а в знаменателе – среднесменная ПДК;
- 3) П – пары и (или) газы;
- 4) А – аэрозоль;
- 5) К – канцерогены;
- 6) Ф – аэрозоли фиброгенного действия (на верхние дыхательные пути и легкие);
- 7) О – вещество с остронаправленным действием, требующее автоматического контроля за его содержанием в воздухе.

Методические указания к решению задачи

1. Определить потери от действия опасных факторов за время «жизни» производственного процесса v_{no} по формуле (3.16).
2. Определить потери от действия вредных факторов за время «жизни» производственного процесса v_{nb} по формуле (3.17).
3. Определить суммарные потери по формуле (3.15) или (3.18).
4. Сделать выводы.

Таблица 3.5

Варианты заданий

Вариант	Исходные данные					
	C_{v1} , тыс. руб. (автодорога)	C_{v2} , тыс. руб. (ж/дорога)	C_{b1} , тыс. руб. (бензол)	C_{b2} , тыс. руб. (оксид углерода)	C_{b3} , тыс. руб. (алюминий)	T , лет
1	2	3	4	5	6	7
1	50	60	70	50	60	10
2	60	70	60	40	50	12
3	70	80	50	30	40	15
4	40	50	80	60	70	14
5	55	65	75	40	50	17
6	65	75	65	30	45	16
7	70	80	60	20	40	20
8	75	85	55	25	45	18
9	50	60	60	20	50	25
10	60	70	70	20	40	15
11	30	50	60	70	40	11
12	40	30	55	50	60	14
13	55	50	50	30	50	18
14	50	40	70	20	40	10
15	45	35	80	25	65	16
16	60	45	75	35	45	12
17	75	55	60	60	45	14
18	50	60	50	55	65	25
19	70	75	65	40	50	10
20	60	70	80	20	50	16

Практическая работа 4

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ИХ РЕШЕНИЯ

Цель работы: изучить экологические проблемы и методы их решения.

Природопользование – это использование полезных для человека свойств окружающей природной среды – экологических, экономических, культурных, оздоровительных. Природопользование осуществляется в различных формах – экономической (ведущая форма), экологической, культурно-оздоровительной. Выделяют общее и специальное природопользование.

Загрязнитель – субъект воздействия (физический агент, химическое вещество или биологический вид) на окружающую среду, количество которого выше естественного уровня.

Тяжесть воздействия загрязняющих веществ определяют три фактора:

- 1) их химическая природа, то есть насколько они активны и вредны для человека, растений и животных;
- 2) концентрация – содержание загрязнителя на единицу объема или массы воздуха, воды или почвы;
- 3) устойчивость – продолжительность существования загрязнителя в воздухе, воде и почве.

Одна из классификаций загрязнений, основанная на системном подходе, сделана Г. В. Стадницким и А. И. Родионовым (1988). Авторы под загрязнением понимают любые нежелательные для экосистем антропогенные изменения и делят его на ингредиентное, параметрическое, биоценотическое и стационально-деструкционное.

Ингредиентное загрязнение – совокупность веществ, количественно или качественно чуждых естественным биогеоценозам (бытовые стоки, ядохимикаты и удобрения, продукты сгорания).

Параметрическое загрязнение – изменение качественных параметров окружающей природной среды (шумовое, тепловое, световое, радиационное, электромагнитное).

Биоценотическое загрязнение – воздействия, вызывающие нарушение в составе и структуре популяций живых организмов (перепромысел, направленная интродукция и акклиматизация видов).

Стационально-деструкционное загрязнение (от слов станция – место обитания популяции, деструкция – разрушение) – воздействие, приводящее к нарушению и преобразованию ландшафтов и экосистем в процессе природопользования (вырубка лесов, эрозия почв, зарегулирование водотоков, урбанизация).

Качество природной среды – это степень соответствия среды жизни человека его потребностям (такое состояние ее экологической системы, при котором постоянно происходят обменные процессы энергии и веществ между природой и человеком на уровне, обеспечивающем воспроизводство жизни на Земле).

Нормирование качества окружающей природной среды – установление показателей и пределов, в которых допускается изменение этих показателей (для воздуха, воды, почвы).

Норма – это мера воздействия.

Предельно допустимой нормой являются законодательно устанавливаемые допустимые размеры воздействия человека на природу или среду обитания.

Основные экологические нормативы качества окружающей среды следующие:

1. Нормативы качества (санитарно-гигиенические): предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ; предельно допустимый уровень (ПДУ) вредных физических воздействий: радиации, шума, вибрации, магнитных полей.

2. Нормативы воздействия (производственно-хозяйственные): предельно допустимый выброс (ПДВ) вредных веществ; предельно допустимый сброс (ПДС) вредных веществ.

3. Комплексные нормативы: предельно допустимая экологическая антропогенная нагрузка на окружающую среду.

Задача 1. Выберите из предложенного списка исчерпаемые невозобновимые ресурсы: рыбы, растения, энергия морских приливов, энергия ветра, уголь, атмосферный воздух, птицы, нефть, воды океанов, пресные воды, железосодержащие руды, почва, солнечная энергия, медный колчедан, полиметаллические руды, природный газ, поваренная соль, леса, солнечный свет, млекопитающие, торф, жемчуг.

Задача 2. Выберите один из готовых ответов или внесите свои предложения для решения каждой из обозначенных актуальных экологических проблем и запишите в таблицу. В каких случаях может быть несколько решений?

№	Экологические проблемы	Предложения по решению
1	Загрязнение автомобилями атмосферного воздуха	
2	Загрязнение воды стоками от животноводческого комплекса	
3	Загрязнение атмосферного воздуха выбросами промышленных предприятий	
4	Загрязнение ландшафта строительным мусором, сбрасываемым самосвалами	
5	Загрязнение воды сбросами промышленных предприятий	
6	Замусоривание дворов и улиц	
7	Шумовое загрязнение от самолетов	

Предлагаемые готовые решения актуальных экологических проблем:

- А. Принятие закона.
- Б. Введение местного налога.
- В. Личная ответственность нарушителя и взимание штрафов.
- Г. Административное постановление и реальная помощь властей.
- Д. Ужесточение законов.
- Е. Экологическое образование и воспитание.

Задача 3. Укажите, какие виды загрязнителей окружающей среды относятся к механическим (А); биологическим (Б); химическим (В) и физическим (Г):

Пыль		Плесень	
Сернистый газ		Бытовые отходы	
Тепловая энергия		Шум	
Ионизирующее излучение		Грибки рода <i>Candida</i>	
Металлическая стружка		Вибрация	
Фенол		Нефть	
Сажа		Азотная кислота	
Электромагнитные поля		Бактерии	
Стекло			

Задача 4. Расположите перечисленные источники получения энергии в порядке убывания их экологической безопасности: гидроэлектростанции (ГЭС) на равнинных реках; ГЭС на горных реках; атомные электростанции; солнечные станции; теплоэлектроцентра-

ли ТЭЦ, работающие на угле; ТЭЦ на природном газе; ТЭЦ на торфе; ТЭЦ на мазуте; приливно-отливные электростанции; ветряные электростанции.

Задача 5. Заполните таблицу. В центральную колонку впишите основные источники, выделяющие атмосферные загрязнители (выбрать из списка), в правой колонке опишите опасность, которую представляют эти вещества для природы и человека.

Вещества, загрязняющие атмосферу	Основные источники загрязнений	Воздействие загрязнителей на окружающую среду и человека
Оксиды углерода (CO, CO ₂)		
Оксиды серы (SO ₃ , SO ₂)		
Оксиды азота(NO, NO ₂)		
Взвешенные вещества (пыль, сажа)		
Радиоактивные вещества		

Источники, выделяющие атмосферные загрязнители:

Транспорт; цементные заводы; аварии на атомных реакторах; производство, на котором сжигают уголь, сланцы, нефтепродукты, торф; производство атомного оружия; производство железа, меди, серной кислоты, азотной кислоты; тепловые станции и электростанции, работающие на угле, торфе, мазуте; взрывы атомных и водородных бомб.

Задача 6. Будет ли превышен уровень ПДК ртути в комнате, если в ней разбит термометр? Площадь (S) комнаты – 17 км², высота потолков (h) – 3,2 м, масса разлившейся ртути – 1 г (ПДК ртути – 0,0003 мг/м³). Определите концентрацию ртути в комнате.

Задача 7. В результате аварийного сброса сточных вод, в которых содержалось 60 г сурьмы (M сурьмы), было загрязнено пастбище площадью 1000 м² (S), глубина проникновения вод составляет 0,5 м (h). ПДК сурьмы в молоке – 0,05 мг/кг. Необходимо:

- 1) определить массу почвы, загрязненной сточными водами;
- 2) определить концентрацию сурьмы в почве;
- 3) составить схему пищевой цепи и определить концентрацию сурьмы в молоке.

Можно ли пить молоко коров, которые паслись на этом пастбище, если на каждом звене пищевой цепи происходит накопление токсичных веществ в 10-кратном размере?

Задача 8. При сгорании 1 л этилированного бензина в атмосферу выбрасывается 1 г свинца (q). Расход бензина составляет 0,1 л на 1 км, ПДК свинца – 0,0007 мг/м³. Необходимо определить:

- 1) объем воздуха, который будет загрязнен, если автомобиль проехал 200 км;
- 2) массу бензина, которая будет израсходована, когда автомобиль проедет 200 км;
- 3) сколько свинца выбрасывается в атмосферу при сгорании бензина (M свинца).

Задача 9. При санобработке кухни площадью 10 м² (высота потолков – 3,2 м) использовали один аэрозольный баллончик хлорофоса массой 200 г. Можно ли находиться в этом помещении без вреда для здоровья, если ПДК хлорофоса – 0,04 мг/м³. Определите концентрацию хлорофоса в комнате.

Задача 10. Водоем, в котором разводили товарную рыбу, был загрязнен сточными водами, содержащими 10 кг фтора (M_F). Можно ли употреблять эту рыбу в пищу, если на каждой ступени пищевой цепи происходит накопление токсичных веществ в 10-кратном размере? Площадь водоема – 100 м² (S), глубина его – 10 м (h), ПДК фтора в рыбе – 10 мг/кг, плотность воды – 1000 кг/м³ (p). Необходимо:

- 1) определить объем водоема;
- 2) определить массу загрязненной воды;
- 3) определить концентрацию фтора в воде;
- 4) составить схему пищевой цепи и определить концентрацию фтора в рыбе.

Задача 11. Заполните таблицу. Приведенные ниже примеры запишите во 2-й столбец таблицы; напротив каждого примера запишите свои ответы в 3-м столбце и предложения в 4-м.

Последствия человеческой деятельности	Примеры	Изменения природных экосистем и их видового состава	Предложения по улучшению экологической ситуации
1	2	3	4
Обратимые			
Необратимые			

1. Возникновение стихийных свалок бытовых отходов.
2. Выращивание монокультур (пшеница, рис, кукуруза, соя, сахарный тростник) на обширных территориях.
3. Вырубка леса для выращивания сельскохозяйственной продукции и строительства жилья на освободившейся площади.
4. Загрязнение воды и воздуха выбросами в атмосферу оксидов серы, азота.
5. Интенсивная охота, рыболовство и сбор редких видов растений.
6. Использование пестицидов.
7. Осушение болота или создание искусственного водохранилища.
8. Потрава пастбищ домашним скотом.
9. Сброс воды, загрязненной бытовыми органическими веществами, в водоемы.
10. Случайная интродукция видов животных или растений.
11. Уничтожение хищников.

Практическая работа 5

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

Цель работы: изучить проблемы, возникающие в процессе обслуживания действующего производства, при внедрении экологических мероприятий, а также составлении технологических заданий при проектировании новых производств, технологий, установок.

Задача 1. Стоки с концентрацией взвешенных веществ и нефтепродуктов 28 мас. % направляют на очистку. На трехфазной центрифуге стоки разделяют на нефтяную, водную фазы и твердый остаток. Количество нефтяной фазы составляет 40 %, водной – 52 %, остальное – твердый остаток. Очищенные стоки содержат не более 20 мг/л нефтепродуктов и не более 25 мг/л взвешенных веществ. Определить суммарное содержание воды в нефтяной фазе и твердом остатке, дезинтегрированную смесь которых направляют на смешение с мазутом. Найти возможное соотношение мазута и смеси отходов, если содержание воды в сжигаемой смеси может достигать 20 мас. %.

Задача 2. Рассчитать количество сорбента, достаточное для очистки 27 м³ сточных вод, содержащих 82 мг/л ионов меди (II), если емкость сорбента до проскока при работе в динамическом режиме составляет 147,4 г/л (коэффициент запаса сорбента принять равным 1,3). Определить количество 10 % раствора серной кислоты, необходимое для регенерации этого количества сорбента, если ионы меди (II) сорбируются в виде гидроксида меди. Найти концентрацию ионов меди в элюате после регенерации.

Задача 3. Одна тонна разлитой нефти может образовать пленку на поверхности воды на площади 20 км². Найти, какое количество сорбента понадобится для сбора нефтяной пленки, приходящейся на 1 км² поверхности морской воды, если один килограмм сорбента может впитать 8 л нефти. Средняя плотность нефти – 820 кг/ м³.

Задача 4. На первой ступени очистку дымовых газов проводят в циклоне и коэффициент полезного действия (КПД) циклона составляет 64,6 %. На второй ступени очистки установили рукавный фильтр. После этого суммарный КПД установки определен равным 91,2 %. Рассчитать действительный КПД второй ступени установки по очистке от пыли.

Задача 5. При переделе руды в железный концентрат переходит 71 мас. % ванадия, из концентрата в чугуна – 83 %, из чугуна в товарный ванадиевый шлак – 82 %, из шлака в товарный пентаоксид ванадия – 78 %. Рассчитать выход ванадия по этой схеме. Каков будет выход ванадия, если вместо гидрохимической схемы извлечения ванадия из шлака применить комбинированную схему, включающую обогащение и гидрометаллургическую обработку, повышающую выход ванадия на этой стадии до 98 %.

Задача 6. При производстве черепицы используют следующие компоненты:

- отходы пластмассы (полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид, полиамид и другие термопластичные);
- наполнитель (песок, гравий, щебень, мраморная крошка, керамика, молотое стекло);
- краситель.

Примерная норма расхода на 100 м^2 – 500 кг пластмассы, 1580 кг песка, 12,5 кг красителя. Расход электроэнергии 18 кВт/ч. Производительность установки 35 м^2 черепицы в смену. Рассчитать необходимое количество материалов, отходов и электроэнергии для работы установки в течение месяца.

Задача 7. При кучном выщелачивании цианидами основание штабеля должно обеспечивать эффективный сбор продуктивного раствора и полную гидроизоляцию от окружающих пород. Определить количество раствора, просачивающегося через основание штабеля в течение года, если коэффициент фильтрации составляет $8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{сут}$.

Задача 8. Оценить запасы меди в 40 млн т шламов обогатительного комбината (содержание меди в шламах 0,25 мас. %), рассчитать загруженность завода, технология которого рассчитана на переработку 200 000 т сырья в год; массу готового металла, если КПД технологии составляет 92 %, а чистота получаемого металла – 99,5 %.

Задача 9. Разработана технология переработки металлургического шлака. Шлак текущего производства проходит две стадии переработки на щебень. На первой – шлак подают самотеком в шлаковую яму, он остывает и в яме его измельчают с помощью «шарбабы», после чего магнитом из шлака извлекают 15 мас. % крупных кусков металла. Измельченный шлак перерабатывают на щебень. После дробления в щековой дробилке получают товарные фракции: 0–5 мм (20 %), 5–20 мм (30 %), 20–40 мм (30 %), 40–70 мм (20 %).

Рассчитать объем шлаковой ямы, если остывание шлака происходит в течение 10 мин, на первичное измельчение и извлечение металла магнитом необходимо 6 мин, на полное извлечение шлака – еще 20 мин. Запланированная производительность установки 390 тыс./год. Вычислить объемы складов для шлака различной крупности, учитывая необходимость десятисуточного запаса продукции.

Задача 10. В процессе сорбционной фильтрации воды с содержанием солей 160 мг/дм³, ионов меди (II) 2 мг/дм³, ионов железа (общего) 2,5 мг/дм³ при работе по двум режимам получены следующие результаты, мг/дм³:

Показатели	Вариант 1	Вариант 2
Содержание солей	120	120
[Cu]	1,1	0,8
[Fe]	0,37	0,09

Определить увеличение массы сорбента в течение времени его работы до проскока, если ресурс работы сорбционного модуля принят равным 1000 л воды на 1 л сорбента.

Задача 11. Для производства вяжущих материалов могут быть использованы горнопромышленные отходы, например, вулканический шлак, в который добавляют 5 мас. % гипса и 20 мас. % извести. Далее смесь обжигают при температуре 600–700 °С, потеря массы при этом достигает 15 %. Затем обожженную смесь измельчают совместно с добавкой 45 мас. % цемента. Определить выход вяжущего материала.

Задача 12. Опытный образец золоуловителя для очистки дымовых газов состоит из шести участков. Степень очистки на каждом участке, при работе без подачи напряжения, составляет 29 %. При подаче напряжения степень очистки воздуха распределяется по участкам следующим образом: 1-й участок – 34 %, 2-й – 31 %, 3-й – 13 %, 4-й – 11 %, 5-й – 7 %, 6-й – 3 %. Определить общий коэффициент полезного действия циклонного золоуловителя, работающего в обычном и электроциклонном режимах. Можно ли уменьшить габариты циклонного золоуловителя, постоянно работающего в электроциклонном режиме?

Задача 13. Циклоны применяют для очистки воздуха от высокодисперсных частиц магнезии. Очистка газов от частиц аэрозоля

улучшается при действии на них одновременно центробежных и электрических сил. Во сколько раз уменьшается унос магнезии с очищенным газом, если концентрация аэрозоля магнезии на входе в циклон $1,71 \text{ г/м}^3$, на выходе – $0,2 \text{ г/м}^3$, а на выходе из циклона при работе его в электроциклонном режиме – $0,03 \text{ г/м}^3$. Определить увеличение коэффициента полезного действия циклона при работе в электроциклонном режиме.

Задача 14. Для извлечения радионуклидов (Cs-137) из воды применяют неорганические сорбенты, например, фосфат циркония. Время установления сорбционного равновесия составляет 50 мин. Максимальная степень извлечения Cs-137 достигается при удельной массе сорбента 2 мг/мл . Коэффициент распределения радионуклида между твердой и жидкой фазами составляет $1,8 \cdot 10^5$. Определить количество сорбента, необходимое для очистки 5 м^3 загрязненной воды в сутки, концентрацию радионуклида в очищенной воде и в сорбенте.

Задача 15. На каждую тонну перерабатываемого сырья получают 1 т отходов в виде шлама. Шлам содержит около 25% твердых частиц, находящихся в коллоидном состоянии, трудноотделимых от воды. Способ переработки шлама включает смешивание одной части шлама с двумя частями песка и добавление флокулянта в количестве $0,02 \text{ кг}$ на 1 кг твердого вещества. Остаток после отделения воды содержит до 80% твердого материала. Определить количество флокулянта и песка, необходимое для переработки 1000 т руды в сутки; количество отделяемой воды; количество обезвоженного материала, которое должно поступать в бассейн-осадитель за сутки.

Задача 16. Производственный сток предприятия достигает $0,3 \text{ м}^3/\text{с}$ и имеет концентрацию взвешенных веществ 650 мг/л . На первой стадии сточная жидкость поступает в осветлитель, из которого выходит осветленная жидкость с концентрацией взвеси 120 мг/л и осадок с содержанием твердых веществ $15 \text{ мас. } \%$. На второй стадии осадок подают на центрифугу, которая задерживает $85 \text{ мас. } \%$ подаваемого твердого материала и выдает остаток, на $60 \text{ мас. } \%$, состоящий из твердых веществ. Остаток смешивают с опилками для получения топлива, состоящего на $80 \text{ мас. } \%$ из твердых веществ. Определить необходимую суточную массу опилок. Составить структурную схему процесса.

Задача 17. В процессе умягчения воды осаждением в смену получают 200 м^3 шлама, 15% которого составляют твердые частицы

нерастворимых солей. Плотность шлама – 1500 кг/м^3 . Вначале шлам уплотняют центрифугированием, при этом отделяют 70 мас. % твердого материала шлама. Уплотненный шлам, содержащий 65 мас. % твердого материала, направляют в печь для обжига. Определить количество твердого материала и воды, которое поступает в печь. Составить структурную схему процесса.

Задача 18. На первой ступени установки для осветления сточных вод образуется 18,5 л/с осветленной жидкости с концентрацией 50 мг/л и шлам неизвестной концентрации. На второй ступени установки образуется 6,1 л/с осветленной жидкости с концентрацией 45 мг/л и 3,2 л/с шлама, содержащего 1520 мг/л твердого вещества. Составить материальный баланс установки. Проверить правильность данных анализа потоков установки очистки сточных вод. Определить, какой результат анализа необходимо проверить в первую очередь. Составить структурную схему процесса.

Задача 19. Дымовые газы на выходе из печи содержат 3,1 мас. % оксида углерода (IV). На участке между печью и дымовой трубой вводится еще 5 кг/с дымовых газов, содержащих 65 мас. % оксида углерода (IV). Концентрация оксида углерода (IV) на выходе из дымовой трубы составляет 8,7 мас. %. Определить расход дымовых газов на выходе из печи.

Задача 20. Предполагается внедрить установку обратного осмоса для опреснения воды из скважины. Установка обеспечивает выход 75 мас. % поступающей на опреснение воды с концентрацией солей 20 част./млн. и 25 мас. % концентрированного рассола при концентрации солей в исходной воде 20 тыс.част./млн. Вода скважины содержит также 20 тыс.част./млн. солей, соленость опресненной воды может достигать 500 част./млн., необходимое количество опресненной воды – $40\,000 \text{ м}^3/\text{сут}$. Определить пригодность установки для скважины, рассчитать количество воды, которое нужно откачивать из скважины ежедневно; вычислить объем и концентрацию сбрасываемого рассола. Какие дополнительные условия необходимо принять для решения задачи?

Задача 21. Расход сточной жидкости, поступающей в бассейн-испаритель, составляет 0,2 л/с. Глубина воды в бассейне через пять лет не должна превышать 2,5 м. Со сточной жидкостью в него ежедневно поступает 1,2 т растворенных и взвешенных веществ. Определить площадь испарительного бассейна. Как регулярно следует

очищать бассейн? Какие дополнительные условия необходимо принять для решения задачи? Какие справочные данные необходимо привлечь для решения?

Задача 22. Окалиносодержащие осадки металлургических предприятий очищают на станции очистки. Производительность установки составляет $100 \text{ м}^3/\text{ч}$. Стоки поступают во флотационный резервуар, из которого объединенную фракцию масла и твердой фазы с расходом $5 \text{ м}^3/\text{ч}$ подают на шнековую центрифугу. Выгружаемая из центрифуги твердая фаза содержит 30 мас. % воды и 9 % масла. Выделенная на центрифуге водомасляная смесь поступает на центробежный сепаратор для максимально полной очистки воды от масла. Очищенная на центробежном сепараторе вода содержит менее 0,5 % масел и менее 500 мг/л твердых примесей, а отсепарированное масло – менее 5 % взвесей и воды. Рассчитать эффективность работы центрифуги и сепаратора.

Задача 23. Органофосфонаты (ОФ) применяют для предотвращения образования минеральных отложений в системах отопления, охлаждения, оборотных циклах и др. Ингибирование кристаллической фазы происходит, начиная с концентрации раствора ОФ $= 3 \text{ г}/\text{м}^3$ (молекулярная масса ОФ $= 300 \text{ г}/\text{моль}$). Площадь, занимаемая одной молекулой ОФ, равна 10^{-19} м^2 , удельная поверхность кристаллизующегося сульфата кальция $3 \text{ м}^2 \cdot \text{г}$, содержание в растворе твердой фазы $3 \text{ кг}/\text{м}^3$. Определить долю поверхности кристаллической фазы, покрытой ОФ, для достижения эффекта ингибирования.

Задача 24. Разработан новый каталитический способ очистки коксового газа от сероводорода. По этому способу 70 мас. % сероводорода переходит в серу, а 30 % – в товарный кокс. Содержание сероводорода в коксовом газе – 2 мас. %, выход коксового газа на одну тонну кокса – 370 м^3 . Оценить содержание серы в коксе. Определить массу получаемой серы (на 1 т кокса).

Задача 25. Осадок, образующийся на очистных установках, имеет влажность 90 мас. %. В сгустителе осадок обрабатывают, добавляя к нему $20 \text{ кг}/\text{ч}$ 10 % раствора гидроксида кальция, влажность осадка при этом снижается на 6 %. Затем осадок подают в инфракрасную сушилку, из сушилки $17,2 \text{ кг}/\text{ч}$ осадка влажностью 30 % выводят на утилизацию. Определить влажность и массу осадка после сгустителя.

Практическая работа 6

РАСЧЕТ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Цель работы: ознакомиться с показателями оценки экологической безопасности промышленного предприятия; произвести баланс воспроизводства и потребления атмосферного кислорода.

Экологическая безопасность промышленного предприятия

Экологическая безопасность касается промышленности, сельского и коммунального хозяйства, сферы услуг, области международных отношений. Иными словами, экологическая безопасность прочно входит в нашу жизнь и ее актуальность возрастает год от года.

Для промышленных предприятий очень важно соблюсти баланс между экологической безопасностью, требующей значительных денежных затрат, и экономической эффективностью деятельности хозяйствующего субъекта. В такой ситуации необходимо организовать производственную деятельность таким образом, чтобы она обеспечивала разумный компромисс между производственными целями и их экологическими последствиями.

Экологическая безопасность – совокупность состояний, процессов и действий, обеспечивающих экологический баланс в окружающей среде и не приводящих к жизненно важным ущербам (или угрозам таких ущербов), наносимым природной среде и человеку. Это также процесс обеспечения защищенности жизненно важных интересов личности, общества, природы, государства и всего человечества от реальных или потенциальных угроз, создаваемых антропогенным или естественным воздействием на окружающую среду.

Экологическая безопасность реализуется на глобальном, региональном и локальном уровнях. Экологическая безопасность регионального промышленного производства описывается:

- 1) показателями ресурсных балансов региона;
- 2) суммарными и удельными показателями экологической опасности регионального промышленного комплекса;
- 3) эколого-экономическими показателями, отражающими стоимостной аспект региональной экологической безопасности.

Первая группа показателей является основной и по сути отражает степень сбалансированности региона, как единой территориальной системы, включающей в себя весь комплекс реципиентов техногенного воздействия.

На региональном уровне выделяют три группы ресурсов:

– экологические – ассимиляционные емкости экосистем (или другие показатели их устойчивости), вода и кислород;

– технологические – электроэнергия, топливно-энергетические ресурсы и т. д.;

– демографические – население.

По каждому из ресурсов выделяются показатели ресурсообеспеченности (количества ресурса на территории региона), ресурсопотребления (количества ресурса, потребленного в регионе за определенный промежуток времени) и ресурсного баланса (соотношения между ресурсообеспеченностью и ресурсопотреблением).

Расчет оценки экологической безопасности промышленного предприятия на анализе баланса воспроизводства и потребления атмосферного кислорода

Проблема исследования баланса воспроизводства и потребления атмосферного кислорода тесно связана с совершенствованием регионального управления и развитием промышленного производства в целом. Ее важность и сложность обусловлена как изменением структуры промышленности, так и повышением роли экологического фактора в хозяйствовании.

Для расчета баланса воспроизводства/потребления атмосферного кислорода необходимо определить:

а) общий объем воспроизводства кислорода на территории, исходя из характеристик естественных и искусственных биоценозов;

б) общий объем потребления атмосферного кислорода при выбросе загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками выделения (расчет ведется по связыванию кислорода в соответствии с объемами загрязняющих веществ, отходящих от источников выделения);

в) объем возможного потребления атмосферного кислорода, не приводящего к необратимым ущербам в экосистемах;

г) баланс между воспроизводством и потреблением атмосферного кислорода.

Расчет объема воспроизводства кислорода

Объем воспроизводства атмосферного кислорода на территории определяется, исходя из объема ежегодного воспроизводства i -м растительным сообществом.

$$П_{\text{в}} = \sum (S_{\text{бгц}}^i \cdot Y), \quad (6.1)$$

где $S_{\text{бгц}}^i$ – площадь i -го биогеоценоза на территории региона (км^2);

Y – ежегодное производство кислорода i -м растительным сообществом, определяется по табл. 6.1.

Таблица 6.1

Воспроизводство кислорода

Вид биогеоценоза	Воспроизводство кислорода, т/км
Смешанный лес	1000–1500
Пашня	500–600
Пастбище	400–500
Водная поверхность	100
Город	80–100

Общий объем воспроизводства кислорода высчитывается как сумма воспроизводства в разрезе биоценозов и корректируется на коэффициент, определяющий ту часть воспроизводства кислорода, которую можно изъять для потребления промышленностью. Однако порядка 60 % всего воспроизводимого кислорода растительные сообщества используют на обеспечение собственных биологических нужд (фактически, эта часть воспроизводимого кислорода не подлежит изъятию), а, по правилу десяти процентов (по Н. Ф. Реймерсу, 1990), изъятие более 10 % ресурсов экосистемы влечет за собой ее непоправимую деградацию. Поэтому, корректировочный коэффициент был выбран 0,04.

$$П = 0,04П_{\text{в}} - П_{\text{п}}, \quad (6.2)$$

где $П_{\text{п}}$ – фактическое потребление кислорода предприятием региона (т/год);

0,04 – коэффициент, определяющий ту часть воспроизведенного кислорода, которую можно изъять для потребления промышленностью без ущерба для экосистем региона.

Расчет объема потребления атмосферного кислорода

Фактическое потребление кислорода рассчитывается, исходя из объемов выбросов загрязняющих веществ, отходящих от стационарных и передвижных источников загрязнения.

В качестве наиболее распространенных и опасных загрязнителей атмосферного воздуха были выбраны: оксиды углерода, азота и сернистый ангидрид. Среди оксидов азота был выбран NO₂ (как наиболее распространенный), углерода – CO. Перевод в конкретные объемы потребляемого кислорода осуществлялся по формулам, зависящим от молярных масс загрязняющих веществ. Так, для окиси углерода такой перевод осуществлялся в соотношении 0,571, для окислов азота (по NO₂) – 0,696, а для сернистого ангидрида – 0,5. Объемы потребляемого кислорода по отдельным веществам суммируются.

$$P_{\text{п}} = \sum \left[\left(\frac{C^i}{G_{\text{ПДК}}^i} \right)^{b_j} \cdot \alpha \cdot M^i \right], \quad (6.3)$$

где M^i – количество j -го вредного вещества, фактически выброшенного в атмосферу от всех источников выброса предприятия (т/год);

C^i – средняя концентрация за год i -го загрязняющего вещества (мг/м³);

$G_{\text{ПДК}}^i$ – значение максимально разового ПДК j -го загрязняющего вещества (мг/м³);

b_j – безразмерный коэффициент, позволяющий привести степень загрязнения воздуха j -м загрязняющим веществом к степени загрязнения воздуха диоксидом серы.

Коэффициент b_j определяется в зависимости от класса опасности вещества: для веществ I класса опасности равен 1,7, II класса – 1,3, III класса – 1,0, IV класса – 0,9.

*Расчет баланса воспроизводства и потребления
атмосферного кислорода*

Баланс воспроизводства и потребления атмосферного кислорода определяется как превышение воспроизводства над потреблением.

$$Б = П - П_{\text{п}}. \quad (6.4)$$

Индивидуальное задание

(Номер варианта соответствует порядковому номеру в журнале)

1. Используя исходные данные из табл. 6.3 и 6.4, определить:
 - общий объем потребления атмосферного кислорода при выбросе загрязняющих веществ;
 - объем воспроизводства атмосферного воздуха из объема ежегодного воспроизводства растительными сообществами;
 - общий объем воспроизводства атмосферного кислорода на данной территории;
 - баланс воспроизводства и потребления атмосферного кислорода.
2. Заполнить табл. 6.2.
3. На основании расчетов сделать анализ баланса воспроизводства и потребления атмосферного кислорода и дать оценку экологической безопасности промышленного предприятия.

Таблица 6.2

Результаты расчета

Вар-т	Показатель		т/год
	Общий объем потребления атмосферного кислорода при выбросе загрязняющих веществ	$P_{\text{п}}$	
	Объем воспроизводства атмосферного воздуха из объема ежегодного воспроизводства растительными сообществами	$P_{\text{в}}$	
	Общий объем воспроизводства атмосферного кислорода на территории	P	
	Баланс воспроизводства и потребления атмосферного кислорода	$Б$	

Таблица 6.3

Данные для расчетов и характеристика источников загрязнения

№ региона	Биогеоценоз		Масса загрязняющих веществ, т/год			Средняя концентрация за год, мг/м ³		
	S, км ²	Вид	CO	NO ₂	SO ₂	CO	NO ₂	SO ₂
1	23	пашня	59,3	11,7	5,1	60	3,5	1,2
	37,5	город						
2	25	город	6,2	1,7	7	38	2,9	0,8
3	16	город	27	8	9	16	0,6	1,6
	9	пашня						
4	15	город	50	3,2	11	27	4,9	2,4
	5	смешанный лес						
5	19	город	15	3,8	3,6	19	3,3	1,5
	6	пашня						
6	4	смешанный лес	80,2	14,7	8,3	13	2,6	3,2
	6	город						
7	8	пашня	21	9	6	12	0,9	3
	5	водная поверхность						
8	5	смешанный лес	30	6	10	23	0,8	2,8
	3	водная поверхность						
9	9	пашня	18	7,8	5,1	31	0,6	1,8
	12	город						
10	20	город	26	7	5,3	33	1,2	1,6
	4	смешанный лес						
11	8	пашня	53	12	9,8	15	0,5	0,5
	5	водная поверхность						
12	4	смешанный лес	44	13,6	7,5	15	1,8	3,1
	6	город						
13	6	смешанный лес	33	6,3	9,2	25	0,6	2,5
	5	пастбище						

Таблица 6.4

Загрязняющие вещества и их характеристики

Вещество	ПДК, мг/м ³	Класс опасности
CO	5	IV
NO ₂	0,2	II
SO ₂	0,5	III

Практическая работа 7

УПРАВЛЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ

Цель работы: освоить методы управления промышленной безопасностью.

Основные понятия промышленной безопасности

Промышленная безопасность опасных производственных объектов – состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах (ОПО) и последствий указанных аварий.

Промышленная безопасность – система обеспечения безаварийной эксплуатации ОПО, которая включает комплекс правовых, организационных, технических, экономических и других мероприятий.

Опасными производственными объектами (ОПО) являются предприятия или их цехи, участки, площадки, а также др. производственные объекты.

Установлено 5 категорий ОПО. Это объекты, на которых:

1) получают, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются опасные вещества (воспламеняющиеся, окисляющиеся, горючие, взрывчатые, токсичные, а также вещества, представляющие опасность для окружающей природной среды);

2) используется оборудование, работающее под давлением более 0,07 МПа или при температуре нагрева воды более 115 °С;

3) используются стационарно установленные грузоподъемные механизмы, эскалаторы, канатные дороги, фуникулеры;

4) получают расплавы черных и цветных металлов и сплавы на основе этих металлов;

5) ведутся горные работы, работы по обогащению полезных ископаемых, а также работы в подземных условиях.

Авария – разрушение сооружений и(или) технических устройств, применяемых на ОПО, неконтролируемый взрыв и (или) выброс опасных веществ.

Инцидент – отказ или повреждение технических устройств, применяемых на ОПО, отклонение от режима технологического про-

цесса, нарушение законодательных и иных нормативных правовых актов, устанавливающих правила ведения работ на ОПО.

Основные направления (механизмы) обеспечения промышленной безопасности

Законодательными и иными нормативными правовыми актами предусмотрен комплекс правовых, организационных, экономических и технических направлений обеспечения промышленной безопасности. Можно выделить основные направления:

1) регистрация ОПО в государственном реестре – занесение в банк данных государственного реестра сведений о действующем объекте, присвоение ему регистрационного номера и выдача свидетельства о регистрации этого объекта эксплуатирующей его организации;

2) лицензирование отдельных видов деятельности в области промышленной безопасности;

3) специальные требования к техническим устройствам, применяемым на ОПО;

4) требования промышленной безопасности к проектированию, строительству и приемке в эксплуатацию ОПО;

5) требования промышленной безопасности к эксплуатации ОПО;

6) требования промышленной безопасности по готовности к действиям в случае аварии на ОПО;

7) подготовка и аттестация работников ОПО;

8) производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности;

9) техническое расследование аварий и инцидентов;

10) экспертиза промышленной безопасности;

11) декларация промышленной безопасности;

12) страхование ответственности за причинение вреда при эксплуатации ОПО;

13) государственный надзор за промышленной безопасностью;

14) ответственность за несоблюдение требований промышленной безопасности.

Лицензия – специальное разрешение на осуществление конкретного вида деятельности при обязательном соблюдении лицензионных требований и условий, выданное лицензирующим органом юридическому лицу или предпринимателю.

Виды деятельности в области промышленной безопасности, которые могут осуществляться только на основании лицензии, следующие:

- 1) эксплуатация взрывоопасных производственных объектов;
- 2) эксплуатация пожароопасных производственных объектов;
- 3) эксплуатация химически опасных производственных объектов;
- 4) эксплуатация нефтегазодобывающих производств;
- 5) деятельность по проведению экспертизы промышленной безопасности;
- 6) применение взрывчатых материалов промышленного назначения;
- 7) эксплуатация газовых сетей;
- 8) производство маркшейдерских работ и некоторые другие.

Лицензии выдаются отдельно на каждый лицензируемый вид деятельности.

Общими лицензионными требованиями и условиями при осуществлении деятельности по эксплуатации ОПО являются:

– соблюдение требований нормативных правовых актов и документов нормативно-технического характера, регламентирующих лицензируемую деятельность;

– обеспечение проведения в установленный срок диагностики, испытаний, освидетельствования сооружений и технических устройств, применяемых на ОПО;

– обеспечение проведения экспертизы промышленной безопасности в случаях, предусмотренных законодательством Республики Беларусь в области промышленной безопасности;

– наличия договора страхования риска ответственности за причинение вреда жизни, здоровью или имуществу других лиц и окружающей среде при эксплуатации ОПО в случаях, предусмотренных законодательством Республики Беларусь;

– организация и осуществление производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на ОПО;

– ведение учета и анализа причин аварий и инцидентов на ОПО;

– повышение не реже одного раза в 5 лет квалификации индивидуального предпринимателя и работников юридического лица в области пожарной и промышленной безопасности;

– обеспечение проведения подготовки и аттестации работников юридического лица и индивидуальных предпринимателей в области промышленной безопасности;

– наличие у лицензиата принадлежащих ему на праве собственности или ином законном основании зданий, помещений, сооружений и технических устройств, необходимых для осуществления лицензируемой деятельности.

Специальные требования к техническим устройствам, применяемым на ОПО.

Применение технического устройства на ОПО допускается при условии:

- соответствия технического устройства требованиям промышленной безопасности;
- проведения приемочных испытаний до ввода технического устройства в эксплуатацию;
- наличия сертификата установленного образца;
- наличия решения на применение технического устройства.

Приемочные испытания проводятся приемной комиссией, затем составляется акт и протокол. Сертификация технических устройств, применяемых на ОПО, проводится по результатам приемочных испытаний. Сертификацию проводят аккредитованные организации. Средства, входящие в комплект технического устройства, предназначенного для применения на ОПО, должны иметь сертификаты об утверждении типа средств измерений.

Для получения разрешения на применение технических устройств заявитель представляет в Ростехнадзор следующие документы: акт и протокол приемочных испытаний, сведения об устранении недостатков, выявленных при испытании; техническую документацию, включающую:

- 1) методику проведения контрольных испытаний;
- 2) ресурс и срок эксплуатации; условия и требования безопасной эксплуатации;
- 3) порядок технического обслуживания, ремонта и диагностирования;
- 4) технические условия;
- 5) сертификат соответствия требованиям промышленной безопасности.

В течение всего срока использования технические устройства подлежат техническому обслуживанию и контролю за проведением работ по техническому обслуживанию. К эксплуатации и обслуживанию технических устройств, предназначенных для применения на

ОПО, допускаются лица, прошедшие соответствующее обучение и имеющие документы установленного образца.

Требования промышленной безопасности к проектированию, строительству и приемке в эксплуатацию ОПО. Проектную документацию на строительство, расширение, реконструкцию, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию ОПО разрабатывают специальные организации. При проектировании ОПО должны обеспечиваться контроль качества проектной документации и авторский надзор за соблюдением проектных решений. Обязательным условием принятия решения о начале строительства, расширении, реконструкции ОПО является положительное заключение экспертизы промышленной безопасности проектной документации. Заключение экспертизы утверждается Государственной инспекцией по надзору за техническим состоянием машин и оборудования.

По окончании строительства производится приемка ОПО в эксплуатацию. В процессе приемки в эксплуатацию ОПО проверяют: соответствие ОПО проектной документации; готовность организации к его эксплуатации; готовность организации к действиям по локализации и ликвидации последствий аварии.

В ходе приемки контролируется: соответствие выполненных работ проектным решениям по обеспечению промышленной безопасности; проведение испытаний технических средств и оборудования, обеспечивающих предупреждение аварий и локализацию их последствий, соответствие испытаний утвержденной программе; готовность персонала и аварийно-спасательных служб к действиям по локализации и ликвидации последствий аварий.

Требования промышленной безопасности к эксплуатации ОПО.

Общими требованиями промышленной безопасности к эксплуатации ОПО являются:

- регистрация ОПО;
- использование технических устройств на ОПО, имеющих сертификаты;
- обеспечение проведения экспертизы проектной документации, технических устройств, зданий и сооружений на ОПО, декларацией промышленной безопасности и иных документов, связанных с эксплуатацией ОПО;
- разработка декларации промышленной безопасности;

– заключение договора страхования риска ответственности за причинение вреда при эксплуатации ОПО.

Организационно-техническими мероприятиями, обеспечивающими безопасную эксплуатацию зданий, сооружений, технических устройств, являются:

– наличие нормативно-правовых актов и нормативно-технических документов, устанавливающих правила ведения работ;

– обеспечение необходимых приборов и систем контроля за производственными процессами;

– организация и осуществление производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности;

– предотвращение проникновения на ОПО посторонних лиц;

– обеспечение выполнения требований промышленной безопасности к хранению опасных веществ;

– принятие мер по защите жизни и здоровья работников в случае аварии на ОПО;

– приостановление эксплуатации ОПО самостоятельно или по предписанию Ростехнадзора в случае аварии или инцидента;

– ведение учета аварий и инцидентов на ОПО.

Требованиями промышленной безопасности в отношении персонала являются:

1) обеспечение укомплектованности штата работников ОПО в соответствии с установленными требованиями;

2) допуск к работе лиц, удовлетворяющих квалификационным требованиям и не имеющих противопоказаний к указанной работе;

3) обеспечение подготовки и аттестации работников в области промышленной безопасности.

Требования промышленной безопасности по готовности к действиям в случае аварии на ОПО. Организация, эксплуатирующая ОПО, обязана:

1) планировать и осуществлять мероприятия по локализации и ликвидации последствий аварий на ОПО;

2) заключать с профессиональными аварийно-спасательными службами договоры на обслуживание или создавать собственные профессиональные аварийно-спасательные службы;

3) обучать работников действиям в случае аварии или инцидента на ОПО;

4) создавать системы наблюдения, оповещения, связи и поддержки действий в случае аварии и содержать указанные системы в пригодном использовании состоянии;

5) иметь резервы финансовых средств и материальных ресурсов для локализации и ликвидации последствий аварий.

Подготовка и аттестация работников ОПО. Периодическое обучение по промышленной безопасности руководителей и специалистов на протяжении трудовой деятельности проводится не реже одного раза в 3 года. Независимо от срока предыдущего обучения руководитель (специалист) должен пройти обучение по промышленной безопасности:

– при назначении на новую должность или переводе на другую работу, если новые обязанности требуют от работника дополнительных знаний по охране труда и промышленной безопасности;

– при переходе с одного предприятия на другое;

– при перерыве в работе свыше 1 года.

Аттестации руководителей и специалистов по промышленной безопасности подразделяются на первичные и периодические.

Первичная аттестация проводится:

– при приеме на работу;

– при назначении на новую должность или переводе на другую работу, если новые обязанности требуют дополнительных знаний по охране труда и промышленной безопасности;

– при переходе с одного предприятия на другое;

– при перерыве в работе свыше 1 года.

Периодическая аттестация проводится не реже 1 раза в 3 года после обучения промышленной безопасности. Рабочие, занятые на ОПО, ежегодно проходят обучение безопасности труда и проверку знаний.

Производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности. Основными задачами производственного контроля являются:

1) обеспечение соблюдения требований промышленной безопасности в эксплуатирующей организации;

2) анализ состояния промышленной безопасности в эксплуатирующей организации, в том числе путем проведения соответствующих экспертиз;

3) разработка мер, направленных на улучшение состояния промышленной безопасности и предотвращение ущерба окружающей среде;

4) координация работ, направленных на предупреждение аварий на ОПО и обеспечение готовности к локализации и ликвидации аварий и их последствий;

5) контроль за своевременным проведением необходимых испытаний и технических освидетельствований устройств, применяемых на ОПО, ремонтом и поверкой контрольных средств измерений;

6) контроль за соблюдением технологической дисциплины.

Ответственность за организацию и осуществление производственного контроля несут руководитель эксплуатируемой организации и лица, на которых возложены такие обязанности.

Производственный контроль в организации осуществляют:

– назначенный руководителем организации работник (один из заместителей руководителя при численности менее 150 чел.);

– специально назначенный работник при численности 150–500 чел.;

– руководитель службы производственного контроля (при численности более 500 чел.) или служба производственного контроля.

Работник, ответственный за производственный контроль, должен иметь:

1) высшее техническое образование, соответствующее профилю производственного контроля;

2) стаж работы не менее 3 лет на соответствующей работе на ОПО отрасли;

3) удостоверение, подтверждающее прохождение аттестации по промышленной безопасности.

Работник, ответственный за осуществление производственного контроля, обязан:

1) ежегодно разрабатывать план мероприятий по обеспечению промышленной безопасности на основании результатов проверки состояния промышленной безопасности;

2) разрабатывать план работ по осуществлению производственного контроля;

3) организовать разработку планов мероприятий по локализации аварий и инцидентов и ликвидации их последствий;

4) проводить комплексные и целевые проверки состояния промышленной безопасности, выявлять опасные факторы на рабочих местах;

5) участвовать во внедрении новых технологий и нового оборудования;

б) обеспечивать проведение контроля за соблюдением работниками ОПО требований промышленной безопасности;

7) организовывать подготовку и аттестацию работников в области промышленной безопасности;

8) организовать работу по подготовке проведения экспертизы промышленной безопасности ОПО;

9) участвовать в техническом расследовании причин аварий, инцидентов, несчастных случаях;

10) проводить анализ причин возникновения аварий и инцидентов на ОПО и осуществлять хранение документации по их учету.

Работник, ответственный за осуществление производственного контроля, имеет право: на свободный доступ на ОПО в любое время суток; знакомиться с документами; участвовать в разработке и пересмотре деклараций промышленной безопасности.

Организация предоставляет информацию о проведении производственного контроля по планам на текущий год и по итогам прошедшего года в территориальные органы Гостехнадзора, включающую:

1) план мероприятий по обеспечению промышленной безопасности на текущий год;

2) организацию системы управления промышленной безопасностью;

3) сведения о работнике, ответственном за производственный контроль;

4) количество ОПО с описанием основных потенциальных источников опасности и возможных последствий аварий;

5) выполнение плана мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, результаты проверок, устранение нарушений, выполнение предписаний Гостехнадзора;

6) план мероприятий по локализации аварий, инцидентов и ликвидации их последствий;

7) копии договора страхования риска ответственности за причинение вреда при эксплуатации ОПО;

8) состояние оборудования, применяемого на ОПО и подлежащего обязательной сертификации;

9) план проведения контрольно-профилактических проверок на следующий год;

10) оценку готовности работников эксплуатирующей организации к действиям во время аварий;

11) описание аварий и несчастных случаев, произошедших на ОПО, анализ причин их возникновения и принятые меры;

12) подготовку и аттестацию руководителей, специалистов и других работников, занятых на ОПО, в области промышленной безопасности.

Техническое расследование аварий и инцидентов

Техническому расследованию подлежат причины аварий, приведших:

– к разрушению сооружений и (или) технических устройств, применяемых на ОПО;

– к неконтролируемым взрывам и (или) выбросам опасных веществ.

В организациях, эксплуатирующих ОПО, должен быть утвержден порядок действий при возникновении инцидентов и аварий, порядок их расследования и учета.

Организация, эксплуатирующая ОПО, незамедлительно сообщает об аварии в:

– территориальный орган Ростехнадзора;

– соответствующие федеральные органы исполнительной власти, которым дано право регулировать, контролировать в области промышленной безопасности;

– вышестоящий орган (при наличии таковых);

– орган местного самоуправления;

– государственную инспекцию труда;

– территориальное объединение профсоюзов.

При авариях, сопровождающихся выбросами, разливами опасных веществ, взрывами, пожарами, сообщает в территориальные органы МЧС.

Руководитель организации при возникновении аварии:

1) сохраняет обстановку на месте аварии до начала расследования, за исключением случаев, когда необходимо вести работы по локализации аварии и сохранению жизни и здоровья людей;

2) принимает участие в техническом расследовании причин аварии, принимает меры по устранению причин и недопущению подобных аварий;

3) осуществляет мероприятия по локализации и ликвидации последствий аварий на ОПО;

4) принимает меры по защите жизни и здоровья работников и окружающей природной среды.

Техническое расследование причин аварии производит комиссия, возглавляемая представителем территориального органа Ростехнадзора. В состав комиссии включаются по согласованию:

- представитель субъекта РФ и (или) органа местного самоуправления, на территории которых располагался ОПО;
- представитель организации, эксплуатирующий ОПО;
- представитель территориального объединения профсоюзов;
- другие представители в соответствии с действующим законодательством.

Комиссия назначается приказом по территориальному принципу Ростехнадзора. Комиссия может привлекать к расследованию экспертные организации и их специалистов.

Задачи комиссии при техническом расследовании:

- 1) провести осмотр и составить протокол осмотра места аварии;
- 2) опрос очевидцев аварии;
- 3) получение письменного объяснения от должностных лиц;
- 4) выяснение обстоятельств, предшествующих аварии;
- 5) установление причин их возникновения;
- 6) выяснение характера нарушений технологических процессов, условий эксплуатации оборудования;
- 7) выявление нарушений норм и правил промышленной безопасности;
- 8) проверка соответствия объекта или технологического процесса проектным решениям, проверка качества проектных решений;
- 9) проверка наличия и исправности средств защиты;
- 10) проверка квалификации обслуживающего персонала;
- 11) установление причины аварии и сценария ее развития на основе опроса очевидцев, технической документации, экспертного заключения, осмотра места аварии;
- 12) определение допущенных нарушений требований промышленной безопасности и лиц, допустивших эти нарушения;
- 13) предложение мер по устранению причин аварии, предупреждающие возникновение подобных аварий;
- 14) определение размера причиненного вреда, включающего прямые потери, социально-экономические потери, потери из-за неиспользованных возможностей, а также вред, причиненный окружающей природной среде.

Материалы расследования должны включать:

- приказ о назначении комиссии для расследования причин аварии;
- акт технического расследования аварии со следующими приложениями: протокол осмотра места аварии, заключение экспертной комиссии об обстоятельствах и причинах аварии, протоколы опроса и объяснения лиц, причастных к аварии и ответственных за соблюдение требований промышленной безопасности, справка об обученности и проведении инструктажа по безопасности труда и проверке знаний производственного персонала, справки о размерах причиненного вреда, форма учета и анализа аварий.

Организация не позднее 3 дней после окончания расследования рассылает материалы расследования аварии:

- Ростехнадзору и его территориальному органу, производившему расследование;
- соответствующим органам, принимавшим участие в расследовании аварии;
- территориальному объединению профсоюзов;
- органам прокуратуры по месту нахождения организации.

Расследование, анализ и учет инцидентов проводит организация, эксплуатирующая ОПО. Перечень инцидентов, подлежащих расследованию и учету, определяет техническое руководство организации в соответствии с Методическими рекомендациями органов государственного надзора. Для установления причин инцидента создается комиссия. Состав комиссии назначается приказом руководителя организации (в химическом и нефтехимическом, нефтеперерабатывающем производстве с обязательным участием территориальных органов Ростехнадзора). Результаты расследования оформляются актом по форме, установленной предприятием. Акты расследования должны содержать информацию о дате и месте инцидента, его характеристике и причинах, продолжительности простоя, материальном ущербе, в том числе в виде окружающей природной среде, и меры по устранению причин инцидента. Учет инцидента на ОПО ведется в специальном журнале, где регистрируется дата, место инцидента, его характер и причины, продолжительность простоя, экономический ущерб, меры по устранению причин инцидента и отметка об их выполнении. Организация ведет анализ причин инцидентов и сообщает в территориальный орган Ростехнадзора информацию о количестве инцидентов, причинах их возникновения и принятых мерах.

Экспертиза промышленной безопасности – оценка соответствия объекта экспертизы предъявляемым к нему требованиям промышленной безопасности, результатом которой является заключение.

Цель экспертизы – выявление соответствия объекта экспертизы требованиям промышленной безопасности.

Экспертизе промышленной безопасности подлежат:

1) проектная документация на строительство, расширение, реконструкцию, техническое перевооружение, консервацию и ликвидацию ОПО;

2) технические устройства, применяемые на ОПО;

3) здания и сооружения на ОПО;

4) декларация промышленной безопасности;

5) иные документы, связанные с эксплуатацией ОПО.

Экспертизу промышленной безопасности проводят организации, имеющие лицензию на этот вид деятельности.

Для проведения экспертизы заказчик должен представить:

1) данные о заказчике и объекте экспертизы;

2) проектную, конструкторскую, эксплуатационную, ремонтную документацию, декларацию промышленной безопасности ОПО, паспорта технических устройств, инструкции, технологические регламенты и др.;

3) акты испытаний, сертификаты, в том числе, если необходимо, на комплектующие изделия;

4) образцы оборудования (в случае необходимости).

Проведение экспертизы заключается:

– в установлении полноты, достоверности и правильности предоставленной информации, соответствия ее стандартам, нормам и правилам промышленной безопасности;

– в наблюдении за нормальным ходом работы на ОПО;

– в проведении комплексной проверки компетентности сотрудников и руководителей, пригодности помещений, приборов, состояния испытательных средств;

– в проведении проверки наличия надежных систем маркировки и идентификации.

Копия подготовленного проекта заключения экспертизы передается заказчику, который в течение 14 дней может направить свои замечания в экспертную организацию. Заключение экспертизы должно содержать:

1) перечень объектов экспертизы;

- 2) цель экспертизы;
- 3) сведения о рассмотренных документах;
- 4) краткую характеристику и назначение объекта экспертизы;
- 5) результаты проведенной экспертизы;

6) заключительную часть с обоснованными выводами, а также рекомендациями по техническим решениям и проведению компенсирующих мероприятий.

Декларация промышленной безопасности – документ, отражающий всестороннюю оценку риска аварии и связанной с ней угрозы его реализации; анализ достаточности принятых мер по предупреждению аварий, по обеспечению готовности организации к эксплуатации ОПО в соответствии с требованиями промышленной безопасности, а также к локализации и ликвидации последствий аварии на ОПО; разработку мероприятий, направленных на снижение масштаба последствий аварии и размера ущерба, нанесенного в случае аварии на ОПО.

Декларация должна содержать:

- общие сведения об организации, перечень основных направлений ее деятельности, сведения о расположении опасного объекта, населенных пунктах и организациях, расположенных вблизи опасного объекта;
- результаты анализа безопасности: сведения об опасных веществах, о технологии, результаты анализа условий возникновения и развития аварии, результаты оценки риска аварии;
- обеспечение требований промышленной безопасности по эксплуатации объекта, по готовности к действиям в случае аварии.

В декларации необходимо представить сведения:

- 1) перечень имеющихся или необходимых лицензий на виды деятельности, связанные с эксплуатацией декларируемого объекта;
- 2) о соответствии условий эксплуатации действующего объекта требованиям норм и правил;
- 3) о выполнении распоряжений органов Гостехнадзора;
- 4) о профессиональной и аварийной подготовке персонала;
- 5) о системе производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности;
- 6) о системе проведения сбора и анализа аварийности;
- 7) о мероприятиях по локализации и ликвидации последствий аварий;
- 8) о системе оповещения в случае аварии;
- 9) об аварийно-спасательных службах;

10) о финансовых и материальных ресурсах для локализации и ликвидации последствий аварий.

При оценке риска аварий следует проанализировать различные сценарии, отражающие как наиболее типичные и вероятные, так и неблагоприятные и маловероятные события. Основные результаты оценки риска должны включать данные:

- о количестве опасных веществ, участвующих в аварии;
- о размерах вероятных зон действия поражающих факторов;
- о возможном числе пострадавших.

Организация представляет декларацию в Ростехнадзор или его территориальный орган. Кроме того, организация:

- представляет копии декларации и заключения экспертизы в заинтересованные органы исполнительной власти и орган местного самоуправления при мотивированном запросе этого органа;
- обеспечивает доступ к декларации официальных представителей общественных объединений при мотивированном запросе, согласованном исполнительной властью субъекта;
- обеспечивает предоставление информационного листа гражданам, проживающим вблизи ОПО.

Страхование ответственности за причинение вреда при эксплуатации ОПО. У организаций, эксплуатирующих ОПО, риск аварий достаточно высок, поэтому такие организации обязаны застраховать ответственность за причинение вреда жизни, здоровья или имуществу других лиц и окружающей среде в случае аварии. Вначале проводится идентификация ОПО с целью определения типа и количества каждого типа опасных объектов в организации. Для всех типов ОПО определены минимальные размеры страховой суммы страхования ответственности за причинение вреда в случае аварии.

В результате идентификации: устанавливается страховая сумма для организации-страховщика; заключается договор страхования риска ответственности между организацией (страхователем) и страховой организацией (страховщиком).

Страховщик обязан:

- выдать страхователю в установленный срок страховой документ;
- в результате проведения страхователем мероприятий, уменьшающих риск наступления страхового случая и размер возможного вреда третьим лицам, перезаключить по заявлению страхователя договор страхования с учетом этих обстоятельств;

– при страховом случае произвести страховую выплату в установленный договором страхования срок;

– возместить расходы, произведенные страхователем в целях уменьшения убытков, расходы по ликвидации последствий аварии.

Страховщик имеет право:

– проводить самостоятельно или посредством специализированных организаций экспертизу ОПО, в отношении которой заключается договор страхования, а также экспертизу состояния риска страхования по заключенному договору страхования;

– при уведомлении об обстоятельствах, влекущих увеличение страхового риска, потребовать от страхователя изменения условий договора страхования или уплаты дополнительной страховой премии (взноса) соразмерно увеличению риска.

Страхователь обязан:

– своевременно и в полном объеме уплачивать страховые взносы;

– при заключении договора страхования сообщать страховщику обо всех известных ему обстоятельствах, имеющих значение при оценке страхового риска;

– в период действия договора страхования сообщать страховщику о ставших ему известными изменениях в обстоятельствах, существенных заключении договора;

– в 3-дневный срок сообщать страховщику о любой произошедшей аварии;

– принимать необходимые и возможные меры по предотвращению аварий;

– не принимать на себя каких-либо обязательств по урегулированию требований, предъявленных потерпевшими третьими лицами, без предварительного согласия страховщика.

Для заключения договора страхования страхователь подает страховщику заявление и заключение экспертизы промышленной безопасности. Договор страхования заключается на 1 год.

Страховым случаем признается нанесение вреда жизни, здоровью или имуществу третьих лиц, или окружающей природной среде в результате аварии, происшедшей на ОПО, эксплуатируемом страхователем и указанном в договоре страхования, подтвержденное соответствующим решением суда.

Не признаются аварией и не подлежат страховой выплате обстоятельства, наступившие вследствие:

- умысла страхователя или потерпевшего третьего лица;
- ядерного взрыва, радиации, радиоактивного заражения;
- военных действий, действий вооруженных формирований или террористов;
- гражданской войны, народных волнений всякого рода или забастовок;
- действия непреодолимой силы (стихийные бедствия, природные явления стихийного характера);
- противоправных действий других лиц, когда ОПО выбыл из обладания страхователя в результате таких действий, за исключением случаев, когда выбытие объекта из обладания произошло по вине страхователя;
- иных обстоятельств, не связанных непосредственно с эксплуатацией ОПО.

Страховая выплата производится на основании решения суда, принятого по искам третьих лиц, предъявленных в течение трех лет с момента аварии. Размер страховой выплаты определяется страховщиком на основании акта технического расследования причин аварии, судебных решений и др. материалов.

Государственный надзор за промышленной безопасностью

В целях осуществления государственной политики в области промышленной безопасности определен орган, специально уполномоченный в области промышленной безопасности: служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Гостехнадзор).

Орган самостоятельно принимает следующие нормативные правовые акты:

- 1) требования к регистрации объектов в государственном реестре ОПО и к ведению этого реестра;
- 2) порядок оформления декларации промышленной безопасности ОПО и перечень включаемых в нее сведений;
- 3) порядок проведения технического расследования причин аварий, инцидентов и случаев утраты взрывчатых материалов промышленного назначения;
- 4) порядок осуществления экспертизы промышленной безопасности и требования к оформлению заключения данной экспертизы.

Гостехнадзор осуществляет контроль и надзор:

1) за соблюдением требований промышленной безопасности при проектировании, строительстве, эксплуатации, консервации и ликвидации ОПО, изготовлении, монтаже, наладке, обслуживании и ремонте технических устройств, применяемых на ОПО, транспортировании опасных веществ на ОПО;

2) за соблюдением требований пожарной безопасности на подземных объектах и при ведении взрывных работ;

3) за соблюдением собственниками гидротехнических сооружений и эксплуатирующими организациями норм и правил безопасности гидротехнических сооружений на объектах промышленности и энергетики, за исключением гидротехнических сооружений, надзор за которыми передан органам местного самоуправления.

Гостехнадзор осуществляет лицензирование деятельности:

1) по эксплуатации химически опасных производственных объектов;

2) по эксплуатации взрывоопасных производственных объектов;

3) по эксплуатации пожароопасных производственных объектов в части, касающейся деятельности по эксплуатации объектов, на которых ведутся подземные и открытые горные работы по добыче и переработке полезных ископаемых, склонных к самовозгоранию, а также работы на других горных объектах, технология которых предусматривает ведение пожароопасных работ, в том числе не связанных с добычей полезных ископаемых;

4) по эксплуатации нефтегазодобывающих производств;

5) по эксплуатации магистрального трубопроводного транспорта;

6) по эксплуатации газовых сетей;

7) по проведению экспертизы промышленной безопасности;

8) по производству маркшейдерских работ;

9) по производству взрывчатых материалов промышленного назначения в части, касающейся деятельности по производству взрывчатых материалов, используемых при ведении взрывных работ в местах их применения;

10) по хранению взрывчатых материалов промышленного назначения в части, касающейся деятельности по хранению, осуществляемой организациями, производящими взрывчатые материалы на стационарных пунктах изготовления и в местах применения, ведущими взрывные работы, а также использующими взрывчатые материалы в научно-исследовательских, учебных и экспериментальных целях;

11) по применению взрывчатых материалов промышленного назначения в части, касающейся деятельности по применению взрывчатых материалов организациями, ведущими взрывные работы на гражданских объектах;

12) по распространению взрывчатых материалов промышленного назначения, изготавливаемых в местах их применения и используемых при ведении взрывных работ.

Ответственность за несоблюдение требований промышленной безопасности. За несоблюдение законодательства о промышленной безопасности, организация, эксплуатирующая ОПО, может быть подвергнута административному штрафу; должностные лица организаций – штрафу; другие работники – штрафу в соответствии с Кодексом об административных правонарушениях.

За несоблюдение законодательства о промышленной безопасности работники организации, эксплуатирующей ОПО, могут быть привлечены работодателем к дисциплинарной ответственности (трудовой кодекс) или к материальной ответственности (в порядке, предусмотренном Трудовым и Гражданским кодексами). Привлечение к уголовной ответственности за несоблюдение законодательства о промышленной безопасности установлено статьями Уголовного кодекса.

Порядок выполнения работы

1. Внимательно изучите теоретические положения.
2. Самостоятельно на основании результатов прохождения производственной практики охарактеризуйте опасные производственные объекты предприятия (место прохождения практики).
3. Ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Что такое опасный производственный объект?
2. Назовите, что является опасным производственным объектом?
3. Дайте определение промышленной безопасности ОПО.
4. Что такое инцидент, авария на ОПО?
5. Перечислите основные направления (механизмы) обеспечения промышленной безопасности.
6. Регистрация ОПО в государственном реестре (определение и правила).

7. В чем заключается лицензирование отдельных видов деятельности в области промышленной безопасности?

8. Специальные требования к техническим устройствам, применяемым на ОПО.

9. Требования промышленной безопасности к проектированию, строительству и приемке в эксплуатацию ОПО.

10. Требования промышленной безопасности к эксплуатации ОПО.

11. Требования промышленной безопасности по готовности к действиям в случае аварии на ОПО.

12. Подготовка и аттестация работников ОПО.

13. Производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности.

14. Техническое расследование аварий и инцидентов.

15. Экспертиза промышленной безопасности.

16. Декларация промышленной безопасности.

17. Государственный надзор за промышленной безопасностью.

18. Ответственность за несоблюдение требований промышленной безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кривошеин, Д. А. Основы экологической безопасности производств : учебное пособие / Д. А. Кривошеин, В. П. Дмитренко, Н. В. Федотова. – М.: Издательский центр «Академия», 2015 – 336 с.
2. Широков, Ю. А. Экологическая безопасность на предприятии : учебное пособие / Ю. А. Широков. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 360 с.
3. Сафонова, В. Ю. Практикум по дисциплине «Экологическая безопасность» : учебное пособие / В. Ю. Сафонова. – Оренбург: ОГПУ, 2021. – 130 с.
4. Харламова, А. В. Токсикологические аспекты техносферной и экологической безопасности : учебное пособие / А. В. Харламова, А. М. Сазонова, О. И. Копытенкова. – Санкт-Петербург: ПГУПС, 2019. – 102 с.
5. Соколов, А. К. Управление техносферной безопасностью : учебное пособие / А. К. Соколов. – Иваново: ИГЭУ, 2018. – 140 с.
6. Авчинников, А. Б. Экологическая безопасность : практикум / А. Б. Авчинников, Е. Ю. Жук. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 42 с.
7. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 г. / Нац. Комис. по устойчивому развитию Респ. Беларусь. – Введ. – 02.05.2017. – Минск, 2017. – 148 с.
8. Об охране окружающей среды: закон Респ. Беларусь от 26 ноября 1992 г. №1982-ХІ : с изм.и доп.: текст по состоянию на – 17 июля 2017 г. – Нац. Реестр правовых актов Респ. Беларусь, 2017. – № 51-3.
9. Об охране атмосферного воздуха: закон Респ. Беларусь от 24 декабря 2008 г., № 2/1554: в ред. Закона Республики Беларусь от 14.07.2011. – № 293-3.
10. Об обращении с отходами: закон Респ. Беларусь от 20 июля 2007 г.: с изм. и доп.: текст по состоянию на 13.07.2016 г. – Нац. Реестр правовых актов Респ. Беларусь, 2016. – № 397-3.

Учебное издание

РОДЬКИН Олег Иванович
МОРЗАК Галина Иосифовна
СИДОРСКАЯ Наталья Владимировна

**УПРАВЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ
БЕЗОПАСНОСТЬЮ
ПРЕДПРИЯТИЯ**

Практикум
для обучающихся на II ступени высшего образования
по специальности 1-33 80 01 «Экология»

Редактор *А. Д. Спичёнок*
Компьютерная верстка *Е. А. Беспанской*

Подписано в печать 04.01.2022. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 4,94. Уч.-изд. л. 3,91. Тираж 100. Заказ 580.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.