

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Лабораторный практикум для студентов
специальности 1-27 01 01 «Экономика и организация производства»
специализации 1-27 01 01-16 «Экономика и организация производства
(легкая промышленность)», специальности 1-25 01 19 «Товароведение и
экспертиза товаров»

Витебск
2019

Составители:

Н. В. Скобова, В. Е. Савенок

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ», протокол № 6 от 20.06.2019.

Основы экологии и энергосбережения: лабораторный практикум / сост. Н. В. Скобова, В. Е. Савенок. – Витебск : УО «ВГТУ», 2019. – 144 с.

В лабораторном практикуме представлены темы и задания лабораторных работ по курсу «Безопасность жизнедеятельности человека» разделы «Основы экологии» и «Энергосбережение».

Настоящий лабораторный практикум является методическим материалом для выполнения лабораторных работ по разделу «Основы экологии» и «Энергосбережение» для студентов специальности 1-27 01 01 «Экономика и организация производства», специальности 1-25 01 19 «Товароведение и экспертиза товаров».

УДК 502/504:620.9

© УО «ВГТУ», 2019

Содержание

Введение	4
Лабораторная работа 1. Определение загрязнения атмосферного воздуха выбросами от автомобильного транспорта	5
Лабораторная работа 2. Исследование физических показателей качества воды	18
Лабораторная работа 3. Оценка минерализации воды природных источников	26
Лабораторная работа 4. Определение кислотности и содержания солей в почвенной водной вытяжке	30
Лабораторная работа 5. Измерение параметров воздушной среды	36
Лабораторная работа 6. Определение эффективности проведения мероприятий по борьбе с физическими загрязнениями окружающей среды	44
Лабораторная работа 7. Экологические аспекты питания человека	55
Лабораторная работа 8. Процессы и аппараты для очистки сточных вод	68
Лабораторная работа 9. Очистка газовоздушных выбросов	80
Лабораторная работа 10. Обращение с отходами и их утилизация	94
Лабораторная работа 11. Энергосбережение в производстве при использовании регуляторов расхода тепловой энергии	106
Лабораторная работа 12. Оценка энергопотребления встроенного помещения административного здания	113
Список использованных литературных источников	123
Приложения	125

Введение

Охрана окружающей среды – система мер, направленных на обеспечение благоприятных и безопасных условий среды обитания и жизнедеятельности человека. Она предусматривает сохранение и восстановление природных ресурсов с целью предупреждения прямого и косвенного отрицательного воздействия результатов деятельности человека на природу и здоровье людей.

В условиях научно-технического прогресса и интенсификации промышленного производства проблемы охраны окружающей среды стали одной из главных общегосударственных задач, решение которых неразрывно связано с охраной здоровья людей.

Важнейшими факторами окружающей среды являются атмосферный воздух, вода, почва. Оценка качества данных ресурсов, степени их загрязнения позволит обучающимся оценить степень антропогенного воздействия человека на окружающую среду. Полученный опыт не только повысит уровень образования студентов, но и сформирует правильное и бережное отношение к природе, создаст условия для рационального ее использования. Лабораторные исследования – наиболее эффективный метод познания степени воздействия хозяйственной деятельности человека на окружающую среду.

Лабораторные исследования позволяют наиболее полно усвоить теоретический материал, овладеть навыками начальных мониторинговых исследований, научиться анализировать полученный материал, представлять его в различных формах (таблицы, схемы, диаграммы), давать на его основании комплексную оценку состояния ресурса или территории.

Для удобства использования нормативной документации в лабораторном практикуме представлены основные нормативные документы (приложение Г) по изучаемым вопросам и ряд дополнительных сведений, которые помогут обучающимся для решения экологических вопросов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ВЫБРОСАМИ ОТ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Цель работы: освоить навыки расчета выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта на основании методики согласно ТКП 17.08-03-2006.

1.1 Основные сведения

Источниками загрязнения воздушной среды являются топливные испарения из бака, двигателя и трубопроводов, картерные выбросы и отработанных газов (ОГ) автомобилей (рис. 1.1). Топливные испарения содержат около 200 различных углеводородов и имеют место:

- при заправке автомобиля (в среднем 1,4 г/л заливаемого топлива);
- при испарениях из топливного бака пропорционально площади испарения (независимо от того, работает двигатель или нет) [1].

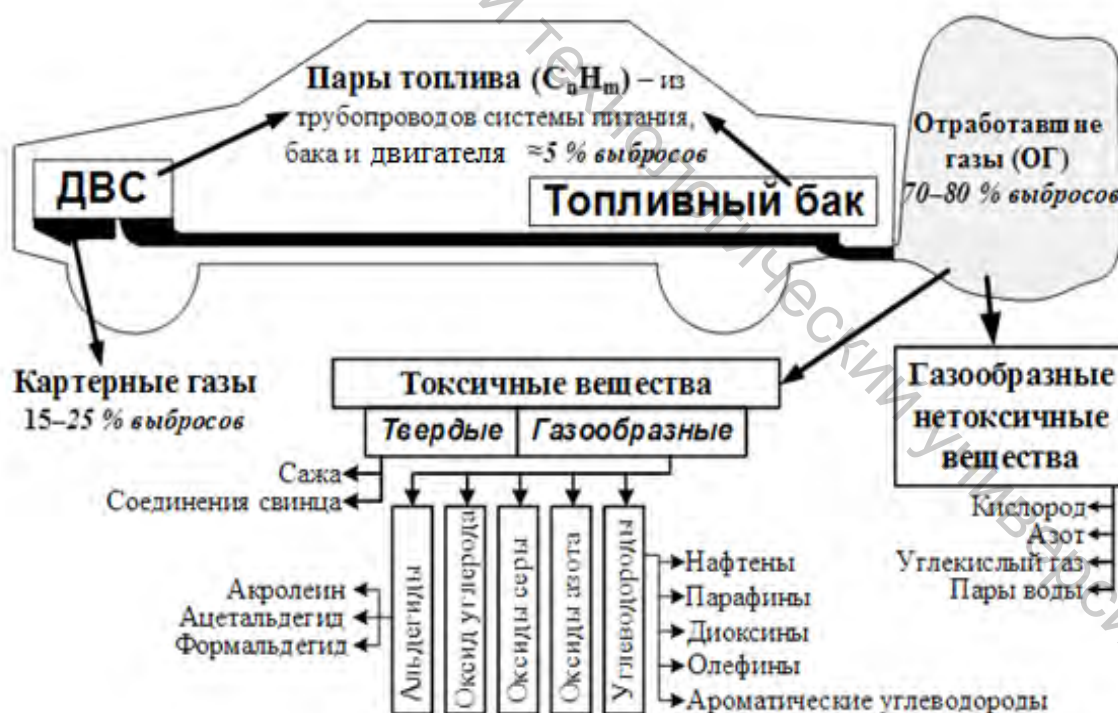


Рисунок 1.1 – Источники выбросов и состав веществ ОГ автомобиля

Наибольшее количество веществ поступает в ОС с ОГ – гетерогенной смесью избыточного воздуха, продуктов полного и неполного сгорания топлива и смазочного масла, присадок к ним, конденсации и полимеризации различных веществ и частиц сажи, образующихся по температурному, кислородному и комбинированному механизму в ходе термического синтеза из воздуха. На долю оксидов азота (NO_x), оксида углерода (CO), углеводородов (C_nH_m), кислородсодержащих альдегидов (RCHO) и оксидов серы приходится приблизительно 85–90 % общей массы ОГ АТС [1]. Состав, количество и свойства этой сложной, неизученной до конца смеси изменяется в широких пределах и определяется:

- качеством, сортом, видом и условиями сгорания топлива (табл. 1.1), масел [3];
- типом (табл. 1.1), конструкцией, качеством регулировки и режимом работы ДВС (табл. 1.2);
- моделью, техническими параметрами и степенью изношенности автомобиля (табл. 1.3);
- параметрами улично-дорожной сети и др.

Важной особенностью ОГ дизелей является наличие канцерогенных ПАУ (поверхностных ароматических углеводородов) и диоксидов.

Содержащиеся в ОГ загрязняющие вещества по химической структуре, свойствам и характеру воздействия на организм человека можно классифицировать по следующим группам.

Таблица 1.1 – Состав и содержание веществ в ОГ по типам ДВС

Компонент	Содержание в объеме ОГ, % по массе		Примечание
	Бензиновые	Дизельные	
Азот	74–77	76–78	не токсичен
Кислород	0,3–0,8	2–18	не токсичен
Пары воды	3,0–5,5	0,5–4,0	не токсичны
Диоксид углерода	5,0–12,0	1,0–10,0	не токсичен
Оксид углерода	0,1–10,0	0,01–0,5	токсичен
Углеводороды	0,01–3,0	0,001–0,4	токсичны
Оксиды азота	0,05–0,6	0,009–0,5	токсичны
Альдегиды	0,0–0,2	0,01–0,09	токсичны
Оксиды серы (суммарно)	0,0–0,002	0–0,03	токсичны
Сажа	0–0,04	0,01–1,1	токсичны
Бенз(а)пирен	До 0,02	До 0,01	канцероген
Соединения свинца	Зависит от марки	–	токсичны

Таблица 1.2 – Влияние режима работы ДВС на содержание веществ в ОГ

Вещество	Содержание веществ в объеме ОГ, % по массе			
	Холостой ход	Разгон	Движение с постоянной скоростью	Торможение
Бензиновые двигатели				
Оксид углерода	6,900	2,900	2,700	3,900
Углеводороды	0,530	0,160	0,100	1,000
Оксиды азота	0,003	0,100	0,065	0,020
Альдегиды	0,003	0,002	0,001	0,030
Дизельные двигатели				
Оксид углерода	следы	1,000	следы	следы
Углеводороды	0,040	0,020	0,010	0,030
Оксиды азота	0,006	0,035	0,024	0,003
Альдегиды	0,001	0,002	0,001	0,003

Таблица 1.3 – Влияние возраста грузового АТС на содержание веществ в ОГ

Вид топлива	Выбрасываемое вещество, г/кВт·ч					
	CO	C _n H _m	NO _x	Пыль	ПАУ	Альдегиды
Новый автомобиль						
Дизельное топливо	3,5–4,5	2,0–3,0	11,0–14,0	0,3–0,4	0,00075	0,08
Бензин	85–95	8–10	15–17	0,05	0,075	0,65–1,0
Автомобиль, бывший в эксплуатации						
Дизельное топливо	7–12	2,5–4	10–14	0,5–0,8	0,004	0,2–0,4
Бензин	120–130	12–14	15–17	0,1	0,25	2,0–3,0

Первую образуют нетоксичные продукты полного сгорания топлива: кислород, водород, азот, водяной пар, углекислый газ и другие естественные компоненты атмосферного воздуха. Они занимают наибольший объем ОГ, а их концентрация в обычных условиях не достигает вредного для человека уровня.

Вторая – это оксид углерода – бесцветный, не имеющий запаха продукт неполного сгорания топлива при недостатке кислорода, содержание которого в ОГ бензиновых ДВС достигает 10 %, в дизельных ДВС 0,2–0,3 %.

Оксид углерода – опаснейший респираторный яд, сохраняющийся в атмосфере 2–42 месяца. Кроме нарушения жирового и углеводного обмена, витаминного баланса в тканях, его токсическое действие основано на способности в 200–300 раз быстрее кислорода адсорбироваться молекулами гемоглобина крови с образованием карбоксигемоглобина – стойкого соединения, которое выводится из организма очень медленно и, затрудняя газообмен в клетках, блокирует процессы транспортировки кислорода и клеточного дыхания. Кислородное голодание является одним из факторов, вызывающих стенокардию, ослабление внимания и

замедление реакции, быструю утомляемость водителей, т. е. влияет на безопасность дорожного движения.

Симптомы отравления СО: головокружение и головная боль, шум в ушах, покраснение лица, общая слабость и сонливость, сердцебиение и боли в области сердца, затруднение дыхания, тошнота, иногда рвота, в тяжелых случаях судороги, потеря сознания и смерть.

Третью группу составляют оксиды азота. Это наиболее токсичные компоненты ОГ (≈ 98 % оксид азота (NO) – бесцветный газ и ≈ 2 % диоксид азота (NO₂) – красно-бурый газ с характерным запахом. Наибольшее количество оксидов азота выделяется при работе ДВС на режимах максимальной мощности, так как процесс сгорания имеет наименьшую продолжительность, а температура сгорания высока.

В атмосфере оксид азота в высоких концентрациях содержится только вблизи источников выброса, большая часть его с удалением от источника окисляется в диоксид азота. При вдыхании оксид азота действует на нервную систему человека, вызывает параличи и судороги, а также, связывая гемоглобин крови, может вызвать кислородное голодание. Действие NO₂ даже в небольших количествах проявляется в раздражении слизистых оболочек глаз и дыхательных путей, снижении сопротивляемости организма к заболеваниям, что способствует развитию заболеваний легких, усилению действия канцерогенных веществ и развитию злокачественных новообразований.

Четвертая, самая многочисленная группа – это несгоревшие углеводородные составляющие топлива (парафины, олефины, нафтенy и ароматические соединения углерода и водорода, в том числе ПАУ).

Сильными токсическими свойствами среди ароматических углеводородов обладает бензол, нарушающий процессы кроветворения, деятельность центральной нервной и мышечной системы.

Наиболее сильным и стабильным канцерогеном является бенз(а)пирен, доля которого в суммарном выбросе ПАУ у дизельных ДВС достигает 3,7 % и у бензиновых ДВС 2,1–3,3 % [1]. В нормальных условиях это кристаллическое вещество, а в ОГ дизелей может находиться в твердом, жидком и газообразном состоянии.

Попадая в почву, ПАУ депонируются в растительной массе сельскохозяйственных культур и далее по пищевым цепям поступают в организм человека, где воздействуют на процессы кровообращения, центральную нервную и мышечную систему.

В **пятую** группу входят кислородсодержащие производные углеводородов – альдегиды, образующиеся на ранних стадиях окисления углеводородов топлива и тонкого слоя масла на стенках цилиндров или при сгорании очень бедных топливовоздушных смесей. Их максимальные концентрации имеют место на режимах пуска (особенно холодного) и при малых нагрузках ДВС.

Шестую группу составляют мелкодисперсные частицы воды, моторного масла, образующиеся при крекинге, дегидрогенизации и полимеризации капель не полностью окислившегося углеводородного топлива, а также нерастворимых в органических растворителях частиц металлов (железо, цинк, медь, никель) и их оксидов, сульфатов и сажи, являющихся продуктами износа деталей двигателя, компонентами присадок к топливу и моторному маслу.

Сажевые частицы в чистом виде нетоксичны, но, имея развитую поверхность до $90 \text{ м}^2/\text{г}$, хорошо адсорбируют канцерогенные углеводороды, в частности бенз(а)пирен и формальдегид. А так как частицы сажи находятся длительно во взвешенном состоянии, то время воздействия вредных веществ на организм человека увеличивается. Крупные (2–10 мкм) частицы задерживаются в носовых пазухах, трахеях или бронхах и легко выводятся из организма, а мелкие (до 2 мкм), достигая альвеол легких, вызывают развитие хронических заболеваний.

Седьмая группа – это сернистые соединения, образующиеся при использовании топлива и смазочных масел с повышенным содержанием серы и ее соединений (меркаптан, сероводород и др.), сгорающих при высокой температуре и избытке кислорода с образованием солей сернистого и серного ангидридов. Их содержание в ОГ дизелей выше, чем у бензиновых ДВС (табл. 1.3), а выброс достигает соответственно 5–11 мг и 1–13 мг на километр пробега АТС.

Диоксид серы – бесцветный газ с острым запахом, является умеренно опасным веществом. При малых (до 0,001 %) концентрациях раздражает слизистые оболочки дыхательных путей и глаз, вызывает нарушение углеводного обмена и функций кроветворных органов (костного мозга и селезенки). При хронических отравлениях малыми дозами SO_2 появляется головная боль и бессонница, возможно развитие хронического бронхита и конъюнктивита. Вредное влияние SO_2 примерно в шесть раз сильнее CO и за одну минуту может вызвать смертельное отравление при содержании $01,0 \geq \%$.

В атмосферных условиях диоксид серы сохраняется от нескольких часов до нескольких дней, а затем вступает во взаимодействие с другими соединениями, в частности углеводородами.

К сернистым газам относится и сероводород (H_2S) – бесцветный газ с запахом тухлых яиц, который при концентрациях выше $0,008 \text{ мг/м}^3$ раздражает слизистые оболочки и оказывает токсическое действие на человека.

Особую опасность представляют соединения свинца, появляющиеся в ОГ при использовании этилированного бензина. Около 70 % свинца в виде соединений попадает в атмосферу с ОГ, из них 30 % оседает на землю сразу за срезом выхлопной трубы автомобиля, а 40 % долго сохраняется в атмосфере в виде мельчайших частиц размером 1–5 мкм. Соединения свинца поражают органы пищеварения, перифериче-

скую и ЦНС, разрушают эритроциты, снижают количество гемоглобина и вытесняют жизненно важные элементы из организма, нарушают обменные процессы, разрушают гормоны и химические соединения в мозге, что вызывает анемию, постоянную головную и мышечную боль, замедление роста и расстройства слуха, мутации и интеллектуальную деградацию живых существ.

1.2 Выполнение работы

Провести расчет выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта по представленной методике.

Методика расчета выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта основана на ТКП 17.08-03-2006 (02120) (технический кодекс установившейся практики) [2], который устанавливает правила расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух механическими транспортными средствами при движении по всем элементам улично-дорожной сети населенных пунктов.

Принятые сокращения:

МТС – механические транспортные средства.

УДС – улично-дорожная сеть.

ОДД – организация дорожного движения.

Классификация веществ:

По ТКП в соответствии со способом расчета вещества выделяются в четыре группы, которые представлены в таблице 1.4.

Группа 1 – вещества, выбросы которых определяются различными режимами движения МТС.

Группа 2 – вещества, выбросы которых зависят от потребления топлива МТС и определяются как доля потребления топлива.

Группа 3 – вещества, выбросы которых определяются в зависимости от пробега МТС.

Группа 4 – детализированные неметановые летучие органические соединения, которые определяются как доля общего выброса неметановых летучих органических соединений НМЛОС.

В качестве расчетных типов используются МТС, классифицируемые согласно ГОСТ 31286 и используемому виду топлива, которые представлены в таблице 1.5.

При расчете выбросов загрязняющих веществ используются три градации МТС:

1. Градация МТС-1 (табл. 1.6) используется при расчете выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов на основе данных натурных обследований транспортного потока.

2. Градация МТС-2 (табл. 1.7) используется при расчете выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов на основе данных прогнозируемой транспортной нагрузки.

3. Градация МТС-3 (табл. 1.8) используется при расчете выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов в случае отсутствия данных о структуре транспортного потока либо при автоматизированном сборе данных при помощи детекторов транспорта.

Для расчетов выбросов загрязняющих веществ используются следующие параметры дорожного движения: объем движения МТС, скорость движения транспортного потока, длина участка УДС, количество остановок транспортного потока, количество задержек транспортного потока. Определение параметров дорожного движения может производиться любым известным натурным или расчетным способом.

Расчет произвести для веществ группы 1.

Таблица 1.4 – Вещества группы 1, 2, 3, 4

Наименование вещества	Эквивалент
1	2
Вещества группы 1	
Углерода оксид	CO
Азота оксиды	NO _x
Твердые частицы	PM
Летучие органические соединения (ЛОС), в том числе:	VOC
Метан	CH ₄
Не-метановые летучие органические соединения (НМЛОС)	NMVOC
Вещества группы 2	
Углерода диоксид	CO ₂
Серы диоксид	SO ₂
Кадмий	Cd
Хром	Cr
Медь	Cu
Никель	Ni
Селен	Se
Цинк	Zn
Вещества группы 3	
Аммиак	NH ₃
Азота закись	N ₂ O
Полиароматические углеводороды и стойкие органические соединения	Бензо(а)пирен Индено(1,2,3-сd)пирен Бензо(к)флюорантен Бензо(б)флюорантен Бензо(ghi)перилен, Флюорантен

Окончание таблицы 1.4

1	2
Полихлорированные дибензо-диоксины и полихлорированные дибензо-фураны	Диоксины, Фураны
Вещества группы 4	
Алканы (C_nH_{2n+2})	Алканы
Алкены (C_nH_{2n})	Алкены
Алкины (C_nH_{2n-2})	Алкины
Альдегиды ($C_nH_{2n}O$)	Альдегиды
Кетоны ($C_nH_{2n}O$)	Кетоны
Циклоалканы (C_nH_{2n})	Циклоалканы
Ароматические углеводороды (C_nH_{2n-2})	Ароматические углеводороды

Таблица 1.5 – Классификация механических транспортных средств

Тип транспортного средства	Вид топлива, потребляемого ДВС	Принимаемое для ТКП наименование
Мотоциклы	бензин	М
Легковые автомобили	бензин, газ	ЛБ
	дизельное топливо	ЛД
Грузовые автомобили до 3,5 тонн. Автобусы до 5 тонн	бензин, газ	ГАБ
	дизельное топливо	ГАД
Грузовые автомобили св. 3,5 тонн	дизельное топливо	ГД
Автобусы городские и сочлененные	дизельное топливо	АГ
Автобусы междугородные	дизельное топливо	АМ

Таблица 1.6 – Градация МТС-1

Состав транспортных средств	Доля Δ_m	Расчетная модель в соответствии с таблицей 1.5
Мотоциклы	100 %	М
Легковые автомобили	80 %	ЛБ
	20 %	ЛД
Грузовые автомобили до 3,5 тонн	40 %	ГАБ
	60 %	ГАД
Грузовые автомобили св. 3,5 тонн	100 %	ГД
Автобусы городские и сочлененные	100 %	АГ
Автобусы до 5 тонн	40 %	ГАБ
	60 %	ГАД
Автобусы междугородные и дальнего следования	100 %	АМ

Таблица 1.7 – Градация МТС-2

Состав транспортных средств	Доля Δ_m	Расчетная модель в соответствии с таблицей 1.5
Легковые автомобили	1 %	М
	79 %	ЛБ
	20 %	ЛД
Грузовые автомобили	35 %	ГАБ
	55 %	ГАД
	10 %	ГД
Автобусы	40 %	АГ
	25 %	ГАБ
	25 %	ГАД
	10 %	АМ

Таблица 1.8 – Градация МТС-3

Состав транспортных средств	Доля Δ_m	Расчетная модель в соответствии с таблицей 1.5
Легковые автомобили	1 %	М
	79 %	ЛБ
	20 %	ЛД
Остальные МТС	28 %	ГАБ
	44 %	ГАД
	8 %	ГД
	16 %	АГ
	4 %	АМ

1.2.1 Определение параметров дорожного движения

1.2.1.1 Объем движения МТС O_j , авт. (автомобилей) определяется как количество МТС j-типа, прошедших заданный участок УДС за расчетный период по результатам натурных обследований, измерений детекторами транспорта, прогноза расчетными моделями и др. с учетом суточной, недельной, сезонной неравномерности либо рассчитывается по формуле

$$O_j = \Delta_m \cdot (\Delta_j \cdot Q \cdot T), \quad (1.1)$$

где Δ_m – доля МТС данной расчетной модели в соответствии с принятой градацией (МТС-1, либо МТС-2, либо МТС-3, таблицы 1.6, 1.7, 1.8 соответственно); Δ_j – доля МТС j-го типа в составе транспортного потока; Q – средняя расчетная интенсивность движения (часовая), авт./ч (автомобилей в час). При определении максимально разовых выбросов (грамм в секунду) в качестве средней расчетной интенсивности выбирается максимальная интенсивность движения в самый неблагоприятный

момент времени; T – расчетный фонд времени, ч, определяемый как количество часов за расчетный период с условиями транспортной нагрузки, соответствующими средней расчетной интенсивности движения.

1.2.1.2 Скорость движения V определяется как скорость сообщения соответствующего транспортного потока на всем протяжении участка УДС и определяется как средняя скорость сообщения по результатам измерений ходовой лабораторией.

1.2.1.3 Длина участка УДС L определяется по траектории движения соответствующего транспортного потока по геоподоснове, чертежам архитектурно-строительных проектов, проектов ОДД, методами анализа фото- и видеоизображений (фотограммометрии), натурного измерения расстояний и другими способами, обеспечивающими точность ± 10 метров.

1.2.1.4 Удельное количество остановок S определяется как количество зафиксированных остановок (торможений-разгонов) транспортных средств соответствующего транспортного потока, отнесенное к общему количеству прошедших транспортных средств соответствующего транспортного потока. Количество остановок может быть получено по результатам натурного обследования количества остановок, анализа видеозаписи, анализа очереди и импульса интенсивности, прогноза расчетными моделями и другими способами, обеспечивающими точность ± 15 %. При определении остановки должны быть привязаны к источникам-причинам остановки (светофорное регулирование, затор, конфликты, стоп-линии, конфликтные точки и зоны и другие) с определением характера и средней скорости движения потока до и после остановки.

1.2.1.5 Удельная задержка D определяется как время нахождения транспортных средств соответствующего транспортного потока в неподвижном состоянии «на холостом ходу», отнесенное к общему количеству прошедших транспортных средств соответствующего транспортного потока. Задержки могут быть получены по результатам натурального измерения времени задержки, анализа видеозаписи, анализа очереди и импульса интенсивности, прогноза расчетными моделями и другими способами, обеспечивающими точность ± 15 %. При определении задержки должны быть привязаны к источникам – причинам задержки (светофорное регулирование, затор, конфликты, стоп-линии, конфликтные точки и зоны и др.).

1.2.2 Правила расчета выбросов загрязняющих веществ

1.2.2.1 Выбросы веществ группы 1 E_i^1 , г, определяются как сумма выбросов при движении транспортного потока, при остановке (торможении-разгоне) и задержке (работе на холостом ходу) и рассчитываются по формуле

$$E_i^1 = (E_i^m + E_i^s + E_i^d) \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (1.2)$$

где E_i^m – выбросы i -го вещества в атмосферный воздух при движении транспортного потока, г, определяемые по формуле (1.3); E_i^s – выбросы i -го вещества в атмосферный воздух при остановке (торможении-разгоне), г, определяемые по формуле (1.4); E_i^d – выбросы i -го вещества в атмосферный воздух при задержке движения (работе на холостом ходу), г, определяемые по формуле (1.5); K_1 – поправочный коэффициент, учитывающий долю в транспортном потоке МТС расчетных моделей ЛБ и ЛД с холодным (неразогретым) двигателем, определяется по таблице А.7 (приложение А); K_2 – поправочный коэффициент, учитывающий продольный уклон проезжей части, принимаем $K_2 = 1$; K_3 – поправочный коэффициент, учитывающий состояние покрытия проезжей части (1 – хорошее, 1,05 – удовлетворительное, 1,10 – неудовлетворительное), принимаем $K_3 = 1$.

1.2.2.2 Выбросы i -го вещества в атмосферный воздух при движении транспортного потока E_i^m , г, рассчитываются по формуле

$$E_i^m = \sum_{j=1}^n q_{ij}^m \cdot L \cdot O_j, \quad (1.3)$$

где q_{ij}^m – удельные выбросы i -го вещества при движении j -го типа МТС в зависимости от скорости движения V , г/авт. км (грамм на один автомобиль на один километр), определяются по таблице А.1 (приложение А); V – скорость транспортного потока, км/ч; L – длина участка УДС, км; O_j – объем движения j -типа МТС, авт.; n – количество типов МТС, определяемое в зависимости от принимаемой градации в соответствии с таблицей 1.7.

1.2.2.3 Выбросы i -го вещества в атмосферный воздух при остановке (торможении-разгоне) транспортного потока E_i^s , г, рассчитываются по формуле

$$E_i^s = \sum_{j=1}^n q_{ij}^s \cdot S \cdot K \cdot O_j, \quad (1.4)$$

где q_{ij}^s – удельные выбросы i -го вещества при остановке (торможении-разгоне) j -го типа МТС, г/ост. (грамм на одну остановку), определяются по таблице А.2 (приложение А); S – удельное количество остановок транспортного потока, ост./авт. (остановок на один автомобиль); K – коэффициент коррекции выбросов в зависимости от скорости движения транспортного потока, определяется по таблице А.3 (приложение А).

1.2.2.4 Выбросы i -го вещества в атмосферный воздух при задержке движения (работе на холостом ходу), E_i^d , г, рассчитываются по формуле

$$E_i^d = \sum_{j=1}^n q_{ij}^d \cdot D \cdot O_j, \quad (1.5)$$

где q_{ij}^d – удельные выбросы i -го вещества при задержке j -го типа МТС, г/мин (грамм в минуту), определяются по таблице А.4 (приложение А); D – удельная задержка транспортного потока, мин/авт. (минут на один автомобиль);

Выполнение работы

Провести расчет количества загрязняющих веществ, выбрасываемых от автотранспорта по индивидуальному заданию.

Контрольные вопросы

1. Какие наиболее опасные загрязняющие вещества содержатся в отработанных газах автомобилей?
2. Как каждое вещество (из перечисленных в ответе на вопрос 1) воздействует на организм человека?
3. Оцените ситуацию по загрязнению воздуха от АТС в г. Витебске.

Таблица 1.9 – Исходные данные для расчета

№ варианта	Продолжительность расчетного периода, Т, ч	Дата замера	Интенсивность движения, Q, авт./ч	Средняя скорость потока, V, км/ч	Соотношение МТС в транспортном потоке, Л/Г/А (доля Δ_j), %	Длина участка, L, км	Среднее кол-во остановок, S, ост./авт.	Время задержки на 1 авто, D, мин/авт.
1	1	31.12	1600	70	70/10/20	5	6	2,4
2	2	02.02	300	60	20/40/40	1	3	1,2
3	3	02.05	1200	60	60/25/15	5	6	2,4
4	8	21.12	800	80	70/20/10	4	5	2
5	2	30.06	500	40	40/30/30	2	3	1,2
6	3	30.07	700	40	70/10/20	4	5	2
7	1	10.08	700	80	20/40/40	4	5	2
8	2	20.09	900	80	60/25/15	4	5	2
9	3	30.04	1000	50	70/20/10	4	6	2,4
10	8	12.11	450	50	40/30/30	4	3	1,2
11	2	24.01	900	60	70/10/20	4	5	2
12	3	15.03	700	60	20/40/40	3	5	2
13	4	25.10	900	40	60/25/15	4	5	2
14	6	17.11	1200	40	70/20/10	5	6	2,4
15	8	28.02	360	70	40/30/30	1	3	1,2
16	1	10.05	680	70	70/10/20	4	5	2
17	3	12.06	920	80	20/40/40	3	5	2
18	6	30.07	1200	80	60/25/15	5	6	2,4
19	8	18.03	1100	60	70/20/10	5	6	2,4
20	4	16.08	750	50	40/30/30	4	5	2

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ВОДЫ

Цель работы: определение органолептических и санитарно-токсикологических показателей качества воды.

2.1 Основные сведения

Нормирование качества воды заключается в установлении для воды водного объекта совокупности допустимых значений показателей ее состава и свойств, в пределах которых надежно обеспечиваются здоровье населения, благоприятные условия водопользования и экологическое благополучие водного объекта.

Общие требования к составу и свойствам воды водоемов, предназначенной для хозяйственно-питьевого, коммунально-бытового и рыбо-хозяйственного назначения установлены следующими нормативными документами:

- Экологические нормы и правила ЭкоНиП 17.01.06-001-2017 «Охрана окружающей среды и природопользование. Требования экологической безопасности»;

- Постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 14 декабря 2007 г. № 164. О внесении изменения в Санитарные правила и нормы 10-124 РБ 99 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества»;

- СанПиН от 25.10.2012 № 166. Санитарные нормы и правила «Требования к физиологической полноценности питьевой воды»;

- СанПиН от 16.09.2014 № 69. Санитарные нормы и правила «Санитарно-эпидемиологические требования к системам централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения»;

- СанПиН от 15.12.2015 № 123. Санитарные нормы и правила «Требования к питьевой воде, расфасованной в емкости»;

- СанПиН от 16.12.2015 № 125. Санитарные нормы и правила «Санитарно-эпидемиологические требования к охране подземных водных объектов, используемых в питьевом водоснабжении, от загрязнения»;

- СанПиН от 05.12.2016 № 122. Санитарные нормы и правила «Требования к содержанию поверхностных водных объектов при их рекреационном использовании».

К хозяйственно-питьевому водопользованию относится использование водных объектов в качестве источника хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для водоснабжения предприятий пищевой промышленности. К коммунально-бытовому относится использование объектов для купания, занятия спортом и отдыха населения.

К рыбо-хозяйственному водопользованию относится использование водных объектов для обитания, размножения и миграции рыб и других водных организмов.

Для всех видов водопользователей регламентируются в первую очередь физические показатели качества воды. Под физическими свойствами воды понимают ее **органолептические свойства (запах, цвет, прозрачность)**, а также температуру, плотность, вязкость и т. п.

Запах воды может быть как естественного (травянистый, болотный, древесный и т. п.), так и искусственного происхождения из-за загрязнения воды стоками предприятий. При качественной оценке запаха определяется его характер.

Естественные запахи могут быть классифицированы как:

1) ароматический, 2) болотный; 3) гнилостный; 4) древесный; 5) землистый; 6) плесневый; 7) рыбный; 8) сероводородный; 9) травянистый; 10) неопределенный. Искусственные запахи называют по вызывающим их веществам, например, фенольный, бензинный, нафталиновый и т. п.

Количественная оценка интенсивности запаха дается в баллах по пятибалльной шкале (табл. 2.1). Согласно существующим нормам интенсивность запаха воды при 20 °С не должна превышать 2 баллов.

Таблица 2.1 – Определение интенсивности запаха воды

Интенсивность запаха, балл	Характеристика	Появление запаха
0	Никакого запаха	Отсутствие ощутимого запаха
1	Очень слабый	Запах, не замечаемый потребителем, но обнаруживаемый специалистом
2	Слабый	Запах, обнаруживаемый потребителем, если обратить внимание на это
3	Заметный	Запах, легко обнаруживаемый; может быть причиной того, что вода неприятна для питья
4	Отчетливый	Запах, обращающий на себя внимание; может заставить воздержаться от питья
5	Очень сильный	Запах настолько сильный, что делает воду непригодной для питья

Цветность воды зависит от наличия в ней растворенных и взвешенных примесей (коллоидных соединений железа, гуминовых веществ, взвешенных и окрашенных веществ, водорослей). В зависимости от количества гуминовых кислот и их солей (гуматов) цвет колеблется от желтого до коричневого.

Цветность воды определяют качественно и количественно. Результаты качественного исследования цветности воды описывают словесно (бесцветная, светло-желтая, бурая и т. п.). Количественно цвет воды определяют путем сравнения исследуемой воды со шкалой стандартных растворов и выражают в условных градусах этой шкалы (табл. 2.2). При отсутствии окраски вода считается бесцветной [5].

Таблица 2.2 – Шкала стандартных растворов

Номер пробирки	Раствор, мл		Градус цветности
	№ 1	№ 2	
1	0	50	0
2	0,5	49,5	5
3	1,0	49,0	10
4	1,5	48,5	15
5	2,0	48	20
6	2,5	47,5	25
7	3	47	30
8	3,5	46,5	35
9	4	46	40
10	5	45	50
11	6	44	60
12	7	43	70

Спектрофотометрический метод определения цветности воды основан на измерении оптической плотности или коэффициента пропускания анализируемой пробы воды при фиксированной длине волны 380 нм с последующим определением значения цветности по калибровочному графику, построенному по стандартным водным растворам шкалы цветности (ГОСТ 31868-2012).

Согласно СанПиН 10-124 РБ 99 благоприятные органолептические свойства воды определяются ее соответствием нормативам, указанным в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Нормированные показатели физических свойств воды

Наименование показателя	Единица измерения	Норматив, не более
Запах	баллы	2
Привкус	баллы	2
Цветность	градусы	20 питьевая 35 хоз.-быт. назнач.

Прозрачность воды обусловлена ее цветом и мутностью, т. е. зависит от количества содержащихся в воде взвешенных веществ (частицы песка, глины, почвы и т. п.). Определяют прозрачность воды непосредственно в водоеме или в пробах для анализа. Результаты качественного определения прозрачности воды путем сравнения с эталоном из дистиллированной воды оценивают словесно (слабомутная, очень мутная и др.). Количественная оценка прозрачности воды проводится по кресту или шрифту. Прозрачность по кресту устанавливается в водоеме или при контроле качества очистки воды на очистных сооружениях путем нахождения предельной высоты столба воды, через которую просматривается черный крест на белом фоне. Питьевая вода должна иметь прозрачность по кресту не менее 30 см. Определение прозрачности по шрифту в лабораторных условиях основано на нахождении максимальной высоты столба воды в бесцветном цилиндре, через который можно прочесть стандартный шрифт. Прозрачность питьевой воды по шрифту должна быть не менее 30 см [3].

Температура и плотность – общеизвестные параметры воды. Плотность чистой воды зависит от ее температуры и составляет при 15 °С – 0,99913 г/см³, при 20 °С – 0,99823 г/см³. Плотность природных и сточных вод зависит также и от растворенных соединений. Обычно плотность воды близка к единице.

Водородный показатель – количественная характеристика кислотности водных растворов. Водородным показателем (рН) называется величина, равная отрицательному десятичному логарифму концентрации ионов водорода

$$\text{pH} = -\lg(\text{C}_{\text{H}^+}).$$

Если $\text{C}_{\text{H}^+} = 10^{-7}$ моль/л, то $\text{pH} = 7$ – среда нейтральная; если $\text{C}_{\text{H}^+} > 10^{-7}$ моль/л, то $\text{pH} < 7$ – среда кислая; если $\text{C}_{\text{H}^+} < 10^{-7}$ моль/л, то $\text{pH} > 7$ – среда щелочная.

Водородный показатель рН – очень важная характеристика качества природной воды. В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водоемов у пунктов питьевого водопользования, воды водных объектов в зонах рекреации, а также воды водоемов рыбохозяйственного назначения величина рН не должна выходить за пределы интервала значений 6,5–8,5. При сбросе сточных вод в канализацию или в водоемы, рН также должна быть в этих пределах. В противном случае может иметь место повышенная коррозия труб, а также гибель или уменьшение биомассы на очистных сооружениях.

При оценке рН поверхностных вод можно использовать следующую градацию: если $\text{pH} < 3$ – сильно кислые, $\text{pH} 3,0\text{--}5,0$ – кислые, $\text{pH} 5,0\text{--}6,5$ – слабо кислые, $\text{pH} 6,5\text{--}7,5$ – нейтральные (нормальные), $\text{pH} 7,5\text{--}8,5$ – слабо щелочные, $\text{pH} 8,5\text{--}10$ – щелочные, $\text{pH} > 10$ – сильно щелочные.

Величина концентрации ионов водорода имеет большое значение для химических и биологических процессов, происходящих в природных водах. От величины рН зависит развитие и жизнедеятельность водных растений, устойчивость различных форм миграции элементов, агрессивное действие воды на металлы и бетон, рН воды также влияет на процессы превращения различных форм биогенных элементов (например, формы азота), изменяет токсичность загрязняющих веществ.

В речных водах значение рН обычно 6,5–8,5, в болотных водах – 5,5–6,0, в атмосферных осадках – 4,6–6,1, в океане – 7,9–8,3, в шахтных и рудных водах иногда – 1,0, а в озерах – очень широкий диапазон рН: от 3,0 в вулканических, до 9,0–9,5 в эвтрофных и до 10,0 в содовых озерах и термальных источниках.

Человеческая кровь имеет слабощелочные свойства именно из-за наличия в ней бикарбоната натрия. Некоторые вещества не проявляют ни основных, ни кислотных свойств, поэтому их называют нейтральными. Вода, хлорид натрия (NaCl), обычный сахар – примеры нейтральных соединений (табл. 2.4).

Таблица 2.4 – Значения рН для некоторых известных веществ

Вещество	рН	Вещество	рН
Желудочный сок	1,0–2,0	Кислотный дождь	< 5,6
Лимонный сок (5 % р-р лимонной кислоты)	2,0±0,3	Слюна	6,8–7,4
Пищевой уксус	2,4	Молоко	6,6–6,9
Кока-кола	3,0±0,3	Чистая вода	7,0
Яблочный сок	3,0	Кровь	7,36–7,44
Пиво	4,5	Морская вода	8,0
Кофе	5,0	Мыло (жировое) для рук	9,0–10,0
Шампунь	5,5	Нашатырный спирт	11,5
Чай	5,5	Отбеливатель (хлорная известь)	12,5
Кожа здорового человека	5,5	Концентрированные растворы щелочей	>13

После выполнения всех исследований сделать вывод о качестве исследуемой воды.

2.2 Выполнение работы

2.2.1 Исследование запаха воды

В колбу с притертой пробкой емкостью 200 см³ налить исследуемую воду до 2/3 объема и сильно встряхнуть вращательным движением в закрытом состоянии. Затем открыть и сразу же определить обонянием характер и интенсивность запаха. Дать оценку характера и интен-

сивности запаха по пятибалльной шкале (см. табл. 2.1). Результаты исследований запаха воды записать.

2.2.2 Исследование цветности воды

Для качественной оценки цветности воды отфильтровать через бумажный фильтр не менее 40–50 см³ исследуемой воды. Профильтрованную воду налить в бесцветный цилиндр и сравнить с таким же объемом дистиллированной воды в другом таком же цилиндре. Анализ выполняется на фоне белого листа бумаги при дневном освещении. Воду рассматривают сверху и сбоку и указывают наблюдаемый цвет (бесцветная, светло-желтая, бурая и т. д.). Количественно цветность воды определяется по хромато-кобальтовой шкале. Шкала цветности готовится путем смешения раствора № 1 (основной) и № 2 (вспомогательный). Для приготовления раствора № 1 необходимо в небольшом объеме дистиллированной воды растворить в отдельной посуде 0,0875 г бихромата калия ($K_2Cr_2O_7$) и 2,0 г сульфата кобальта ($CoSO_4 \cdot 7H_2O$). Растворы солей смешать, прибавить 1 см³ концентрированной серной кислоты и довести дистиллированной водой до 1 дм³. Раствор № 2 содержит 1 см³ концентрированной серной кислоты в 1 дм³ дистиллированной воды (раствор серной кислоты). Шкала цветности готовится в пяти цилиндрах по 50 см³ путем смешения растворов № 1 и № 2 в соотношении согласно таблице 2. Для определения цветности в пробирку (цилиндр) № 6, однотипную с теми, в которых приготовлена шкала, налить 50 см³ исследуемой воды. Сравнить окраску воды с окраской растворов в пяти цилиндрах на белом фоне, отыскивая место в шкале, тождественное или максимально приближенное по окраске. Цветность выражают в градусах цветности по данным таблицы 2.2 [3].

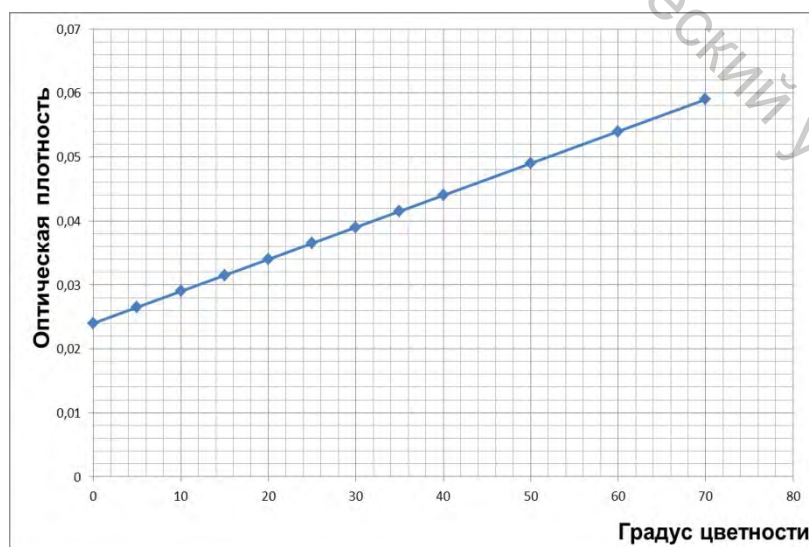


Рисунок 2.1 – Калибровочный график

Провести анализ проб воды спектрофотометрическим методом (спектрофотометр Solar) на длине волны 380 нм, выбрать режим поглощение. Определить оптическую плотность раствора анализируемой пробы и, используя калибровочный график, определить градус цветности. Сделать вывод о методах испытаний и результатах измерений.

2.2.3 Прозрачность воды

Определение прозрачности воды по шрифту выполняют при дневном освещении, но не на прямом солнечном свете. Под прозрачный цилиндр из бесцветного стекла 300 см³ помещают текст (высота букв средней жирности 3,5 мм или с нанесенным «крестом» толщина линий 1 мм) и постепенно заполняют его предварительно взболтанной пробой воды. Когда текст становится плохо различимым, высоту столба воды измеряют линейкой и полученное значение записывают в журнал с точностью до 1 см. Для источников хозяйственно-питьевого водоснабжения вода должна быть прозрачной в столбике воды высотой около 20 см, а для водоемов, используемых для купания и коммунальных целей – около 10 см.

При визуальной оценке прозрачности природные воды характеризуются как прозрачные, слегка мутные, мутные и очень мутные [4].

2.2.4 Определение водородного показателя pH водных растворов

В стеклянный бюкс объемом 20 см³ налить исследуемую воду, погрузить в воду полоску универсальной индикаторной бумаги и быстро сравнить полученный цвет бумаги со стандартной шкалой универсального индикатора [5].

Сделать выводы.

Определить водородный показатель воды по pH-метру.

Устройство и работа pH-метра pH-150

Принцип работы приборов основан на измерении разности потенциалов в электродной системе при контроле температуры раствора датчиком температуры.

Прибор состоит из преобразователя и электродной системы. Электродная система может включать измерительный и сравнительный электроды или комбинированный электрод. Электронная плата внутри корпуса выполняет функции измерения поступающего сигнала, его усиления, преобразования, математической обработки, вывода выходного сигнала на дисплей.

Электрод сравнения – хлорсеребряный электрод с электрическим сопротивлением не более 20 кОм.

Измерительный электрод – стеклянный электрод с допускаемой величиной электрического сопротивления от 10 до 1000 МОм используют при измерениях pH.

Комбинированные электроды используются для контроля объектов окружающей среды, продукции и параметров технологических процессов в промышленности. Комбинированные электроды могут быть оснащены дополнительными устройствами для измерения pH в вязких и плотных средах.

Калибровку прибора выполняют с каждым измерительным электродом по растворам стандарт-титров. В памяти прибора сохраняются данные только последней калибровки.

Методика измерений

1. Внимательно ознакомьтесь с описанием задачи и правилами работы pH-метра.

2. Включите pH-метр и убедитесь, что он работает.

3. Опустите pH-метр в стаканчик с дистиллированной водой и выдержите его там 5 минут.

4. Перед измерением pH pH-метр калибруют для работы либо в кислой и нейтральной, либо в щелочной и нейтральной областях. Измерьте температуру одного из стандартных растворов или хотя бы температуру воздуха, т. к. pH растворов зависит от температуры.

5. Опустите pH-метр в пробу воды, определите pH среды. Показания прибора устанавливаются не ранее, чем через 2 минуты. Погрешность измерения $\pm 1\%$. Измерьте температуру пробы воды. Запишите полученные показания.

6. Промойте электроды дистиллированной водой, после чего опустите их в следующую пробу. В такой последовательности проводите все испытания проб воды из разных источников.

7. Нагрейте пробы воды до температуры 40 °С, проведите измерения pH среды по методике, изложенной в п. 5 и 6 данного опыта. Запишите полученный результат.

8. Сделайте вывод о том, как влияет температура воды на показания pH.

9. Сделайте вывод о методике оценки pH среды индикаторной бумагой и pH-метром.

Контрольные вопросы

1. Что такое нормирование качества воды?
2. Какие физические показатели воды регламентируются?
3. Какие факторы обуславливают цветность воды?
4. На какие параметры водной среды влияет pH?
5. Как изменяется pH поверхностных вод в разные периоды года?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3

ОЦЕНКА МИНЕРАЛИЗАЦИИ ВОДЫ ПРИРОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Цель работы: ознакомиться со способом оценки минерализации воды из природных источников кондуктометрическим способом.

3.1 Основные сведения

Минерализация – суммарное содержание всех найденных при химическом анализе воды минеральных веществ (единицы измерения: г/л, мг/л, мг/дм³).

Природные воды представляют собой растворы различных солей – сильных электролитов. Электрическая проводимость природной воды зависит от концентрации растворенных минеральных солей и температуры. По значениям электропроводности природной воды можно оценить ее общую минерализацию кондуктометрическим методом. Он применим для оценки общей минерализации природных вод по удельной электропроводности растворенных в воде неорганических веществ. Единицей электропроводности является Сименс (1 Сим = 1 Ом⁻¹).

Единицей удельной электропроводности служит 1 Сим/м и его производные единицы: мСим/см, мкСим/см и т. д.

Для природных вод (кроме рассолов) величины удельной электропроводности и общей минерализации связаны линейной зависимостью, которая и лежит в основе кондуктометрического метода определения общей минерализации природных вод. Коэффициент пересчета между электропроводностью и минерализацией определяется в процессе калибровки кондуктометра путем измерения удельной электропроводности нескольких стандартных растворов известного состава и концентрации.

Общая минерализация природных вод обычно выражается в мг/л (до 1000 мг/л) (табл. 3.1) [6].

Многие производства, сельское хозяйство, предприятия питьевого водоснабжения и рекреации предъявляют различные требования к качеству вод. Предельная величина общей минерализации для питьевого водоснабжения – 1000 мг/л.

Большое содержание солей отрицательно влияет на растительность и животные организмы, на качество продукции, на технологию производства (вызывают образование накипи на стенках котлов, коррозию, засоление почв).

Таблица 3.1 – Классификация природных вод по минерализации

Категория вод	Минерализация, г/дм ³
Ультрапресные	<0,2
Пресные	0,2–0,5
Воды с повышенной минерализацией	0,5–1,0
Солоноватые	1,0–3,0
Соленые	3–10
Воды повышенной солености	10–35
Рассолы	>35

У населения, использующего в качестве питьевой солоноватые воды (1000–3000 мг/л), отмечена повышенная гидрофильность тканей, задержка организмом выпитой воды, снижение диуреза на 30–60 %. Вода с повышенной минерализацией отрицательно влияет на секреторную деятельность желудка, нарушает водно-солевое равновесие в организме, хуже утоляет жажду. Использование маломинерализованной воды (<200 мг/л) в качестве питьевой так-же отрицательно сказывается на здоровье человека. Длительное употребление такой воды нарушает водно-солевое равновесие организма. Нижний предел минерализации, при которой поддерживается гомеостаз организма, составляет 100 мг/л, оптимальный уровень минерализации для питьевой воды соответствует 200–500 мг/л.

Кондуктометрический метод предназначен для оценки электропроводности водных растворов.

В лабораторной работе используется прибор измерительный ИИ 8734 (солемер для пресной воды). Этот прибор позволяет оценивать качество воды от деионизированной (дистиллированной) до морской воды.

Одним из наиболее распространённых методов определения солёности воды является метод с использованием прибора-кондуктометра (солемера), состоящего из платиновых или стальных электродов, погружаемых в воду, через которые пропускается переменный ток частотой от 50 Гц (в маломинерализованной воде) до 2000 Гц и более (в соленой воде), путем измерения электрического сопротивления принцип действия кондуктометра основан на прямой зависимости электропроводности воды (силы тока в постоянном электрическом поле, создаваемом электродами прибора) от количества растворенных в воде соединений.

В связи с тем, что электропроводность воды сильно зависит от температуры, к приборам такого типа предъявляются жёсткие требования к термостатированию их датчиков или термокомпенсированию. Для расширения диапазона компенсации температурный компенсатор делается переменным. К приборам предъявляются высокие требования по точности измерения. К примеру, для получения погрешности измерения по солёности $\pm 0,01$ промилле при солёности воды 35 промилле погрешность измерения электропроводности должна быть $\pm 0,025$ про-

милле. В солемерах, производящих замер *in situ*, обычно применяется способ компенсации элементами, сопротивление которых зависит от температуры (термисторами), или применяются функциональные преобразователи на варисторах, что позволяет получать точность измерений в диапазоне 27–37 промилле не хуже 0,05 промилле.

Удельная электропроводность водных (УЭП) растворов дает для дистиллированной воды величину от 2 до 5 мкСм/метр, для атмосферных осадков величину от 6 до 30 и более мкСм/метр, а для пресных речных и озерных вод в тех районах, где воздушная среда сильно загрязнена, величина УЭП может колебаться в пределах 20–80 мкСм/см.

Удельная электропроводность воды – инструментально определяемая характеристика минерализации морской воды. Это величина, обратная удельному сопротивлению. Удельная проводимость некоторых растворов представлена в таблице 3.2 [7].

Кондуктометр используется для проверки умягчения, деминерализации, обратного осмоса, очищения питьевой воды. Техническая характеристика используемого кондуктометра представлена в таблице 3.3.

Таблица 3.2 – Проводимость стандартного раствора хлорида калия (KCl), измеренного с помощью ASTM Standard D1125-77

Состав	мкСм/см, при 25 °С	мкСм/мг в л
1	2	3
Бикарбонат натрия	870	0,87
Сульфат натрия	1300	1,30
Хлорид натрия	1990	1,99
Карбонат натрия	1600	1,60
Гидроксид натрия	5820	5,82
Гидроксид аммония	189	0,19
Соляная кислота	11000	11,10
Фтористоводородная кислота	2420	2,42
Азотная кислота	6380	6,38
Фосфорная кислота	2250	2,25
Серная кислота	6350	6,35

Таблица 3.3 – Характеристика кондуктометра HI 8734

Характеристики	Диапазон
Единицы шкалы	0,1/1мг/л/0,01г/л
Диапазон измерений	0,0–199,9/0–1999мг/л/0,00–19,99
Калибровка	Ручная
Температурная компенсация	0–50 °С

3.2 Выполнение работы

1. Подготовить несколько растворов с разной концентрацией солей NaCl (например, 0,1 г/л, 0,5 г/л, 1 г/л, 5 г/л, 10 г/л, 18 г/л).

2. Провести измерения уровня минерализации подготовленных проб растворов, записать полученные значения.

3. Провести измерения уровня минерализации минеральных питьевых вод, сделать вывод о категории питьевой воды. *Варианты питьевых вод – по заданию.*

4. Рассчитать электропроводность анализируемых проб воды.

3.3 Порядок работы с кондуктометром

1. Измерьте температуру подготовленных растворов термометром.

2. Погрузите датчик прибора в анализируемый раствор, чтобы отверстия датчика были погружены в воду. Подождите несколько минут для достижения температурного равновесия.

3. Слегка постучите датчиком, чтобы удалить пузырьки из щупа.

4. Включите прибор.

5. Нажмите и удерживайте кнопку Temp для отображения температуры раствора на дисплее и отрегулируйте кнопку-ручку температуры согласно температуре раствора.

6. Выберите на приборе измеряемый диапазон 19,99 г/л нажатием соответствующей кнопки.

7. Снимите показания.

8. Выключите прибор.

9. Промойте щуп в дистиллированной воде, оботрите его сухим текстильным материалом.

10. Повторите описанную процедуру измерений для других растворов.

11. Рассчитать удельную электропроводность (УЭП) анализируемых проб воды. Для приблизительной оценки УЭП можно воспользоваться эмпирически найденным соотношением зависимости УЭП от содержания солей в воде (минерализация):

$$\text{УЭП} = \frac{C\left(\frac{\text{мг}}{\text{л}}\right)}{K_{\text{э}}} \quad (\text{мкСм/см}),$$

где $K_{\text{э}}$ – поправочный коэффициент, для NaCl равен 0,53, для KCl – 0,65.

Контрольные вопросы

1. Что такое удельная электропроводность растворов?
2. Как измеряется минерализация водных растворов?
3. Факторы, влияющие на электропроводность.
4. Достоинства и недостатки кондуктометрического метода.
5. Как степень минерализации воды влияет на здоровье человека?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИСЛОТНОСТИ И СОДЕРЖАНИЯ СОЛЕЙ В ПОЧВЕННОЙ ВОДНОЙ ВЫТЯЖКЕ

Цель работы: получить практические навыки по определению рН водной вытяжки почвенного образца раствора и степень засоления почвы.

4.1 Общие сведения

Реакция почвы оказывает большое влияние на развитие растений и почвенных микроорганизмов, на скорость и направленность происходящих в ней химических и биохимических процессов. Усвоение растениями питательных веществ, деятельность почвенных микроорганизмов, минерализация органических веществ, разложение почвенных минералов и растворение труднорастворимых соединений, коагуляция коллоидов и другие физико-химические процессы в сильной степени зависят от реакции почвы. На кислых почвах уменьшается эффективность минеральных удобрений, увеличиваются непроизводительные потери азота, нарушается поступление элементов питания в культурные растения, в продукции интенсивно накапливаются тяжелые металлы и радионуклиды, ухудшается ее качество, снижается устойчивость агроценозов к неблагоприятным погодным условиям.

Выделяют следующие основные причины закисления почв, которые носят естественный и антропогенный характер.

1. Выделение (выдыхание) микроорганизмами и корнями растений углекислого газа, при растворении которого в воде образуется угольная кислота.

2. Всасывание растениями с почвенной влагой катионов щелочных и щелочноземельных металлов (калия, натрия, кальция, магния), приводящее к обогащению почвенного раствора кислотными компонентами.

3. Внесение кислотообразующих удобрений. К таким удобрениям относятся, прежде всего, аммиачные удобрения на основе мочевины, преобразование которой в нитратную форму, усвояемую растениями, сопровождается образованием азотной кислоты.

4. Кислотные осадки, при которых в почву с дождевой водой попадают серная, азотная и сернистая кислоты (рН кислотного дождя может достигать 2–3 единиц). Обычный (некислотный) дождь содержит также угольную кислоту за счет растворения углекислого газа и всегда имеет некоторую кислотность (рН около 5,5–6). Кислотность дождей может значительно возрасти в случае промышленных выбросов в атмосферу, содержащих щелочные компоненты, например, при работе тепловых электростанций, использующих горючие сланцы, в воздух выбрасываются огромные массы газов, хоть и прошедших очистку, но содержащих мелкодисперсный аэрозоль щелочного оксида кальция. В подобных ситуациях можно говорить уже о щелочных (или кислотно-щелочных) дождях, причем рН таких дождей будет обусловлен объемом и составом газовых выбросов, интенсивностью дождя и др.

При закислении почвы угнетается рост и развитие многих сельскохозяйственных культур, подавляется жизнедеятельность микроорганизмов. Закисление почвы приводит к увеличению подвижности многих элементов, в первую очередь тяжелых металлов. Особая роль в этом процессе принадлежит алюминию, содержание которого в почве и в почвообразующих породах, в формах, не обладающих подвижностью, высоко.

Подщелачивание может привести к образованию труднорастворимых форм некоторых элементов питания и микроэлементов, а, начиная со значений рН 8–9, делает почву непригодной для роста большинства растений.

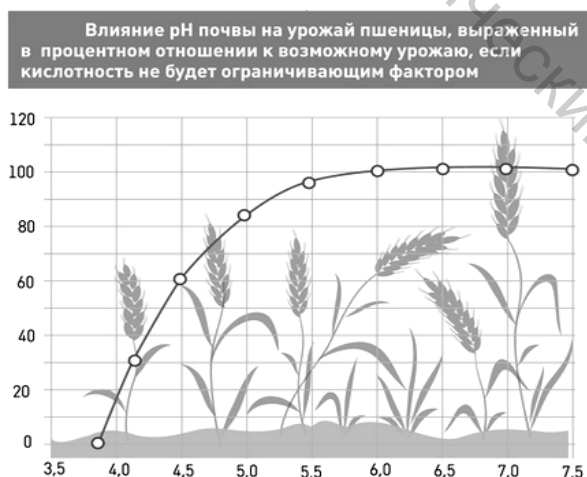


Рисунок 4.1 – Влияние рН на урожайность сельскохозяйственных культур

Значение рН солевой вытяжки (обменной кислотности) играет важную роль для решения вопроса о необходимости известкования почв. При применении удобрений на полях агроландшафтов также надо учитывать величину кислотности почвенной среды.

Определения рН проводят согласно ГОСТ 27753.3-88 [8]. Сущность метода заключается в разности потенциалов стеклянного электрода, чувствительного к ионам водорода и электрода сравнения, значения которого зависит от концентрации ионов водорода в растворе. Суммарная погрешность метода при определении рН составляет 0,1 единицы рН. Метод не пригоден для карбонатных, загипсованных и засоленных горизонтов почв.

Таблица 4.1 – Категория почв в зависимости от рН

рН _{КСІ}	Уровень кислотности или щелочности почв	Тип почвы
Менее 4,5	сильнокислая	болотные, болотно-подзолистые, подзолистые, красноземы, тропические
4,6 ... 5,0	кислая	подзолистые, дерново-подзолистые, тропические, красноземы
5,1...5,5	слабо кислые	то же
5,6...6,0	близкая к нейтральной	окультуренные, дерново-подзолистые, красноземы, серые лесные
6,1 ... 7,1	нейтральная	серые лесные, красноземы
7,2 ... 7,5	слабощелочная	черноземы южные, каштановые, сероземы с признаками солонцеватости
7,6 ... 8,5	щелочная	солонцы, солончаки
более 8,5	сильнощелочная	содовые солонцы, солончаки

Химическое исследование почвы обычно проводится путем подготовки к анализу заблаговременно отобранного образца почвы и определения состава почвенных вытяжек – водной и солевой. От правильности приготовления почвенных вытяжек во многом зависят и результаты исследования почвенного образца.

Засоленность почвы обусловлена повышенным содержанием в ней легкорастворимых минеральных солей, что, как правило, создает неблагоприятные условия для развития и роста растений. Сильнозасоленные почвы обычно непригодны для выращивания сельскохозяйственных культур. У растений, произрастающих на засоленных почвах, задерживаются набухание семян, цветение, рост и снижается урожайность. При больших концентрациях солей наступает гибель растений (табл. 4.2). Засоленные почвы (солонцы, солончаки) распространены, в основном, в степной и пустынно-степной областях, в зонах каштановых, сероземных и черноземных почв.

Основной признак засоленных (солонцеватых) почв – присутствие в почвенном растворе (точнее, в почвенно-поглощающем комплексе) значительного количества катионов натрия. Соответствующими

анионами являются, в основном, хлорид, сульфат, гидрокарбонат и карбонат, причем наиболее отрицательно влияют на качество почвы гидрокарбонаты и особенно карбонаты как наиболее щелочные компоненты. В зависимости от вклада различных анионов в солесодержание почвенного раствора различают холодное, хлоридно-сульфатное, содовое и смешанное засоление.

Таблица 4.2 – Влияние различных концентраций солей на культуры хлопчатника

Концентрация солей, г/л	Влияние на культуры хлопчатника
3–5	оптимальное
5–6	слабое угнетение
10–12	сильное угнетение
12–20	очень сильное угнетение
20–25	растения гибнут

Засоление почв может происходить в силу естественных и антропогенных процессов. Естественное засоление почв может происходить при переносе растворенных в грунтовых водах солей, из водоносных слоев к поверхности. При испарении воды соль остается на поверхности почвы и, при определенных условиях, возникает зона засоления. Условиями, при которых возможно естественное засоление почв, также являются: наличие понижения или низины на местности, достаточная проницаемость грунтов, длительный и устойчивый характер процесса. При переувлажнении засоленных почв возможны также их солонцевание и заболачивание.

При выявлении сильного засоления почв сельскохозяйственных угодий необходимо проводить специальные гидромелиоративные мероприятия орошение, дренаж, промывки. Параметры и типы засоленности почв приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Степень засоления тяжелосуглинистых почв по концентрации солей в почвенных растворах, г/л

Степень засоления почв	Состав солей	
	хлоридный	сульфатный
Незасоленные	< 2,2	<2,5
Слабозасоленные	2,1–4,5	2,5–5,4
Среднезасоленные	4,5–8,2	5,4–10,9
Сильнозасоленные	8,2–20,6	10,9–21,7
Очень сильнозасоленные	> 20,6	>21,7

Засоление почв проверяют по ГОСТ 27753.4-88. Стандарт распространяется на тепличные грунты и устанавливает кондуктометрический метод определения общей засоленности при проведении контроля за солевым режимом грунтов. Сущность метода заключается в измере-

нии удельной электрической проводимости водной вытяжки из тепличных грунтов с помощью кондуктометра. Предельное значение суммарной относительной погрешности результатов анализа при доверительной вероятности $P_D = 0,95$ составляет 16 %.

4.2 Выполнение работы

4.2.1 Подготовка проб почвы

Отбор проб. Для контроля загрязнения почв сельскохозяйственных угодий в зависимости от характера источника загрязнения, возделываемой культуры и рельефа местности на каждые 0,5–20,0 га территории закладывают не менее 1 пробной площадки размером не менее 10x10 м.

Для контроля санитарного состояния почвы в зоне влияния промышленного источника загрязнения пробные площадки закладывают на площади, равной 3-кратной величине санитарно-защитной зоны.

Для контроля санитарного состояния почв на территории расположения детских садов, игровых площадок, выгребов, мусорных ящиков и других объектов, занимающих небольшие площади, размер пробной площадки должен быть не более 5x5 м.

Точечные пробы отбирают на пробной площадке из одного или нескольких слоев или горизонтов методом конверта, по диагонали или любым другим способом с таким расчетом, чтобы каждая проба представляла собой часть почвы, типичной для генетических горизонтов или слоев данного типа почвы. Точечные пробы отбирают ножом или шпателем из прикопок, или почвенным буром.

Объединенную пробу составляют путем смешивания точечных проб, отобранных на одной пробной площадке.

Для химического анализа объединенную пробу составляют не менее чем из пяти точечных проб, взятых с одной пробной площадки. Масса объединенной пробы должна быть не менее 1 кг.

Для контроля загрязнения поверхностно распределяющимися веществами – нефть, нефтепродукты, тяжелые металлы и др. – точечные пробы отбирают послойно с глубины 0–5 и 5–20 см массой не более 200 г каждая. Для контроля загрязнения легко мигрирующими веществами точечные пробы отбирают по генетическим горизонтам на всю глубину почвенного профиля.

Отобранные пробы необходимо пронумеровать и зарегистрировать в журнале, указав следующие данные: порядковый номер и место взятия пробы, рельеф местности, тип почвы, целевое назначение территории, вид загрязнения, дату отбора.

Пробы почвы, поступившие на анализ, помещают на полиэтиленовую пленку, удаляют камни, стекло, щепу и другие посторонние

включения. После этого пробы доводят до воздушно-сухого состояния путем подсушивания в сушильной камере при температуре 40 °С. Окончание сушки контролируют органолептически. Проба считается доведенной до воздушно-сухого состояния, если составляющие ее отдельности не слипаются, не прилипают к твердым предметам, при раздавливании крошатся, пылят.

Высушенные пробы измельчают с помощью механических измельчителей или в фарфоровой ступке и просеивают через сито с круглыми отверстиями диаметром 1 или 2 мм. Корни, камни и посторонние включения, остающиеся на сите, отбрасывают. Измельченные пробы хранят в коробках или пакетах.

Пробы, хранящиеся в коробках, перемешивают на всю глубину коробки. Пробы, хранящиеся в пакетах, высыпают на ровную поверхность, перемешивают и распределяют слоем не более 1 см.

Пробу для анализа отбирают не менее чем из пяти точек. Масса пробы для анализа грунтов с массовой долей органического вещества до 30 % – 30 г, для анализа грунтов с массовой долей органического вещества свыше 30 % – 15 г.

Масса подготовленной пробы – 30 г.

4.2.2 Подготовка к анализу

Для анализа используют фильтраты или суспензии вытяжек, приготовленных по ГОСТ 27753.2.

Подготовка водной вытяжки. Пробы грунтов массой $(30 \pm 0,1)$ г помещают в технологические емкости или конические колбы, приливают по 150 см³ воды и перемешивают в течение 15 мин с помощью электромеханической мешалки или встряхивателя. После приступают к фильтрованию. Суспензии фильтруют через бумажные фильтры. Первую порцию фильтрата объемом до 10 см³ отбрасывают. Мутные фильтраты возвращают на фильтры до тех пор, пока они не станут прозрачными. По окончании фильтрования фильтраты перемешивают и используют для анализа.

Подготовка солевой вытяжки. На теххимических весах берут 10 г сухой почвы, помещают ее в стаканчик на 50 мл и приливают 25 мл 1М раствора KCl (для торфяных почв соотношение почв в растворе = 1:25). Содержимое стаканчика перемешивают стеклянной палочкой, после чего определяют величину pH.

4.2.3 Проведение анализа

Определение pH. Для определения pH-метр настраивают по трем буферным растворам с pH 4,01, 6,86 и 9,18. Погружают электроды в

суспензии. Показания прибора считывают не ранее чем через 1,5 мин после погружения электродов в раствор.

Определение засоления почв. В фильтрат погружают датчик кондуктометра (солемера) и измеряют электрическую проводимость (концентрацию солей). После каждого измерения датчик тщательно промывают водой и промокают фильтровальной бумагой. Если прибор не имеет температурного компенсатора, измеряют температуру вытяжек или воды, находящейся в тех же условиях.

4.2.4 Обработка результатов

За результат анализа принимают значение единичного определения pH с одним знаком после запятой. Реакцию почвенной среды определяют по таблице 4.4. Данные по определению pH солевой вытяжки почвенного образца, по измерению концентрации солей записать, сделать вывод по полученным результатам.

Таблица 4.4 – Классификация реакции среды почв по показателям pH

Реакция почвенной среды	pH _{H2O}	pH _{KCl}
Очень сильноокислая	<3,0	<4,0
Сильнокислая	3,0–4,0	4,1–4,5
Среднекислая	4,0–5,0	4,6–5,0
Слабокислая	5,0–7,0	5,1–6,0
Нейтральная	7,0	>6,0
Слабощелочная	7,0–8,0	–
Среднещелочная	8,0–9,0	–
Сильнощелочная	9,0–11,0	–
Очень сильнощелочная	>11,0	–

Контрольные вопросы

1. Дать определение кислотности почвы.
2. Виды почв в зависимости от величины pH?
3. С помощью какого прибора измеряют кислотность почвы?
4. Причины закисления почв?
5. Какие последствия оказывает закисление почвы?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ

Цели работы:

– получение сведений о параметрах воздушной среды;

- изучение устройства и принципа работы метеометра «МЭС-200А»;
- приобретение практических навыков по определению параметров воздушной среды с помощью метеометра «МЭС-200А».

5.1 Основные сведения

Основными параметрами воздушной среды, влияющими на состояние и работоспособность человека, являются температура окружающей среды, относительная влажность воздуха, атмосферное давление и скорость воздушного потока. Комфортные условия воздушной среды зависят не только от климатических параметров, но и от интенсивности совершаемого человеком труда и от его одежды.

В зависимости от состояния организма (сон, отдых, умственная или физическая работа) и параметров окружающей среды человек в течение часа выделяет 330–1050 кДж теплоты, 40–420 г влаги и 18–36 л углекислого газа. Считается, что при небольшой физической нагрузке (ходьба в помещении, легкий труд) комфортная температура в помещении в зимнее время составляет примерно 21 °С (± 2 °С), а в летнее время – 24 °С (± 2 °С). Оптимальным диапазоном относительной влажности воздуха считается 30–60 %. Избыточная влажность, особенно в сочетании с высокой температурой, ухудшает теплообмен человека с окружающей средой, что приводит к перегреву организма. При низком влагосодержании возрастает отдача тепла за счет интенсивного испарения влаги с поверхности тела, высыхают слизистые оболочки дыхательных путей, что способствует проникновению болезнетворных микроорганизмов в органы дыхания, восприимчивости организма человека к простуде и другим заболеваниям. Подвижность воздуха в помещении также влияет на ощущение комфорта. Плохое самочувствие в плохо вентилируемом помещении объясняется тем, что при отсутствии движения воздуха вокруг человека образуется тонкая неподвижная воздушная оболочка, которая быстро насыщается парами воды, принимает температуру тела человека и уменьшает теплоотдачу. Если температура окружающей среды ниже температуры тела человека, то с повышением подвижности воздуха потеря тепла человеком возрастает. Для сохранения комфортных условий необходимо либо увеличивать относительную влажность воздуха, уменьшив тем самым испарение, либо увеличить его температуру. При температуре воздуха 23–24 °С оптимальной является скорость движения воздуха до 0,15 м/с. Кроме того, установлено, что человек более чувствителен не к скорости воздушного потока, а к ее изменениям. Иными словами, имеет значение спектр турбулентных пульсаций скорости потока, который для достижения условий комфор-

та должен быть максимально приближен к естественному спектру атмосферного ветерка. В сухом атмосферном воздухе содержится 20,95 % (по объему) кислорода, который необходим для дыхания, и небольшое количество углекислого газа, который участвует в регуляции дыхания кровообращения и газообмена человека. В обычных условиях в состоянии покоя человек поглощает в час около 19 л кислорода и выделяет 16 л углекислого газа. Избыток и недостаток углекислого газа во вдыхаемом воздухе одинаково вредно отражаются на состоянии организма. Комфортному состоянию соответствует концентрация углекислого газа в пределах 0,04–0,5 % (по объему). Духота и нехватка кислорода могут ощущаться из-за неверно организованной подачи наружного воздуха. Оптимальным атмосферным давлением, не оказывающим отрицательного влияния на человека, считается давление 750 мм рт. ст.

5.2 Назначение и принцип работы метеометра «МЭС-200А»

Прибор контроля параметров воздушной среды – метеометр «МЭС-200А» (рис. 5.1) – предназначен для измерения атмосферного давления, относительной влажности, температуры воздуха, скорости воздушного потока, которую можно измерять как на открытых пространствах, так и в вентиляционных трубопроводах. Технические возможности прибора представлены в таблице 5.1.

Прибор «МЭС-200А» состоит из блока электроники и сменного измерительного щупа.

Таблица 5.1 – Основные технические характеристики

Параметр	Значение
Давление, кПа	80–110
Влажность, %	0–98
Температура, °C	(- 40)–(+85)
Скорость воздуха, м/с	0,1–20
Абсолютная погрешность:	
давления	$\pm 0,3$ кПа (2,3 мм рт. ст.) при t – от 0 до 60 °C;
влажности	± 3 % при $t = (20 \pm 5)$ °C;
температуры	$\pm 0,2$ °C (при t от -10 до 50 °C); $\pm 0,5$ °C (при t от -40 до -10 °C, от +50 до +85 °C)



Рисунок 5.1 – Внешний вид метеометра «МЭС-200А» со сменными щупами

Составные части МЭС-200А предназначены для эксплуатации в следующих условиях:

- блок электроники при температуре от (-20) до $(+60)$ °С и относительной влажности окружающего воздуха до 95 % при температуре 35 °С;

- щуп измерительный Щ-1 для измерения давления, относительной влажности, температуры и скорости воздушного потока при температуре от (-40) до $(+85)$ °С и относительной влажности окружающего воздуха до 98 % при температуре 35 °С;

- щуп измерительный Щ-4 для измерения массовой концентрации оксида углерода (CO) от 0 до 120 мг/м³;

- щуп измерительный Щ-5 для измерения массовой концентрации сероводорода (H_2S) от 0 до 45 мг/м³;

- щуп измерительный Щ-5 для измерения массовой концентрации диоксида серы (SO_2) от 0 до 50 мг/м³.

В качестве датчика температуры используется миниатюрный платиновый терморезистор (Honey Well, США) сопротивлением 1 кОм (при температуре 0 °С) с нормирующим усилителем, собранным на операционном усилителе типа ОР 496. В качестве датчика влажности используется функционально законченный сенсор влажности (Honey Well, США) с нормированным выходным напряжением от 0,8 до 4,2 В с высокой степенью линейности выходного напряжения от относительной влажности. В качестве датчика скорости воздушного потока используется миниатюрный платиновый терморезистор (Honey Well, США), подогреваемый стабилизированным током до температуры $(200-250)$ °С. В зависимости от скорости воздушного потока меняется степень охлаждения нагретого терморезистора и падение напряжения на нем, которое и является мерой скорости воздушного потока.

Питание МЭС-200А осуществляется от блока аккумуляторов типа VH AA 1700 напряжением 4,8 В или от источника электропитания

ИЭС 7-1203 ШУВК.436230.003 ТУ напряжением 12 В и током 0,25 А. Щуп соединяется с блоком электроники гибким кабелем длиной 0,5 м, оканчивающимся 15-контактным разъемом DHS-15M. Блок электроники служит для преобразования аналоговой информации в цифровую форму, математической обработки результатов измерений и их отображения на двухстрочном матричном жидкокристаллическом индикаторе.

5.2.1 Условия эксплуатации метеометра

В период эксплуатации МЭС-200А при резкой смене температур (перемещение МЭС-200А из рабочих условий с отрицательными температурами в рабочие условия с положительными температурами) необходимо выдержать метеометр при положительной температуре в течение 20 мин, после чего МЭС-200А готов к измерениям. Следует предохранять сенсоры, расположенные в щупах, от касания с различными предметами. При транспортировке щупов сенсоры должны быть обязательно закрыты защитным кожухом.

5.2.2 Безопасность метеометра

Безопасность конструкции МЭС-200А соответствует требованиям ГОСТ 12.2.007.0. По способу защиты человека от поражения электрическим током метеометр «МЭС-200А» относится к классу защиты III. Подготовка метеометра к работе. Перед эксплуатацией метеометр проверяют визуально. Обращают внимание на отсутствие видимых повреждений щупа и блока электроники, наличие пломб, состояние разъемных соединений. Заряжают аккумуляторную батарею от источника электропитания ИЭС 7-1203, подключаемого к гнезду «+12 В». Время заряда должно быть не менее 16 ч. Во время заряда МЭС-200А должен быть выключен. О подключении источника электропитания к блоку электроники сигнализирует светодиод на задней торцевой стороне прибора «МЭС-200А». Подключают соединительный кабель используемого щупа к разъему THV и снимают защитный кожух со щупа.

5.3 Выполнение работы

5.3.1 Работа с измерительным щупом Щ-1

При нажатии кнопки «О» включается подсветка матричного индикатора на время (18–20) с. На индикаторе появляются надписи со значениями температуры и влажности: ЩУП THV Т°С, Н %. Если аккумуляторная батарея разряжена, надпись в верхней строке будет мигать с частотой (1–2) Гц. В этом случае необходимо выключить

МЭС-200А, подключить источник электропитания ИЭС 7-1203 к блоку электроники и подзарядить аккумуляторы в течение 16 ч.

Режимы работы метеометра устанавливаются кнопками «П», «+», «-» в соответствии с циклограммой, представленной на рисунке 5.2.

При нажатии кнопки «О» метеометр переходит в режим измерения температуры и влажности. Для установки метеометра в режим измерения давления необходимо нажать кнопку «П». При следующем нажатии кнопки «П» метеометр снова возвращается в режим измерения температуры и влажности и т. д.

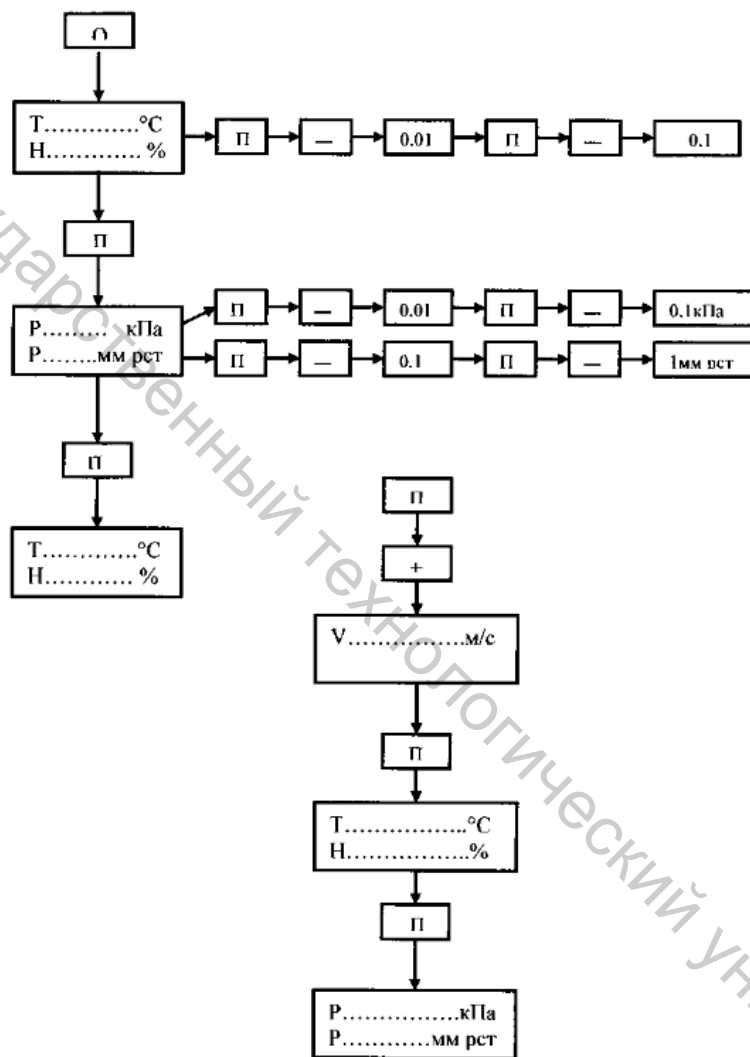


Рисунок 5.2 – Циклограмма установки режимов измерений

Для установки метеометра в режим измерения скорости воздушного потока необходимо после нажатия кнопки «П» нажать кнопку «+» и выждать 2–3 мин (интервал времени, необходимый для прогрева сенсора скорости воздушного потока), после чего можно проводить измерения скорости. При следующем нажатии кнопки «П» метеометр возвращается в режим измерения температуры и влажности. В режиме из-

мерения температуры и влажности (Т, Н) при нажатии кнопки «П» и затем сразу кнопки «-» младшему разряду единицы измерения температуры соответствует 0,01 °С, влажности 0,1 %. В режиме измерения давления при нажатии кнопки «П» и затем кнопки «-» младшему разряду единицы измерения давления соответствуют 0,01 кПа и 0,1 мм рт. ст.

Подсветка матричного индикатора возникает каждый раз при нажатии кнопки «О» и любой другой кнопки и продолжается в течение 10 с, а затем выключается. Для повторной подсветки следует нажать кнопку «+» или «-».

Если в процессе работы с метеометром после нажатия кнопки «О» ни одна из кнопок не нажимается в течение ~ 5 мин, метеометр автоматически выключается. При измерении скорости воздушного потока в диапазоне от 0 до 5 м/с температура внутри измерительного щупа Щ-1 может возрасть на 2 °С относительно температуры окружающей среды. Измерять температуру с нормированной погрешностью после измерения скорости воздушного потока можно через 10 мин. При измерении скорости воздушного потока измерительный щуп Щ-1 должен быть ориентирован относительно направления воздушного потока таким образом, чтобы плоскость приемного окна сенсора измерительного щупа была перпендикулярна направлению воздушного потока, при этом головка крепежного винта на щупе должна быть направлена в сторону потока.

5.3.2 Работа со щупами измерительными Щ-4, Щ-5, Щ-6

Подключить щуп измерительный к блоку электроники и снять защитный чехол.

При нажатии кнопки «О» включается подсветка индикатора на интервал времени от 18 до 20 с, и на индикаторе примерно на 2 с появляется надпись, указывающая тип измеряемого газа и номер щупа, например:

ГАЗ.....СО
№.....4.

Далее через 2...3 с на индикаторе появляется результат измерений концентрации газа:

СО.....мг/м³
СО.....↑ПДК.

Знак ↑ появляется на индикаторе при концентрации газа более одного ПДК (предупредительная сигнализация). При концентрации газа более второго порога (3–5 ПДК в зависимости от газа), начинает мигать подсветка индикатора (аварийная сигнализация).

При нажатии кнопки «П» МЭС-200А переходит в режим измерений концентрации газа в единицах ppm и ПДК. На индикаторе появляются надписи со значениями концентрации:

CO..... ppm
CO.....↑ПДК.

Концентрация в ПДК отображается двузначным числом. Концентрация газа в мг/м^3 и в ppm отображается трехзначным числом.

При следующем нажатии кнопки «П» МЭС-200А переходит в режим измерений концентрации газа в мг/м^3 и в ПДК и т. д.

5.4 Выполнение работы

1. Ознакомиться с устройством и принципом работы метеометра МЭС-200 А.

2. Настроить прибор и выполнить измерения параметров воздушной среды, используя щуп Щ-1: температуры, влажности, давления и скорости воздушного потока.

3. Установить Щ-4. Произвести измерение массовой концентрации содержания оксида углерода при горении и тлении целлюлозосодержащих материалов.

4. Установить щуп Щ-5, произвести измерение массовой концентрации сероводорода.

5. Установить щуп Щ-6, произвести измерение массовой концентрации диоксида серы.

6. Сделать выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные параметры воздушной среды.

2. Какие значения параметров воздушной среды создают комфортные условия для жизнедеятельности?

3. Как влияет относительная влажность воздуха на состояние человека?

4. Какое атмосферное давление комфортно для человека?

5. Какие внешние условия нужно соблюдать при использовании метеометра «МЭС -200А»?

6. Как изменяется концентрация измеряемых вредных веществ при прекращении процесса горения материала?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО БОРЬБЕ С ФИЗИЧЕСКИМИ ЗАГРЯЗНЕНИЯМИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Цель работы: изучить основные источники физического загрязнения атмосферы и методику расчета экономической эффективности мероприятий по борьбе с ним.

6.1 Основные сведения

Источники шумового загрязнения, его воздействие на живые организмы и меры борьбы с ним.

Звукот называют механические колебания, которые воспринимаются слуховым аппаратом человека – от 16 до 20 тысяч колебаний в секунду. Колебания большей частоты называют ультразвуком, меньшей – инфразвуком. Шум – это громкие звуки, слившиеся в нестройное звучание.

Шум – один из опасных загрязнителей атмосферы. Он, как правило, непостоянен, не накапливается, не переносится на большие расстояния. Вместе с тем шум снижает качество жизни и наносит вред здоровью человека: вызывает головные боли, повреждение органов слуха, нервные расстройства, сужение кровеносных сосудов и, как следствие, увеличение артериального давления. Кроме того шум является фактором беспокойства для животных. Звуковые волны способствуют оползням, селям и лавинам в горах, ускоряют разрушение построек [9].

Измеряется шум в децибелах (дБ). Примеры уровня звукового давления от различных источников представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Уровни звукового давления от различных источников

Звуковое давление (дБ)	Источники шума
10	шелест листьев и волны прибоя
40	тихая музыка в жилом помещении
60	нормальная речь
70	работа телевизора со средней громкостью
80	шумная улица, гудок автомобиля, шум трамвая
110	работа мотоцикла или отбойного молотка
130	рев реактивного двигателя самолета
140	болевой предел для человека

Минимальное звуковое давление, воспринимаемое ухом человека, называется пороговым. Для оценки шума введена величина, называемая уровнем шума (звука), или уровнем звукового давления – выраженное в логарифмических единицах отношение среднего квадратического значения звукового давления J в определенной полосе частот к стандартизованному исходному значению звукового давления J_0 , равному 2×10^{-5} Па:

$$L = \lg \frac{J}{J_0} \text{ (Б)} \quad \text{или} \quad L = 10 \cdot \lg \frac{J}{J_0} \text{ (дБ)}. \quad (6.1)$$

Нормирование уровня шума осуществляется согласно СанПиН № 115 от 16.11.2011 «Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» В таблице 6.2 представлены значения ПДУ (предельно допустимого уровня) шума в жилых и общественных зданиях.

Таблица 6.2 – Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот и максимальные уровни звука проникающего шума в помещения жилых и общественных зданий и шума на территории жилой застройки

Назначение помеще- ний или территорий	Вре- мя суток	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частота- ми, Гц										Уровни звука и эквивалент- ные по энер- гии уровни звука непо- стоянного шума, дБА	Макси- мальные уровни звука, дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1 Палаты больничных организаций и санато- риев, операционные больниц	С 7 до 23 час- сов	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50	
	С 23 до 7 часов	69	51	39	31	24	20	17	14	13	25	40	
2 Кабинеты спец-тов поликлиник, амбула- торий, диспансеров, больничных организ., санаториев		76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50	
3 Кабинеты, лабора- тории, мастерские и иные уч. объекты в УО, конференц-залы, читальные залы биб- лиотек		79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55	
4 Жилые комнаты квартир, жилые по- мещения домов отды- ха, пансионатов, до- мов-интернатов для престарелых и инва- лидов, спальные по- мещения в учрежде- ниях дошкольн. образ. и спецобраз.	С 7 до 23 час- сов	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55	
	С 23 до 7 часов	72	55	44	35	29	25	22	20	18	30	45	

Окончание таблицы 6.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5 Номера гостиниц и жилые комнаты общежитий	С 7 до 23 часов	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60
	С 23 до 7 часов	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
6 Залы кафе, ресторанов, столовых		90	75	66	59	54	50	47	45	44	55	70
7 Торговые залы магазинов, пассажирские залы аэропортов и вокзалов, приемные пункты предприятий быт. обслуживания		93	79	70	63	59	55	53	51	49	60	75
8 Территории, непосредственно прилегающие к зданиям больничных организаций и санаториев	С 7 до 23 часов	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60
	С 23 до 7 часов	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
9 Территории, непосредственно прилегающие к жилым домам, зданиям поликлиник, амбулаторий, диспансеров, домов отдыха, пансионатов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, учреждений образования, библиотек	С 7 до 23 часов	90	75	66	59	54	50	47	45	43	55	70
	С 23 до 7 часов	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60
10 Территории, непосредственно прилегающие к зданиям гостиниц и общежитий	С 7 до 23 часов	93	79	70	63	59	55	53	51	49	60	75
	С 23 до 7 часов	86	71	61	54	49	45	42	40	39	50	65
11 Площадки отдыха на территории больничных организаций и санаториев		76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
12 Площадки отдыха на терр. микрорайонов и групп жилых домов, домов отдыха, пансионатов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, площадки учреждений образования		83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60

Шум от конкретных источников, согласно стандарту, измеряется на расстоянии 7,5 м от осевой линии движения. На этом расстоянии уровни шума от единичных легковых и грузопассажирских автомобилей должны быть не более 77 дБ, автобусов – 83 дБ, грузовых – 84дБ, самых тяжелых мотоциклов – 85 дБ.

Основным методом борьбы с шумом на транспорте является улучшение конструкции машин, более жесткие технологические требования, особенно:

- уменьшение дисбаланса роторов;
- установка глушителей;
- переход на электротягу;
- улучшение стыковки рельсов (для рельсового транспорта);
- установка амортизирующих прокладок, гребнесмазывателей и др.

Для нивелирования действия стационарных регулируемых шумовых источников, например аэропортов при невозможности отселения жителей, применяют следующие меры:

- тройное остекление окон с отдельными переплетами. При закрытых окнах шум уменьшается в 2,5 раза;
- оптимальное размещение предприятий;
- создания объездов, развязок – на основе шумовых карт;
- градостроительные мероприятия: уменьшенное остекление домов вдоль транспортных магистралей, применение отдельных оконных переплетов, увеличение плотности естественных и искусственных экранов;
- посадка зеленых насаждений. Установлено, что два ряда среднерослых деревьев, высаженных на расстоянии 50 м от здания, уменьшают шум примерно на 20 дБ. Лесопосадки вдоль железной дороги снижают шум на 0,1–0,2 дБ на метр ширины насаждений (а для плотных зеленых изгородей даже на 0,5 дБ на один метр).

Электромагнитное загрязнение возникает в результате изменений электромагнитных свойств среды, приводящих к нарушениям работы электронных систем и изменениям в тонких клеточных и молекулярных биологических структурах. Естественные изменения в электромагнитном фоне (при изменении солнечной активности, магнитных «бурях» и др.) называют электромагнитными аномалиями. В последнее время, в связи с широчайшим развитием электронных систем управления, передач, связи, электроэнергетических объектов, на первый план вышло антропогенное электромагнитное загрязнение – создание искусственных электромагнитных полей (ЭМП). Их влияние на нашу жизнь многообразно, но недостаточно изучено. Известен случай полного нарушения движения поездов в Японии под влиянием внешних ЭМП. Другой пример – остановка сердца у человека с электростимулятором ритма, попавшего в зону работы самодельного радиопередатчика. Под Ижевском в двух бараках под опорами ЛЭП среди нескольких сотен человек, длительно проживающих здесь, зафиксирована аномально высокая смертность от рака, туберкулеза и сердечно-сосудистых заболеваний.

Для электромагнитных полей от источников, работающих на переменных электрических токах частотой до 300 МГц, учитываются электрическая E и магнитная H составляющие. Этот диапазон охватывает установки промышленной частоты (50 Гц), а также радиопередающие телевизионные устройства различных диапазонов; низкой частоты 114–300 кГц), средней (СЧ – от 300 кГц до 30 МГц); очень высокой (ОВЧ – 30–300 МГц). В этих случаях необходимо определять напряженность магнитного поля H в амперах на метр и напряженность электрического поля E в вольтах на метр. Для более высоких частот диапазона УВЧ (300–3000 МГц), СВЧ (3–30 ГГц) и КВЧ (30–300 ГГц), как и для оптического излучения, используется плотность потока энергии J в ватах на квадратный метр. К источникам таких излучений относятся многие передающие и технологические установки (радиолокационные, телевизионные) и бытовые приборы (нагреватели и др.). Напряженность электрического поля E (кВ/м) от 0,5 (внутри жилых зданий), 1 (на территории жилой застройки), 5 (в ненаселенной местности, часто посещаемой людьми) и 20 (в труднодоступной местности) принимается в качестве ПДУ для ЭМП воздушных линий электропередач переменного тока промышленной частоты. При этом для всех случаев при $E > 1$ должны быть приняты меры, исключающие воздействие разрядов и токов стекания на человека.

Величины ПДУ определяют по величине опасного уровня плотности наведенных в теле человека токов – 10 мА/м^2 .

Основной мерой защиты для этих случаев является соблюдение нормативов времени пребывания работников санитарно-защитных зон (СЗЗ) в зоне ВЛ (высоковольтных линий) и подобных источников. Например, в зоне с напряженностью 10 кВ/м разрешается находиться не более 3 часов, а при 20 кВ/м – не более 10 минут в день.

СЗЗ устанавливаются в виде расстояния от проекции на землю крайних фазовых проводов для напряжения ВЛ. Согласно Постановлению Минздрав РБ 35 15.05.2014 «Об утверждении Санитарных норм и правил. Требования к организации санитарно-защитных зон предприятий, сооружений и иных объектов, являющихся объектами воздействия на здоровье человека и окружающую среду для ВЛЭП, а также зданий и сооружений» допускается принимать границы санитарных разрывов вдоль трассы ВЛЭП с горизонтальным расположением проводов и без средств снижения напряженности электрического и магнитного полей тока промышленной частоты 50 Гц по обе стороны от нее на следующих расстояниях от проекции на землю крайних фазных проводов в направлении, перпендикулярном к ВЛЭП (рис. 6.1):

- 20 м – для ВЛЭП с напряжением 330 кВ;
- 30 м – для ВЛЭП с напряжением 500 кВ;
- 40 м – для ВЛЭП с напряжением 750 кВ;
- 55 м – для ВЛЭП с напряжением 1150 кВ.

Предельно допустимые уровни ЭМП достаточно подробно разработаны в санитарных нормах и правилах и постоянно корректируются. На сегодняшний день нормирование уровня электромагнитного излучения установлены в Санитарных нормах и правилах № 23 от 05.03.2015 «Требования к электромагнитным излучениям радиочастотного диапазона при их воздействии на человека» (табл. 6.3).

Согласно СанПиН при размещении антенн радиоэлектронных средств любительской и любительской спутниковой служб радиосвязи диапазона частот 3–30 МГц, радиоэлектронных средств гражданского назначения диапазона частот 26,5–27,5 МГц с излучаемой мощностью более 100 Вт до 1000 Вт включительно должна быть обеспечена невозможность доступа людей в зону установки антенны на расстояние не менее 10 м от любой ее точки. При установке на здании антенна должна быть смонтирована на высоте не менее 1,5 м над крышей при обеспечении расстояния от любой ее точки до соседних строений не менее 10 м для любого типа антенны и любого направления излучения. При размещении антенн с эффективной излучаемой мощностью от 1000 до 5000 Вт должна быть обеспечена невозможность доступа людей и отсутствие соседних строений на расстоянии не менее 25 м от любой точки антенны независимо от ее типа и направления излучения. При установке на крыше здания антенна должна монтироваться на высоте не менее 5 м над крышей.

Таблица 6.3 – Предельно допустимые уровни электромагнитного излучения радиочастотного диапазона для населения, рабочих мест лиц, не достигших 18 лет, и женщин в периоды беременности и кормления грудью

Назначение помещений или территории	Диапазон частот				
	30–300 кГц	0,3–3 МГц	3–30 МГц	30–300 МГц	300 МГц–300 ГГц
	Предельно допустимые уровни электромагнитного излучения радиочастотного диапазона				
	В/м	В/м	В/м	В/м	мкВт/см ²
Территория жилой застройки и мест отдыха, помещения жилых, общественных и производственных зданий; рабочие места лиц не достигших 18 лет, женщины в период беременности и кормления грудью	25	15	10	3	10

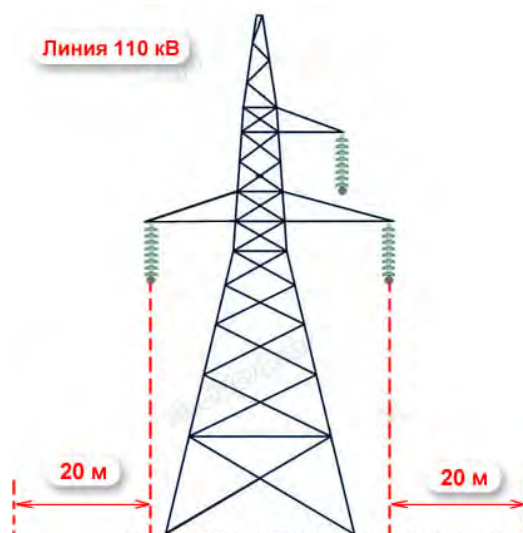


Рисунок 6.1 – Граница санитарных разрывов вдоль трассы ВЛЭП

Основными мерами защиты от ЭМП являются нормативы по расстоянию, времени пребывания и, в некоторых случаях, – экраны, средства индивидуальной защиты (спецодежда из экранирующих материалов). Но научно обоснованные пределы воздействия ЭМП для достаточно распространенных в быту и промышленности приборов и аппаратов до сих пор не разработаны. К ним можно отнести мониторы компьютеров, телевизоры и т. п. Так, мониторы не только являются источниками рентгеновского, ультрафиолетового, инфракрасного излучения, но и ЭМИ в диапазоне частот до 300 МГц, а также электростатического поля. По обобщенным данным бюро трудовой статистики США, у работающих за мониторами от 2 до 6 часов в сутки нарушения центральной нервной системы происходят в 4,6 раза чаще, чем в контрольных группах, сердечнососудистые заболевания – в 2 раза и т. п.

Постоянная работа с дисплеями может вызывать астенопию (зрительный дискомфорт), проявляющийся в покраснении век и глазных яблок, затуманивании зрения, утомлении, появлении нервно-психических нарушений и др. Нормы устанавливают требования к продолжительности работы на мониторах, организации рабочих мест, освещению помещений и микроклимату для взрослых пользователей, студентов и детей. Выполнение этих требований позволит не допускать появления серьезных отклонений здоровья пользователей ПЭВМ. Эти нормативы следует иметь в виду и при пользовании телевизорами.

Документом, регламентирующим установку вышек сотовой связи в Беларуси, являются «Требования к электромагнитным излучениям радиочастотного диапазона при их воздействии на человека» и утвержденные постановлением Министерства здравоохранения Беларуси СанПиН от 01.02.2010 № 14 «Санитарные нормы, правила и гигиенические нор-

мативы “Гигиенические требования к установке и эксплуатации систем сотовой связи”» введен в действие с 10.07.2010.

Уровни ЭМП, создаваемые системами сотовой подвижной электросвязи и ШБД (широкополосного беспроводного доступа), с учетом внешнего ЭМП и вторичного излучения, для населения Республики Беларусь не должны превышать ПДУ ППЭ (плотности потока энергии) 10 мкВт/см^2 .

Для оценки уровня шумового загрязнения используются следующие понятия:

Годовое дневное расчетное время («дневное время») – объединение всех промежутков времени от 7-00 до 23-00 по местному времени в течение года. Величины, относящиеся к дневному времени, помечаются нижним индексом «д».

Годовое ночное расчетное время («ночное время») – все оставшееся время в течение года. Величины, относящиеся к ночному времени, помечаются нижним индексом «н».

$L_A \text{ экв.н. (д)}$ – эквивалентный уровень звука, измеренного в децибелах с корректировкой по шкале «А» стандартного шумомера, для краткости обозначается просто $L_n \text{ (д)}$.

Расчетная территория, или территория регулирования шума, совокупность жилых помещений либо участок жилой застройки (микрорайон и т. д.), где уровень шума подлежит регулированию.

Вкладом того или иного **источника шума (ИШ)** в значение какой-либо величины при совместном действии различных источников шума называется разность между фактическим значением этой величины и тем значением, которое она имела бы при условии, что данный ИШ полностью отключен.

Для расчета экономической эффективности вначале определяется экономическая оценка годового ущерба, причиняемого населению шумами до и после проведения противошумовых мероприятий.

Экономическая оценка годового ущерба, причиняемого населению шумами от совокупности всех источников в условиях жилых помещений, равна

$$Y_{\text{общ}} = Y_{\text{н.общ}} + Y_{\text{д.общ}}. \quad (6.2)$$

$$Y_{\text{н.общ}} = \gamma \cdot \sum_{L_H}^{L_{H\max}} A(L_H) \cdot N_H, \quad (6.3)$$

где Y_n – экономическая оценка годового ущерба, причиняемого населению шумами, действующими на людей в ночное время в условиях жилых помещений (у.е./год); γ – множитель, имеющий размерность 2 у.е. / (чел. год); N_H – количество людей, проживающих на расчетной территории в комнатах, в которых суммарный эквивалентный уровень звука от всех источников шума при осреднении за годовое дневное время имеет в

дБ значение L_H ; $A(L_H)$ – безразмерная величина, значение которой для данного уровня шума представлено в таблице Б.1 (приложение Б).

$$Y_{Д.ОБЩ.} = \gamma \cdot \sum_{L_H}^{L_{Hmax}} A(L_D) \cdot N_D, \quad (6.4)$$

где Y_D – экономическая оценка годового ущерба, причиняемого населению шумами, действующими на людей в дневное время в условиях жилых помещений у.е./год; N_D – количество людей, проживающих на расчетной территории в комнатах, в которых суммарный от всех источников шума эквивалентный уровень звука при осреднении за годовое дневное время имеет в дБ значение L_D ; $A(L_D)$ – безразмерная величина, значение которой для данного уровня шума представлено в приложении Б в таблице Б.1.

Расчет экономического ущерба, вызываемого конкретным регулируемым источником шума, проводится по формуле

$$Y_j = (Y_{(ОБЩ.j)}) - Y_{ОБЩ.}, \quad (6.5)$$

где J – регулируемый источник шума; $Y_{общ}$ – экономическая оценка годового ущерба без учета регулируемого источника шума; $Y_{(общ.j)}$ – экономическая оценка годового ущерба от совокупности всех источников шума.

Снижение экономического ущерба после проведения противозумовых мероприятий определяется как

$$\Delta Y = Y_{j(до)} - Y_{j(после)}, \quad (6.6)$$

где $Y_{j(после)}$ – экономический ущерб от регулируемого источника после проведения мероприятий; $Y_{j(до)}$ – экономический ущерб от регулируемого источника до проведения мероприятий.

Экономическая эффективность затрат означает их результативность, то есть соотношение между результатами и обеспечившим их затратами.

Экономический эффект $\mathcal{E}$ или результат природоохранных затрат представляет собой предотвращенный экономический ущерб и в нашем случае будет приблизительно равен

$$\mathcal{E} = \Delta Y. \quad (6.7)$$

Общая (абсолютная) экономическая эффективность затрат экологического характера рассчитывается как отношение годового объема полного экономического эффекта к сумме вызвавших этот эффект совокупных (приведенных) затрат

$$\mathcal{E}_3 = \frac{\mathcal{E}}{C + Y_j + E_H \cdot K}, \quad (6.8)$$

где $\mathcal{E}_3$ – общая эффективность природоохранных затрат; $\mathcal{E}$ – полный годовой эффект; C – текущие затраты; E_n – норматив эффективности капитальных вложений; K – капитальные вложения, обеспечившие эффект.

Норматив E_n служит для приведения капитальных вложений к годовой размерности.

$$E_n = \frac{1}{T}, \quad (6.9)$$

где T – срок окупаемости капитальных вложений. При среднем сроке окупаемости по народному хозяйству за последние годы, равном 8,3 года, норматив эффективности капитальных затрат устанавливается в размере 0,12.

Общая (абсолютная) экономическая эффективность капитальных вложений в средозащитные мероприятия $\mathcal{E}_k$ определяется путем деления годового объема полного экономического эффекта за вычетом эксплуатационных расходов на содержание и обслуживание средозащитных объектов на величину капитальных вложений, обеспечивших этот результат

$$\mathcal{E}_k = \frac{\mathcal{E} - C}{K}. \quad (6.10)$$

Если $\mathcal{E}_k \geq E_n$, то рассматриваемые капитальные вложения признаются эффективными.

Срок окупаемости природоохранных мероприятий рассчитывается по формуле

$$T = \frac{1}{\mathcal{E}_k}, \text{ лет.} \quad (6.11)$$

6.2 Выполнение работы

Рассчитайте экономическую эффективность проведения противошумовых мероприятий в условиях густонаселенного города.

Исходные данные представлены в таблице 6.4. Варианты задания выдаются преподавателем. Регулируемым источником шума является проходящая вблизи населенного пункта автомагистраль. Установлено, что после ввода автомагистрали в эксплуатацию уровень шума в жилых близлежащих кварталах, как в дневное, так и в ночное время, вырос на определенную величину, которая зависит от месторасположения жилого помещения. Сложившаяся ситуация потребовала проведения специальных противошумовых мероприятий, для чего необходимы определенные капитальные (K) и текущие ($\mathcal{E}$) затраты.

Таблица 6.4 – Исходные данные для расчета экономической эффективности проведения комплекса противошумовых мероприятий

Вариант	Уровень шума до строительства, дБ		Уровень шума после строительства, дБ		Уровень шума после мероприятия, дБ		К, у.е.	С, у.е.	Число жителей в квартале, чел.
	день	ночь	день	ночь	день	ночь			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	35	26	48	39	38	30	113677	9167	550
2	37	28	50	41	40	32	119361	9623	490
3	33	25	46	37	36	28	107814	8651	780
4	31	25	43	35	34	27	102310	8251	510
5	38	29	50	43	42	33	125044	10083	365
6	30	25	41	37	32	26	96625	7867	690
7	42	29	50	45	41	33	135043	10982	515
8	28	41	32	32	28	28	89677	7232	880
9	32	27	43	39	35	29	125253	10101	290
10	33	27	46	40	37	35	126350	10189	468
11	40	27	48	47	39	38	110176	8885	800
12	32	26	44	36	35	28	121669	9812	710
13	39	30	50	46	44	38	118687	9572	635
14	31	26	43	37	32	26	97699	7879	746
15	30	28	48	42	40	33	115258	9295	920
16	28	41	50	45	31	43	87600	9231	740
17	26	26	38	42	33	36	109479	8829	473
18	33	25	47	42	38	35	116982	9434	587
19	35	30	48	48	39	34	110100	8879	685
20	36	29	49	45	40	37	122884	9910	1000

Контрольные вопросы

1. Какие физические загрязнители атмосферного воздуха вы знаете?
2. Что такое шум, в каких единицах измерения измеряется, каким прибором?
3. Какие показатели используются для оценки шумового загрязнения?
4. Укажите нормированные значения уровня шума в аудиториях УО «ВГТУ»?
5. Какие способы защиты существуют от шумового и ЭМ излучения?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 7

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Цель работы: изучить основные факторы питания современного человека и способы улучшения качества питания.

Порядок выполнения работы

1. Изучить современные концепции питания человека и основные сведения о питательной ценности продуктов питания.
2. Рассчитать суточную энергетическую потребность с учетом индивидуальных параметров человека и составить меню с учетом суточной энергетической потребности и калорийности продуктов питания.
3. Оформить отчет в форме таблицы.
4. Изучить основные источники загрязнения продуктов питания.
5. Оформить отчет в форме таблицы.

7.1 Основные сведения

Основы правильного питания и питательная ценность пищевых продуктов.

Проблема питания человека актуальна не только в условиях недостатка продуктов, но и при их достатке и даже избытке. Все чаще проявляются такие заболевания, как ожирение, подагра, нарушение минерального обмена в организме, цирроз печени, частые гипervитаминозы, опухолевые заболевания и др. Все эти проявления связаны с переизбытком и с качеством продуктов питания, применением пищевых добавок, трансгенных продуктов, а также продуктов, загрязненных химическими токсикантами [11].

Пищевая ценность продовольственного сырья и пищевых продуктов – комплекс свойств продовольственного сырья и пищевых продуктов, обеспечивающих физиологические потребности человека в необходимых веществах и энергии.

В условиях покоя и комфортной температуры уровень энергетических затрат взрослого человека составляет от 1300 до 1900 ккал в сутки, что соответствует основному обмену. Основной обмен соответствует 1 ккал на 1 кг массы тела в 1 час. Любая физическая или умственная работа требует дополнительных затрат. Энергетический материал дает организму жиры, белки и углеводы: 1 г белков пищи обеспечивает организму 4,1 ккал (17,17 кДж), 1 г жиров – 9,3 ккал (38,8 кДж) и 1 г углеводов – 4,1 ккал (17,17 кДж).

Таким образом, зная химический состав пищи, можно подсчитать калорийность любого продукта или диеты. Калорийность пищевого рациона должна соответствовать энергетическим затратам организма.

В соответствии с Санитарными нормами и правилами «Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь», утвержденными постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 20 ноября 2012 г. № 180» и постановления от 16 ноября 2015 г. № 111 «О внесении изменений в постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 20 ноября 2012 г. № 180», суточный рацион здорового человека должен иметь соотношение белков, жиров и углеводов как 1 : 1 : 4 . [10].

Многочисленными научными исследованиями и наблюдениями подтверждается, что наиболее полезен для человека такой режим, при котором за завтраком и обедом он получает более 2/3 общего количества калорий суточного рациона, а за ужином – менее 1/3. При составлении суточного рациона должна учитываться степень двигательной активности человека.

Коэффициент физической активности (КФА) – соотношение между общими энергозатратами на все виды жизнедеятельности и величиной основного обмена. КФА является объективным физиологическим критерием, определяющим адекватное для конкретных групп населения количество энергии.

В основу всех современных концепций питания человека положены нормы энергетической потребности человека (табл. 7.1–7.3) и показатели калорийности продуктов питания (приложение В, табл.В.1).

Согласно Санитарным нормам и правилам трудоспособное население дифференцировано с учетом КФА в зависимости от размеров энерготрат на следующие группы:

I группа – работники преимущественно умственного труда, очень легкая физическая активность. КФА – 1,4 (научные сотрудники, студенты гуманитарных специальностей, программисты, контролеры, педагоги, диспетчеры, операторы пультов управления и др.);

II группа – работники, занятые легким физическим трудом, легкая физическая активность, КФА – 1,6 (водители трамваев, троллейбусов, весовщики, укладчики-упаковщики, швеи, рабочие профессий электронной техники, агрономы, медицинские сестры, санитарки, рабочие связи, бытового обслуживания, продавцы непродовольственных товаров и др.);

III группа – работники средней тяжести физического труда, средняя физическая активность, КФА – 1,9 (слесари, наладчики, настройщики, станочники, бурильщики, водители автобусов, врачи-хирурги, продавцы продовольственных товаров, рабочие профессий производства текстиля, обувщики, рабочие профессий железнодорож-

ного транспорта, водного транспорта, аппаратчики, рабочие доменного производства, химического производства и др.);

IV группа – работники тяжелого физического труда, высокая физическая активность. КФА – 2,2 (работчие строительных, монтажных и ремонтно-строительных работ, помощники бурильщиков, проходчики, механизаторы и рабочие растениеводства, животноводства, дояры, овощеводы, рабочие деревообрабатывающего производства, металлургического производства, литейщики и др.);

V группа – работники особо тяжелого физического труда, очень высокая физическая активность. КФА – 2,5 (механизаторы и рабочие растениеводства в посевной и уборочный периоды, вальщики леса, бетонщики, каменщики, землекопы, грузчики немеханизированного груза и др.).

Нормы потребления энергии для различных групп взрослого населения Республики Беларусь представлены в таблицах 7.1–7.3.

Таблица 7.1 – Нормы физиологических потребностей в энергии, белках, жирах, углеводах для мужчин 18–59 лет (в сутки)

Группа	Коэффициент физической активности	Возраст	Энергия, ккал	Белки, г		Жиры, г	Углеводы, г
				всего	животные		
1	2	3	4	5	6	7	8
I	1,4	18–29	2450	72	36	81	358
		30–39	2300	68	34	77	335
		40–59	2100	65	33	70	303
II	1,6	18–29	2800	80	40	93	411
		30–39	2650	77	39	88	387
		40–59	2500	72	36	83	366
III	1,9	18–29	3300	94	47	110	484
		30–39	3150	89	45	105	462
		40–59	2950	84	42	98	432
IV	2,2	18–29	3850	108	54	128	566
		30–39	3600	102	51	120	528
		40–59	3400	96	48	113	499
V	2,5	18–29	4200	117	59	154	586
		30–39	3950	111	56	144	550
		40–59	3750	104	52	137	524

Таблица 7.2 – Нормы физиологических потребностей в энергии, белках, жирах, углеводах для женщин 18–59 лет (в сутки)

Группа	Коэффициент физической активности	Возраст	Энергия, ккал	Белки, г		Жиры, г	Углеводы, г
				всего	животные		
I	1,4	18–29	2000	61	31	67	269
		30–39	1900	59	30	63	274
		40–59	1800	58	29	60	257

Окончание таблицы 7.2

II	1,6	18–29	2200	66	33	73	318
		30–39	2150	65	33	72	311
		40–59	2100	63	32	70	305
III	1,9	18–29	2600	76	38	87	378
		30–39	2550	74	37	85	372
		40–59	2500	72	36	83	366
IV	2,2	18–29	3050	87	44	102	462
		30–39	2950	84	42	98	432
		40–59	2850	82	41	95	417

Таблица 7.3 – Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для лиц 60 лет и старше (в сутки)

Показатели	60–74 года		75 лет и старше	
	Мужчины	Женщины	Мужчины	Женщины
Энергия, ккал	2300	1975	1950	1700

Расчет суточной калорийности (СК) для умеренно гипокалорийной (низкокалорийной) диеты можно произвести также по формуле ВОЗ.

Формула ВОЗ

Ежедневный расход калорий рассчитывается:

а) суточный расход калорий для женщин:

18–30 лет, $СК = (0,0621 \times \text{вес в кг} + 2,0357) \times 240$;

31–60 лет, $СК = (0,0342 \times \text{вес в кг} + 3,5377) \times 240$;

старше 60 лет, $СК = (0,0377 \times \text{вес в кг} + 2,7546) \times 240$;

б) суточный расход калорий для мужчин:

18–30 лет, $СК = (0,0630 \times \text{вес в кг} + 2,8957) \times 240$;

в) суточный расход калорий для людей старше 30 лет:

31–60 лет, $СК = (0,0484 \times \text{вес в кг} + 3,6534) \times 240$;

старше 60 лет, $СК = (0,0491 \times \text{вес в кг} + 2,4587) \times 240$.

Помимо научно обоснованных физиологических норм потребления энергии для быстрого индивидуального расчета суточной нормы калорий (ЭП) существует немало различных формул. Приведем некоторые из них.

Формула I. Маффина – Джеора:

$ЭП = (10 \times M) + (6,26 \times P) - (4,92 \times G) + 5$ для мужчин;

$ЭП = (10 \times M) + (6,26 \times P) - (4,92 \times G)$ для женщин,

где ЭП – энергетическая потребность (ккал); М – масса тела (кг); Р – рост (см); Г – возраст (годы).

Формула 2. Харриса – Бенедикта позволяет рассчитать энергетическую потребность (ЭП) с учетом следующих параметров:

$$\text{ЭП} = 655,1 + (9,6 \times \text{М}) + (1,85 \times \text{Р}) - (4,68 \times \text{Г}) \text{ для женщин;}$$

$$\text{ЭП} = 66,47 + (13,75 \times \text{М}) + (5 \times \text{Р}) - (6,74 \times \text{Г}) \text{ для мужчин.}$$

Формула 3. Оптимальное количество калорий для поддержания определенного (заданного) веса для конкретного человека можно рассчитать

$$\text{Количество ккалорий} = \frac{\text{свой желаемый вес в кг} \times 14}{0,453}.$$

Число энергетической потребности – это то количество калорий, которое требуется потреблять ежедневно, чтобы стабильно поддерживать текущий вес тела, т. е. не поправляться, но и не худеть. Если же целью является не поддержание, а снижение веса, то для этого специалисты рекомендуют создавать дефицит калорий, т. е. съедать меньше, чем расходуется, чтобы вынудить организм «добирать» недостаток необходимой энергии из «стратегических жировых запасов».

Жировая ткань – соединительная ткань организма человека. С ростом человека происходит наращивание жировой ткани. Она и является главной противницей в борьбе за идеальное тело. Жировая ткань не только защищает организм от переохлаждения и механического травмирования, но она является энергетическим депо, в котором хранятся запасы энергии, выполняет эндокринную функцию, синтезирует эстрогены. Именно по этой причине у женщин, увлеченных чрезмерными диетами, велик риск развития аменореи, так как гормонам просто негде синтезироваться. А у мужчин с «пивными животиками», наоборот, начинается повышенная выработка эстрогенов, что может стать причиной нарушения половой функции. Повышенное же содержание жировой ткани особенно опасно, так как ведет к заболеваниям сердечнососудистой системы, сахарному диабету, болезням суставов и другим серьезным заболеваниям.

Для женщин хороший и отличный показатель жира: в возрасте 20–40 лет составляет от 19 % до 26 %; в возрасте 40–60 лет – от 23 % до 30 %.

Для мужчин хороший и отличный показатель жира: в возрасте 20–40 лет составляет от 10 % до 20 %; в возрасте 40–60 лет – от 19 % до 23 %.

Расчет содержания жира в организме можно провести, используя материалы интернет-сайта (ссылка <http://gvinevra.ru/kalkulyator-zhira.html> или <http://gvinevru.ru/kalkulyator-zhira>).

Степень ожирения человека можно определить также по расчетному показателю – индексу массы тела (**ИМТ**), который определяют

$$\text{ИМТ} = \frac{\text{масса тела (в кг)}}{(\text{рост, м})^2}.$$

Таблица 7.4 – Классификация ожирения по индексу массы тела (ИМТ)

Величина ИМТ	Класс массы тела	Риск сопутствующих заболеваний и смертности по сравнению с популяцией, имеющей нормальную массу тела
Менее 18.5	Дефицит массы тела	Незначительно повышенный риск заболеваемости и смертности
От 18.5 до 24.9	Нормальная масса тела	Средний риск для популяции
Более 25, но менее 29.9	Избыточная масса тела (или предожирение)	Повышен риск развития сахар. диабета и сердечно-сосуд. заболеваний
От 30 до 34.9	Ожирение I степени	Высокий
От 35 до 39.9	Ожирение II степени	Очень высокий
Более 40	Ожирение III степени	Крайне высокий

Калорийность некоторых продуктов питания для расчета энергетической потребности приведена в таблице 7.5.

Гликемический индекс (ГИ) продуктов питания – это показатель, который отражает, с какой скоростью тот или иной продукт расщепляется в организме и преобразуется в глюкозу – главный источник энергии.

Таблица 7.5 – Гликемический индекс (ГИ) некоторых продуктов питания

Продукт	ГИ	Продукт	ГИ
1	2	3	4
Финики	103	Овсяная каша	49
Тост из белого хлеба	100	Хлеб с отрубями	45
Булочки французские	95	Мороженое, йогурт сладкий	52
Картофель печеный	95	Печенье овсяное, сдобное	55
Попкорн, кукурузные хлопья	85	Киви	50
Хлеб белый	85	Горошек зеленый, свежий (консервир.)	40(48)
Картофельное пюре быстрого приготовления	83	Виноград	40
Картофельные чипсы	80	Сок яблочный, апельсиновый без сахара	40
Крекеры	80	Фасоль белая	40
Мюсли с орехами и изюмом	80	Морковь, курага, инжир, апельсины	35

Окончание таблицы 7.5

1	2	3	4
Арбуз, кабачки, тыква	75	Груша	34
Бублик пшеничный	72	Клубника	32
Пшено	71	Молоко цельное	32
Кока-кола, фанта, спрайт	70	Молоко 2%-е	30
Кукуруза вареная, картофель вареный	70	Яблоки, персики	30
Шоколад молочный, марс, сникеры (батончики)	70	Сосиски	28
Лепешки пресные	69	Горох, перловка	22
Ананас	66	Вишня, слива, грейпфрут	22
Картофель, вареный «в мундире», хлеб черный, манная крупа, дыня, бананы	65	Шоколад черный (70 % какао)	22
Макароны с сыром	64	Арахис, абрикосы	20
Свекла, изюм, печенье песочное	64	Орехи грецкие	15
Зерна пшеничные, пророщенные, бисквит	63	Капуста, баклажаны, лук, помидоры	10
Оладьи из пшеничной муки	62	Лук, чеснок, грибы	10
Пицца с помидором и сыром	60	Семечки подсолнуха	8

Чем быстрее расщепляется продукт, тем выше его гликемический индекс. За эталон была принята глюкоза, чей гликемический индекс равен 100. Все остальные показатели сравниваются с гликемическим индексом глюкозы. Продукты с низким гликемическим индексом надолго задерживаются в желудке и кишечнике, расщепляясь постепенно и не давая резкого повышения уровня сахара в крови. Благодаря замедленному усвоению, употребление таких продуктов обеспечивает более продолжительное чувство насыщения. Поэтому, желая похудеть, выбирайте продукты с низким гликемическим индексом.

Для составления меню полезной будет информация по весу некоторых штучных продуктов питания или их долевой части (табл. 7.6).

7.2 Качество продуктов питания

Установлено, что в организм современного человека 70–90 % вредных веществ попадает с пищей. Состояние окружающей среды в полной мере отражается на качестве продуктов питания. Загрязняющие вещества передвигаются по трофическим цепочкам, оказывая негативное влияние на здоровье человека, его работоспособность и жизнедеятельность в целом.

Назовем основные источники и факторы загрязнения продовольственного сырья и продуктов питания.

1. Поступление в продукты питания из окружающей среды токсических веществ, в том числе тяжелых металлов и радионуклидов.

2. Загрязнение сельскохозяйственных культур и продуктов животноводства пестицидами.

3. Нарушение гигиенических правил использования в растениеводстве удобрений, оросительных вод, твердых и жидких отходов промышленности и животноводства, коммунальных и других сточных вод, осадков очистных сооружений.

4. Применение новых нетрадиционных технологий производства продуктов питания или отдельных пищевых веществ, в том числе полученных путем химического и микробиологического синтеза.

5. Использование в животноводстве и птицеводстве неразрешенных кормовых добавок, консервантов, стимуляторов роста, профилактических и лечебных медикаментов или применение разрешенных добавок в повышенных дозах.

6. Образование в пищевых продуктах эндогенных токсических соединений в процессе теплового воздействия, кипячения, жарения, облучения, при других способах технологической обработки.

7. Миграция в продукты питания токсических веществ из пищевого оборудования, посуды, инвентаря, тары, упаковок вследствие использования неразрешенных полимерных, резиновых и металлических материалов.

Использование неразрешенных красителей, консервантов, антиокислителей или их применение в повышенных дозах.

Таблица 7.6 – Вес некоторых штучных продуктов питания или их части

Продукт	Вес, г	Продукт	Вес, г
Ломтик черного хлеба	30–35	Яйцо куриное, 1 шт.	50
Ломтик батона	20–22	Яйцо перепелиное, 1 шт.	9
Булочка для тостов	20	Яичница на масле	60
Сухарик, сушка	10	Огурец средний	100
Хлебец	2	Помидор диаметром 55 мм	75
Блинчики тонкие, 1 шт.	70	Яблоки диаметром 50 мм	90
Зефир, 1 шт.	35	Яблоки диаметром 65 мм	130
Печенье сахарное	13,5	Хурма	85
Печенье затяжное	10	Апельсин диаметром 65 мм	100
Пряник	20	Маслины, 1 шт.	15
Пирожок	50	Консервир. кукуруза, горошек, 2 ст. л.	50
Шпроты, 1 шт.	15	Сметана 10 %, 1 ч. л.	5–15
Сырник	80	Творог 0,5 %, 3 ст. л.	75
Шоколадная конфета	12	Картофель вареный, 1 шт.	80
Твердые сыры, 1 кусочек	30	Колбаса салями, 1 кусочек	20
Грецкий орех	5	Сарделька, 1 шт.	100
Сгущенка, 2 ч. л.	10 мл	Сосиска, 1 шт.	30–50

Наибольшую опасность по распространенности и токсичности имеют нижеперечисленные загрязнители:

1. Тяжелые металлы.
2. Токсины микроорганизмов и продукты микробной ферментации относятся к числу наиболее опасных природных загрязнителей.

3. Антибиотики – попадают в животноводческую продукцию в результате нарушений их применения в ветеринарной практике. Остаточные количества антибиотиков обнаруживаются в продукции животноводства и птицеводства.

4. Пестициды.

5. Нитраты, нитриты, нитрозамины. Проблема нитратов и нитритов связана с нерациональным применением азотных удобрений и пестицидов. По рекомендациям ВОЗ суточная допустимая доза нитратов – 5 мг на 1 кг массы тела человека.

6. Диоксины и диоксиноподобные соединения – хлорорганические, особо опасные соединения. Диоксины – самые токсичные из всех рукотворных веществ, они признаны в мире абсолютным ядом, действие которого сильнее цианидов, стрихнина, кураре. Расчетная средняя смертельная доза диоксина для человека при однократном поступлении в организм составляет 70 мкг/кг массы тела (около 0,5 мг на среднего человека весом в 70 кг). Источниками диоксинов являются промышленные организации практически всех отраслей промышленности, где используется хлор, в первую очередь химическая, нефтехимическая, цветная металлургия, целлюлозно-бумажная промышленность. Большое количество диоксинов образуется при производстве пестицидов для сельского хозяйства. Диоксины выделяются при горении мусора, уничтожении хлорсодержащих пластмасс.

7. Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) – обширный класс химических соединений, основным элементом структуры которых является бензольное кольцо. ПАУ обладают канцерогенной (наиболее известный канцероген – бенз(а)пирен) и мутагенной активностью. ПАУ не производятся промышленностью, образуются в природе путем абиогенных процессов, большая же часть ПАУ поступает в биосферу за счет техногенных источников (сгорание нефтепродуктов, угля, древесины, мусора, пищи, табака, причем, чем ниже температура окружающей среды, тем больше образуется ПАУ).

8. Радионуклиды, которые поступают в продукты питания при выращивании сельскохозяйственных культур в зонах радиоактивного загрязнения.

9. Пищевые и биологически активные добавки. В результате человек встречается с нарушениями обмена веществ, аллергиями и с возникновением новой, неизвестной ранее патологии.

Безопасность продуктов питания – это отсутствие опасности для здоровья человека при обычных условиях их употребления как с

точки зрения острого негативного воздействия (пищевые отравления и пищевые инфекции), так и с точки зрения опасности отдаленных последствий (канцерогенное, мутагенное и тератогенное действие).

Безопасными можно считать продукты питания, не оказывающие вредного, неблагоприятного воздействия на здоровье настоящего и будущих поколений.

В Республике Беларусь основополагающим нормативным правовым актом в области пищевой безопасности является Закон Республики Беларусь от 29 июня 2003 г. № 217-3 «О качестве и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов для жизни и здоровья человека». Закон регулирует отношения в области обеспечения качества продовольственного сырья и пищевых продуктов и их безопасности для жизни и здоровья человека.

С 1 июля 2010 г. вступило в силу Соглашение таможенного союза по санитарным мерам, принятое решением Межгосударственного Совета Евразийского экономического сообщества (от 1 июля 2010 г. № 152-3 «О ратификации Соглашения таможенного союза по санитарным мерам» и документы о его развитии, утвержденные решением Комиссии Таможенного союза 2010 г. № 299 «О применении санитарных мер в Таможенном союзе».

В Республике Беларусь установлены Санитарные нормы и правила (постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 21 июня 2013 г. № 52) «Требования к продовольственному сырью и пищевым продуктам» и Гигиенический норматив (ГН) «Показатели безопасности и безвредности для человека продовольственного сырья и пищевых продуктов» (ГН от 21.06.2013 № 52). Показатели безопасности установлены для 18 групп продуктов.

Пищевые добавки – природные или искусственные вещества и их соединения, специально вводимые в продовольственное сырье и пищевые продукты в процессе производства или торгового оборота продовольственного сырья и пищевых продуктов в целях придания им определенных свойств, сохранения их качества. При наличии пищевой добавки в составе пищевой продукции должно быть указано функциональное (технологическое) назначение (регулятор кислотности, стабилизатор, эмульгатор, другое функциональное (технологическое) назначение) и наименование пищевой добавки, обозначаемое (INS) по Международной цифровой системе или (E) – по Европейской цифровой системе. Пищевые добавки:

1. E100–E199 – красители.
2. E200–E299 – консерванты (бензонаты, сорбаты, нитраты).
3. E300–E399 – антиокислители (E-307 – витамин E, E-322 – лецитины, E-330 – лимонная кислота, E-300 – аскорбиновая кислота, E-338 – ортофосфорная кислота, соли этих кислот – аскорбаты, цитраты, фосфаты).

4. E400–E499 – стабилизаторы, загустители, эмульгаторы (альгинаты, камеди, соединения целлюлозы).

5. E500–E599 – регуляторы pH (кислотности) и вещества против слеживания (хлориды и сульфаты, соединения щелочных металлов, силикаты).

6. E600–E699 – усилители вкуса и аромата, ароматизаторы (глутаматы натуральные из водорослей и искусственные).

7. E900–E999 – прочие (воски, подсластители, пенообразователи).

Люди, систематически употребляющие продукты с **глутаматом**, существенно чаще страдают от лишнего веса. Большинство продуктов с усилителями гораздо калорийнее домашней еды. Усилители по большей части сделаны из той же смеси растительных и животных жиров и крахмала.

Запрещенные добавки – это добавки, достоверно приносящие вред организму. В списке допущенных к употреблению в Республике Беларусь насчитывается около 1,5 тыс. пищевых добавок, однако в белорусской промышленности применяется не более 50 добавок (в основном природного происхождения).

Ниже приведены пищевые добавки, официально запрещенные в Беларуси для использования при производстве продуктов питания.

Красители:

E121 – цитрусовый красный;

E123 – красный амарант;

E128 – красный 2G, красный амидонафтол.

Консерванты:

E240 – формальдегид; эфир парогидроксibenзойной кислоты; E217 – натриевая соль пропилового эфира парогидроксibenзойной кислоты;

E216 – пропиловый эфир параоксibenзойной кислоты, проявляет кислотные свойства.

Улучшители муки и хлеба: E924a – бромат калия; E924b – бромат кальция.

Генетически модифицированное продовольственное сырье и пищевые продукты – это продовольственное сырье и пищевые продукты, полученные методами генной инженерии из генно-инженерных организмов или с их использованием.

Растения, животные и микроорганизмы, полученные с помощью генно-инженерной биотехнологии, называются *генетически измененными*, а продукты их переработки – *трансгенными пищевыми продуктами*, или *генетически модифицированными источниками (ГМО)*. Генетическая модификация традиционных сельскохозяйственных растений, животных и птицы придает им новые, заданные человеком свойства. В то же время широкое внедрение ГМО требует решения возни-

кающих новых проблем (изменение пищевой ценности новых видов продовольствия, аллергические и токсические реакции, отдаленные последствия).

Самыми распространенными продовольственными ГМ-культурами являются соя и кукуруза, техническими – хлопок и рапс. Мировым лидером по производству ГМП выступают США (53,5 %), Аргентина (17,6 %), Бразилия (11,3 %), Канада (6,0 %), Индия и Китай (3,7 % и 3,4 %). В Чехии, Португалии, Германии, Словакии посевные площади генетически модифицированной кукурузы занимают менее 0,1 % от всех посевных площадей этих стран.

В Республике Беларусь принята беспороговая система маркировки, согласно которой маркируются все продукты, содержащие ГМО или их компоненты в количестве, превышающем 0,1 %.

В Европе уже давно действует норма содержания ГМО в продуктах – не более 0,9 %, в Японии – 5, в США – 10 %.

Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь, Комитета по стандартизации, метрологии и сертификации при Совете Министров Республики Беларусь от 8 июня 2005 г. № 12/26 «Об утверждении перечня продовольственного сырья и пищевых продуктов, подлежащих контролю за наличием генетически модифицированных составляющих (компонентов)», установлен порядок исследований и перечень продуктов, содержащих сою и кукурузу.

При обнаружении в продуктах генетически-модифицированных компонентов на такой товар (и ценник) в соответствии с белорусским законодательством в обязательном порядке наносится надпись *крупными красными буквами* «Содержит ГМО». Использование продуктов, содержащих ГМО, в качестве детского питания вообще не допускается.

С 1 сентября 2008 г. в Республике Беларусь введен в действие технический кодекс установившейся практики ТКП 131-2008 «Пищевые продукты. Правила маркировки знаком «Не содержит ГМО». Знак «Не содержит ГМО» представляет собой овал, на подложку которого наносится *надпись ярко-зеленого цвета* «Не содержит ГМО».

7.3 Выполнение работы

1. Рассчитать суточную норму калорий (ЭП) для собственных параметров тела.

2. Составить меню с учетом суточной энергетической потребности и калорийности продуктов питания (по заданию):

А – для собственных данных;

В – для студента 23 лет с низкой активностью (программист);

С – для мужчины 40 лет, вальщика леса;

Д – для студента 20 лет спортсмена (легкая атлетика);

Е – для женщины 40 лет, водителя трамвая.

Пример. Рассчитать суточную энергетическую потребность с учетом коэффициента физической активности (КФА) для студентки А, 18 лет, с постоянной активной физической нагрузкой (фитнес, танцы и др.).

1. По таблице 1 находим норму физиологической потребности и энергии (калории), белках, жирах, углеводах при коэффициенте физиологической нагрузки $KFA = 1,6$, которая составляет: 2200 ккал; белки – 66 г (в том числе 33 г – белки животные); жиры – 73 г; углеводы – 318 г.

2. Распределяем нормативные величины физиологической потребности по приемам пищи. Согласно рекомендациям по сбалансированному питанию за завтраком и обедом человек должен потреблять $2/3$ общего количества калорий. В нашем случае это составит 1467 ккал, на полдник и ужин – 733 ккал.

3. Рассчитываем количество калорий по приемам пищи. Диетологи рекомендуют питаться в 4–5 приемов, поэтому энергетическую потребность завтрака и обеда 1467 ккал можно разбить на 2 приема (по 733 ккал) или 3 приема (по 489 ккал) пищи с возможными вариациями. Точно так же оставшиеся калории разбиваются на полдник и ужин. Всего рекомендуется 5 приемов пищи.

4. Составляем примерное суточное меню студентки. Из таблицы В.1 (приложение В) составляем набор продуктов, обеспечивающих суточную калорийность 2200 ккал и физиологическую потребности в белках (66 г), жирах (73 г) и углеводах (318 г). Результаты составленного суточного рациона заносим в таблицу 7. 7.

Таблица 7.7 – Примерный суточный рацион студентки А

Приемы пищи	Нормируемое количество калорий	Продукты	ккал	белки	жиры	углеводы
Первый завтрак	489(652)					
Второй завтрак	489 (326)					
Обед	489					
Полдник	366 (244)					
Ужин	367 (489)					
Всего	2200					

Контрольные вопросы

1. Что понимают под пищевой ценностью продуктов?
2. Что такое коэффициент физической активности?
3. Назовите известные вам расчетные формулы для определения суточной энергетической потребности человека.
4. Как рассчитывается индекс массы тела (ИМТ)?
5. Что такое гликемический индекс (ГИ)?
6. Что понимают под безопасностью продуктов питания?

7. Перечислите основные факторы и источники загрязнения продовольственного сырья и продуктов питания.

8. Какие вещества называют пищевыми добавками?

9. Что понимают под генетически модифицированным продовольственным сырьем и генетически модифицированными продуктами питания?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 8

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Цель работы: изучить методы и средства для очистки сточных вод, оценить эффективность методов.

8.1 Основные сведения

Основные законодательные требования по нормированию отведения сточных вод в водные объекты в Республике Беларусь изложены в следующих нормативных правовых актах (НПА) и технических нормативных правовых актах (ТНПА):

- Водный кодекс Республики Беларусь;
- Налоговый кодекс Республики Беларусь (гл. 21);
- Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 2 марта 2015 г. № 152;
- Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 17 февраля 2012 г. № 156;
- Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 20 июня 2013 г. № 504;
- СанПиН 2.1.2.12-33–2005 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод от загрязнения»;
- СТБ 17.06.03-01–2008 «Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Охрана поверхностных вод от загрязнения. Общие требования»;
- ТКП 17.06-08–2012 «Охрана окружающей среды и природопользование. Порядок установления нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод»;
- ТКП 45-4.01-57–2012 «Системы дождевой канализации. Строительные нормы проектирования»;
- ТКП 45-4.01-262–2012 «Очистные сооружения сточных вод. Правила проектирования»;

– ТКП 45-4.01-202–2010 «Очистные сооружения сточных вод. Строительные нормы проектирования» и другие

8.2 Способы очистки

Защита гидросферы имеет два направления: уменьшение расхода воды; очистка сточных вод.

Все способы очистки сточных вод делятся на две группы [12]:

1) механическая очистка от взвесей и дисперсно-коллоидных частиц;

2) очистка от химических веществ, которая может производиться разными методами:

– физико-химические методы (флотация, адсорбция, дистилляция, ионный обмен и др.);

– химические методы (реагентная очистка);

– электрохимические методы;

– биологические методы;

– термические методы.

В качестве наиболее употребительных методов используется:

1) для суспензированных и эмульгированных примесей – отстаивание; флотация; фильтрование; осветление; коагуляция и др.;

2) для очистки от неорганических соединений – дистилляция; ионообмен; обратный осмос; электрохимические методы и др.;

3) для очистки от органических соединений – экстракция; адсорбция; ионообмен; реагентные методы, биологическое окисление, озонирование, хлорирование, электрохимическое окисление;

4) для очистки от газов и паров – отдув, нагрев, реагентные методы;

5) для уничтожения вредных веществ – термическое разложение.

Для очистки канализационных городских сточных вод используются методы, представленные на рисунке 8.1 [13].

8.2.1 Механическая очистка от взвесей и дисперсно-коллоидных частиц

Взвешенные примеси разделяются на твердые и жидкие. Они образуют с водой дисперсные системы трех типов:

1) грубодисперсные системы с частицами более 0,1 мм (суспензии, эмульсии);

2) коллоидные системы с частицами размером 0,1 мкм...1 нм;

3) истинные растворы с размером частиц, соизмеримыми с ионами, молекулами.

Механическая очистка осуществляется в три этапа.

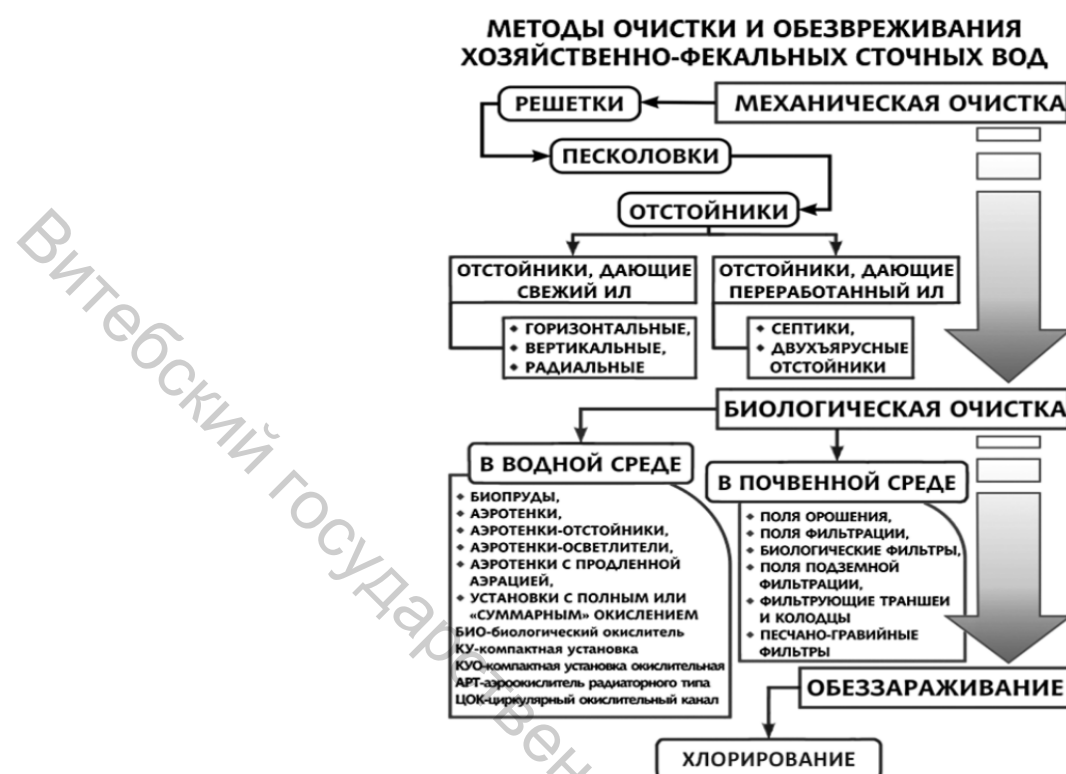


Рисунок 8.1 – Методы очистки и обеззараживания хозяйственно-фекальных сточных вод

1 этап. Процеживание. Эта стадия предназначена для выделения очень крупных частиц размером до 25 мм. Осуществляется пропусканием сточных вод через систему металлических решеток (рис. 8.2) с уменьшающимися ячейками (последовательно 25,20,15,10 мм).

2 этап. Отстаивание. Используется для осаждения твердых грубодисперсных примесей и удаления жидких примесей, имеющих плотность меньше, чем плотность воды (нефть, масла, смолы, жиры, СОЖ и др.). Процесс отстаивания осуществляется в устройствах, которые называются **отстойники**. Отстойники выполняются двух типов: **горизонтальные** (рис. 8.3) и **радиальные** (рис. 8.3).

Отстойник горизонтального типа состоит из железобетонного корпуса и двух перегородок. Это громоздкое сооружение длиной до 100 м, шириной 4...5 м и глубиной 2...3 м. Сточная вода подается через входной лоток 1 в один торец отстойника, а очищенная отводится через патрубок в противоположном торце отстойника. Твердые грубодисперсные примеси осаждаются в приемке 4 и в виде шлама удаляются из отстойника. Максимальная скорость движения воды в горизонтальном отстойнике составляет 0,7 мм/с. Их применяют на станциях производительностью более 15000 м³/сут. Продолжительность отстаивания со-

ставляет 0,5–1,5 ч. За это время основная масса взвешенных веществ выпадает в осадок.

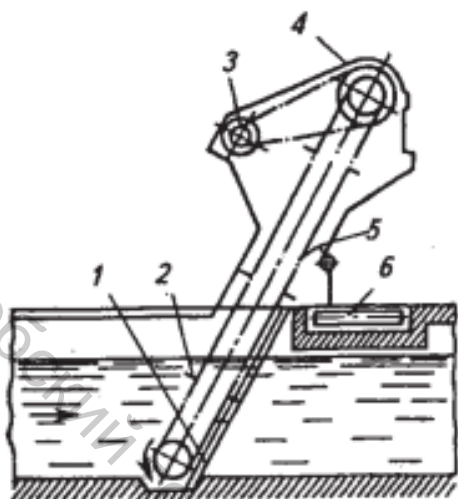


Рисунок 8.2 – Грабельные решетки:
1 – решетка; 2 – граблина; 3 – привод механических грабель; 4 – корпус; 5 – сбрасыватель отбросов; 6 – ленточный транспортер

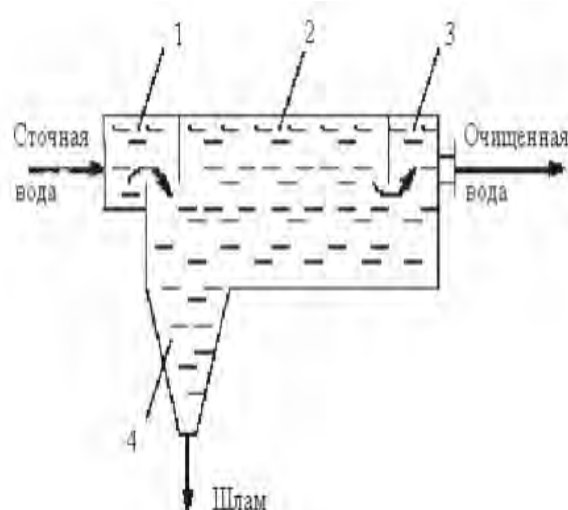


Рисунок 8.3 – Схема отстойника горизонтального типа:
1 – входной лоток; 2 – отстойная камера; 3 – выходной лоток; 4 – приямок

Радиальный отстойник (рис. 8.4) применяется для очистки бытовых и близких к ним по составу производственных сточных вод. Он представляет собой круглый в плане железобетонный резервуар большого диаметра (18–60 м) и относительно малой глубины проточной части (1,5–5 м). Наибольшее распространение получили отстойники с центральным впуском жидкости. Продолжительность отстаивания в радиальном отстойнике составляет 1,5 ч, обеспечивает самый высокий эффект осветления (60 % и более). Он применяется на станциях большой производительности (более 20000 м³/сут). Преимущества: простота и надежность эксплуатации, экономичность, возможность строительства сооружений большой производительности. Недостаток – наличие подвижной фермы со скребками.

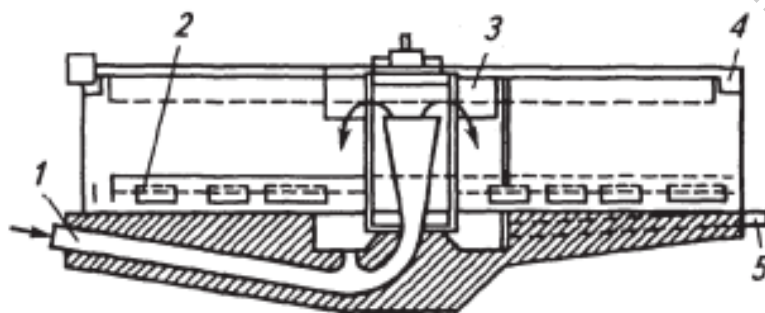


Рисунок 8.4 – Радиальный отстойник:
1 – труба для подачи воды; 2 – скребок; 3 – распределительная чаша; 4 – водослив; 5 – отвод осадка

3 этап. *Фильтрование*. Предназначено для очистки от тонкодисперсных примесей. В качестве перегородок используются металлические сетки, изготовленные из нержавеющей стали, алюминия, никеля, латуни, синтетических тканей и зернистые материалы, такие как песок, гравий, торф (рис. 8.5).

Эффективность очистки сточных вод представлена в таблице 8.1.

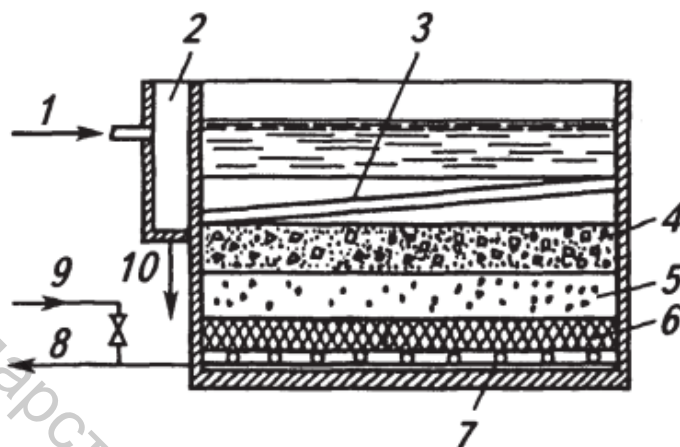


Рисунок 8.5 – Двухслойный фильтр:

1 – подача сточной воды; 2 – карман; 3 – желоб; 4 – слой антрацита; 5 – слой песка; 6 – гравий; 7 – дренаж; 8 – отвод фильтрата; 9 – подача промывной воды; 10 – отвод промывной воды

Таблица 8.1 – Эффективность очистки бытовых сточных вод

Тип сооружения	Эффективность очистки, % снижения			
	Взвешенные вещества	БПК ₅	Количество бактерий	Кол-во яиц гельминтов
Сита, решетки, песколовки	5–10	5–10	5–15	–
Отстойник горизонтальный, вертикальный	50–70	25–30	25–50	70–90
Биологические фильтры	70–92	70–90	80–95	–
Аэротенк	70–92	80–90	90–95	–
Поля орошения, поля фильтрации	90–98	95–99	95–98	100
Хлорирование после отстаивания	–	15	90–95	–

8.2.2 Физико-химические методы очистки от химических веществ

К физико-химическим методам очистки сточных вод относятся флотация, экстракция, ионный обмен, выпаривание, дезодорация и др.

Эти методы используются для удаления тонкодиспергированных частиц, газов, минеральных и органических веществ.

Флотация. Различают несколько способов флотации.

Флотация с механическим диспергированием заключается в подаче газа пневматическими устройствами (соплами, фурмами, через пористые днища и др.).

Флотация применяется для удаления нерастворимых диспергированных примесей, которые плохо отстаиваются. Сущность метода состоит в слипании твердой частички с всплывающим газовым пузырьком, поднимающим ее на поверхность воды (рис. 8.6). Образовавшаяся пена вместе с твердыми частичками механически удаляется с поверхности воды. Вероятность прилипания и сила сцепления зависит от краевого угла смачивания θ . Масса частички не должна превышать силы ее сцепления и подъемной силы пузырька. Степень очистки этим методом – 95...98 %.

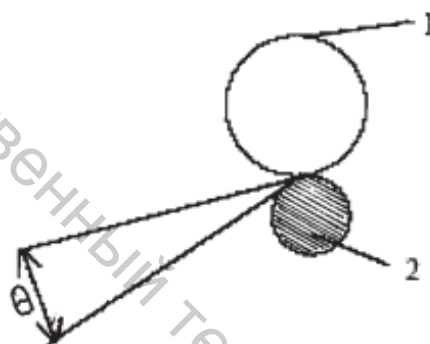


Рисунок 8.6 – Схема элементарного акта флотации:

1 – пузырек газа; 2 – твердая частичка

Биологическая флотация – это выделение газовой фазы в результате деятельности микроорганизмов в отстойниках. Электрохимическая флотация – это выделение газовой смеси водорода и кислорода в результате разложения воды под воздействием высокого напряжения (рис. 8.7).

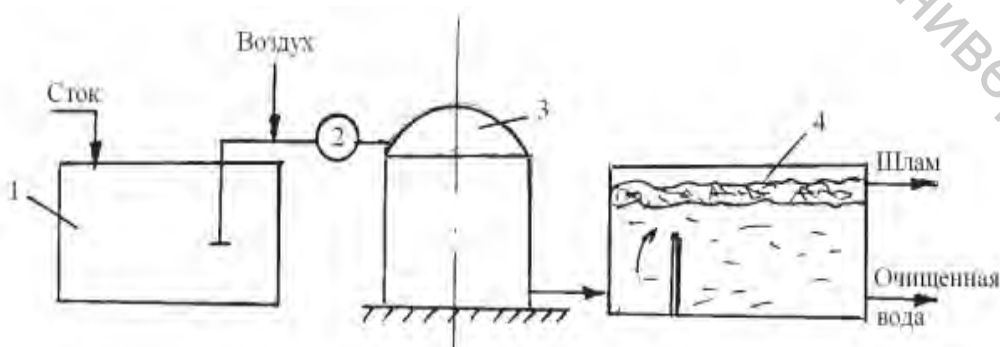


Рисунок 8.7 – Схема напорной флотации:

1 – емкость; 2 – насос; 3 – напорный бак; 4 – флотатор

Флотация с выделением газа из раствора (рис. 8.7) используется для очистки от очень мелких частиц. Заключается в создании пересыщенного раствора газа в жидкости. При уменьшении давления пузырьки газа выделяются из раствора, удаляя загрязнение.

Химическая флотация – это введение в сточную воду химических веществ, вызывающих химическую реакцию с выделением газообразных продуктов (O_2 , CO_2 , Cl_2 и др.) Пузырьки этих газов флотируют примеси (пример – обработка хлорной известью).

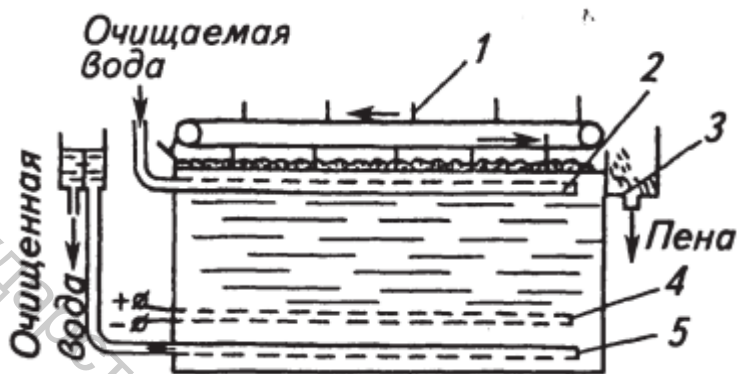


Рисунок 8.8 – Электрофлотатор:

1 – механизм для удаления пены; 2, 5 – трубы для подачи и вывода воды; 3 – сборник пены; 4 – электроды

Сточная вода поступает в приемную камеру, в нижней части которой расположен электродный блок 4. Он представляет собой набор катодов и анодов. Электроды выполняют в виде пластин или в виде проволочной сетки из меди или нержавеющей стали. Проходя между электродами, вода насыщается газообразными продуктами реакции, что приводит к всплыванию частиц. Степень очистки этим методом составляет 95...98 %.

Адсорбционная очистка применяются для глубокой очистки и удаления из сточных вод фенолов, гербицидов, пестицидов, красителей и др. Достоинством метода является высокая эффективность, возможность рекуперации этих веществ. Адсорбционная очистка подразделяется на:

- регенеративную, т. е. с извлечением веществ из адсорбента с его последующей утилизацией;
- деструктивную, при которой извлеченные вещества уничтожаются вместе с адсорбентом.

В качестве сорбентов используются активированный уголь, зола, шлаки, торф, глина, синтетические сорбенты.

Процесс адсорбции ведут при интенсивном перемешивании сорбента с водой (рис. 8.9) или при фильтровании через слой адсорбента.

Регенерация осуществляется двумя способами:

1. Активированный уголь продувается паром (температура 200–300 °С) или инертным газом (температура около 150 °С). После десорбции пар конденсируют, и вещество извлекают из конденсата.

2. Экстракция осуществляется растворителем (бензол, толуол, метиловый спирт). Эффективность очистки этим методом – 90–95 %.

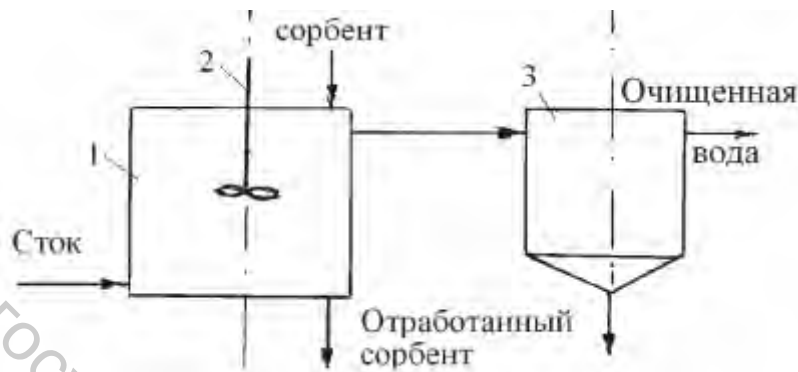


Рисунок 8.9 – Схема сорбционной установки:

1 – адсорбер; 2 – мешалка; 3 – отстойник

Метод дезодорации. В некоторых сточных водах содержится аммиак, сероводород, амины и другие вещества, которые придают им дурной запах. Для очистки от запаха используются различные способы: аэрация, хлорирование, озонирование и др. Наиболее эффективен метод аэрации, который заключается в продувании воздуха через воду (рис. 8.10).

Удаление дурно пахнущих веществ осуществляется в тарельчатой колонне (1) каскадного типа. Сточная вода растекается по тарелкам в виде тонкой пленки, на которых происходит ее контакт с воздухом. Затем воздух с выделенными веществами поступает в насадочную колонну, которая орошается щелочами.

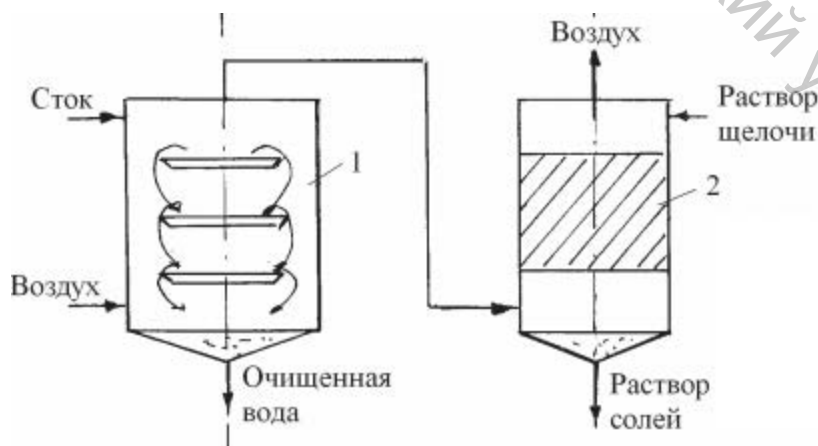


Рисунок 8.10 – Схема установки для дезодорации:

1 – тарельчатая колонна; 2 – насадочная колонна

Промышленное применение имеет также и хлорирование сточных вод, например, для удаления сероводорода



8.2.3 Химические и электрохимические методы очистки

К **химическим методам** очистки относятся нейтрализация, коагулирование, флокулирование, окисление и восстановление. Эти методы используются для удаления растворимых веществ и взвешенных частиц.

Нейтрализация. Например, реакция нейтрализации кислотой и щелочи с образованием соли и воды. Сточные воды содержат минеральные кислоты и щелочи. Нейтрализацию проводят различными методами, но с обязательным доведением раствора до водородного потенциала $\text{pH} = 6,5\text{--}8,5$:

- добавлением реагентов: щелочей – в кислотные воды, кислоты – в щелочные стоки. В качестве материалов используются: сода (Na_2CO_3), аммиачная вода (NH_4OH), карбонаты ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$), суспензия извести ($\text{Ca}(\text{OH})_2$);

- смешением кислых и щелочных вод;
- фильтрованием через нейтрализующие материалы (слой доломита, известняка, золы, шлака).

К **электрохимическим методам** очистки относятся процессы анодного окисления и катодного восстановления, электрокоагуляция, электрофлотация и др. Все эти процессы протекают на электродах при пропускании постоянного электрического тока. Эти методы позволяют извлекать ценные продукты без использования химических реактивов. Анодное окисление и катодное восстановление проводят в электролизерах (рис. 8.11). На аноде (3) ионы отдают электроны и окисляются, а на катоде (4) – присоединяют и восстанавливаются. Метод применяют для очистки сточных вод от цианидов, роданидов, нитратов, сульфосоединений. В процессе электрохимического окисления вещества полностью распадаются с образованием CO_2 , H_2O , NH_3 или образуются другие нетоксичные вещества.

Материалы: анод – графит, магнетит; катод – графит, нержавеющая сталь, молибден, никель. Метод позволяет перевести цианиды в газообразный азот. Степень очистки близка к 100 %.

Катодное восстановление используют для очистки от ионов тяжелых металлов (свинца, олова, ртути, меди, Cr^{+6}).

В результате катодного восстановления компонент первой группы опасности Cr^{+6} преобразован в металлический хром.

8.2.4 Биохимические методы очистки

Используются для очистки хозяйственных бытовых сточных вод и промышленных стоков от растворенных в воде органических и неорганических соединений. Процесс очистки основан на способности некоторых микроорганизмов питаться этими веществами в ходе своей жизнедеятельности. При этом микроорганизмы частично разрушают их, превращая в воду, углекислый газ, нитрит и сульфаты, а частично затрачивают на увеличение биомассы. Разрушение органических веществ микроорганизмами **называется биохимическое окисление**.

Биохимические методы очистки подразделяются на *аэробные* и *анаэробные*. Первый основан на использовании микроорганизмов, для жизнедеятельности которых необходим постоянный приток кислорода. Второй – на использовании микроорганизмов, для жизнедеятельности которых кислород не нужен. Их используют для обезвреживания осадков без доступа кислорода. При использовании **аэробного метода** очистки для окисления органических веществ необходим кислород в растворенном виде.

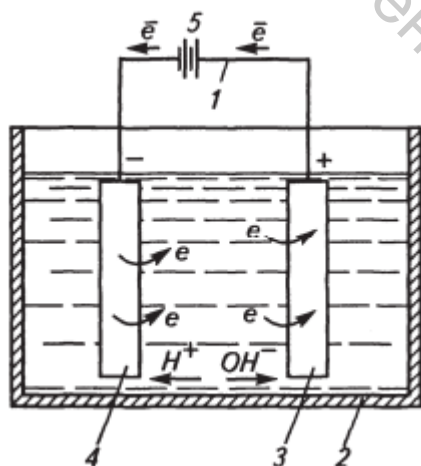


Рисунок 8.11 – Электролизер:
1 – внешняя цепь; 2 – емкость;
3 – анод; 4 – катод; 5 – источник питания

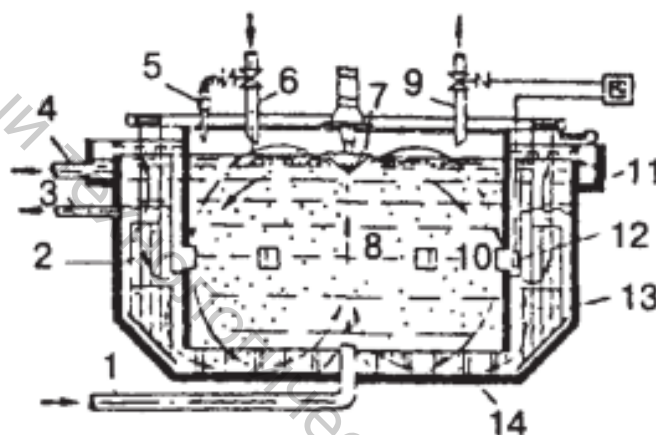


Рисунок 8.12 – Аэротенк:
1 – трубопровод сточной воды; 2 – зона отстаивания; 3 – стабилизатор уровня ила; 4 – трубопровод очищенной воды; 5 – датчик давления; 6 – трубопровод для подачи кислорода; 7 – аэратор; 8 – зона аэрации (реактор); 9 – трубопровод для отвода отработанного газа; 10 – окно; 11 – водосборный лоток; 12 – датчик растворенного кислорода; 13 – мешалка; 14 – отверстие для возвратного ила

Для этого используют биологические пруды (3...5 каскадов). При этом имеет место естественная аэрация. Биологические пруды применяют для очистки и глубокой очистки городских, производственных и поверхностных сточных вод, содержащих органические вещества. Биологические пруды проектируют как с естественной, так и с искусственной аэрацией. При очистке в биологических прудах сточные воды не должны иметь БПК_{полн} свыше 200 мг/л для прудов с естественной аэрацией и свыше 500 мг/л для прудов с искусственной аэрацией. При БПК_{полн} свыше 500 мг/л необходима предварительная очистка сточных вод. Для глубокой очистки в пруды допускается направлять сточную воду после биологической или физико-химической очистки с БПК_{полн} не более 25 мг/л для прудов с естественной аэрацией и не более 50 мг/л для прудов с искусственной аэрацией. Биопруды устраивают на нефилтрующих или слабофилтрующих грунтах. При неблагоприятных в фильтрационном отношении грунтах следует осуществлять противofiltrационные мероприятия. Биологические пруды располагают по отношению к жилой застройке с подветренной стороны с учетом господствующего направления ветра в теплое время года. Направление движения воды в пруду должно быть перпендикулярным этому направлению ветра. Отношение длины к ширине пруда с естественной аэрацией должно быть не менее 20. В прудах с искусственной аэрацией отношение сторон секций может быть любым, при этом аэрирующие устройства должны обеспечивать движение воды в любой точке пруда со скоростью не менее 0,05 м/с.

Искусственная аэрация производится в устройствах, которые называются аэротенки. Они представляют собой железобетонные резервуары, глубиной 2...5 м, оборудованные устройствами для принудительной аэрации. На рисунке 8.12 показана принципиальная схема работы такого устройства.

Анаэробные методы очистки используют для сбраживания осадков, содержащих органические вещества, которые разрушают анаэробные бактерии. Продуктами брожения являются метан, спирты, кислоты, газы (CO_2 , H_2 , CH_4). Чаще всего используют метановое брожение. Механизм этого процесса неоднозначен, но считается, что бактерии вырабатывают уксусную кислоту, в результате диссоциации паров которой образуются метан и диоксид углерода $\text{CH}_3\text{COOH} (\text{CH}_4 \cdot \text{CO}_2) \rightarrow \text{CH}_4 + \text{CO}_2$

Процесс брожения производят в метантенках, закрытых резервуарах с извлечением энергоносителя.

8.2.5 Термические методы очистки

Термические методы очистки подразделяются на испарительные, вымораживающие и огневые. В испарительных установках (рис. 8.13)

сточная вода испаряется, пар конденсируется, дистиллят направляется потребителю, концентрированный раствор соли идет на выделение сухих веществ или захоронение.

В установках вымораживания концентрирование основано на том, что концентрация солей в кристаллах льда близка к нулю, т.е. существенно меньше, чем в растворе. Раствор охлаждают до двухфазного состояния, когда одновременно присутствуют жидкость и кристаллы льда. Затем лед отделяют, растапливают и воду отправляют потребителю. Концентрированный раствор утилизируют. *Аналогичная схема применяется при опреснении воды.*

Огневые методы. По теплотворной способности химические промышленные стоки делятся на сточные воды:

- способные гореть самостоятельно;
- на обезвреживание которых необходимо топливо.

При использовании термоокислительных методов все органические вещества полностью окисляются при высоких температурах до нетоксичных соединений. Для этого используются печи различных конструкций: камерные, шахтные, циклонные и др. При использовании установки огневого обезвреживания сточные воды подаются в распыленном состоянии в печь при температурах 900...1000 °С. При этом вода испаряется, органические вещества сгорают, минеральные вещества образуют твердые или расплавленные частицы, которые улавливаются системой газоочистки.

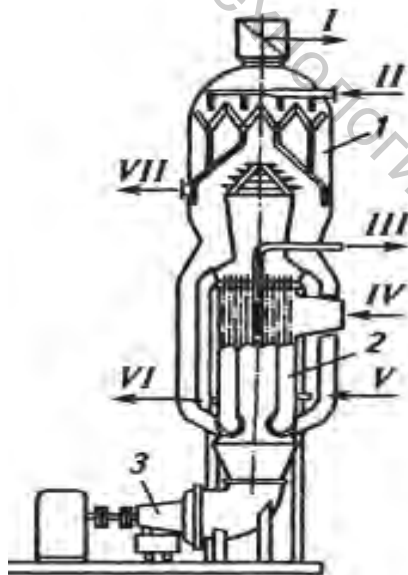


Рисунок 8.13 – Выпарной аппарат:

- I – вторичный пар; II – промывная жидкость;
III – неконденсирующиеся газы; IV – пар;
V – транзитный дистиллят; VI – дистиллят; VII – упаренная сточная вода; 1 – сепаратор; 2 – циркулярные трубы; 3 – циркулярный насос

Метод используется тогда, когда в стоках содержатся высокотоксичные органические вещества. Продуктом установки является пар.

8.3 Выполнение работы

1. Перечислить основные методы очистки сточных вод, особенности технологий.

2. Зарисовать устройства для механической очистки от взвесей и дисперсно-коллоидных частиц: горизонтального отстойника, двухслойного фильтра.

3. Зарисовать схемы очистных установок: сорбционной, для дезодорации, аэротенка, для биологической очистки.

4. Произвести расчет необходимой эффективности очистки сточных вод от загрязняющих веществ (по индивидуальному заданию преподавателя) сбрасываемых предприятием в водные объекты, учитывая его назначение.

При расчете учесть: фактическая степень очистки сточных вод определяется по каждому ингредиенту и показателю по следующей формуле:

$$\mathcal{E}_\phi = \frac{C_{\text{на входе ОС}} - C_{\text{на выходе ОС}}}{C_{\text{на входе ОС}}} 100 \%. \quad (8.1)$$

Контрольные вопросы

1. Какие методы очистки сточных вод эффективны при удалении взвешенных частиц?

2. Какие методы очистки сточных вод применяются для очистки от химических загрязнителей?

3. Что такое флотация?

4. В чем разница между аэробным и анаэробным методом очистки сточных вод?

5. Где осуществляется биологическая очистка сточных вод?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 9

ОЧИСТКА ГАЗОВОЗДУШНЫХ ВЫБРОСОВ

Цель работы: ознакомиться с устройством и принципом работы оборудования, предназначенного для промышленной очистки воздуха от вредных выбросов.

9.1 Основные сведения

Способы очистки газо-воздушных выбросов

Результатом выбросов загрязняющих веществ из различных источников является загрязнение атмосферы. При переносе по воздуху от источников появления загрязнения претерпевают изменения, в том числе и химические превращения одних загрязнений в другие, еще более опасные вещества. Таким образом, под загрязняющими принято понимать те вещества, которые оказывают отрицательное воздействие на окружающую среду либо непосредственно, либо после химических изменений в атмосфере, либо в сочетании с другими веществами [15, 16].

Установившееся содержание загрязнений в воздухе определяет степень разрушающего воздействия на данный регион. Результаты загрязнений можно оценить по отрицательному воздействию на человека, растения, животных, воду и т. д.; а также в более глобальном смысле, по отрицательному воздействию на климат, ряд экономических и социальных условий.

Для защиты воздушного бассейна от негативного антропогенного воздействия в виде загрязнения его вредными выбросами используют следующие меры:

- экологизация технологических процессов;
- очистка газо-воздушных выбросов от вредных примесей;
- рассеивание газовых выбросов в атмосфере;
- устройство санитарно-защитных зон, архитектурно-планировочные решения и др.

Очистку газо-воздушных выбросов (ГВВ) производят от аэрозолей (пыли, золы, сажи) и токсичных газо- и парообразных примесей (NO , NO_2 , SO_2 , SO_3 и др.).

Для очистки выбросов от *аэрозолей* в настоящее время применяют различные типы устройств в зависимости от степени запыленности воздуха, размеров твердых частиц и требуемого уровня очистки.

Промышленная очистка заключается в очистке газа с целью его утилизации или дальнейшего использования.

Санитарная очистка – очистка газа от остаточных примесей с целью выбросов газа в окружающую среду.

Аппараты очистки газа (АОГ):

- «С» – сухие (циклоны, пылесадительные камеры);
- «М» – мокрые;
- «Ф» – фильтры;
- «Э» – электрофильтры;
- «Т» – термический способ очистки;
- «Х» – аппараты химической очистки (способы: каталитический, адсорбционный, абсорбционный).

Абсорбция – поглощение вредных веществ всем объёмом абсорбента (самый простой абсорбент – вода).

Адсорбция – поглощение вредных веществ поверхностными адсорбентами (твёрдыми поглотителями).

«Д» – другие методы очистки.

Сухие пылеуловители (циклоны, пылеосадительные камеры) предназначены для грубой механической очистки выбросов от крупной и тяжелой пыли. Принцип работы – оседание частиц под действием центробежных сил и сил тяжести. Пылегазовый поток вводится в циклон через патрубок, далее он совершает вращательно-поступательное движение вдоль корпуса; частицы пыли отбрасываются к стенкам циклона и затем падают вниз в сборник пыли (бункер), откуда периодически удаляются.

Мокрые пылеуловители (скрубберы, турбулентные, газопромыватели и др.) требуют подачи воды и работают по принципу осаждения частиц пыли на поверхность капель под действием сил инерции и броуновского движения. Наибольшее практическое применение получили скрубберы Вентури, которые обеспечивают 99 % очистки от частиц размером более 2 мкм и, как все мокрые пылеуловители, незаменимы при очистке от пыли взрывоопасных и горячих газов.

Фильтры (тканевые, зернистые) способны задерживать мелкодисперсные частицы пыли до 0,05 мкм. Особенно эффективны рукавные фильтры с тканями из синтетических волокон повышенной термостойкости (250–300 °С) типа «сульфон-Т», фильтровальные металлические ткани (до 800 °С).

Электрофильтры – наиболее совершенный способ очистки газов от взвешенных в них частиц пыли размером до 0,01 мкм при высокой эффективности очистки газов (99,0–99,5 %). Принцип работы всех типов электрофильтров основан на ионизации пылегазового потока у поверхности коронирующих электродов. Приобретая отрицательный заряд, пылинки движутся к осадительному электроду, имеющему знак, обратный заряду коронирующего электрода. При встряхивании электродов осажденные частички пыли под действием силы тяжести падают вниз в сборник пыли.

Наиболее эффективны *комбинированные методы* очистки от пыли. Например, отличные результаты дает очистка агломерационных газов в батарейных циклонах с последующей доочисткой в скрубберах Вентури, а также в электрофильтрах.

Способы очистки выбросов от *токсичных газо- и парообразных примесей* (NO , NO_2 , SO_2 и др.) подразделяют на три основные группы:

1) поглощение примесей путем применения каталитического превращения;

2) промывка выбросов растворителями примеси (абсорбционный метод);

3) поглощение газообразных примесей твердыми телами с ультрамикроскопической структурой (адсорбционный метод).

С помощью *каталитического метода* превращают токсичные компоненты промышленных выбросов в вещества безвредные или менее вредные для окружающей среды путем введения в систему дополнительных веществ, называемых катализаторами. Широко применяют палладий содержащие и ванадиевые катализаторы. С их помощью происходит каталитическое дожигание оксида углерода до диоксида и диоксида серы до оксида. Возможно также восстановление оксидов азота аммиаком до элементарного азота. Одна из разновидностей этого метода – дожигание вредных примесей с помощью газовых горелок (факельное сжигание) широко используется на нефтеперерабатывающих заводах.

Абсорбционный метод основан на поглощении вредных газообразных примесей жидким поглотителем (абсорбентом). В качестве абсорбента используют воду, растворы щелочей (сода), аммиака и др. Устройство, в котором осуществляют процесс абсорбции, называют *абсорбером*.

9.2 Сухие и мокрые пылеуловители

9.2.1 Циклоны

Циклоны – пылеуловители для очистки воздуха от средне-крупнодисперсной сухой пыли, а также от частиц тому подобных загрязнений размером до 20 микрон, выделяющихся во время металлообработки, работы с сыпучими материалами и прочих процессов. Очистка воздуха до 4000 м³/час. Эффективность очистки воздуха более 90 %.

Одиночный циклон является основным узлом, служащим для очистки запыленного воздуха. Сверху циклона находится сборная коробка, а снизу – сборный бункер. Групповая установка циклонов: батарея циклонов является основным узлом, служащим для очистки запыленного воздуха и представляет собой сварную конструкцию, состоящую из четырех циклонов, собранных на общем основании. Общая сборная коробка находится вверху, а снизу под общим основанием – сборный бункер.

Каждый циклон имеет цилиндрикониический корпус и выхлопную трубу (рис. 9.1). Сборная коробка, служащая для сбора очищенного воздуха из циклона (циклонов) и вывода его в воздуховод очищенного воздуха, на боковой поверхности имеет фланец для присоединения выходного патрубка при выбросе очищенного воздуха вбок.

Выходной патрубок (с ответным фланцем и прокладкой) служащий для присоединения воздуховода очищенного воздуха к сборной коробке, представляет собой сварной переходник, снабженный двумя

фланцами. Одним фланцем крепится к сборной коробке, а вторым – к газоходу.

Входной патрубок (с ответным фланцем и прокладкой), служащий для подачи запыленного газо-воздушного потока в циклоны, представляет собой сварной переходник с двумя фланцами. Одним фланцем патрубок присоединяется к батарее циклонов, а вторым к газоходу, отводящему газо-воздушный поток от котельной установки. Сборный бункер, служащий для сбора осаженных твердых частиц (пыли), является цилиндрическим или коническим.

Отделение твердых частиц в циклоне основано на принципе центробежной сепарации. Газ от котла через входной патрубок, который монтируется по касательной к корпусу циклона, поступает в циклоны и получает вращательное винтообразное движение.

Газо-воздушный поток движется по спирали вниз и, опустившись до дна конической части циклона, поднимается и выбрасывается наружу через выбросную трубу. Твердые частицы (пыль), как более тяжелые, под действием центробежной силы прижимаются к стенкам циклонов, теряют скорость и скатываются вниз циклонов, откуда поступают в сборный бункер, а очищенный газо-воздушный поток через выхлопные трубы циклонов и сборную коробку выводится из циклонов в выпускной патрубок. В нижней части конуса циклона создается разрежение, поэтому соединение патрубка и сборника должно быть герметично.

9.2.2 Скрубберы

Скрубберы – аппараты различной конструкции для промывки жидкостями газов с целью их очистки и для извлечения одного или нескольких компонентов, а также барабанные машины для промывки полезных ископаемых. Широко используются при улавливании продуктов коксования и очистке промышленных газов от пыли, для увлажнения и охлаждения газов, в различных химико-технологических процессах.

В зависимости от особенностей и отличий скрубберов, их разделили на 4 вида. Разница между ними состоит в способе пылеулавливания.

Насадочный. Данный агрегат представлен в виде цилиндра. В его комплектации присутствуют различные насадки и приспособления. Их форма бывает как простой, так и замысловатой, но все они повышают уровень эффективности устройства.

Изобретение содержит оросительную систему, которая расположена внутри. Так как его напор при распылении жидкости невелик, то чтобы была достаточная производительность, насадочный скруббер имеет впечатлительные габариты.

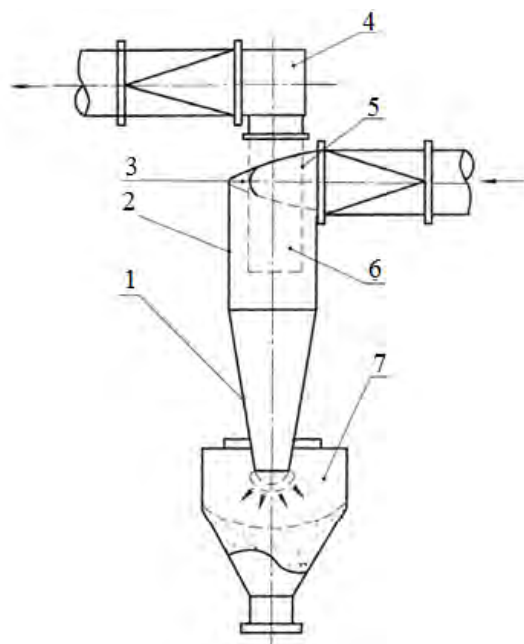


Рисунок 9.1 – Схема работы циклона:

- 1 – коническая часть корпуса; 2 – цилиндрическая часть корпуса;
3 – винтообразная крышка; 4 – камера очищенного газа; 5 – патрубок
входа запыленного газа; 6 – выхлопная труба; 7 – бункер

Форсуночный (центробежный). Отличительная особенность устройства в том, что поток газа при контакте с водой вращается очень быстро (орошаемый циклон). И под воздействием центробежной силы жидкость очищает воздух от твердых частиц. Вода создает капельную завесу. После смачивания и обволакивания поверхности пыли, частицы прилипают к внутренним стенкам конструкции, и стекают вниз.

Пенный. Скрубберы этого типа работают с помощью абсорбционного метода очистки воздуха. При их эксплуатации применяется вещество полидисперсного состава. Используют пенные устройства для улавливания как твердых, так и газообразных веществ, которые присутствуют в отработанной воздушной массе и ее загрязняют. Если твердые частицы превышают 5 мкм, то КПД устройства будет до 99 %, а при наличии мелкой пыли – до 80 %. Фильтрация газов пенным скруббером осуществляется с помощью бутары с мелкими (до 5 мм) отверстиями. Над ней находится очиститель, растворяющий твердые частицы и дезактивирующий газообразные примеси, когда скорость движения воздуха не превышает 2 м/с.

Скруббер Вентури. Это изобретение укомплектовано трубой Вентури – деталью, состоящей из 2 конусообразных труб, соединенных сужениями по центру. Поэтому форма устройства похожа на песочные часы. Активное дробление воды газообразной смесью происходит из-за быстрого его перемещения. В горловине скорость газов достигает до 170 м/с.

Данная система очистки от пыли снабжена сепаратором, а внутри форсуночные механизмы подают распыленную жидкость (рис. 9.2).

Соответственно законам аэродинамики, газовый поток, попадая в конфузор, набирает скорость (уравнение Бернулли). Чем большая разница в диаметре между расширенной и узкой частями этой детали, тем быстрее будет двигаться запыленный воздух. Образовываются завихрения (турбулентность), которые способствуют более интенсивному перемешиванию воды и газообразных выбросов. Когда он достигает суженного места конфузора, то его орошают струи воды. Затем смесь воздуха и жидкости опускается вниз, к диффузору, и вещества вновь разделяются: вода, обволакивая поверхность пылинок, способствует их слипанию между собой. Таким образом, происходит сепарация капель жидкости, а очищенный воздух уходит в воздухоотвод. Максимальное улавливание пыли происходит 2 раза за время прохождения воздуха по скрубберу Вентури. Это случается сразу при попадании воды в газообразный поток, потому что капли жидкости имеют меньшую скорость движения и таким образом они собирают пыль. Второй раз качественная очистка воздуха происходит во время снижения скорости воздуха. Капли воды двигаются быстрее его, и жидкость догоняет пылинки, заставляя их прилипать.

Самое главное преимущество этого устройства – это неравномерный диаметр трубы, он то сужается, то расширяется. Еще повышает его надежность отсутствие подвижных механизмов. Система из-за этого приобретает компактность.



Рисунок 9.2 – Скруббер Вентури

Недостатком в газоочистителе Вентури специалисты считают сочетание большой скорости движения потоков воздуха и наличие в нем абразивных примесей. Когда скруббер многократно эксплуатируется в таком нещадном режиме, то внутренняя поверхность устройства быстро изнашивается.

9.2.3 Метод хемосорбции и метод адсорбции

Методы абсорбции и хемосорбции, применяемые для очистки промышленных выбросов, называются мокрыми методами. Преимущество абсорбционных методов заключается в возможности экономической очистки большого количества газов и осуществления непрерывных технологических процессов.

Основной недостаток мокрых методов состоит в том, что перед очисткой и после ее осуществления сильно понижается температура газов, что приводит в конечном итоге к снижению эффективности рассеивания остаточных газов в атмосфере.

Метод хемосорбции основан на поглощении газов и паров твердыми или жидкими поглотителями с образованием малолетучих или малорастворимых химических соединений. Большинство реакций, протекающих в процессе хемосорбции, являются экзотермическими и обратимыми, поэтому при повышении температуры раствора образующееся химическое соединение разлагается с выделением исходных элементов.

Поглотительная способность хемосорбента почти не зависит от давления, поэтому хемосорбция более выгодна при небольшой концентрации вредных веществ в отходящих газах.

Примером хемосорбции может служить очистка газо-воздушной смеси от сероводорода путем применения мышьяково-щелочного, этанол аминного и других растворов. При мышьяково-щелочном методе извлекаемый из отходящего газа сероводород связывается оксисульфомышьяковой солью, находящейся в водном растворе. Регенерация раствора производится окислением кислорода, содержащегося в очищаемом воздухе. В этом случае в качестве побочного продукта получается сера.

Метод адсорбции основан на физических свойствах некоторых твердых тел с ультрамикроскопической структурой селективно извлекать и концентрировать на своей поверхности отдельные компоненты из газовой смеси. В пористых телах с капиллярной структурой поверхностное поглощение дополняется капиллярной конденсацией.

Наиболее широко в качестве адсорбента используется активированный уголь. Он применяется для очистки газов от органических паров, удаления неприятных запахов и газообразных примесей, содержащихся в незначительных количествах в промышленных выбросах, а также летучих растворителей и целого ряда других газов. В качестве ад-

сорбентов применяются также простые и комплексные оксиды (активированный глинозем, силикагель, активированный оксид алюминия, синтетические цеолиты или молекулярные сита), которые обладают большей селективной способностью, чем активированные угли. Однако они не могут использоваться для очистки очень влажных газов. Некоторые адсорбенты иногда пропитываются соответствующими реагентами, повышающими эффективность адсорбции, так как на поверхности адсорбента происходит хемосорбция. В качестве таких реагентов могут быть использованы растворы, которые за счет химических реакций превращают вредную примесь в безвредную.

Одним из основных параметров при выборе адсорбента является адсорбционная способность по извлекаемому компоненту. Адсорбционная способность или масса вещества, поглощенная единицей массы адсорбента в произвольный момент времени, зависит от концентрации адсорбируемого вещества (парциального давления p , Па) у поверхности адсорбента, общей площади этой поверхности, физических, химических и электрических свойств адсорбируемого вещества и адсорбента, температурных условий и присутствия других примесей.

Конструктивно адсорберы выполняются в виде вертикальных, горизонтальных либо кольцевых емкостей, заполненных пористым адсорбентом, через который фильтруется поток очищаемого газа. Выбор конструкции определяется скоростью газовой смеси, размером частиц адсорбента, требуемой степенью очистки и рядом других факторов. Вертикальные адсорберы, как правило, находят применение при небольших объемах очищаемого газа; горизонтальные и кольцевые – при высокой производительности, достигающей десятков и сотен тысяч $\text{м}^3/\text{ч}$.

Фильтрация газа происходит через неподвижный (адсорберы периодического действия) или движущийся слой адсорбента. Наибольшее распространение получили адсорберы периодического действия, в которых период контактирования очищаемого газа с твердым адсорбентом чередуется с периодом регенерации адсорбента.

Установки периодического действия (с неподвижным слоем адсорбента) отличаются конструктивной простотой, но имеют низкие допускаемые скорости газового потока и, следовательно, повышенную металлоемкость и громоздкость. Процесс очистки в таких аппаратах носит периодический характер, т. е. отработанный, потерявший активность поглотитель время от времени заменяют либо регенерируют. Существенным недостатком таких аппаратов являются большие энергетические затраты, связанные с преодолением гидравлического сопротивления слоя адсорбента.

Движение адсорбента в плотном слое под действием силы тяжести или в восходящем потоке очищаемого воздуха обеспечивает непрерывность работы установки. Такие методы позволяют более полно, чем

при проведении процесса с неподвижным слоем адсорбента, использовать адсорбционную способность сорбента, организовать процесс десорбции. В качестве недостатка этих методов следует отметить значительные потери адсорбента за счет ударов частиц друг о друга и истирания о стенки аппарата.

На рисунке 9.3 представлена схема адсорбционной установки для удаления SO_2 из горячего топочного газа.

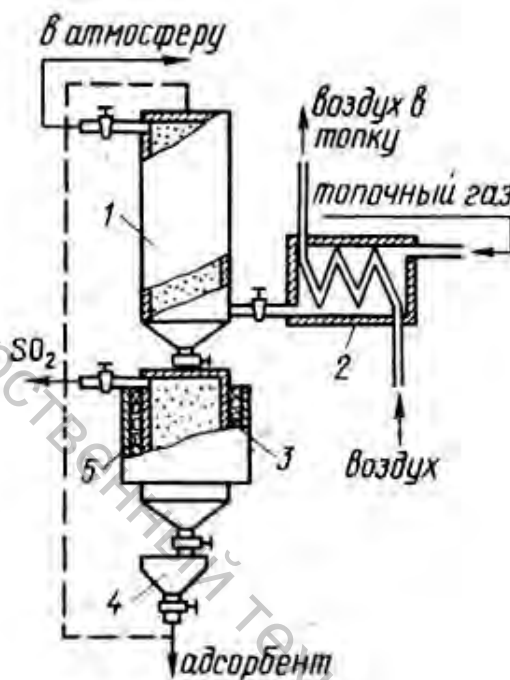


Рисунок 9.3 – Адсорбционная установка для удаления SO_2 из горячего топочного газа:

- 1 – адсорбер; 2 – теплообменник; 3 – подогреватель; 4 – бункер;
5 – десорбер

Основным агрегатом установки служит адсорбер 1, который заполнен древесным активированным углем. Горячий топочный газ проходит теплообменник 2, подогревает воздух, поступающий в топку, и подается в нижнюю часть адсорбера, где при температуре $150\text{--}200\text{ }^{\circ}\text{C}$ происходит улавливание SO_2 . Очищенный дымовой газ выбрасывается в атмосферу через дымовую трубу. Адсорбент после насыщения переводится в десорбер 5, где с помощью подогревателя 3 поддерживается температура $300\text{--}600\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Богатый оксидом серы газ выводится из десорбера и может быть полезно использован. Регенерированный адсорбент поступает в бункер 4 и затем с помощью ковшового элеватора поступает в верхнюю часть адсорбера.

9.2.4 Каталитический метод

Этим методом превращают токсичные компоненты промышленных выбросов в вещества безвредные или менее вредные для окружающей среды путем введения в систему дополнительных веществ, называемых катализаторами. Каталитические методы основаны на взаимодействии удаляемых веществ с одним из компонентов, присутствующих в очищаемом газе, или со специально добавляемым в смесь веществом на твердых катализаторах. Действие катализаторов проявляется в промежуточном (поверхностном) химическом взаимодействии катализатора с реагирующими соединениями, в результате которого образуются промежуточные вещества и регенерированный катализатор.

Методы подбора катализаторов отличаются большим разнообразием, но все они базируются в основном на эмпирических или полумпирических способах. Об активности катализаторов судят по количеству продукта, получаемого с единицы объема катализатора, или по скорости каталитических процессов, при которых обеспечивается требуемая степень превращения.

В большинстве случаев катализаторами могут быть металлы или их соединения (платина и металлы платинового ряда, оксиды меди и марганца и т. д.). Для осуществления каталитического процесса необходимы незначительные количества катализатора, расположенного таким образом, чтобы обеспечить максимальную поверхность контакта с газовым потоком. Катализаторы обычно выполняются в виде шаров, колец или проволоки, свитой в спираль. Катализатор может состоять из смеси неблагородных металлов с добавкой платины и палладия (сотые доли % к массе катализатора), нанесенных в виде активной пленки на нихромовую проволоку, свитую в спираль.

Объем катализаторной массы определяется исходя из максимальной скорости обезвреживания газа, которая в свою очередь зависит от природы и концентрации вредных веществ в отходящем газе, температуры и давления каталитического процесса и активности катализатора. Допустимая скорость обезвреживания находится в пределах 2000–60000 объемов газа на объем каталитической массы в час. Существенное влияние на скорость и эффективность каталитического процесса оказывает температура газа. Для каждой реакции, протекающей в потоке газа, характерна так называемая минимальная температура начала реакции, ниже которой катализатор не проявляет активности. Температура начала реакции зависит от природы и концентрации улавливаемых вредностей, скорости потока и типа катализатора. С повышением температуры эффективность каталитического процесса увеличивается. Например, метан начинает окисляться на поверхности катализатора, состоящего из 60 % диоксида марганца и 40 % оксида меди, только при температуре 320 °C, а 97%-е реагирование наблюдается при $t = 450$ °C.

Следует, однако, иметь в виду, что для каждого катализатора существует предельный температурный уровень. Повышение этого уровня приводит к снижению активности, а затем – к разрушению катализатора.

Для поддержания необходимой температуры газа иногда к нему подмешивают (особенно в пусковой период) продукты сгорания от вспомогательной горелки, работающей на каком-либо высококалорийном топливе.

На рисунке 9.4 представлен каталитический реактор, предназначенный для окисления толуола, содержащегося в газо-воздушных выбросах цехов окраски. Воздух, содержащий примеси толуола, подогревается в межтрубном пространстве теплообменника – рекуператора 1, откуда по переходным каналам он поступает в подогреватель 4. Продукты сгорания природного газа, сжигаемого в горелках 5, смешиваются с воздухом, повышая его температуру до 250–350 °С, т. е. до уровня, обеспечивающего оптимальную скорость окисления толуола на поверхности катализатора. Процесс химического превращения происходит на поверхности катализатора 3, размещенного в контактном устройстве 2. В качестве катализатора применена природная марганцевая руда (пиромзит) в виде гранул размером 2–5 мм, промотированных азотнокислым палладием. В результате окисления толуола образуются нетоксичные продукты: оксид углерода и водяные пары. Смесь воздуха и продуктов реакции при температуре 350–450 °С направляется в рекуператор 1, где отдает тепло газо-воздушному потоку, идущему на очистку, и затем через выходной патрубок выводится в атмосферу. Эффективность очистки такого реактора составляет 95–98 % при расходе вспомогательного топлива (природного газа) 3,5–4,0 м³ на 1000 м³ очищаемого воздуха. Гидравлическое сопротивление реактора при номинальной нагрузке (800–900 м³/ч) не превышает 150–180 Па. Скорость процесса находится в пределах от 8000 до 10000 объемов на объем катализаторной массы в 1 ч.

В последние годы каталитические методы очистки нашли применение для нейтрализации выхлопных газов автомобилей. Для комплексной очистки выхлопных газов – окисления продуктов неполного сгорания и восстановления оксида азота – применяют двухступенчатый каталитический нейтрализатор (рис. 9.5).

Установка состоит из последовательно соединенных восстановительного 2 и окислительного 4 катализаторов. Отработавшие газы через патрубок 1 поступают к восстановительному катализатору 2, на котором происходит нейтрализация оксидов азота. После восстановительного катализатора к отработавшим газам для создания окислительной среды через патрубок 3 подводится вторичный воздух. На окислительном катализаторе происходит нейтрализация продуктов неполного сгорания: оксида углерода и углеводородов.

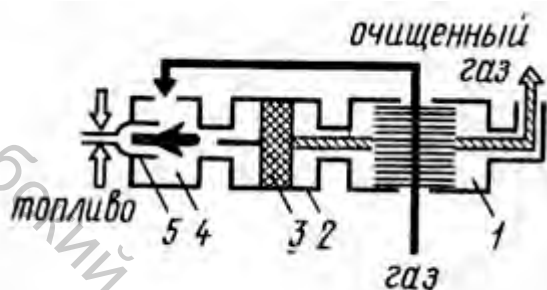


Рисунок 9.4 – Каталитический реактор: 1 – рекуператор; 2 – контактное устройство; 3 – катализатор; 4 – подогреватель; 5 – горелка

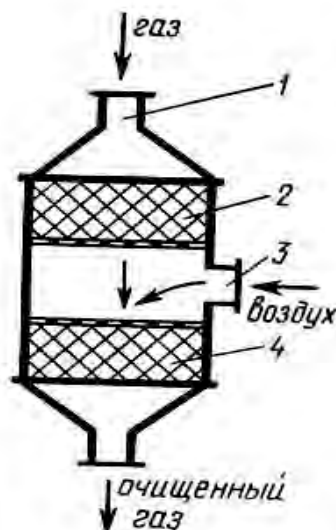


Рисунок 9.5 – Двухступенчатый каталитический нейтрализатор: 1 – патрубок; 2 – восстановительный катализатор; 3 – патрубок; 4 – окислительный катализатор

9.2.5 Термический метод

Достаточно большое развитие в отечественной практике нейтрализации вредных примесей, содержащихся в вентиляционных и других выбросах, имеет высокотемпературное дожигание (термическая нейтрализация). Для осуществления дожигания (реакций окисления) необходимо поддержание высоких температур очищаемого газа и наличие достаточного количества кислорода. Выбор схемы дожигания зависит от температуры и количества выбросов, а также от содержания в них вредных примесей, кислорода и других компонентов. Если выбросные газы имеют высокую температуру, процесс дожигания происходит в камере с подмешиванием свежего воздуха. Так, например, происходит дожигание оксида углерода в газах, удаляемых системой вентиляции от электродуговых плавильных печей, дожигание продуктов неполного сгорания (CO и C_xH_y) автомобильного двигателя непосредственно на выходе из цилиндров в условиях добавки избыточного воздуха.

Если температура выбросов недостаточна для протекания окислительных процессов, то в потоке отходящих газов сжигают природный или какой-либо другой высококалорийный газ. Одним из простейших устройств, используемых для огневого обезвреживания технологических и вентиляционных выбросов, является горелка, предназначенная для сжигания природного газа (рис. 9.6). Обезвреживаемые выбросы в этом случае подаются в канал 1, где они омывают горелку 2. Из коллектора 3 газ, служащий топливом, поступает в сопла, при истечении из ко-

торых инжектируется первичный воздух из окружающей среды. Горение смеси газа с первичным воздухом осуществляется в V-образной полости коллектора. Процесс догорания происходит на выходе из полости, где хвостовая часть факела контактирует с обезвреживаемыми выбросами при их истечении из кольцевой щели между корпусом горелки и коллектора.

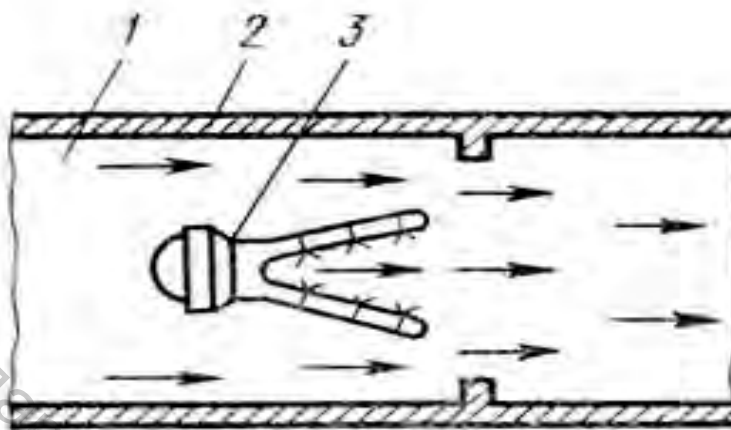


Рисунок 9.6— Установка для огневого обезвреживания технологических и вентиляционных выбросов:

1 – канал; 2 – горелка; 3 – коллектор

Системы огневого обезвреживания обеспечивают эффективность очистки 90–99 %, если время пребывания вредностей в высокотемпературной зоне не менее 0,5 с и температура обезвреживаемых газов, содержащих углеводороды, не менее 500–650 °С, а содержащих оксид углерода – 660–750 °С.

9.3 Выполнение работы

1. Ознакомиться с основными сведениями.
2. Перечислить способы очистки газо-воздушных смесей.
3. Представить схемы с кратким описанием устройств различных способов очистки газо-воздушных смесей. Указать преимущества и недостатки способов.
4. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. На какие классы делятся аппараты очистки газо-воздушных выбросов?
2. Для чего предназначен циклон?
3. Опишите принцип работы циклона.

4. Что такое скруббер?
5. Расскажите принцип работы скруббера Вентури.
6. В чем заключается метод хемсорбции?
7. Опишите схему адсорбционной установки для удаления SO_2 из горячего топочного газа.
8. В чем заключается каталитический метод?
9. В чем заключается термический метод?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 10

ОБРАЩЕНИЕ С ОТХОДАМИ И ИХ УТИЛИЗАЦИЯ

Цель: осветить актуальность решения проблемы утилизации отходов, дать характеристику классификации отходов, способам их утилизации, рассмотреть возможность нетрадиционного использования отходов.

10.1 Основные сведения

Отходы – это вещества или предметы, образующиеся в результате жизнедеятельности человека и экономической деятельности, утратившие полностью или частично свои потребительские свойства из-за физического или морального износа.

Отходы производства – это остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, образующиеся в процессе производства продукции или выполнения работ, потерявшие полностью или частично исходные потребительские качества; а также попутные вещества, которые образуются в процессе производства и не находят использования в этом производстве.

Согласно международной классификации промышленные отходы (ПО), принятых во всех организациях, входящих во *Всемирный банк отходов производства*. *Отходы по агрегатному состоянию делятся на:*

- твердые;
- жидкие;
- пастообразные.

По происхождению отходы делятся на:

- отходы органические природного происхождения – животного и растительного;
- отходы минерального происхождения;
- отходы химического происхождения;
- отходы коммунальные (отходы потребления, образующиеся в населённых пунктах).

Отходы потребления – изделия и материалы, которые потеряли свои потребительские свойства в результате физического или морального их износа. К отходам потребления относятся и твердые бытовые отходы, образующиеся в процессе жизнедеятельности людей.

Твёрдые бытовые отходы – твердые отходы, образующиеся у населения в результате потребления товаров в личном домашнем семейном хозяйстве (сломанные бытовые приборы, пищевые отходы, упаковка, изделия из дерева, металла, стекла, пластмассы и др.)

Классификация отходов возможна по разным показателям (стоимости, содержанию ценных компонентов), но самым главным из них является степень опасности для человеческого здоровья. Вредными отходами, например, считаются токсичные, инфекционные и радиоактивные. Их сбор и ликвидация регламентируется специальными санитарными правилами.

Опасные отходы – отходы, которые содержат в своём составе опасные вещества (токсичные, взрывоопасные, пожароопасные и т. п.). Это люминесцентные лампы, ртутные термометры, батарейки и т. п.

Токсичные промышленные отходы разделяются на четыре класса опасности: I класс – чрезвычайно опасные, II – высокоопасные, III – умеренно опасные, IV – малоопасные.

Основная часть отходов промышленных предприятий:

1) удаляется на полигоны или **шламонакопители** этих предприятий;

2) оставляется на территориях, прилегающих к предприятию – или **хвостохранилищах**, образуя при этом иногда **терриконы** – горы отвалов пустой породы в результате добычи полезных ископаемых (Солигорск, Гомель);

3) сжигаются, сливаются в канализацию, водоемы или вывозятся в несанкционированные места.

В Республике Беларусь утвержден классификатор отходов (Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 8 ноября 2007 г. № 85 «Об утверждении классификатора отходов, образующихся в Республике Беларусь» с изменениями и дополнениями № 48 от 30 июня 2009 г., № 63 от 31 декабря 2010 г., № 8 от 7 марта 2012 г.).

Основными причинами образования отходов являются:

- несовершенство технологии;
- применение морально устаревшего оборудования;
- несоответствие оборудования характеру технологических процессов;
- низкое качество сырья;
- нарушение технологического регламента;
- нарушение регламента эксплуатации оборудования.



Рисунок 10.1 – Классификация промышленных отходов

Средний уровень хозяйственного использования отходов составляет около 35 %, что в 2–2,5 раза ниже, чем в индустриально развитых странах.

10.2 Способы утилизации отходов

Мировой опыт насчитывает более 20 способов обезвреживания и утилизации отходов. Основные из них: сжигание, компостирование, складирование, повторное использование.

Сжигание – древнейший, но не лучший способ избавления от мусора. Сжигание твердых отходов в кострах или примитивных печах нельзя считать целесообразным ни с экономической, ни, тем более, с экологической точек зрения. Газы следует очищать, например, с помощью электрических фильтров. Во-первых, не весь мусор горит. Многие горючие отходы при сгорании дают золу, масса которой может составлять несколько процентов от массы исходного мусора. Поэтому все шлаки, которые остаются после сгорания, всё равно приходится вывозить на свалки. Были даже идеи добавлять мусор в доменные печи, что вряд ли улучшило бы качество получаемого чугуна. Неполное сгорание мусора приводит к выбросу огромного количества сажи и вредных органических соединений. Принципиальная схема мусоросжигательного завода установки представлена на рисунке 10.2.

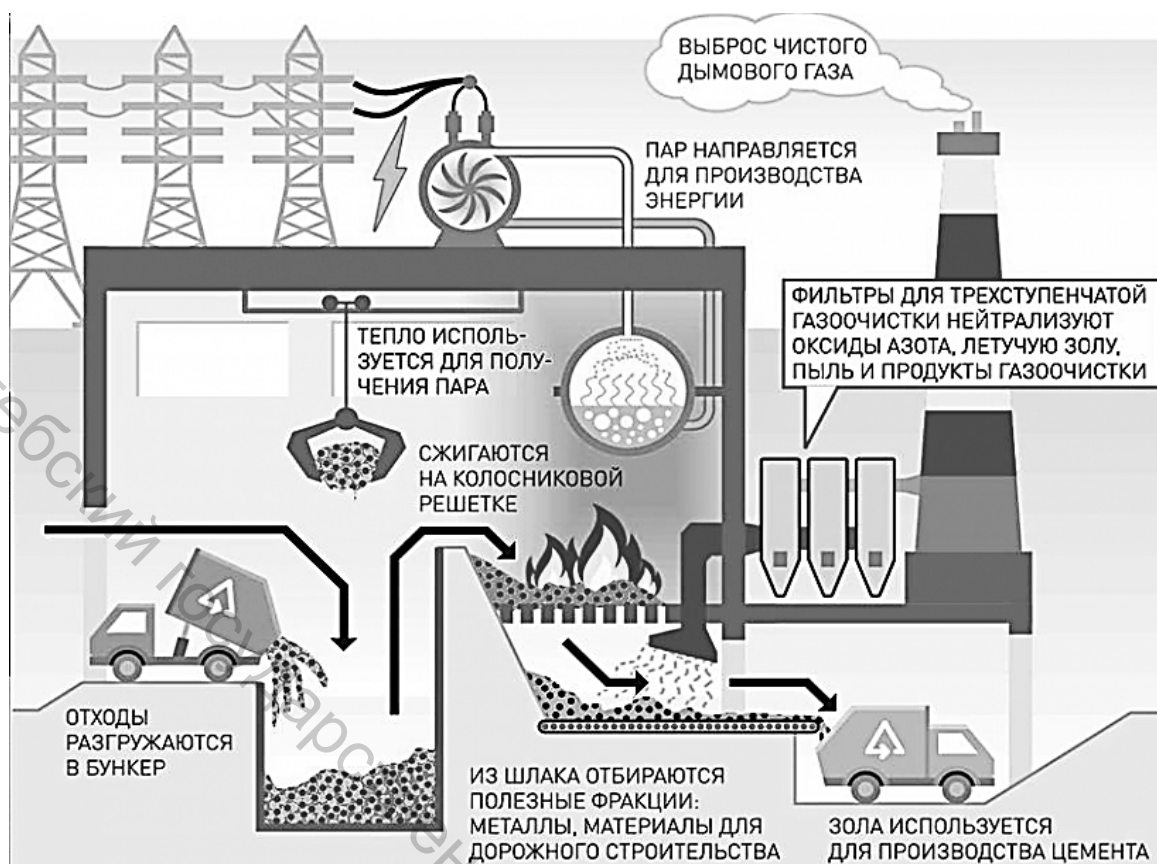


Рисунок 10.2 – Мусоросжигательный завод

Компостирование. В мусоре много компонентов, которые легко разлагаются на азот, фосфор, калий, биологически активные элементы. Осложняющий фактор: в компосте много тяжелых металлов, вредных для растений. Нужны особые методики сортировки мусора, сложная технологическая линия его сорбции, отмывания. Отсюда проблемы: дополнительные расходы на электроэнергию и водоснабжение. Но цивилизованные страны идут на это и, в конечном итоге, в стратегической перспективе результат окупает эти затраты.

В настоящее время наиболее рациональный способ утилизации отходов – повторное использование – наиболее ресурсосберегающий путь, но не всегда рентабелен как в экономическом, так и в экологическом плане. Здесь существует ряд проблем:

- прежде чем отходы использовать, их необходимо рассортировать (бумага, металл, битое стекло должны находиться отдельно);
- доставка отходов к месту переработки;
- отходы – сырьё, принципиально отличающееся от исходного материала по целому ряду параметров, поэтому невозможно производить высококачественную продукцию.

10.3 Сроки сохранения отходов

Пищевые отходы ущерб природе практически не наносят. Гниющие пищевые отходы – рассадник микробов (вред человеку). Время разложения – 1–7 нед. Способ вторичного использования: компостирование. Категорически запрещается бросать в огонь, так как могут образоваться диоксиды.

Макулатура – бумага, иногда пропитанная воском и покрытая различными красками. Ущерб природе не наносит, однако краска, которой покрыта бумага, может выделять ядовитые газы, нанося вред здоровью человека. Время разложения – 2–3 года. Способ вторичного использования – переработка на обёрточную бумагу.

Изделия из натуральных тканей ущерб природе и человеку не наносят. Время разложения – 2–3 года.

Деревянные изделия ущерб природе не наносят. Время разложения – несколько десятков лет. Наименее опасный способ обезвреживания – сжигание.

Консервные банки. Ущерб природе – соединения цинка, олова и железа ядовиты для многих организмов. Время разложения на земле – несколько десятков лет. Способ вторичного использования – переплавка вместе с металлом.

Металлолом. Ущерб природе – соединения железа ядовиты для многих организмов. Скорость разложения на земле (1 мм в глубину) 10–20 лет, в пресной воде (1 мм в глубину) 3–5 лет, в солёной воде (1 мм в глубину) 1–2 года. Способ вторичного использования – переплавка.

Фольга, материал – алюминий. Ущерб природе практически не наносит. Время разложения на земле – несколько десятков лет, в пресной воде – несколько лет. Наименее опасный способ обезвреживания – захоронение.

Банки из-под пива и других напитков. Материал – алюминий и его сплавы. Время разложения на земле – сотни лет, в пресной воде – несколько десятков лет, в солёной воде – несколько лет. Способ вторичного использования – переплавка.

Стеклотара. Время разложения на земле – несколько сотен лет, в спокойной воде – около 100 лет. Способ вторичного использования – использование по прямому назначению или переплавка.

Кирпичи. Ущерб природе практически не наносит. Время разложения на земле – несколько тысяч лет, в спокойной воде – несколько сотен лет, в полосе приобья – несколько лет. Способ вторичного использования – переработка в крошку.

Изделия из пластмасс. Ущерб природе – препятствует газообмену в почвах и водоёмах. Могут быть проглочены животными, что при-

ведёт к гибели последних. Вред человеку – пластмассы могут выделять при разложении ядовитые вещества. Время разложения – около 100 лет, может быть и больше.

Упаковка для пищевых продуктов. Медленно разрушается под действием солнечных лучей. Время разложения – десятки лет, может быть и больше. Способ вторичного использования – некоторые виды подвергаются переплавке, часть – сжигается, большинство – не перерабатывается. Наименее опасный способ обезвреживания – захоронение. Метод распознавания вида пластика при горении представлен в таблице 10.1.

Батарейки (отработанные). Очень ядовитые отходы! Материал – цинк, уголь, оксид марганца. Время разложения – на земле – около 10 лет, в спокойной воде – несколько лет, в солёной воде – около года. Наименее опасный способ обезвреживания – вывоз на свалку.

Учитывая большие объёмы выпускаемых товаров, упакованных в пластик, следует особое внимание уделять утилизации упаковочных материалов.

В соответствии с требованиями Директивы 94/62/ЕС всякая **упаковка** должна быть маркирована следующими знаками:

- *повторное или многократное использование;*
- *подлежит вторичной переработке;*
- *частично или полностью произведена из ВПО, с указанием его процентного содержания.*

Упаковочные материалы обозначаются следующими цифрами:
пластмассы – от 1 до 19; бумага и картон – от 20 до 39; металлы – от 40 до 49; древесина – от 50 до 59; текстиль – от 60 до 69; стекло – от 70 до 79.

Сейчас наибольшее распространение получило изготовление **биоразрушаемой упаковки**, основанное на введении в синтетический полимер веществ растительного происхождения. Они служат питательной средой для микроорганизмов, что приводит к нарушению целостности упаковки и, соответственно, к разрушению. Сырьем для получения этих веществ является: картофель, свекла, тапиока, зерновые и бобовые культуры, целлюлоза (древесина, хлопчатник, лигнин) и др. Также разработана композиция используется для выпуска пищевой упаковки и сельскохозяйственной пленки. Такой материал разрушается почти наполовину за 50 и практически полностью – через 80 дней. Так, материалы на основе поливинилового спирта способны биоразлагаться в горячей и холодной воде. Полимеры, изготовленные на основе молочного белка – казеина, полностью разрушаются при компостировании в течение 45 дней.

Новым упаковочным материалом является **эколин**. Его получают из полиэтилена с добавлением таких природных минеральных наполнителей, как известняк или доломит. Этот материал прошел сертификацию

и в качестве упаковки может применяться для пищевых продуктов. Его преимуществами являются нетоксичность, дешевое минеральное сырье, меньший расход нефтепродуктов. К перспективной относится упаковка из кукурузы. Из кукурузы изготавливают разнообразную упаковку, например бутылки. Выпускают и пленку, которую используют не только как пищевую упаковку, но и применяют в других областях. Пленку можно производить и непосредственно из кукурузного крахмала, которым так богаты зерна этой культуры. Подобные упаковочные материалы быстро и полностью разлагаются в природных условиях и даже при сжигании не выделяют вредных веществ. Историческим фактом является то, что еще в 30-е годы прошлого века Генри Форд изучал возможности использования пластика на основе сои для деталей своих автомобилей.

Биогенная упаковка. Ее можно изготовить, например, из древесной массы, которая накапливается в виде отходов при прочистке лесов. Такая упаковка полностью утилизируется под воздействием природных факторов. В качестве материала для создания биогенной упаковки могут использоваться отходы перерабатывающей промышленности. Так, при изготовлении яблочного сока побочным продуктом являются яблочные выжимки, которые могут служить составной частью биоразлагаемой упаковки. Следующий путь – использование материалов на основе водорослей. Это быстрорастущее сырье – так некоторые виды водорослей могут за 12 часов вырасти на целый метр. После его использования он легко компостируется или подвергается вторичной переработке, например, с макулатурой. Как было установлено исследованиями, сине-зеленные водоросли, способны синтезировать целлюлозу. Ее можно использовать как биоразлагаемую добавку для изготовления бумаги, сохраняя тем самым наши леса от излишней вырубki. Если учесть, что цианобактерии живут на нашей земле повсюду уже 2,8 миллиарда лет, они представляют несомненный интерес для тароупаковочной промышленности, являясь воспроизводимым и экологически безвредным природным ресурсом. Сейчас во всем мире снова возрос интерес к упаковке, изготовленной из бумаги и картона. Хотя она и дороже полимерной, однако потребители (особенно в развитых странах) готовы платить больше, приобретая пищевой продукт, упакованный в экологически чистый материал природного происхождения. Большое внимание уделяется пергаменту, традиционно производимому из целлюлозы. Используемая пергаментная упаковка из-под кондитерских изделий или масло/жиродержащих продуктов не загрязняет окружающую среду, хорошо биоразлагается и может являться вторичным сырьем, например, для удобрений или производства компоста, а также макулатурной добавкой при изготовлении бумаги.

Съедобная упаковка. Заслуживает внимание и упаковка из молока – новый вид так называемой «съедобной» пищевой упаковки. На

основе молочного белка – казеина получают водонепроницаемую пленку. Такие тонкие пленки можно наносить непосредственно на пищевой продукт – они очень хорошо выполняют свои барьерные функции, т. е. защищают продукт от механических, атмосферных и других неблагоприятных воздействий. Так, в частности, они хорошо поддерживают влажность, и поэтому их применяют для сырков, а ламинированный пленочный казеин – для йогуртов. Казеин можно модифицировать, т. е. вводить в его состав витамины, ароматизаторы, антиоксиданты для улучшения питательных свойств и увеличения срока хранения. Такие упаковки получили название «активные», так как они принимают непосредственное участие в производстве пищевого продукта. Это новое и рациональное направление в пищевой промышленности. В организме человека они могут играть роль натуральных энтеросорбентов, выводя из организма тяжелые и токсичные металлы, радионуклиды. Согласно оценкам экспертов, такие технологии примерно в 50 раз дешевле по сравнению с традиционными химическими способами.

Маркировка на упаковке представлена в таблице 10.1 [17].

Таблица 10.1 – Виды маркировок на упаковочной таре

Знак 1	Пояснение 2
	Нетоксичный материал – изделие изготовлено из материала (обычно пластик), который не токсичен и может соприкасаться с пищевыми продуктами. Применяется на пластиковой (одноразовой) посуде, кухонной технике, иногда на упаковке продуктов питания
	«Выбросить в урну» – именно это и следует сделать с упаковкой, на которой есть такая экомаркировка. Данный знак может сопровождаться различными вариантами подписей: «Содержи свою страну в чистоте!» (Keep your country tidy!), «Спасибо» (Gracias) и др.
	Особая утилизация. Экомаркировка «Отдельный сбор» ставится на источниках питания (батарейки) и товарах, содержащих некоторые опасные вещества (ртуть, свинец). Во избежание нанесения вреда окружающей среде необходимо отделить данный объект от обычных отходов и утилизировать его наиболее безопасным способом, например, сдать в специальные места по утилизации
	Маркировка CE является единственным обозначением соответствия определенной продукции на требования к качеству на территории Европейского Союза . Знак CE гарантирует, что производимая изготовителем продукция полностью соответствует требованиям безопасности для ОС
	Знак «Вредно для здоровья». Обычно помещается на упаковках бытовой химии, в частности, средствах для посудомоечных машин. Будьте предельно осторожны с таким товаром

Продолжение таблицы 10.1

1	2
	Знак вторичной переработки «Петля Мебиуса» означает, что упаковка товара частично или полностью сделана из переработанного сырья либо пригодна для последующей переработки. Производителям рекомендуется рядом со знаком уточнять процент «вторичности», например: «Изготовлено на 95 % из переработанного картона». На немецких картонных упаковках иногда можно встретить еще и такую фразу: «Если меня плоско сложить, я стану макулатурой. Спасибо»
	Потенциально перерабатываемый пластик. Знак ставится непосредственно на изделии. Обратите внимание, что само наличие треугольника не гарантирует возможность переработки, это зависит от материала. 1. PET или PETE (ПЭТ) – полиэтилентерфталат (тара для минеральной воды, безалкогольных напитков, масла и фруктовых соков, одежда, спортивная обувь и т. д.); ПЭТ – самый часто используемый в мире тип пластмассы. Важно помнить, что он предназначен для ОДНОРАЗОВОГО использования. Если вы в такую бутылку наливаете свою воду, то готовьтесь к тому, что в ваш организм могут попасть некоторые щелочные элементы и слишком большое количество бактерий, который буквально обожают ПЭТы. 2. PEHD или HDPE (ПНД) – полиэтилен высокой плотности или низкого давления (бутылки, флаги, полужесткие упаковки для мыла, шампуней, мусорные контейнеры, дренажные трубы и т. д.; считается безопасным для пищевого использования); Это очень хороший пластик, который не выделяет практически никаких вредных веществ. Специалисты рекомендуют, если это возможно, покупать воду именно в таких бутылках. Это жесткий тип пластика, который чаще всего используется для хранения молока, игрушек, моющих средств и при производстве некоторого количества пластиковых пакетов, материал, из которого делают большинство спортивных и туристических многоразовых бутылок
	3. PVC (ПВХ) – поливинилхлорид (тара для моющих средств, клеенка, трубы для сантехники, напольные профили, оконные покрытия, садовые шланги используется для обшивки компьютерных кабелей, блистерные упаковки; опасен для пищевого использования, поскольку может содержать диоксины, ртуть, кадмий, бисфенол А). Именно этот пластик практически не поддается переработке; ПВХ можно отличить по признакам: при сгибании на линии сгиба появляется белая полоса; бутылки из ПВХ бывают синего или голубого цвета; шов на дне бутылки имеет два симметричных наплыва. Этот пластик повторно НЕ ПЕРЕРАБАТЫВАЕТСЯ в нашей стране. 4. LDPE или PELD (ПВД) – полиэтилен низкой плотности, полиэтилен высокого давления (брезенты, мусорные мешки, пакеты, черепица, прокладочный материал и т. д.; безопасен для пищевого использования). Он не выделяет химические вещества в воду, которую хранит. Но безопасен он в случае только с тарой для воды. Пакеты в продуктовом магазине из

	него лучше не покупать: можете съесть не только то, что купили, но и некоторые весьма и весьма опасные для вашего сердца химикаты. 5. PP (ПП) – полипропилен (используется в автомобильной промышленности для оборудования и бамперов, а также для игрушек, одноразовой посуды, зубных щеток, упаковка из-под шоколадок, макарон, упаковки для сиропов и йогурта и т. п.; безопасен для пищевого использования). Полипропилен ценится за термоустойчивость. Когда он нагревается, то не плавится. Относительно безопасен. 6. PS (ПС) – полистирол (плиты теплоизоляции зданий, пищевые упаковки, столовые приборы и чашки, коробки CD, пищевая плёнка и пеноматериалы, игрушки, ручки и т. д.; материал потенциально опасен, особенно в случае горения, поскольку содержит стирол); часто используется при производстве кофейных стаканчиков и контейнеров для быстрого питания. При нагревании, однако, выделяет опасные химические соединения. Полистирол – это недорогой, легкий и достаточно прочный вид пластика, который совсем НЕ ГОДИТСЯ для хранения ГОРЯЧЕЙ ЕДЫ и напитков. Помните об этом, используя одноразовую посуду, практически вся она изготавливается из полистирола. 7. OTHER или О – другие виды пластика (в основном, поликарбонат – может содержать опасный для человека бисфенол А; используется для изготовления твёрдых прозрачных изделий, таких как, например, детские рожки)
	Знак переработки целлюлозной продукции: 20 – картон; 21 – прочая бумага: журналы, почта, упаковка из-под муки, сахара и т. д.; 22 – бумага; 23 – полиграфический картон: открытки, обложки книг
	Знак переработки стекла: 70 – бесцветное стекло; 71 – зеленое стекло; 72 – коричневое стекло; 73 – бутылочное стекло (тёмно-коричневое); 74 – бутылочное стекло (светло-коричневое); 75 – стекло с малым содержанием свинца: используется в современных телевизорах и электронных приборах; 76 – хрусталь; 77 – стекло, покрытое медью: электроника, часы; 78 – стекло, покрытое серебром: зеркало, посуда для сервировки; 79 – позолоченное стекло: посуда для сервировки
	Знак переработки комбинированных или композитных материалов Композитные материалы технически подлежат переработке, но данный процесс очень сложен (и, как следствие, дорог) из-за их неоднородной структуры. 81 – бумага + пластик (PapPet): пакеты для кормов животных, контейнеры для мороженого, одноразовые тарелки и т. п.; 82 – бумага / фибровый картон + алюминий; 83 – бумага / фибровый картон + жёсть;

	84 – бумага / картон + пластик + алюминий (C/PAP, PapAl): контейнеры для жидкостей, упаковки для сока, обёртки жвачек, Tetra Brik; 85 – бумага / фибровый картон + пластик + алюминий + жёсть; 87 – биоразлагаемый пластик: материал для ламината, закладки, визитки, флаеры/листовки; 90 – пластик + алюминий: тюбики для зубной пасты; 91 – пластик + жёсть; 92 – пластик + разные металлы; 95 – стекло + пластик; 96 – стекло + алюминий; 97 – стекло + жёсть; 98 – пластик + разные металлы
	Знак «Зеленая точка» (нем. Der Grüne Punkt) ставят на продукцию, производитель которой оплатил сбор на переработку и утилизацию упаковки в рамках «Дуальной системы» (DSD). Введено в Германии в 1991 году. Актуально только на территории европейских стран
	Эколейбл Евросоюза. Введен с 2001 года как единая экомаркировка товаров. Присваивается продуктам и производителям, которые удовлетворяют требованиям экологических стандартов (незагрязнение окружающей среды в процессе производства и утилизации, отсутствие вредных веществ и т. д.)
	Green Seal («Зеленая печать») – независимая экологическая организация потребителей, которая присуждает «зеленую печать одобрения» товарам, производство, эксплуатация и утилизация которых причиняет значительно меньший ущерб окружающей среде, чем производство других аналогичных продуктов
	Отдельная группа знаков на бытовой технике, аэрозольных препаратах и других материалах: «Озонобезопасный», «Не содержит фреон», CFC Free. Продукты не имеют в своём составе веществ, разрушающих озоновый слой земли. В настоящее время большинство производителей отказалось от использования в качестве хладагентов фреонов (хлорфторуглеродов), поскольку они пагубно влияют на озоновый слой нашей планеты
	Информация о натуральности продукции (сырья) органического происхождения, выращенной без применения химикатов, произведённой без красителей и искусственных пищевых добавок

Окончание таблицы 10.1

	Знак говорит о том, что продукция <i>не содержит трансгенов (ГМО)</i>
---	---

Умная упаковка. Скоро она будет выступать в роли детектора свежести продуктов питания. Для этого на нее будут наносить пластиковый диск (конечно, из биоразлагаемого полимера), который меняет цвет, когда продукт начинает портиться, например, от бесцветного до розового или голубого – в зависимости от вида пищевого продукта. Первые диски уже появились для морепродуктов – рыбы, креветок. Другой разработкой является продуктовый «светофор», наносимый на вакуумную упаковку, в частности, колбасные изделия, и имеющий два индикатора, «сигнализирующих» о пригодности или испорченности продукта питания. Пока биоразлагаемые упаковочные материалы дороже традиционных. Но, несмотря на это, многие крупные розничные сети переходят на более современную упаковку. Возрастание объемов производства таких упаковочных средств приведет к снижению их стоимости.

Однако следует отметить, что пока еще производство и потребление биоразлагаемых упаковочных материалов и упаковок не решает полностью проблемы охраны среды обитания от использованной и изношенной полимерной упаковки и тары. Причин здесь несколько: трудность регулирования скорости распада на свалках; довольно высокая стоимость вводимых добавок.

10.4 Выполнение работы

1. Произвести рассортировку отходов (по заданию преподавателя).
2. По маркировке на упаковке определить материал, из которого изготовлена упаковка. В случае отсутствия маркировки можно воспользоваться рекомендациями таблицы 10.2.
3. Определить способ утилизации рассортированных отходов.
4. Используя классификатор отходов, составить список отходов, образующихся на текстильном, швейном, обувном, машиностроительном предприятии, в учреждении образования.

Таблица 10.2 – Определение вида пластика (полимера, пластмасса) по горению с помощью зажигалки

Вид поли- мера	Характеристики горения		
	Горючесть	Окраска пламени	Запах продуктов горения
ПВД	Горит в пламени и при уда- лении	Внутри синеватая, без копоти	Горящего парафина
ПНД	Горит в пламени и при уда- лении	Внутри синеватая, без копоти	Горящего парафина
ПП	Горит в пламени и при уда- лении	Внутри синеватая, без копоти	Горящего парафина
ПВХ	Трудно воспламеняется и гаснет	Зеленоватая с ко- потью	Хлористого водорода
ПС	Загорается и горит вне пла- мени	Желтоватая с силь- ной копотью	Сладковатый, непри- ятный
ПА	Горит и самозатухает	Голубая, желтова- тая по краям	Жженого рога или пера
ПК	Трудно воспламеняется и гаснет	Желтоватая с копо- тью	Жженой бумаги

Контрольные вопросы

1. Что такое отходы производства?
2. Что такое отходы потребления?
3. На какие классы опасности подразделяются отходы?
4. Почему не подлежат захоронению отходы 1 класса опасности?
5. Какими опасными свойствами могут обладать отходы?
6. К каким последствиям может привести неправильное обращение с отходами?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 11

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РЕГУЛЯТОРОВ РАСХОДА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Цель: изучить методику расчета экономии топлива от внедрения регуляторов тепла

11.1 Основные сведения

Энергосбережение – реализация правовых, организационных, научных, производственных, технических, экономических мер, направ-

ленных на эффективное (рациональное) использование (и экономное расходование) топливно-энергетических ресурсов и на вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии.

Энергоэффективность – эффективное использование энергетических ресурсов, достижение экономически оправданной эффективности использования ТЭР при существующем уровне развития техники и технологии и соблюдении требований к охране окружающей среды.

Экономический эффект от внедрения регуляторов расхода тепловой энергии имеет следующие составляющие:

- поддержание комфортной температуры воздуха в помещениях путем соблюдения заданного графика зависимости температуры теплоносителя, поступающего в систему отопления, от температуры наружного воздуха;
- ликвидация весенне-осенних перетопов зданий;
- автоматическое снижение потребления тепловой энергии системой отопления здания в нерабочее время, в выходные и праздничные дни;
- поддержание требуемой температуры горячей воды в системе ГВС;
- автоматическое снижение температуры горячей воды в ночное время, в выходные и праздничные дни, вплоть до полной остановки системы ГВС;
- поддержание комфортной температуры воздуха в помещениях путем автоматического изменения расхода теплоносителя, поступающего на калорифер вентиляционной установки;
- автоматическое включение вентиляционной установки в рабочее время и отключение в нерабочее время, в выходные и праздничные дни;
- ограничение температуры теплоносителя, возвращаемого в тепловую сеть.

11.2 Расчет экономии топлива от внедрения регуляторов расхода тепловой энергии

11.2.1 Расчет годового расхода тепловой энергии

Годовой расход теплоты жилыми и общественными зданиями определяется по следующим формулам:

а) на отопление жилых и общественных зданий

$$Q_o^{\text{год}} = 24 \cdot Q_{o \text{ ср}} \cdot n_o, \quad \text{ккал}, \quad (11.1)$$

где $Q_{o \text{ ср}}$ – среднечасовой расход тепла за отопительный период, ккал/ч;

n_0 – продолжительность отопительного периода в сутках по числу дней с устойчивой средней суточной температурой воздуха 8 °С и ниже (Брестская обл. – 187 сут, Витебская обл. – 207 сут, Гомельская обл. – 194 сут, Гродненская обл. – 194 сут, Минская обл. – 202 сут, Могилевская обл. – 204 сут); 24 – количество часов в сутках.

$$Q_{0\text{ ср}} = Q_0 \cdot \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{ср.0}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.0}}}, \quad (11.2)$$

где Q_0 – максимальный часовой расход тепла на отопление, ккал/ч (принимается на основании проекта, технических условий на теплоснабжение или договора с энергоснабжающей организацией на теплоснабжение); $t_{\text{вн}}$ – расчетная температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий, °С (18 °С – для жилых, общественных и административных зданий, 21 °С – для дошкольных и детских лечебных учреждений, для производственных зданий принимается температура в зданиях характерная для конкретного производства); $t_{\text{ср.0}}$ – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °С (0,2 °С – Брестская обл., -2 °С – Витебская обл., -1,6 °С – Гомельская обл., -0,5 °С – Гродненская обл., -1,6 °С – Минская обл., -1,9 °С – Могилевская обл.); $t_{\text{р.0}}$ – расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления принимаемая, как средняя температура воздуха наиболее холодной пятидневки, °С (-21 °С – Брестская обл., -25 °С – Витебская обл., -24 °С – Гомельская обл., -22 °С – Гродненская обл., -24 °С – Минская обл., -25 °С – Могилевская обл.);

б) на вентиляцию общественных зданий

$$Q_{\text{в}}^{\text{год}} = Z \cdot Q_{\text{в ср}} \cdot n_0, \quad \text{ккал}, \quad (11.3)$$

где $Q_{\text{в ср}}$ – среднечасовой расход тепла на вентиляцию за отопительный период, ккал/ч (принимается на основании проекта, технических условий на теплоснабжение или договора с энергоснабжающей организацией на теплоснабжение); Z – усредненное за отопительный период число часов работы системы вентиляции общественных зданий в течении суток, ч (при отсутствии данных допускается принимать $Z = 16$ ч).

$$Q_{\text{в ср}} = Q_{\text{в}} \cdot \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{ср.0}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.в}}}, \quad \text{ккал/ч}, \quad (11.4)$$

где $Q_{\text{в}}$ – максимальный часовой расход тепла на вентиляцию, ккал/ч (принимается на основании проекта, технических условий на теплоснабжение или договора с энергоснабжающей организацией на тепло-

снабжение); t_p . в. – расчетная температура наружного воздуха для проектирования вентиляции, принята как средняя температура воздуха наиболее холодного периода, °С (-21 °С – Брестская обл., -25 °С – Витебская обл., -24 °С – Гомельская обл., -22 °С – Гродненская обл., -24 °С – Минская обл., -25 °С – Могилевская обл.);

в) на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий

$$Q_{Г.В.}^{ГОД} = 24 \cdot Q_{Г.В.СР} \cdot n_0 + 24 \cdot Q_{Г.В.СР}^Л \cdot (350 - n_0), \text{ ккал}, \quad (11.5)$$

где $Q_{Г.В.СР}$ – среднечасовой расход тепла на горячее водоснабжение за отопительный период, ккал/ч; $Q_{Г.В.СР}^Л$ – среднечасовой расход тепла на горячее водоснабжение в летний период, ккал/ч; n_0 – продолжительность отопительного периода в сутках по числу дней с устойчивой средней суточной температурой воздуха 8°С и ниже; 350 – число суток в году работы системы горячего водоснабжения; 24 – количество часов в сутках.

$$Q_{Г.В.СР} = Q_{Г.В.} \cdot k, \text{ ккал/ч}, \quad (11.6)$$

где $Q_{Г.В.}$ – максимальный часовой расход тепла на горячее водоснабжение, ккал/ч (принимается на основании проекта, технических условий на теплоснабжение или договора с энергоснабжающей организацией на теплоснабжение); k – коэффициент часовой неравномерности пользования горячей водой (допускается принимать $k = 0,5$).

$$Q_{Г.В.СР}^Л = Q_{Г.В.СР} \cdot \frac{55 - t_{Х.Л.} \cdot \beta}{55 - t_{Х.З.}}, \text{ ккал/ч}, \quad (11.7)$$

где $t_{Х.Л.}$ – температура холодной (водопроводной) воды в летний период, °С (допускается принимать $t_{Х.Л.} = 15$ °С); $t_{Х.З.}$ – температура холодной (водопроводной) воды в отопительный период, °С (допускается принимать $t_{Х.З.} = 5$ °С); β – коэффициент, учитывающий снижение среднечасового расхода воды на горячее водоснабжение в летний период по отношению к отопительному (допускается принимать $\beta = 0,8$); 55 – температура горячей воды, °С.

Годовые расходы теплоты предприятиями определяются исходя из числа дней работы предприятия в году, количества смен работы в сутки с учетом режима теплопотребления предприятия. Для действующих предприятий годовые расходы теплоты допускается определять по эксплуатационным данным или ведомственным нормам.

11.2.2 Расчет годовой экономии тепловой энергии

Экономия тепловой энергии за счет поддержания комфортной температуры воздуха в помещениях жилых, общественных и производственных зданий путем соблюдения заданного графика зависимости температуры теплоносителя, поступающего в систему отопления, от температуры наружного воздуха составляет 2 % (принимается на основании практических наработок) от годового расхода теплоты на отопление

$$\Delta 1Q_o^{\text{год}} = 0,02 \cdot Q_o^{\text{год}}, \text{ ккал.} \quad (11.8)$$

Экономия тепловой энергии за счет ликвидации весенне-осенних перетопов в помещениях жилых, общественных и производственных зданий составляет 12% (принимается на основании практических наработок) от годового расхода теплоты на отопление:

$$\Delta 2Q_o^{\text{год}} = 0,12 \cdot Q_o^{\text{год}}, \text{ ккал.} \quad (11.9)$$

Экономия тепловой энергии за счет автоматического снижения потребления тепловой энергии системой отопления общественных и производственных зданий в нерабочее время, в выходные и праздничные дни составляет 23 % (принимается на основании практических наработок) от годового расхода теплоты на отопление

$$\Delta 3Q_o^{\text{год}} = 0,23 \cdot Q_o^{\text{год}}, \text{ ккал.} \quad (11.10)$$

Для систем отопления жилых зданий не практикуется автоматическое снижение потребления тепловой энергии.

Экономия тепловой энергии за счет поддержания требуемой температуры горячей воды в системе ГВС жилых, общественных и производственных зданий составляет 2 % (принимается на основании практических наработок) от годового расхода теплоты на горячее водоснабжение

$$\Delta 1Q_{\text{Г.В.}}^{\text{год}} = 0,02 \cdot Q_{\text{Г.В.}}^{\text{год}}, \text{ ккал.} \quad (11.11)$$

Экономия тепловой энергии за счет автоматического снижения температуры горячей воды в ночное время в жилых зданиях составляет 13% (принимается на основании практических наработок) от годовой расхода теплоты на горячее водоснабжение. Экономия тепловой энергии за счет автоматического снижения температуры горячей воды в ночное время, в выходные и праздничные дни, вплоть до полной оста-

новки системы ГВС, общественных и производственных зданий составляет 21 % (принимается на основании практических наработок) от годового расхода теплоты на горячее водоснабжение

$$\Delta 2Q_{\text{Г.В.}}^{\text{ГОД}} = (0,13 \text{ или } 0,21) \cdot Q_{\text{Г.В.}}^{\text{ГОД}}, \text{ ккал.} \quad (11.12)$$

Экономия тепловой энергии за счет поддержания комфортной температуры воздуха в помещениях путем автоматического изменения расхода теплоносителя, поступающего на калорифер вентиляционной установки, составляет 9 % (принимается на основании практических наработок) от годового расхода теплоты на вентиляцию

$$\Delta 1Q_{\text{В.}}^{\text{ГОД}} = 0,09 \cdot Q_{\text{В.}}^{\text{ГОД}}, \text{ ккал.} \quad (11.13)$$

Экономия тепловой энергии за счет автоматического включения вентиляционной установки в рабочее время и отключение в нерабочее время, в выходные и праздничные дни составляет 2 % (принимается на основании практических наработок) от годовой расхода теплоты на вентиляцию

$$\Delta 2Q_{\text{В.}}^{\text{ГОД}} = 0,02 \cdot Q_{\text{В.}}^{\text{ГОД}}, \text{ ккал.} \quad (11.14)$$

Годовая экономия тепловой энергии $\Delta Q^{\text{ГОД}}$ (ккал) составит

$$\begin{aligned} \Delta Q^{\text{ГОД}} = & \Delta 1Q_o^{\text{ГОД}} + \Delta 2Q_o^{\text{ГОД}} + \Delta 3Q_o^{\text{ГОД}} + \Delta 1Q_{\text{Г.В.}}^{\text{ГОД}} + \Delta 2Q_{\text{Г.В.}}^{\text{ГОД}} + \Delta 1Q_{\text{В.}}^{\text{ГОД}} + \\ & + \Delta 2Q_{\text{В.}}^{\text{ГОД}} \end{aligned} \quad (11.15)$$

Годовая экономия условного топлива $\Delta B^{\text{ГОД}}$ составит

$$\Delta B^{\text{ГОД}} = \Delta Q^{\text{ГОД}} \cdot b_{\text{ТЭ}} \cdot 10^{-3}, \text{ т у. т.}, \quad (11.16)$$

где $b_{\text{ТЭ}}$ – удельный расход условного топлива на выработку одной Гкал тепловой энергии, кг у.т./Гкал (за 2018 год составил 166,6 кг у.т./Гкал).

11.2 Выполнение работы

1. По данным предприятия провести расчет годовой экономии условного топлива при использовании автоматических регуляторов тепла

Таблица 11.1 – Исходные данные для расчета экономии тепловой энергии производственным зданием

Вариант	Населенный пункт	Максимальный расход тепла на отопление, Гкал/мес.	Максимальный расход тепла на вентиляцию, Гкал/мес.	Максимальный расход тепла на горячее водоснабжение, Гкал/мес.
1	2	3	4	5
1	Брест	115	5	40
2	Пинск	110	7	42
3	Витебск	130	5	30
4	Полоцк	140	6	38
5	Гомель	100	8	36
6	Гродно	125	6	28
7	Могилев	140	7	31
8	Барановичи	128	8	32
9	Новополоцк	147	5	35
10	Светлогорск	132	4	41
11	Бобруйск	134	6	38
12	Кричев	139	6	35
13	Дубровно	128	8	28
14	Заславль	120	7	27
15	Шклов	106	6	20
16	Туров	102	7	22
17	Верхнедвинск	119	5	24
18	Орша	144	10	29
19	Жлобин	105	7	20
20	Молодечно	126	8	21
21	Лида	135	4	29
22	Дзержинск	131	3	30
23	Новолукомль	128	8	28
24	Столбцы	137	5	30
25	Слуцк	132	6	21
26	Волковыск	109	7	18
27	Слоним	127	6	20
28	Ошмяны	131	6	17

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 12

ОЦЕНКА ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ВСТРОЕННОГО ПОМЕЩЕНИЯ АДМИНИСТРАТИВНОГО ЗДАНИЯ

Цель: ознакомиться с источниками энергопотребления встроенными помещениями и методикой составления энергетического паспорта.

Эффективное использование энергетических ресурсов, энергии и энергоносителей, сокращение потерь в процессе функционирования промышленной инфраструктуры – вопросы, с каждым десятилетием становящиеся все более актуальными и представляющие собой сегодня глобальную проблему. Внедрение современных энергосберегающих технологий равносильно производству энергоресурсов и зачастую именно оно представляет собой более рентабельный и экологически ответственный способ обеспечения растущего спроса на энергию.

В существующих зданиях расходы тепловой энергии в среднем составляют 250–600 кВт/ч за отопительный период на м² отапливаемой площади в зависимости от объемно-планировочного решения дома: многоэтажный или малоэтажный, многосекционный или многоквартирный. В многоэтажных домах площадь наружных ограждающих конструкций (стен, покрытий, цокольных перекрытий), приходящихся на 1 м² полезной площади зданий, в 3–4 раза меньше, чем в одно-двухэтажных, и, соответственно, меньше тепловых потерь. В таблице 1 приведены сравнительные фактические удельные показатели энергопотребления на отопление многоэтажных зданий в России и нормативные для Дании и Германии.

Таблица 12.1 – Сопоставление удельных показателей энергопотребления на отопление зданий

Страна	Россия	Германия	Дания
Удельное энергопотребление, кВт.ч/м ²	250–300	85	88

Расход энергии (тепла, электричества) в зданиях зависит от многих различных факторов: климатических, технических, потребительских.

К климатическим факторам относятся температура холодного периода, количество солнечной радиации, скорость ветра, количество осадков.

К техническим факторам относятся величина тепловой изоляции, тип, размер и направленность окон, объемно-планировочное решение здания, системы отопления и вентиляции, регулирование этих систем.

К потребительским относят частоту открывания окон, приготовления пищи и использования света, количество бытовых приборов.

Величина теплопотерь через наружные ограждения (стены, покрытия, цокольные перекрытия, окна) определяется сопротивлением теплопередаче конструкции.

Энергоэффективным является здание, в котором при проектировании, строительстве и эксплуатации осуществлено максимальное количество мероприятий, направленных на экономию топливно-энергетических ресурсов.

Основными путями экономии энергии в гражданских зданиях являются повышение тепловой эффективности строительных конструкций, архитектурно-планировочных решений, инженерных систем, использование нетрадиционных видов энергии. Повышение теплозащиты здания возможно осуществить за счет использования эффективных теплоизоляционных материалов и применения новых конструктивных решений стен, окон.

Наиболее перспективными являются двухслойные ограждающие конструкции с несущим и теплоизоляционным слоями.

Объемно-планировочные решения зданий оказывают существенное влияние на энергопотребление. Например, здания с широким корпусом потребляют на 15–18 % меньше энергии, чем здания с обычным корпусом. Поэтому необходимо разрабатывать объемно-планировочные решения с наименьшей площадью наружных конструкций для зданий одинакового объема.

Критерием качества объемно-планировочного решения может служить расчетный показатель компактности здания. Впервые этот показатель был введен в нормирование в ФРГ в 1984 году. Показатель компактности здания определяется как отношение общей площади наружных ограждающих конструкций $S_{нар}$ и величины отапливаемого объема $V_{от}$: $k = S_{нар}/V_{от}$ [20]. Расчетный показатель компактности здания k для жилых зданий не должен превышать следующих значений:

- 0,32 для зданий от 6 до 9 этажей;
- 0,36 для 5-этажных зданий;
- 0,54 для 3-этажных зданий;
- 1,1 для одноэтажных домов.

Эффективным средством снижения теплопотерь здания является остекление лоджий, устройство на фасадах здания стекол на отnose, размещение пассивных солнечных коллекторов на крышах зданий для подогрева наружного воздуха, поступающего в здание [20].

Выполнение работы

Составить энергетический паспорт встроенного офисного помещения, располагающегося на втором этаже трехэтажного здания, используя следующую методику расчета. Исходные данные представлены в таблице 12.6.

1. Рассчитать общую площадь окон, $F_{ок}$ (m^2).
2. Рассчитать площадь помещения, $F_{пом}$ (m^2).
3. Рассчитать объем помещения, $V_{пом}$ (m^3).
4. Рассчитать площадь наружной стены за вычетом площади оконных проемов, $F_{н.ст.}$ (m^2).

$$F_{н.ст.} = L \cdot H - F_{ок.} \quad (12.1)$$

5. Выбрать температуру воздуха внутри помещения.

Расчетная температура внутреннего воздуха помещения $t_{внут.}$ выбирается согласно ТКП 45-2.04-43-2006 «Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования» [21] (табл. 12.2).

Таблица 12.2 – Расчетная температура внутреннего воздуха помещения

Здания	Расчетная температура, $t_{внут.}, ^\circ C$	Относительная влажность, %
Жилые	18	55
Общественные (кроме помещений с мокрым климатом, дошкольных и лечебных учреждений)	18	50
Административные и бытовые здания	18	50

Для расчёта отопления принимаем $t_{вн.} = 18^\circ C$.

6. Выбрать климатические характеристики региона.

Климатические характеристики региона выбираем из таблицы 12.3 (ТКП 45-2.04-43-2006): средние параметры наружного воздуха за отопительный период t_n $^\circ C$ со средней суточной температурой воздуха $\leq 8^\circ C$ и продолжительность отопительного периода Z (сут.) со средней суточной температурой воздуха $\leq 8^\circ C$

Таблица 12.3 – Климатические характеристики региона

Область	Средняя температура наружного воздуха, t_n $^\circ C$	Продолжительность отопительного периода Z , сут.
Брестская	0,2	187
Витебская	-2,0	207
Гомельская	-1,6	194
Гродненская	-0,5	194
Минская	-1,6	202
Могилевская	-1,9	204

7. Количество градусо-суток отопительного периода D , $^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$, следует определять по формуле

$$D = (t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}) \cdot Z. \quad (12.2)$$

Полная длительность отопительного периода

$$\tau = Z \cdot 24 \text{ (ч)}. \quad (12.3)$$

8. Теплотери через окна.

Сопротивление теплопередаче окон и балконных дверей $R_{\text{окон}} = R_{\text{T}}$ определяется по таблице 12.4 (табл. Г.1 приложения Г (справочное) ТКП 45-2.04-43-2006).

Таблица 12.4 – Сопротивление теплопередаче заполнений световых проемов

Заполнение светового проема	Сопротивление теплопередаче $R_{\text{T}}, \text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$
1 Одинарное остекление в деревянных переплетах	0,18
2 Одинарное остекление в металлических переплетах	0,15
3 Двойное остекление в деревянных спаренных переплетах	0,39
4 Двойное остекление в деревянных раздельных переплетах	0,42
5 Двойное остекление в металлических раздельных переплетах	0,34
6 Двойное остекление витрин в металлических раздельных переплетах	0,31
7 Тройное остекление в деревянных раздельно-спаренных переплетах	0,55
8 Тройное остекление окон в металлических раздельных переплетах	0,46
9 Блоки стеклянные пустотелые размерами 194×194×98 мм при ширине швов 6 мм	0,31
10 Блоки стеклянные пустотелые размерами 244×244×98 мм	0,33
11 Профильное стекло швеллерного сечения	0,16
12 Профильное стекло коробчатого сечения	0,31
13 Органическое стекло одинарное	0,19
14 Органическое стекло двойное	0,36
15 Органическое стекло тройное	0,52
16 Двухслойные стеклопакеты в деревянных переплетах	0,36
17 Двухслойные стеклопакеты в металлических переплетах	0,31
18 Двухслойные стеклопакеты и одинарное остекление в раздельных деревянных переплетах	0,53

Примечания.

1. Значения сопротивления теплопередаче заполнений световых проемов в деревянных переплетах даны для случаев, когда отношение площади остекления к площади заполнения светового проема находится в пределах 0,75–0,85.

2. При отношении площади остекления к площади заполнения светового проема в деревянных переплетах, находящемся в пределах 0,60–0,74, указанные в таблице значения R_{T} следует увеличивать на 10 %, а при отношении площадей, равном 0,86 и более, – уменьшать на 5 %.

Потери тепла через окна за отопительный период рассчитываются по формуле

$$Q_{\text{ок}} = \frac{1}{R_{\text{ок}}} \cdot F_{\text{ок}} \cdot D \cdot (1 + \sum \beta_1) \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 10^{-6}, \text{ МДж}, \quad (12.4)$$

где $\sum \beta_1$ – добавочные потери теплоты через окна в долях от основных потерь (принимая, что все окна выходят на север, тогда $\sum \beta_1 = 0,18$).

9. Теплопотери через наружные стены.

Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции (наружной стены) $R_{\text{стен}}, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, следует определять по формуле

$$R_{\text{стен}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + R_{\text{к}} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}, \quad (12.5)$$

где $\alpha_{\text{в}}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ (принимая равным $8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$); $R_{\text{к}}$ – термическое сопротивление ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$; $\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для зимних условий, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ (принимая для наружных стен $23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$).

Термическое сопротивление многослойной ограждающей конструкции с последовательно расположенными однородными слоями $R_{\text{к}}, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, следует определять по формуле

$$R_{\text{к}} = R_1 + R_2 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2}, \quad (12.6)$$

где R_1, R_2 – термическое сопротивление отдельных слоев конструкции, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$; δ – толщина слоя, м; λ – коэффициент теплопроводности материала или теплоизоляционного слоя многослойной ограждающей конструкции в условиях эксплуатации (выбираем из таблицы 12.5, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$, данные согласно ТКП 45-2.04-43-2006).

Слои конструкции, расположенные между воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом, и наружной поверхностью ограждающей конструкции, не учитываются.

10. Потери тепла через наружные стены за отопительный период равны

$$Q_{\text{стен}} = \frac{1}{R_{\text{стен}}} \cdot F_{\text{н.ст.}} \cdot D \cdot (1 + \sum \beta_2) \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 10^{-6}, \text{ МДж}, \quad (12.7)$$

где $\sum \beta_2$ – добавочные потери теплоты через наружные стены в долях от основных потерь (принимаем, что стена выходит на север, тогда $\sum \beta_2 = 0,23$).

Затратами тепла на нагрев приточного воздуха пренебрегаем.

11. Суммарные потери тепла за отопительный период

$$Q_{от.} = Q_{ок} + Q_{стен.} \quad (12.8)$$

Таблица 12.5 – Коэффициенты теплопроводности материалов

Материал	Характеристики материала в сухом состоянии			Расчетное массовое отношение влаги в материале $W, \%$	Расчетные коэффициенты		
	Плотность $\rho, \text{кг/м}^3$	Удельная теплоемкость $c, \text{кДж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$	Коэффициент теплопроводности $\lambda, \text{Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$		теплопроводности $\lambda, \text{Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$	теплоусвоения $s, \text{Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$ (при периоде 24 ч)	паропроницаемости $\mu, \text{мг/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$
Железобетон	2500	0,84	1,69	3	1,92	19,70	0,03
Кладка из сплошного кирпича глиняного обыкновенного на цементно-песчаном растворе	1800	0,88	0,56	2	0,70	10,12	0,11
Плиты мягкие, полужесткие и жесткие минераловатные на синтетическом связующем	250	0,84	0,057	2,0	0,061	1,08	0,45

12. Поступление тепла от оборудования, от людей и от освещения.

Мощность тепlopоступлений от оборудования и от освещения равна

– от оборудования (учтено, что МФУ работает неполный рабочий день)

$$q_{обор.} = N_{ЭВМ} \cdot W_{ЭВМ} + N_{МФУ} \cdot \frac{W_{МФУ} \cdot T}{8}, \quad (12.9)$$

где $N_{ЭВМ}$, $N_{МФУ}$ – соответственно количество установленных компьютеров, МФУ, шт; $W_{ЭВМ}$, $W_{МФУ}$ – потребляемая мощность за рабочий день соответственно ЭВМ, МФУ, Вт; T – количество часов работы МФУ, ч.

– от освещения

$$q_{осв.} = N_{свет} \cdot N_{ламп} \cdot W_{ламп}, \quad (12.10)$$

где $N_{свет}$, $N_{ламп}$ – соответственно количество светильников, ламп в одном светильнике, шт; $W_{ламп}$ – потребляемая мощность одной лампы, Вт.

13. Поступление тепла в помещение за отопительный период составит

$$Q_{быт} = (q_{обор.} + q_{осв.}) \cdot t_{раб} \cdot 3600 \cdot 10^{-6} \text{ МДж}, \quad (12.11)$$

где $t_{раб}$ – количество рабочих часов в отопительный период

$$t_{раб} = \frac{8ч \cdot 5дн}{24ч \cdot 7дн} \cdot \tau, \text{ ч}, \quad (12.12)$$

где τ – полная длительность отопительного сезона (формула 12.3).

Для упрощения расчетов теплоступление от людей не учитывать.

14. Потребность в тепловой энергии на отопление помещения.

Потребность в тепловой энергии на отопление помещения за отопительный период определяется по формуле

$$Q_{отопл} = Q_{ок} + Q_{стен} - Q_{быт} \cdot v, \text{ МДж} \quad (12.13)$$

где v – коэффициент снижения теплоступлений за счет тепловой инерции ограждающих конструкций; рекомендуемое значение $v=0,8$.

15. Фактический удельный расход тепловой энергии на отопление помещения за отопительный период $q_{отоп.пер.}$, кДж/(м³·°С·сут), определяем по формуле

$$q_{отоп.пер.} = \frac{Q_{отопл}}{V_{пом} \cdot D} \cdot 10^3, \text{ кДж/(м}^3 \cdot \text{°С} \cdot \text{сут)}. \quad (12.14)$$

16. Свести расчетные данные в таблицу 12.6.

Таблица 12.6 – Энергетический паспорт помещения

Расчетные условия				
№ п/п	Наименование расчетных параметров	Обозначение параметра	Единица измерения	Расчетное значение
1	Расчетная температура внутреннего воздуха помещения	$t_{вн.}$	$^{\circ}\text{C}$	
2	Расчетная температура наружного воздуха	t_n	$^{\circ}\text{C}$	
3	Продолжительность отопительного периода	z	сут	
5	Градусо-сутки отопительного периода	D	$^{\circ}\text{C} \times \text{сут}$	
Функциональное назначение, тип и конструктивное решение здания				
6	Назначение	Офисное помещение		
Геометрические и теплоэнергетические показатели				Фактическое значение показателя
7	Общая площадь окон и балконных дверей	$F_{ок}$	м^2	
8	Общая площадь наружных стен за вычетом окон	$F_{н.ст}$	м^2	
9	Общая площадь наружных ограждающих конструкций помещения	$F_{наруж.}$	м^2	
10	Полезная площадь	$F_{пом.}$	м^2	
11	Отапливаемый объем	$V_{пом.}$	м^3	
12	Коэффициент остекленности фасада помещения $f=F_{ок}/F_{наруж.}$	f	-	
13	Показатель компактности помещения $k_{компакт}=F_{наруж.}/V_{пом.}$	$k_{компакт}$	$1/\text{м}$	
14	Соппротивление теплопередаче окон и балконных дверей	$R_{ок}$	$\text{м}^2\text{C}/\text{Вт}$	
15	Соппротивление теплопередаче стен	$R_{стен}$	$\text{м}^2\text{C}/\text{Вт}$	
16	Потери тепла через окна за отопительный период	$Q_{ок.}$	МДж	
17	Потери тепла через наружные стены за отопительный период	$Q_{стен.}$	МДж	
18	Тепловыделения в помещении от оборудования	$q_{обор.}$	Вт	
19	Тепловыделения в помещении от освещения	$q_{освещ.}$	Вт	
20	Бытовые тепlopоступления в помещение за отопительный период	$Q_{быт.}$	МДж	
21	Потребность в тепловой энергии на отопление помещения за отопительный период	$Q_{отопл.}$	МДж	
Комплексный показатель				
22	Фактический удельный расход тепловой энергии на отопление помещения	$q_{факт}$	$\frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}}$	

Таблица 12.7 – Исходные данные

№ вар	Размер окон, м	Заполнение светового проема	Количество окон	Размер наружной стены, м	Материал стены	Размер помещения, Ш/Г/В, м	Оборудование. Режим работы, часов в сутки	Искусственное освещение
1	1,33 x 1,56	Двойное остекление в деревянных раздельных переплетах	4	4,2 x 3,3	двухслойная: 15 см железобетона, потом 10 см стекловаты	4,2 / 6 / 3,3	3 компьютера W=300 Вт, режим – 8 ч.	6 светильников ЛВО05-4x18-031 OPL HF с ЭПРА
2	1,79 x 1,77		4	4,2 x 3,3		4,2 / 6 / 3,3	4 компьютеров W=300 Вт, режим – 8 ч. 1 МФУ, W=100 Вт режим – 2 ч.	
3	1,79 x 1,77		2	4,2 x 3,3		4,2/4,6/3,3	2 компьютера W=300 Вт, режим – 8 ч. 1 МФУ, W=100 Вт режим – 2 ч.	
4	2,36 x 1,76		3	4,5 x 3,3		4,5/4,5/3,3	4 компьютеров W=300 Вт, режим – 8 ч. 2 МФУ, W=100 Вт режим – 4 ч.	
5	1,51 x 1,48	Тройное остекление в деревянных раздельноспаренных переплетах	4	4,2 x 3,3		4,2 / 6 / 3,3	5 компьютеров W=300 Вт, режим – 8 ч 2 МФУ, W=100 Вт режим – 2 ч.	4 светильника ЛВО05-4x18-031 OPL HF с ЭПРА
6	3 x 1,2		2	3,5 x 3,3		3,5/4,5/3,3	4 компьютера W=300 Вт, режим – 6 ч. 1 МФУ, W=100 Вт режим – 1 ч.	
7	2,5 x 1,7		3	3,5 x 3,3		3,5/ 5,5/ 3,3	3 компьютеров W=300 Вт, режим – 8 ч 1 МФУ, W=100 Вт режим – 2 ч.	

Окончание таблицы 12.7

8	2,94 x 2,94	Тройное остекление в деревянных раздельноспаренных переплетах	2	4,2 x 3,3		4,2 / 6,5 / 3,3	2 компьютера W=300 Вт, режим – 8 ч. 2 МФУ, W=100 Вт режим – 4 ч	6 светильников ЛВО05-4x18-031 OPL HF с ЭПРА
9	3,94 x 3,94	Двойное остекление в деревянных спаренных переплетах	3	4,2 x 3,3		4,2 / 6 / 3,3	4 компьютера W=300 Вт, режим – 8 ч. 2 МФУ, W=100 Вт режим – 4 ч	
10	3 x 1,2		2	4,2 x 3,3		4,2/ 6,5/3,3	3 компьютера W=300 Вт, режим – 8 ч. 2 МФУ, W=100 Вт режим – 3 ч	
11	2,36 x 1,76		2	3,5 x 3,3	Двухслойная: 12,5 см кладка из сплошного кирпича на цементно-песчаном растворе потом 10 см стекловаты	3,5/4,5/3,3	2 компьютера W=300 Вт, режим – 8 ч. 1 МФУ, W=100 Вт режим – 4 ч	4 светильника ЛВО05-4x18-031 OPL HF с ЭПРА
12	1,79 x 1,77		3	3,5 x 3,3		3,5 / 5,2/3,3	4 компьютера W=300 Вт, режим – 8 ч. 1 МФУ, W=100 Вт режим – 8 ч	
13	1,79 x 1,77	Двухслойные стеклопакеты в деревянных переплетах	1	4,8 x 3,3		4,8/ 5,8/ 3,3	3 компьютера W=300 Вт, режим – 8 ч. 1 МФУ, W=100 Вт режим – 5 ч	8 светильников ЛВО05-4x18-031 OPL HF с ЭПРА
14	2,5 x 1,7		1	4,8 x 3,3		4,8 / 6 / 3,3	4 компьютера W=300 Вт, режим – 8 ч. 3 МФУ, W=100 Вт режим – 3 ч	
15	1,79 x 1,77		1	4,2 x 3,3		4,2 / 6,2 / 3,3	3 компьютера W=300 Вт, режим – 8 ч. 1 МФУ, W=100 Вт режим – 1 ч	6 светильников ЛВО05-4x18-031 OPL HF с ЭПРА
16	2,96 x 1,77		1	4,2 x 3,3		4,2 / 4,2/ 3,3	3 компьютера W=300 Вт, режим – 8 ч. 1 МФУ, W=100 Вт режим – 4 ч	

Список использованных источников

- 1 Майорова, Л. П. Защита атмосферы : практикум / Л. П. Майорова, В. П. Тищенко, А. А. Черенцова ; под общ. ред. Л. П. Майоровой. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2014. – 115 с. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docplayer.ru/45363033-L-p-mayorova-v-p-tishchenko-a-a-cherencova-zashchita-atmosfery.html>
2. Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосфера. Выбросы загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферный воздух. Правила расчета выбросов механическими транспортными средствами в населенных пунктах : ТКП 17.08-03-2006 (02120).
3. ГОСТ 31868-2012. Вода. Методы определения цветности. – Введ. 01.02.2015. – Минск : Госстандарт, 2012. – 7 с.
4. Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Качество воды. Определение мутности (прозрачности): СТБ 17.13.05-16-2010. – Введ. 30.12.2010. – Минск : Госстандарт, 2010. – 8 с.
5. СТБ ISO 10523-2009. Качество воды. Определение pH. – Введ. 26.10.2009. – Минск : Госстандарт, 2009. – 11 с.
6. Материалы сайта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://wwtec.ru/index.php?id=207>.
7. Материалы сайта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ecoinstrument.ru/service/public/izmerenie_elektroliticheskoy_provodimosti/
8. Материалы сайта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://internet-law.ru/gosts/gost/11739/>
9. Электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Основы экологии» для студентов всех специальностей / В. А. Левданская, Г. В. Бельская, Е. В. Карпинская. – Минск: БНТУ, 2013. – 206 с.
10. Санитарные нормы и правила «Требования к питанию населения: нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Республики Беларусь», утвержденными постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 20 ноября 2012 г. № 180» и постановления от 16 ноября 2015 г. № 111 «О внесении изменений в постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 20 ноября 2012 г. № 180». – [Электронный ресурс] : постановление М-ва здравоохранения Респ. Беларусь, 20 нояб. 2012 г., № 180 // КонсультантПлюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2015.
11. Ковалевич, З. С. Безопасность жизнедеятельности человека. Практикум : учеб.-метод. пособие / З. С. Ковалевич и [др.]. – Минск : Международный ун-т «МИТСО», 2015. – 316 с.
12. Токовой, О. К. Экология для инженеров : учебное пособие / О. К. Токовой. – Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – 230 с.

13. Семёнов, И. П. Сооружения по очистке хозяйственно-бытовых сточных вод и оценка эффективности их работы : метод. рекомендации / И. П. Семёнов, И. В. Скоробогатая. – Минск : БГМУ, 2017. – 28 с.. Электронный вариант. Режим доступа: <http://rep.bsmu.by/bitstream/handle/BSMU/17789/978-985-567-712-4.Image.Marked.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

14. Постановление министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь 26 мая 2017 г. № 16 «О некоторых вопросах нормирования сбросов химических и иных веществ в состав сточных вод». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.pravo.by/upload/docs/op/W21732141_1497992400.pdf

15. Основы экологии : практикум для студентов небиологических специальностей / авт.-сост. : В. Е. Савенок, А. Н. Вакар. – Витебск : УО «ВГУ им. П. М. Машерова», 2009. – 123 с.

16. Экологические нормы и правила охраны окружающей среды и природопользование. Атмосферный воздух (в том числе озоновый слой). Правила эксплуатации газоочистных установок : ЭкоНиП 17.08.06-002-2018. – Введ. 08.11.2018. – Минск : Минприроды, 2018. – 33 с.

17. Материалы сайта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://eco-boom.com/uchimsya-pravilno-chitat-markirovku-plastika/>

18. Методические рекомендации по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих технологий. Департамент по энергоэффективности Госкомитета по стандартизации Республики Беларусь. – Дата введ. 15.06.2018 г.

19. Об утверждении Инструкции о порядке расчета и установления средних нормативов потребления тепловой энергии на отопление 1 кв. метра общей площади жилого помещения и подогрев 1 куб. метра воды и нормативов фактического потребления тепловой энергии на отопление 1 кв. метра общей площади жилого помещения и подогрев 1 куб. метра воды. Постановление Мин ЖКХ РБ 19 01.08.2016. – Интернет ресурс. – Режим доступа https://kodeksy-by.com/norm_akt/source-%D0%9C%D0%B8%D0%BD%20%D0%96%D0%9A%D0%A5%20%D0%A0%D0%91/type-%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5/19-01.08.2016.htm

20. Материалы сайта [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://scienceforum.ru/2013/article/2013007994>

21. Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования : ТКП 45-2.04-43-2006. – Минск : Министерство архитектуры и строит-ва РБ, 2007. – 32 с.

Приложение А

Таблица А.1 – Удельные выбросы веществ группы 1 и потребление топлива в зависимости от скорости движения транспортного потока, г/авт.км

Расчетная модель	Наименование вещества и потребление топлива	Скорость, км/ч											
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
ЛБ	CO	32,1	17,1	11,8	9,1	7,4	6,3	5,0	4,5	4,3	4,3	4,5	5,0
	NOx	1,62	1,77	1,94	2,12	2,32	2,53	2,76	3,00	3,25	3,52	3,81	4,11
	VOC	3,9	2,4	1,8	1,5	1,3	1,1	0,9	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7
	CH ₄	0,21	0,17	0,13	0,09	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,03	0,04	0,06
	Потребление топлива	130,5	82,2	69,3	61,7	55,8	51,6	49,2	48,4	49,4	52,1	56,5	62,7
ЛД	CO	1,44	0,97	0,77	0,65	0,57	0,52	0,47	0,44	0,41	0,38	0,36	0,35
	NOx	0,79	0,68	0,59	0,52	0,47	0,44	0,43	0,44	0,48	0,53	0,60	0,69
	VOC	0,53	0,28	0,19	0,15	0,12	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	0,05
	CH ₄	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	PM	0,37	0,30	0,24	0,20	0,17	0,14	0,13	0,13	0,15	0,17	0,21	0,25
	Потребление топлива	99,0	82,4	68,6	57,5	49,3	43,8	41,2	41,4	44,3	50,1	58,6	70,0
ГАБ	CO	43,76	31,94	22,33	14,93	9,73	6,74	5,96	7,39	11,03	16,87	24,92	-
	NOx	2,13	2,31	2,49	2,67	2,85	3,03	3,21	3,39	3,57	3,74	3,92	-
	VOC	4,37	3,40	2,57	1,88	1,32	0,89	0,60	0,45	0,43	0,54	0,80	-
	CH ₄	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	-
	Потребление топлива	175,9	148,3	125,1	106,1	91,4	81,0	74,9	73,1	75,6	82,3	93,4	-
ГАД	CO	1,59	1,40	1,24	1,12	1,05	1,01	1,02	1,06	1,14	1,27	1,43	-
	NOx	4,02	3,07	2,29	1,67	1,22	0,93	0,80	0,83	1,03	1,39	1,92	-
	VOC	0,21	0,23	0,29	0,38	0,51	0,68	0,87	1,11	1,38	1,68	2,02	-
	CH ₄	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	-
	PM	0,28	0,28	0,28	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,34	0,36	0,38	-
	Потребление топлива	125,8	104,7	88,1	75,7	67,8	64,2	64,9	70,0	79,5	93,3	111,5	-
ГД	CO	7,53	4,65	3,51	2,88	2,46	2,17	1,95	1,78	1,64	1,52	-	-
	NOx	17,08	10,27	7,62	6,17	5,24	4,29	4,13	4,09	4,17	4,37	-	-
	VOC	5,32	2,90	2,03	1,58	1,30	1,10	0,96	0,86	0,77	0,71	-	-
	CH ₄	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	-	-
	PM	1,81	1,09	0,81	0,66	0,56	0,49	0,44	0,40	0,37	0,34	-	-
	Потребление топлива	345,2	245,7	201,4	174,9	156,8	147,0	156,8	169,1	183,9	201,3	-	-
АГ	CO	10,62	6,34	4,69	3,78	3,20	2,80	-	-	-	-	-	-
	NOx	27,02	18,86	15,29	13,17	11,73	10,67	-	-	-	-	-	-
	VOC	4,07	1,99	1,31	0,98	0,78	0,64	-	-	-	-	-	-
	CH ₄	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	-	-	-	-	-	-
	PM	1,44	0,87	0,64	0,52	0,44	0,39	-	-	-	-	-	-
	Потребление топлива	507,5	376,2	315,8	278,9	253,3	234,1	-	-	-	-	-	-
АМ	CO	9,24	5,16	3,67	2,89	2,39	2,05	1,80	1,61	1,46	1,34	1,23	1,15
	NOx	27,78	17,63	13,51	11,19	9,66	8,26	7,95	7,84	7,94	8,23	8,72	9,41
	VOC	5,74	3,10	2,16	1,68	1,38	1,17	1,02	0,91	0,82	0,74	0,68	0,63
	CH ₄	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
	PM	1,70	1,02	0,76	0,61	0,52	0,45	0,41	0,37	0,34	0,31	0,29	0,27
	Потребление топлива	554,0	381,1	306,2	262,2	232,4	214,6	202,0	198,3	203,6	217,8	241,0	273,0
М	CO	19,72	21,14	22,36	23,38	24,20	24,82	25,49	26,14	26,81	27,50	28,21	-
	NOx	0,05	0,04	0,03	0,03	0,04	0,05	0,09	0,11	0,12	0,13	0,14	-
	VOC	16,36	13,32	10,98	9,34	8,40	8,16	8,40	8,33	8,31	8,36	8,47	-
	CH ₄	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	-
	Потребление топлива	39,0	34,9	32,0	30,4	30,0	30,9	32,4	34,0	35,5	37,0	38,3	-

Таблица А.2 – Удельные выбросы загрязняющих веществ при остановке (торможении – разгоне) транспортных средств, г/ост.

Расчетная модель	СО	NO _x	VOC	PM	Топливо
М	1,2	0,2	0,2	-	12
ЛБ	3,4	0,5	0,7	-	28
ЛД	1,0	0,25	0,35	0,1	25
ГАБ	18	4,0	1,3	-	40
ГАД	2,4	2,6	0,6	0,2	35
ГД	3,3	3,6	0,8	0,25	70
АГ	3,6	3,9	1,5	0,3	80
АМ	3,5	3,7	1,5	0,3	75

Таблица А.3 – Поправочные коэффициенты, учитывающие зависимость выбросов веществ при остановке МТС от скорости движения транспортного потока

	Изменение скорости движения при торможении-разгоне, км/ч									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Поправочный коэффициент	0,21	0,43	0,64	0,85	1,06	1,28	1,49	1,70	1,91	2,13

Таблица А.4 – Удельные выбросы загрязняющих веществ при задержке движения (работе на холостом ходу), г/мин

Расчетная модель	СО	NO _x	VOC	PM	Топливо
М	4,2	0,02	0,35	-	14
ЛБ	2,8	0,05	0,85	-	28
ЛД	1,2	0,30	0,25	0,01	20
ГАБ	4,5	0,05	2,3	-	35
ГАД	1,5	0,45	0,12	0,01	30
ГД	2,9	0,93	0,3	0,035	60
АГ	4,6	0,60	0,5	0,03	70
АМ	4,6	0,60	0,5	0,03	70

Таблица А.5 – Выбросы летучих органических соединений (ЛОС) при испарении из топливной системы МТС, г/(сут.·авт.) и г/авт.·км

	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	Среднее за год
Испарение из бака из-за суточного колебания температур г/(сут.·авт.)	1,40	1,40	1,86	2,48	3,30	4,40	4,40	4,40	3,30	2,48	1,40	1,40	2,96
Испарение после движения г/(сут.·авт.)	13,4	13,4	19,4	24,9	29,7	31,3	31,3	31,3	29,7	22,6	16,4	13,4	24,9
Испарение при движении г/авт.·км	0,005	0,005	0,013	0,03	0,08	0,19	0,19	0,19	0,08	0,03	0,005	0,005	0,083

Приложение Б

Таблица Б.1 – Зависимость коэффициентов экономического ущерба от уровня шумового загрязнения

L_H , дБ(экв.)	$A(L_H)$, (безразм.)	L_D дБ (экв.)	$A(L_D)$
25	0.6	25	0.4
26	1.4	26	0.8
27	2.2	27	1.2
28	3.1	28	1.7
29	4.1	29	2.2
30	5.2	30	2.7
31	6.5	31	3.3
32	7.8	32	3.9
33	9.4	33	4.6
34	11.1	34	5.3
35	12.9	35	6.0
36	15.0	36	6.8
37	17.3	37	7.7
38	19.8	38	8.6
39	22.7	39	9.6
40	25.9	40	10.7
41	29.4	41	11.9
42	33.3	42	13.1
43	37.6	43	14.4
44	42.4	44	15.8
45	47.7	45	17.3
46	53.6	46	19.0
47	60.2	47	20.7
48	67.4	48	22.6
49	75.5	49	24.6
50	84.4	50	26.7

Приложение В

Таблица В.1 – Калорийность некоторых продуктов питания

Продукты	Количество на 100 г продукта					Количество на 100 г продукта			
	Жиры	Белки	Углеводы	Ккал		Жиры	Белки	Углеводы	Ккал
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Мясо									
Баранина 1 кат.	16.3	15.6	0.0	209	«Диетическая» вареная колбаса	13.5	12.1	0,0	170
Мякоть говядины сырая	19.6	26.2	0.0	135	«Молочные» сосиски	23.9	11.0	0,4	261
Телятина 1 кат.	2,0	19,7	0,0	97	Говяжьи сосиски	20.1	10.4	0,8	226
Сердце говяжье (свиное)	3.5(4,0)	16.0	2,0(2,6)	96 (101)	Грудинка свинины копчено-запеченная	52.7	10.0	0,0	514
Сардельки говяжьи отварные	18.2	11.4	1.2	215	Корейка свинины копчено-запеченная	48.2	10.2	0,0	475
Печень говяжья	4,0	20,0	4,0	127	«Диетическая» вареная колбаса	13.5	12.1	0,0	170
Печень свиная	3.8	18.8	4,7	109	«Молочные» сосиски	23.9	11.0	0,4	261
Грудинка свиная сырая	45.0	12.0	1,0	458	Грудинка свинины с/к	63.3	8.9	0,0	605
Сало сырое	89.0	3.0	0.0	812	Консервы «Завтрак туриста» из говядины	14.9	20.5	0,2	217
Сердце свиное	4.0	16.2	2,6	101	Консервы «Завтрак туриста» из свинины	31.0	16.9	0,2	347
Язык говяжий	12.1	16,0	2,2	173	Консервы «Паштет мясной» из говядины	23.3	16.1	0,4	275
Язык свиной	16.0	15,9	2.2	208	Голень индейки с кожей сырая	7.0	20.0	0,0	144
«Брауншвейгская» с/к колбаса	42.2	27.7	0,2	491	Белое мясо индейки сырое	2.0	24.0	0,0	115
«Одесская» п/к колбаса	38.1	14.8	0,3	402	Утки 1 кат.	38.0	15.8	0.0	405

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
«Охотничьи» п/к колбаски	40.0	25.3	0,3	463	Кролик сырой (отварной)	8.4(10,4)	30.2(25,5)	0.0	205 (194)
«Докторская» вареная колбаса	22.2	12.8	1,5	257	Бедро кур с кожей сырое	15.4	24.9	0.0	245
Консервы «Паштет печеночный»	28.1	11.6	3,4	301	Крыло кур с кожей сырое	19.3	26.6	0,0	288
Консервы из курицы в собственном соку	9.9	23.2	0,4	183	Грудка кур б/кожи сырая	3.5	30.8	0,0	164
Пельмени отварные	13.9	9.9	13,5	219	Печень курицы сырая	5,0	17,0	0,0	116
Бройлеры (цып.) 1 кат.	16.1	18.7	0,0	220	Котлеты из индейки (кур)	12,2(10,4)	18,6(18,2)	8,7(13,8)	220(222)
Желудок курицы сырой	2.0	18.0	0,0	94	Индейка отварная	19.8	23.6	0.0	273
Сердце курицы сырое	9.0	16.0	1,0	153	Гуси 1 кат.	39.0	15,2	0.0	412
Курица гриль	0.0	27.1	13,5	237	Индейка целиком сырая	7.0	28.9	0,0	187
Курица отварная	17.0	22.6	0,0	244					
Жиры									
Шпик свиной соленый	90.0	1.4	0.0	816	Масло сливочное «Крестьянское»	72.5	0.8	1.3	661
Жир куриный	99.7	0.0	0.0	897	Масло кукурузное, льняное, оливковое, подсолнечное, рапсовое	99,9	0.0	0.0	899
Майонез «Провансаль»	67.0	2.8	3.7	629					
Молоко и молочные продукты									
Масса творожная сладкая с ванил. 20,0 % жирности	23.0	7.1	27.1	345	Сыр Фета	21.0	14.0	4.0	264
Молочное мороженое	3.5	3.7	21.3	132	Сыр Чеддер	33.0	25.0	1.0	403
Мороженое молочное в шоколаде, глазури	15.0	3.2	20.6	231	Сырки глазир. 10 % жир	10.9	9.4	33.1	270
Моцарелла	22.0	22.0	21.0	300	Сырки глазир. 0,1% жир	27.7	7.9	32.6	413

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Простокваша 2,5 % жирности	2.5	2.9	4.1	53	Творог «Столовый» 2,0 % (5 %) жирность	2.0 (5,0)	20.0(21)	3.0	114
Ряженка 2,5 % жирности	2.5	2.9	4.2	54	Творог 9,0 % жирности	9.0	18.0	3.0	169
Сметана 10,0 % жирности	10.0	2.7	3.9	119	Творог нежирный	0.6	22.0	3.3	110
Сметана, (сливки) 25,0 % жирности	25.0	2.4	3.2 (3,9)	250	Молоко пастеризованное, 2,5 % жирности	2.5	2.9	4.8	54
Сыр сычужный твердый «Российский»	29.5	23.2	0.0	364	Сливки пастеризованные 20,0 % жирности	20.0	2.5	4.0	207
Маргарин молочный	82.0	0.3	1.0	743	Кефир 2,5 % жирности	2.5	2.9	4.0	53
Масло сладко-сливочное несоленое	82.5	0.5	0.8	748	Йогурт сладкий 3,2 % жирности	3.2	5.0	8.5	87
Сыр «Тильзитер»	26.0	24.0	2.0	340	Сыр сычужный рассольный «Сулугуни»	22.0	20.5	0.4	286
Рыба									
Килька балтийская	9.0	14.1	0.0	137	Горбуша	6.5	20.5	0.0	140
Макрель свежая	14.0	19.0	0.0	205	Камбала дальневосточ.	3.0	15.7	0.0	90
Минтай	0.9	15.9	0.0	72	Кета	5.6	19.0	3.2	181
Мойва осенняя	18.1	13.6	0.0	217	Форель морская (речная) свежая	7.0(5.0)	21.0	0.0	148(138)
Навага	1.6	19.2	0.0	91	Икра кеты (горбуши) зернистая	13.2(11,5)	31.5(30,6)	1.0	249(230)
Окунь морской	3.3	18.2	0.0	103	Икра минтая пробойная	1.8	27.9	1.1	132
Форель горячего (холодного) копчения	11.8(11,0)	37.0(22,3)	0,0	264(248)	Скумбрия атлант.ч.	13.2(18.0)	18.1(19,3)	0,0	191(239)
Икра зернистая черная (осетровая)	13.8(14,5)	26.8(38,2)	0.8(1,5)	235(289)	Хек	2.2	16.6	0.0	86
Сайда свежая	2.0	38.0	0.0	178	Кальмар (мясо)	2.2	18,0	2.0	100

Продолжение таблицы В.1

Креветки свежие	2.0	20.0	1.0	106	Сельдь атлантическая жирн. (нежирн.)	19.5(6,5)	17.7(19,1)	0.0	248(135)
Мидии	2.0	11.5	3.3	77	Ставрида океанич.	4.5	18.5	0.0	114
Карп	5.3	16.0	0.0	112	Треска	0.6	16.0	0.0	69
Лещ	4.4	17.1	0.0	105	Печень трески, консервы	65.7	4.2	1.2	613
Окунь речной	0.9	18.5	0.0	82	Тунец	4.6	24.4	0.0	139
Раки речные	1.0	15.5	1.2	76	Щука	1.1	18.4	0.0	84
Сазан	2.7	18.2	0.0	97	Шпроты в масле, консервы	32.4	17.4	0,0	363
Сом	5.1	17.2	0.0	115	Бутерброд с соленой горбушей	2.7	6.7	14.8	110
Судак	1.1	18.4	0.0	84	Бутерброд с икрой кеты	3.9(3,5)	5,5 (5,2)	15,0	117(112)
Зерновые									
Крупа гречневая ядрица	3.3	12.6	57.1	308	Крупа перловая ячневая	1.1	9.3	66.9	315
Крупа кукурузная	1.2	8.3	71.0	328	Крупа пшено шлиф.	3.3	11.5	66.5	342
Крупа манная	1.0	10.3	70.6	333	Крупа рисовая	1.0	7.0	74.0	333
Крупа овсяная	6.1	12.3	59.5	342	Макароны из муки в/с	1.3	11.0	70.5	338
Хлопья «Геркулес» овсяные	6.2	12.3	61.8	352	Мука высшего сорта	1.3	10.8	69.9	334
Печенье затяжное из муки высшего сорта	11.3	8.5	69.7	414	Мука сеяная ржаная	1.4	6.9	66.3	305
Печенье сахарное из муки высшего сорта	9.8	7.5	74.4	417	Крупа перловая ячневая	1.1	9.3	66.9	315
Печенье сдобное из муки высшего сорта	16.8	6.4	68.5	451	Крупа пшено шлиф.	3.3	11.5	66.5	342
Сухари сливочные из муки высшего сорта	10.8	8.5	66.7	399	Хлеб пшеничный из муки высш. сорта	0.8	7.6	49.2	235
Сушки простые из муки высшего сорта	1.2	10.7	71.2	339	Хлеб бородинский	1.3	6.8	39.8	201

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Хлебцы докторские	2.6	8.2	46.3	242	Баранки сдобные из муки высшего сорта	8.0	8.3	60.4	348
Батон нарезной из муки высшего сорта	2.9	7.5	51.4	262	Блины из муки 1 сорта	3.1	5.1	32.6	189
Булочки сдобные из муки высшего сорта	9.4	7.9	55.5	339					
Овощи									
Капуста белокочан. (краснокочан.)	0.1(0,2)	1.8(0,8)	4.1(5.1)	29(26)	Пастернак (корень)	0.5	1.4	9.2	47
Капуста брокколи	0.4	2.8	6.6	34	Патиссон	0.1	0.9	8.6	34
Петрушка	0.4	3.7	7.6	49	Перец сладкий	0.1	1.3	4.9	26
Фасоль стручковая, консервы	0.1	1.2	2.4	16	Брюссельская капуста	0.3	3.4	8.9	43
Салат зеленый	4.1	1.8	2.4	54	Капуста цветная	0.3	2,5	4,2	30
Помидоры	0.0	0.6	4.2	20	Капуста кольраби	0.2	2,8	7,9	44
Рагу овощное	4.5	1.9	10.6	91	Морская капуста	0.2	0.9	0.0	5
Свекла	0.1	1.5	8.8	42	Картофель	0.4	2.0	16.3	77
Спаржа	0.1	1.9	3.1	21	Кабачки	0.3	0.6	4.6	24
Тыква	0.1	1.0	4.4	22	Морковь	0.1	1.3	6.9	35
Чеснок	0.5	6.5	29.9	149	Лук репка свежий (жарен.)	0.2(13,5)	1.4 (4,5)	8.2(27,4)	4(251)
Щавель	0.3	1.5	2.9	22	Огурцы грунт.(парник)	0.1	0.8(0.7)	2.5(1,9)	14(11)
Баклажаны	0.1	1.2	4.5	24	Редька черная (репа)	0.29 (0.2)	1.9 (1.5)	6.7 (6.2)	1 36 (32)
Имбирь свежий	1.0	2.0	18.0	80	Икра из кабачков, консервы	8.9	1.9	7.7	119
					Кукуруза сладкая	1.0	3.0	19.0	86
Фрукты									
Ананас	0.2	0.4	11.5	52	Яблоки (яблоки суш.)	0.40.1	0.4 (2.2)	9.8 (59)	47 (253)
Апельсин (мандарин)	0.2	0.9(0,8)	8.1(7,5)	43(38)	Гранат	0.6	0.7	14.5	72
Вишня (черешня)	0.2(0,4)	0.8 (1.1)	10.6	52	Арбуз	0.1	0.6	5.8	27

Продолжение таблицы В.1

1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Абрикосы	0.1	0.9	9.0	44	Крыжовник	0.2	0.7	9.1	45
Клубника (варенье из клубники)	0.3 (0.1)	0.7 (0.3)	7.7 (74)	32 (285)	Виноград (изюм)	0.60	0.63	15.4 (79)	72 (299)
Малина (ежевика)	0.5	0.8 (1.5)	8.3 (4.4)	46 (34)	Инжир (инжир суш.)	0.2(0.8)	0.7(3.1)	12.0(57.9)	54 (257)
Смородина черная (смородина красная)	0.4(0.2)	1.0 (0.6)	7.3 (7.7)	44 (43)	Лимон (лимон с сах.)	0.1	0.9(0,6)	3.0 (38)	34(169)
Черника (голубика)	0.60.5	1.1(1.0)	7.6 (6.6)	44 (39)	Персик (курага)	0.1(0,4)	0.9(3,0)	9.5 (57)	45 (254)
Клюква	0.2	0.5	3.7	28	Рябина черноплодная	0.2	1.5	10.9	55
Облепиха	5.4	1.2	5.7	82	Слива садовая (черно-слив)	0.3 (0.7)	0.8 (2.3)	9.6 (57)	49(256)
Шиповник (шиповник сушеный)	0.7(1.4)	1.6 (3.4)	22.4(48)	1109(284)	Финики	0.5	2.5	69.2	292
Груша (груша сушеная)	0.3 (0.6)	0.4(2.3)	10.3(62.6)	47 (270)	Хурма	0.4	0.5	15.3	67
Грейпфрут	0.2	0.7	6.5	35	Киви	0.4	0.8	8.1	47
Яйца и яйцепродукты									
Яйцо целое куриное и отварное	11.5	12.7	0.7	157	Яичница глазунья	20.9	12.9	0.9	243
Белок	0.0	11.1	1.0	48	Яйцо под майонезом	24.5	4.1	4.7	256
Желток	31.2	16.2	0,0	354	Перепелиное яйцо	13.1	11.9	0.6	168
Орехи и семечки									
Грецкий орех	60.8	16.2	11.1	656	Миндаль жареный	53.7	18.6	13.0	609
Кедровые орехи	68.0	14.0	13.0	673	Фисташки	44.0	21.0	28.0	557
Лещина	62.6	13.0	9.3	42	Фундук	61.5	15.0	9.4	651
Оливки (мякоть)	23.7	1.6	19.0	296	Семечки подсолнечника	51.0	21.0	20.0	584
					Тыквенные семечки	42.0	33.0	12.0	500
Грибы									
Вешенки	0.0	3.0	6.0	43	Грибы белые свежие (суш.)	1.7(14.3)	3.7(30,3)	1.1(9,0)	34(286)
Грибы опята	1.2	2.2	0.5	22	Грибы шампиньоны	1.0	4.3	0.1	27

Окончание таблицы В.1

1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Грибы подберезовики, подосиновики	0,5-0,8	2,1-3,3	1,2	20-22	Грибы лисички	1,0	1,5	1,0	19
Напитки									
Кофе черный с сахаром	0,2	0,0	0,3	45	Какао со сгущенным молоком и сахаром	7,5	8,2	51,6	321
Кофе растворимый черный	0,0	0,0	0,0	1	Кофе натуральный со сгущенным молоком и сахаром	8,6	8,4	53,0	324
Кофе эспрессо	0,0	0,0	0,0	2	Сок морковный	0,1	1,1	12,6	56
Кофе на молоке	1,0	0,7	11,2	58	Сок апельсиновый	0,1	0,7	13,2	60
Квас хлебный	0,0	0,2	5,2	27	Сок грейпфрутовый	0,1	0,3	7,9	38
Сок яблочный	0,1	0,5	10,1	46	Сок виноградный	0,2	0,3	16,3	70
Сок томатный	0,1	1,0	2,9	18	Напиток Соса-cola	0,0	0,0	12,0	44
Вода (вода минеральная «Боржоми», «Есентуки», «Минская-4», «Дарида»)	0,0	0,0	0,0	0,0	Чай ромашковый	0,0	0,0	0,0	1
Зеленый чай без сахара	0,0	0,0	0,3	1,0	Холодный чай Lipton, Nestea с лимоном	0,0	0,0	9,0	36
Черный чай без сахара	0,0	0,0	0,0	0,1					

Приложение Г

Таблица Г.1 – Технические нормативно-правовые документы в области охраны окружающей среды

Технологический номер	Название	Дата введения
1	2	3
СТБ ISO 14050-2010	Управление окружающей средой. Термины и определения	01.01.2011
СТБ ИСО 14015-2005	Управление окружающей средой. Экологическая оценка промышленных площадок и организаций	01.06.2006
СТБ ИСО 14020-2003	Управление окружающей средой. Этикетки и декларации экологические. Основные принципы	01.11.2003
СТБ ИСО 14031-2003	Управление окружающей средой. Оценка экологической эффективности. Общие требования	01.05.2004
СТБ ИСО/ТО 14062-2006	Управление окружающей средой. Экологические аспекты, учитываемые при проектировании и разработке продукции	01.04.2007
СТБ 17.00.00-01-2008	Охрана окружающей среды и природопользование. Система стандартов в области охраны окружающей среды и природопользования. Основные положения	01.03.2009
СТБ 17.01.00-01-2012	Охрана окружающей среды и природопользование. Экологический паспорт предприятия. Основные положения	01.07.2013
СТБ 17.01.01-01-2012	Охрана окружающей среды и природопользование. Основные термины и определения	01.01.2013
СТБ 17.06.02-02-2016	Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Классификация поверхностных и подземных вод	01.07.2017
СТБ 17.06.02-03-2015	Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Классификация очистных сооружений сточных вод	01.12.2015
СТБ 17.06.03-01-2008	Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Охрана поверхностных вод от загрязнения. Общие требования	01.03.2009
СТБ 17.08.02-01-2009	Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосферный воздух. Вещества, загрязняющие атмосферный воздух. Коды и перечень	01.07.2009

Продолжение таблицы Г.1

1	2	3
СТБ 17.13.05-01-2008/ISO 8245:1999	Охрана окружающей среды и природопользование. Мониторинг окружающей среды. Качество воды. Руководящие указания по определению суммарного содержания органического углерода (TOC) и растворенного органического углерода (DOC)	01.07.2009
СТБ 17.13.05-05-2008/EN 14625:2005	Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Атмосферный воздух. Стандартный метод измерения содержания озона методом ультрафиолетовой фотометрии	01.07.2009
СТБ 17.13.05-07-2008/EN 14212:2005	Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Атмосферный воздух. Стандартный метод измерения содержания серы диоксида методом ультрафиолетовой флуоресценции	01.07.2009
СТБ 17.13.05-09-2009/ISO 7150-1:1984	Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Качество воды. Определение содержания азота аммонийного. Часть 1. Ручной спектрометрический метод	01.01.2010
СТБ 17.13.05-10-2009/ISO 5667-6:2005	Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Качество воды. Отбор проб. Часть 6. Руководство по отбору проб из рек и иных водотоков	01.01.2010
СТБ 17.13.05-11-2009/ISO 15705:2002	Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Качество воды. Определение показателя химического потребления кислорода. Метод с использованием термостойких реакционных пробирок	01.07.2010
СТБ 17.13.05-14-2010/EN 14385:2004	Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Выбросы от стационарных источников. Определение массовой концентрации As, Cd, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Tl, V	01.01.2011
СТБ 17.13.05-15-2010/ГОСТ Р 52406-2005	Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Вода. Определение нефтепродуктов методом газовой хроматографии	01.01.2011
СТБ 17.13.05-16-2010/ISO 702 7:1999	Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Качество воды. Определение мутности (прозрачности)	01.07.2011
СТБ 17.13.05-19-2010/ISO/TS 13530:2009	Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Качество воды. Руководство по аналитическому контролю при проведении химических и физико-химических испытаний воды	01.07.2011

Продолжение таблицы Г.1

1	2	3
СТБ 17.13.05-22-2011/ISO 5815-1:2003	Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Качество воды. Определение биохимического потребления кислорода после n дней (БПК _n). Часть 1. Метод с разбавлением и добавлением аллилтиомочевины	01.01.2012
СТБ 17.13.05-23-2011/ISO 5815-2:2003	Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Качество воды. Определение биохимического потребления кислорода после n дней (БПК _n). Часть 2. Метод без разбавления проб	01.01.2012
СТБ 17.13.05-24-2011/ISO/TS 14256-1:2003	Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Качество почвы. Определение нитратов, нитритов и аммония в пробах почвы естественной влажности при экстракции раствором хлорида калия. Часть 1. Ручной (инструментальный) метод	01.01.2012
СТБ 17.13.05-27-2013	Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Выбросы от стационарных источников. Инструментальный метод определения концентрации метана с использованием газовой хроматографии	01.07.2014
СТБ 17.13.05-28-2014	Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Качество почвы. Определение нитратов ионометрическим методом	01.09.2014
СТБ 17.13.05-29-2014/ISO 5667-10:1992	Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Качество воды. Отбор проб. Часть 10. Руководство по отбору проб сточных вод	01.09.2014
СТБ 17.13.05-30-2014/ISO 5813:1983	Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Качество воды. Определение растворенного кислорода. Йодометрический метод	01.09.2014
СТБ 17.13.05-31-2014	Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Качество воды. Определение концентрации сульфидов и сероводорода фотометрическим методом с диметил-п-фенилендиамином	01.12.2014
СТБ 17.13.05-32-2014/ISO 5667-4:1987	Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Качество воды. Отбор проб. Часть 4. Руководство по отбору проб из озер и иных водоемов	01.12.2014

Продолжение таблицы Г.1

1	2	3
СТБ 17.13.05-33-2014	Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Качество воды. Определение концентрации хрома (VI) и хрома общего в воде фотометрическим методом с дифенилкарбазидом	01.12.2014
СТБ 17.13.05-34-2014/ISO 10260:1992	Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Качество воды. Определение концентрации хлорофилла-а спектрофотометрическим методом	01.12.2014
СТБ 17.13.05-36-2015	Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический (лабораторный) контроль и мониторинг. Качество почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и сухого остатка водной почвенной вытяжки	01.12.2015
СТБ 17.13.05-38-2015	Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический (лабораторный) контроль и мониторинг. Качество воды. Определение концентрации азота нитритов фотометрическим методом с реактивом Грисса	01.12.2015
СТБ 17.13.05-41-2015/EN 15308:2008	Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический (лабораторный) контроль и мониторинг окружающей среды. Характеристика отходов. Определение некоторых полихлорированных бифенилов (ПХБ) в твердых отходах методом капиллярной газовой хроматографии с детектором электронного захвата или масс-спектрометрическим детектированием	01.12.2015
СТБ 17.13.05-43-2015	Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический (лабораторный) контроль и мониторинг окружающей среды. Качество воды. Определение концентрации азота нитратов фотометрическим методом с салициловой кислотой	01.01.2016
СТБ 17.13.05-45-2016	Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Качество воды. Определение концентрации железа общего фотометрическим методом с сульфосалициловой кислотой	01.01.2017
СТБ 17.13.05-46-2016	Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Качество воды. Определение концентрации кальция, магния титриметрическим методом	01.01.2017
СТБ 17.13.05-47-2017/ISO 6439:1990	Охрана окружающей среды. Аналитический (лабораторный) контроль и мониторинг окружающей среды. Качество воды. Определение фенольного индекса. Спектрометрические методы с 4-иминоантипирином после дистилляции	01.10.2017

Продолжение таблицы Г.1

1	2	3
СТБ 17.17.07-01-2009	Охрана окружающей среды и природопользование. Сооружения очистные автономные. Общие технические требования	01.01.2010
СТБ 1018-96	Охрана окружающей среды. Водопотребление и водоотведение в рыбном хозяйстве. Термины и определения	01.01.1997
СТБ 1733-2007	Охрана окружающей среды и природопользование. Экологические критерии к синтетическим моющим средствам	01.08.2007
СТБ 1742-2007	Охрана окружающей среды и природопользование. Экологические критерии к приборам холодильным	01.10.2007
СТБ 1755-2007	Охрана окружающей среды и природопользование. Экологические критерии к обоям	01.07.2007
СТБ 1805-2007	Охрана окружающей среды и природопользование. Экологические критерии к телевизорам	01.06.2008
СТБ 2410-2015	Охрана окружающей среды и природопользование. Территории. Знаки информационные особо охраняемых природных территорий и водоохранных территорий. Общие требования	01.11.2015
СТБ 2432-2015	Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический контроль и мониторинг. Качество почвы. Методы определения сульфат-иона в водной почвенной вытяжке	01.04.2016
СТБ CEN/TR 15310-1-2018	Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический (лабораторный) контроль и мониторинг окружающей среды. Характеристика отходов. Отбор проб отходов. Часть 1. Руководство по выбору и применению критериев отбора проб при различных условиях	01.07.2018
СТБ CEN/TR 15310-2-2018	Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический (лабораторный) контроль и мониторинг окружающей среды. Характеристика отходов. Отбор проб отходов. Часть 2. Руководство по методам отбора проб	01.07.2018
СТБ CEN/TR 15310-3-2018	Охрана окружающей среды и природопользование. Аналитический (лабораторный) контроль и мониторинг окружающей среды. Характеристика отходов. Отбор проб отходов. Часть 3. Руководство по процедурам отбора подпроб в полевых условиях	01.07.2018
ТКП 17.01-01-2007 (02120)	Охрана окружающей среды и природопользование. Технические нормативные правовые акты и пособия в области охраны окружающей среды и природопользования. Порядок разработки, правила изложения, оформления и издания	01.07.2007

Продолжение таблицы Г.1

1	2	3
ТКП 17.02-01-2006 (02120)	Охрана окружающей среды и природопользование. Правила по обеспечению экологической безопасности автозаправочных станций	01.03.2007
ТКП 17.02-02-2010 (02120)	Охрана окружающей среды и природопользование. Правила размещения и проектирования ветроэнергетических установок	01.07.2010
ТКП 17.02-03-2010 (02120)	Охрана окружающей среды и природопользование. Правила размещения и проектирования биогазовых комплексов	01.10.2010
ТКП 17.02-04-2011 (02120)	Охрана окружающей среды и природопользование. Правила организации и проведения контроля в области охраны окружающей среды на атомных электростанциях	01.01.2012
ТКП 17.02-05-2011 (02120)	Охрана окружающей среды и природопользование. Порядок расчета экономической эффективности биогазовых комплексов	01.01.2012
ТКП 17.02-06-2011 (02120)	Охрана окружающей среды и природопользование. Правила обеспечения экологической безопасности при проектировании предприятий, зданий и сооружений автомобильного транспорта	01.01.2012
ТКП 17.02-07-2011 (02120)	Охрана окружающей среды и природопользование. Порядок проведения инновационно-технологического мониторинга	01.02.2012
ТКП 17.02-08-2012 (02120)	Охрана окружающей среды и природопользование. Правила проведения оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) и подготовки отчета	01.03.2012
ТКП 17.02-10-2013 (02120)	Охрана окружающей среды и природопользование. Порядок проведения работ по стоимостной оценке экосистемных услуг и определения стоимостной ценности биологического разнообразия	01.06.2013
ТКП 17.02-13/1-2015 (33140)	Охрана окружающей среды и природопользование. Технологические нормативы. Часть 1. Расчет технологических нормативов водопользования	01.10.2015
ТКП 17.02-16-2018 (33140)	Охрана окружающей среды и природопользование. Требования к размещению и эксплуатации площадок складирования снега	01.01.2019
ТКП 17.03-01-2013 (02120)	Охрана окружающей среды и природопользование. Земли. Правила и порядок определения фонового содержания химических веществ в землях (включая почвы)	01.02.2014
ТКП 17.03-02-2013 (02120)	Охрана окружающей среды и природопользование. Земли. Правила и порядок определения загрязнения земель (включая почвы) химическими веществами	01.02.2014

Продолжение таблицы Г.1

1	2	3
ТКП 17.03-05-2018 (33140)	Охрана окружающей среды и природопользование. Земли. Порядок выполнения работ по определению деградации земель (почв). Общие положения	01.11.2018
ТКП 17.05-01-2014 (02120)	Охрана окружающей среды и природопользование. Растительный мир. Правила охраны дикорастущих растений, относящихся к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь, и мест их произрастания	01.08.2014
ТКП 17.05-02-2017 (33140)	Охрана окружающей среды и природопользование. Растительный мир. Порядок и условия создания и содержания противозерозионных насаждений	01.03.2018
ТКП 17.06-04-2012 (02120)	Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Правила установления фоновых концентраций химических веществ в воде водных объектов	01.03.2012
ТКП 17.06-13-2015 (33140)	Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Правила эксплуатации и контроля за работой очистных сооружений и сбросом сточных вод	01.10.2015
ТКП 17.06-17-2018 (33140)	Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Комплексная оценка экологического риска и расчет норм допустимых рекреационных нагрузок на водоемы в зонах отдыха Беларуси	01.06.2019
ТКП 17.07-01-2014 (02120)	Охрана окружающей среды и природопользование. Животный мир. Правила охраны диких животных, относящихся к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь, и мест их обитания	01.08.2014
ТКП 17.08-01-2006 (02120)	Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосферный воздух. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Порядок определения выбросов при сжигании топлива в котлах теплопроизводительностью до 25 МВт	01.05.2006
ТКП 17.08-04-2006 (02120)	Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосферный воздух. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Порядок определения выбросов при сжигании топлива в котлах теплопроизводительностью более 25 МВт	01.09.2006
ТКП 17.08-02-2006 (02120)	Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосферный воздух. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Правила расчета выбросов при сварке, резке, механической обработке металлов	01.05.2006
ТКП 17.08-03-2006 (02120)	Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосферный воздух. Выбросы загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферный воздух. Правила расчета выбросов механическими транспортными средствами в населенных пунктах	01.09.2006

Продолжение таблицы Г.1

1	2	3
ТКП 17.08-05-2007 (02120)	Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосферный воздух. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Правила расчета выбросов при производстве металлопокрытий гальваническим способом	01.12.2007
ТКП 17.08-06-2007 (02120)	Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосферный воздух. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Правила расчета выбросов при производстве и переработке изделий из пластмасс	01.12.2007
ТКП 17.08-07-2007 (02120)	Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосферный воздух. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Правила расчета выбросов от солевых производств калийных удобрений	01.03.2008
ТКП 17.08-11-2008 (02120)	Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосфера. Выбросы загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферный воздух. Правила расчета выбросов от животноводческих комплексов, звероферм и птицефабрик	01.03.2009
ТКП 17.08-12-2008 (02120)	Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосфера. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Правила расчета выбросов предприятий железнодорожного транспорта	01.03.2009
ТКП 17.08-14-2011 (02120)	Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосфера. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Правила расчета выбросов тяжелых металлов	01.01.2012
ТКП 17.08-17-2012 (02120)	Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосфера. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Правила расчета выбросов загрязняющих веществ от предприятий по производству цемента и извести	01.01.2013
ТКП 17.09-01-2011 (02120)	Охрана окружающей среды и природопользование. Климат. Выбросы и поглощение парниковых газов. Правила расчета выбросов за счет внедрения мероприятий по энергосбережению, возобновляемых источников энергии	01.01.2012
ТКП 17.09-03-2011 (02120)	Охрана окружающей среды и природопользование. Климат. Выбросы и поглощение парниковых газов. Правила расчета поглощения озерными экосистемами	01.01.2012
ТКП 17.09-05-2013 (02120)	Охрана окружающей среды и природопользование. Климат. Выбросы и поглощение парниковых газов. Правила расчетов выбросов парниковых газов в основных секторах экономики Республики Беларусь	01.04.2013

Окончание таблицы Г.1

1	2	3
ТКП 17.11-02-2009 (02120/02030)	Охрана окружающей среды и природопользование. Отходы. Обращение с коммунальными отходами. Объекты захоронения твердых коммунальных отходов. Правила проектирования и эксплуатации	01.07.2009
ТКП 17.11-03-2009 (02120/02030)	Охрана окружающей среды и природопользование. Отходы. Обращение с коммунальными отходами. Правила эксплуатации объектов обезвреживания коммунальных отходов	01.07.2009
ТКП 17.11-05-2012 (02120)	Охрана окружающей среды и природопользование. Отходы. Правила обращения с отработанными нефтепродуктами	01.10.2012
ТКП 17.11-06-2012 (02120)	Охрана окружающей среды и природопользование. Отходы. Правила проведения инвентаризации стойких органических загрязнителей, дополнительно включенных в Стокгольмскую конвенцию о СОЗ	01.03.2013
ТКП 17.11-10-2014 (02120)	Охрана окружающей среды и природопользование. Отходы. Правила обращения со строительными отходами	01.03.2015
ТКП 17.12-05-2014 (02120)	Охрана окружающей среды и природопользование. Территории. Правила разработки и обустройства зеленых маршрутов и их частей - экологических троп, в том числе на особо охраняемых природных территориях	01.08.2014
ТКП 17.12-09-2015 (33140)	Охрана окружающей среды и природопользование. Территории. Порядок проведения планового обследования территории Республики Беларусь для кадастрового учета объектов растительного мира	01.09.2015
ТКП 17.12-10-2015 (33140)	Охрана окружающей среды и природопользование. Территории. Правила подготовки научного и технико-экономического обоснования объявления, преобразования и прекращения функционирования особо охраняемых природных территорий	01.01.2016
ТКП 17.12-11-2015 (33140)	Охрана окружающей среды и природопользование. Территории. Правила описания границ объявляемой или преобразуемой особо охраняемой природной территории и ее охранной зоны	01.01.2016

Учебное издание

ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Лабораторный практикум

Составители:

Скобова Наталья Викторовна
Савенок Владимир Евгеньевич

Редактор *Т.А. Осипова*
Корректор *А.В. Пухальская*
Компьютерная верстка *С.В. Буракова*

Подписано к печати 01.07.2019. Формат 60х90¹/₁₆. Усл. печ. листов 9,0.
Уч.-изд. листов 11,3. Тираж 40 экз. Заказ № 223.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»
210038, г. Витебск, Московский пр-т, 72.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Витебский государственный технологический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.