

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ  
БЕЛАРУСЬ**

**Белорусский национальный технический  
Университет**

Кафедра «Инженерная экология»  
Кафедра ЮНЕСКО «Энергосбережение и возобновляемые ис-  
точники энергии»

Электронный учебно-методический комплекс  
по учебной дисциплине

**«ОСНОВЫ ЭКОЛОГО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИ-  
ВОСТИ ПРОИЗВОДСТВА»**

**для специальностей:**

6-05-0714-02 «Технология машиностроения, металлорежущие  
станки и инструменты»; 6-05-0714-04 «Автоматизация техно-  
логических процессов и производств»

**Минск ◊ БНТУ ◊ 2023**

**Составители:** *Цыганова А.А., Малькевич Н.Г., Бельская Г.В., Червинский В.Л., Скуратович И.В., Зеленухо Е.В., Сидорская Н.В., Мартынюк С.С., Любчик О.А., Климович С.В., Кляусова Ю.В.*

**Рецензенты:** кафедра экологического мониторинга и менеджмента Учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета;

А.Э. Томсон, заведующий лабораторией экотехнологий Института природопользования НАН Беларуси, к.х.н., доцент

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) содержит сведения о влиянии промышленных предприятий на окружающую среду и основных принципах эколого-энергетической устойчивости производства. В ЭУМК представлены современные данные об особенностях функционирования окружающей среды, описано воздействие промышленного производства на окружающую среду, приведены инструменты управления качеством окружающей среды и правового регулирования хозяйственной деятельности в природопользовании. Сформировано представление о государственной политике в сфере энергосбережения, основных направлениях энергосбережения и организации энергетического менеджмента на предприятии.

ЭУМК предназначен как для самостоятельной подготовки студентов очной и заочной форм обучения, так и для проведения аудиторных занятий со студентами, имеющими различный уровень подготовки.

© БНТУ, 2023

*©Цыганова А.А., Малькевич Н.Г., Бельская Г.В., Червинский В.Л., Скуратович И.В., Зеленухо Е.В., Сидорская Н.В., Мартынюк С.С., Любчик О.А., Климович С.В., Кляусова Ю.В.*

## Пояснительная записка

Изучение эколого-энергетической устойчивости производства базируется на анализе современных проблем, связанных с промышленным и другим антропогенным воздействием на окружающую среду, методологии решения возникающих проблем, изучении современных концепций, программ и проектов более чистого и энергоэффективного производства.

Система непрерывного образования в области охраны окружающей среды для решения задач Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь предусматривает совершенствование качества образования, в том числе и преподавания «Основ эколого-энергетической устойчивости производства».

Такой комплекс является одним из вариантов нового поколения учебной литературы, предназначенный для более эффективного изучения предмета, а также формирования у студентов целостной системы знаний в области предотвращения загрязнения и современных методов охраны окружающей среды и энергосбережения.

Создание ЭУМК обусловлено интенсивным развитием информационных технологий, нарастающей актуальностью его в образовательном процессе и служат для поддержки учебного процесса с использованием ИКТ технологий по всем предусмотренным Кодексом об образовании Республики Беларусь формам получения образования (очной, заочной, дистанционной).

*Цель ЭУМК* – помочь студентам, магистрантам, аспирантам и педагогам сформировать целостную систему знаний в области перспективных энергоэффективных и экологически чистых технологий.

Особенности структурирования и подачи учебного материала ЭУМК состоит в сочетании лекционного материала с лабораторными и практическими занятиями.

*Рекомендации по организации работы с ЭУМК* – рекомендуется использовать при изучении дисциплины дифференцированный подход к обучению студентов – будущих инженеров.

ЭУМК по учебной дисциплине «Основы эколого-энергетической устойчивости производства» включает 4 модуля:

1. Теоретический. Содержит данные об особенностях функционирования окружающей среды, воздействию промышленного производства на окружающую среду, инструментах управления качеством окружающей среды и правового регулирования хозяйственной деятельности в природопользовании, представление о государственной политике в сфере энергосбережения, основных направлениях энергосбережения и организации энергетического менеджмента на предприятии.

2. Практический. Содержит лабораторные и практические работы по учебной дисциплине «Основы эколого-энергетической устойчивости производства».

3. Вспомогательный. Содержит итоговый тест для контроля знаний по учебной дисциплине «Основы эколого-энергетической устойчивости производства», темы рефератов и вопросы к зачету.

4. Информационный. Содержит перечень актуальной литературы и законодательства Республики Беларусь в области охраны окружающей среды и рационального природопользования.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

РАЗДЕЛ I. ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ .....	8
Тема 1.1. Окружающая среда как система .....	8
Тема 1.2. Основные законы экологии и рационального природопользования.....	29
Тема 1.3. Природные ресурсы и их использование.....	51
РАЗДЕЛ II. ВОЗДЕЙСТВИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ .....	75
Тема 2.1. Воздействие предприятия на окружающую среду.....	75
Тема 2.2. Основы нормирования в области охраны окружающей среды .....	115
РАЗДЕЛ III. ОСНОВЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОИЗВОДСТВА.....	123
Тема 3.1. Инструменты управления качеством окружающей среды ...	123
Тема 3.2. Правовое регулирование хозяйственной деятельности в природопользовании.....	161
РАЗДЕЛ IV. ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОЛИТИКА В СФЕРЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ .....	212
Тема 4.1. Организация управления энергосбережением в Республике Беларусь. Нормативно-законодательная база в сфере энергосбережения.....	212
Тема 4.2. Способы получения, транспортирования и использования энергии.....	228
РАЗДЕЛ V. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ .....	245
Тема 5.1. Возобновляемые источники энергии .....	245
Тема 5.2 Вторичные энергетические ресурсы .....	290
Тема 5.3 Учет и регулирование энергоресурсов.....	299
Тема 5.4 Энергосбережение в промышленности. Энергосбережение в зданиях и сооружениях. Энергосбережение в быту.....	313
ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ.....	377
Лабораторная работа № 1 .....	377
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ .....	377
Лабораторная работа № 2 .....	393

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ОРГАНИЧЕСКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ МЕТОДОМ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ .....	393
Лабораторная работа № 3 .....	403
САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СТОЧНЫХ И ПРИРОДНЫХ ВОД.....	403
Лабораторная работа № 4 .....	416
ВЛИЯНИЕ КИСЛОТНЫХ ОСАДКОВ НА СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДОЁМОВ .....	416
Лабораторная работа № 5 .....	432
УЧЕБНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ИМИТАЦИОННАЯ ИГРА «ОЗЕРО» .....	432
Лабораторная работа № 6 .....	439
ИЗУЧЕНИЕ МОДЕЛИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИМИТАЦИОННОЙ ИГРЫ COMPAS .....	439
Лабораторная работа № 7 .....	445
ПРЯМОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ. ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЭНЕРГИИ – СОЛНЕЧНОЙ БАТАРЕИ .....	445
Лабораторная работа № 8 .....	454
ОЦЕНКА СОКРАЩЕНИЯ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ПРЕДПРИЯТИЯМИ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ И АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ .....	454
ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ .....	464
Практическая работа №1 .....	464
КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ.....	464
Практическая работа №2 .....	479
ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ..	479
Практическая работа №3 .....	493
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ СЖИГАНИИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА.....	493
Практическая работа №4 .....	510

ОЦЕНКА ВЫБРОСОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИ СЖИГАНИИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА .....	510
Практическая работа №5 .....	522
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОТРАНСПОРТА .....	522
Практическая работа №6 .....	538
РАСЧЕТ ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАСЕЛЕНИЯ.....	538
Практическая работа № 7 .....	554
ЦИКЛ ТЕПЛООВОГО НАСОСА .....	554
Практическая работа № 8 .....	561
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕКУПЕРАТИВНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА .....	561
ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ .....	567
ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ .....	570
ПРИМЕРЫ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ .....	573
ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	587

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

### Раздел I. ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

#### Тема 1.1. Окружающая среда как система

**Биосфера** (от греч. bios – жизнь isfere – сфера, шар) – «сфера жизни».

Начало формирования учения о биосфере связывают с именем французского журналиста Ж. Ламарка, который ввел это понятие в биологию, но определение биосферы и самое ее название были предложены австрийским геологом Эдуардом Зюссом (1831–1914) в 1875 г. К биосфере он отнес все то пространство атмосферы, гидросферы и литосферы, где встречаются живые организмы.

Современное учение о биосфере создано русским ученым В.И. Вернадским (1863–1945). Его книга «Биосфера» была опубликована в 1926 г., в которой он понимал под биосферой – «область существования живого вещества». В.И. Вернадский не только конкретизировал и определил границы жизни в биосфере, но, самое главное, всесторонне раскрыл роль живых организмов в процессах планетарного масштаба. Он показал, что в природе нет более мощной геологической силы, чем живые организмы и продукты их жизнедеятельности.

*Современная биосфера представляет собой наружную оболочку Земли, которая включает все живые организмы и все элементы неживой природы, образующие среду обитания живых.*

#### **Состав биосферы включает:**

– *живое вещество* – совокупность организмов на планете (растительный и животный мир, микроорганизмы);

– *биогенное вещество* – совокупность веществ, возникших в результате жизнедеятельности организмов (торф, нефть, мел, природный газ и др.);

– *косное вещество* – совокупность веществ, в образовании которых живые организмы не участвуют, т.е. горные породы магматического, неорганического происхождения, вода;



– *биокосное вещество* – продукты распада и переработки горных и осадочных пород живыми организмами (почва, природные воды).

Помимо основных категорий, выделяют *радиоактивное вещество, вещество космического происхождения* и *рассеянные атомы* (создаются из веществ земного происхождения под влиянием космических лучей).

Учитывая строение биосферы, концентрация веществ неравномерна на разных участках земной поверхности.

**Функции живого вещества.** Важнейшими функциями являются энергетическая, газовая, окислительно-восстановительная, концентрационная.

*Энергетическая функция* заключается в накоплении и преобразовании растениями энергии Солнца и передаче ее по пищевым цепям. При этом энергия постепенно рассеивается, но часть ее вместе с остатками организмов переходит в ископаемое состояние, "консервируется" в земной коре, образуя запасы нефти, угля и др.

*Газовая функция* принадлежит зеленым растениям, которые в процессе фотосинтеза поглощают углекислый газ и выделяют в атмосферу кислород. В то же время, большинство живых организмов (и растения в том числе) в процессе дыхания используют кислород, выделяя в атмосферу углекислый газ. Таким образом, участвуя в обменных процессах, живое вещество поддерживает на определенном уровне газовый состав атмосферы.

*Окислительно-восстановительная функция* связана с энергетической. Существуют микроорганизмы, которые в процессе жизнедеятельности окисляют или восстанавливают различные соединения, получая при этом энергию для жизненных процессов, что важно для образования многих полезных ископаемых. Например, деятельность железобактерий по окислению железа привела к образованию железной руды.

*Концентрационная функция* заключается в способности живых организмов накапливать различные химические элементы. Осуществление данной функции способствовало образованию залежей известняка.

Противоположная по результатам *рассеивающая функция* проявляется через питательную и транспортную деятельность организмов.

*Деструктивная* функция состоит в разрушении организмами и продуктами их жизнедеятельности, в том числе после их смерти, как мертвого органического вещества, так и косных веществ.

*Транспортная* функция выражается в переносе вещества в результате активной формы движения.

*Средообразующая* функция является результатом совместного действия других функций и состоит в преобразовании физико–химических параметров среды в условия, благоприятные для существования живых организмов.

*Средорегулирующая* функция – исключительно точной биотической регуляцией окружающей среды. Она задается высокой степенью замкнутости биотического круговорота – равенством скоростей синтеза и распада органических веществ.

*Информационная* функция – накопление живыми организмами определенной информации, закрепление ее в наследственных структурах и передача последующим поколениям.

**Границы биосферы.** По теории Вернадского биосфера, охватывающая весь земной шар, не беспредельна. Ее границы обусловлены существованием в ней живого вещества. Биосфера как область жизни включает: *нижнюю часть атмосферы, всю гидросферу и верхнюю часть литосферы.*

Верхней границей биосферы или верхним пределом жизни в атмосфере является *озоновый экран* с наибольшей плотностью озона (концентрацией молекул) на высоте 20 – 26 километров, хотя потоками воздуха микроорганизмы могут заноситься выше 26 километров. Озоновый экран является физическим пределом распространения жизни в атмосфере, дальнейшее распространение микроорганизмов ограничивается ультрафиолетовым излучением солнца, убивающим все живое.

*Нижняя граница биосферы*, а следовательно, нижний предел существования жизни в литосфере ограничивается изотермой 100°C (критическая температура для развития большинства бактерий) и находится на глубине 3 – 4 километра, хотя колонии бактерий были найдены на глубине 8 – 10 километров при бурении скважины в Тюменской области и на Кольском полуострове. Ограничивающим фактором для проникновения живых организмов вглубь литосферы, по данным некоторых ученых, является не кислород, и не температура (в кратерах подводных вулканов найдены организмы, обитающие

при температуре до +300 °С), а соленость раствора, которая с глубиной достигает 350 грамм соли на 1 литр воды.

*В гидросфере* жизнь проникает на всю ее глубину, вплоть до ее наибольших глубин – Марианская впадина (11022 м) и на 1 – 2 километра ниже дна океана (донные отложения).

Общая протяженность биосферы по вертикали оценивается в 35 – 40 километров. Сфера случайного попадания живых организмов и осадочных биогенных пород охватывает толщину около 50 километров. При этом обозначенные границы являются в высшей степени условными и завышенными. Реальные границы распространения живого вещества являются более суженными.

Вверх от поверхности Земли жизнь с активным обменом веществ идет от изотермы 0°С или чуть более низкой температуры преимущественно до 6 километров по вертикали. Таким образом, слой активной жизни на суше занимает толщину максимум в 12 километров, а в пределах океана – 17 километров по вертикали.

**Эволюция биосферы.** За миллиарды лет своего существования биосфера прошла сложный путь развития, называемый *эволюцией* (от лат. «эволюцио» – развитие).

*Первым этапом* эволюции было возникновение самой жизни из неживой материи. Сначала было образование простых органических соединений из метана (CH<sub>4</sub>), аммиака (NH<sub>3</sub>), водорода (H) и водяных паров под действием УФ-излучения Солнца в условиях высоких температур и повышенной вулканической деятельности. Этими органическими соединениями были молекулы сахаров, аминокислот и других азотистых соединений, т.е. те самые молекулы, из которых состоят белки, нуклеиновые кислоты, вещества-энергоносители. На этом этапе эволюции важным является то, что органические молекулы стали подвергаться процессам синтеза и разрушения, причем продукты распада одних молекул служили материалом для построения других, таким образом, возник *первичный круговорот органического вещества*.

*Второй этап* сопровождался формированием разнообразных многоклеточных организмов и усложнением форм жизни. Эти два этапа, т. е. возникновение биологического круговорота веществ и формирование многоклеточных организмов, называют *биогенезом*

(от греч. bios – жизнь и genesis – происхождение, возникновение), т.е. возникновением жизни на планете.

Третий этап – **ноогенез** – (от греч. noos – разум и genesis – происхождение) – разумное развитие, связан с возникновением человеческого общества, под влияние которого происходит дальнейшая эволюция биосферы и переход ее в новое состояние – техносферу. Формирование техносферы началось в период XVIII – XIX вв. в связи с научно-техническим прогрессом, который сопровождался **техногенезом** (от греч. techne – мастерство и genesis – происхождение), т.е. процессом изменения природных комплексов под воздействием производственной деятельности человека. Техносфера представляет собой переходный этап от биосферы к ноосфере.

Название **ноосфера** от греческого «noos» – разум и обозначает «сфера разума». Этот термин ввел французский математик и философ Н. Ле Руа в 1927 г., а академик В. И. Вернадский (1944) развил и обосновал учение о ноосфере, которая с позиции В. И. Вернадского является закономерным и неизбежным этапом развития самой биосферы, этапом разумного регулирования взаимоотношений человека и природы. *В современном понимании ноосфера – это высшая стадия развития биосферы, связанная с возникновением и становлением в ней цивилизованного общества, с периодом, когда разумная деятельность человека становится главным, определяющим фактором развития на земле.*

Американский эколог Ю. Одум (1986) считает, что несмотря на огромные возможности и способности человеческого разума к управлению природными процессами, тем не менее еще рано говорить о ноосфере, так как человек не может предугадать все последствия своих действий. Об этом свидетельствует множество возникших экологических проблем на нашей планете. Ряд ученых (Курашковский, 1992) полагают, что правильнее говорить, в настоящее время лишь о существовании начальных стадий развития ноосферы, имеющей принципиальные отличия от ее будущего состояния.

**Поток веществ и энергии в биосфере.** В биосфере Земли происходит постоянный процесс движения и перераспределения веществ, энергетической основой которого является солнечное излучение. Лучистая энергия Солнца определяет тепловой баланс и термический режим биосферы.

Растения улавливают лучистую энергию Солнца и в процессе фотосинтеза преобразуют в энергию химических связей синтезированных органических веществ. Более половины этой энергии расходуется на дыхание растений, а остальная поступает в пищевые цепи. Когда животное съедает растение, энергия переходит к животному, преобразуется в теплоту и излучается в виде инфракрасных лучей в пространстве. Так образуется **поток энергии через биосферу**.

**Биомасса** – это количество живого вещества организмов, выраженное в единицах массы (веса) или энергии, приходящееся на единицу площади или объема места обитания. Для сопоставимости параметров биомассы разных организмов ее выражают в единицах сухого вещества ( $\text{г/м}^2$ ,  $\text{кг/га}$ ,  $\text{г/м}^3$ ). От принадлежности организмов различают общую массу всех растений фитомассу (от греч. phyton – растения), всех животных – зоомассу (от греч. zoon – животное) и микроорганизмов – бактериомассу. Биомасса Земли составляет  $2,44 \cdot 10^2$  т (в сухом веществе). При этом растения образуют 98% всей биомассы, а животные – около 2%. Живые организмы, используя солнечную энергию, способны накапливать ее в органическом веществе, т. е. создавать продукцию.

**Продукция** – количество органического вещества (биомассы), производимое популяцией или сообществом на единице пространства ( $\text{м}^2$ , га).

**Круговорот веществ в экосистеме.** Все вещества на нашей планете находятся в процессе *биогеохимического круговорота*. Различают два основных круговорота: *большой* (геологический) и *малый* (биологический).

Каждый химический элемент, совершая круговорот в экосистеме, следует по своему особому пути, но все круговороты приводятся в движение энергией, и участвующие в них элементы попеременно переходят из органической формы в неорганическую и наоборот. Организмы, участвующие в различных процессах круговорота, частично разделены в пространстве.

*Большой* или *геологический круговорот* – круговорот веществ в системе, протекающий в течение сотен тысяч или миллионов лет. Он заключается в том, что горные породы подвергаются разрушению, выветриванию, а продукты выветривания, в том числе растворённые в воде питательные вещества, сносятся потоками воды в Мировой

океан. Здесь они образуют морские пласты и лишь частично возвращаются на сушу с осадками, с извлеченными человеком из воды организмами. Крупные медленные геотектонические изменения, процесс опускания материков и поднятия морского дна, перемещение морей и океанов в течение длительного времени приводят к тому, что эти пласты возвращаются на сушу и процесс начинается вновь.

*Малый, биологический круговорот* (биотический) – является частью большого и заключается в том, что питательные вещества почвы, вода, углерод аккумулируются в веществе растений, расходуются на построение тела и осуществление жизненных процессов их самих и других организмов. Продукты распада органического вещества попадают в распоряжение почвенной микрофлоры (бактерий, грибов, червей и др.) и вновь разлагаются до минеральных компонентов, которые доступны растениям и вновь вовлекаемых ими в поток вещества.

Круговорот химических веществ из неорганической среды через растительные и животные организмы обратно в неорганическую среду с использованием солнечной энергии или энергии химических реакций имеет название *биогеохимического цикла*.

*Круговорот углерода.* Круговорот углерода начинается с процесса фотосинтеза, в результате которого углерод углекислого газа превращается в глюкозу, из которой в дальнейшем образуются все остальные вещества, входящие в состав живых организмов. Животные поедают растения, в результате углерод перемещается в их тела. В процессе дыхания животные выделяют углерод в форме углекислого газа, т. е. круг замыкается.

*Круговорот азота.* Различные микроорганизмы извлекают азот из разлагающихся материалов и переводят его в молекулы, необходимые им для обмена веществ. При этом оставшийся азот высвобождается в виде аммиака ( $\text{NH}_3$ ) или ионов аммония ( $\text{NH}_4^+$ ). Затем другие микроорганизмы связывают этот азот, переводя его обычно в форму нитратов ( $\text{NO}_3^-$ ). Поступая в растения (и в конечном счете попадая в организмы живых существ), этот азот участвует в образовании биологических молекул. После гибели организма азот возвращается в почву и цикл начинается снова.

*Круговорот серы.* В круговороте серы участвуют несколько ее соединений:  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , сульфаты и, отчасти, свободная сера. Круговорот серы в природе поддерживается микроорганизмами. При

их участия сульфиды окисляются до сульфатов, сульфаты поглощаются живыми организмами, где сера восстанавливается и входит в состав белков. При гниении отмерших организмов сера возвращается в круговорот. Круговорот серы также находится под влиянием антропогенной деятельности. В органическом топливе всегда, хотя и в малых количествах, содержится сера, при сжигании она переходит в диоксид серы – токсичное для живых организмов вещество. Диоксид серы может подавлять процесс фотосинтеза, а при взаимодействии с водой атмосферы образовывать сернистую кислоту, увеличивая кислотность осадков. Антропогенный источник серы в атмосфере составляет до 12,5 % ее общего содержания.

*Круговорот кислорода.* В ходе этого цикла кислород совершает переход из атмосферы в биосферу и земную кору, после чего возвращается обратно в атмосферу. При этом кислородом обмениваются все водоёмы, Мировой океан, воздух, растения и животные, но также кислород выделяется во время химических реакций. Основную роль в этом процессе играет фотосинтез.

*Круговорот фосфора.* Основными источниками неорганического фосфора являются изверженные породы (апатиты) или осадочные породы (фосфориты). Из пород неорганический фосфор вовлекается в циркуляцию выщелачиванием и растворением в континентальных водах. Попадая в экосистемы суши, почву, фосфор поглощается растениями из водного раствора в виде неорганического фосфат-иона ( $PO_4^{3-}$ ) и включается в состав различных органических соединений, где он выступает в форме *органического фосфата*. По пищевым цепям фосфор переходит от растений к другим организмам экосистемы. Химически связанный фосфор попадает с остатками растений и животных в почву, где вновь подвергается воздействию микроорганизмов и превращается в минеральные ортофосфаты, а в дальнейшем происходит повторение цикла.

*Ресурсный цикл* – совокупность превращений и пространственных перемещений определённого вещества или группы веществ на всех этапах использования его человеком. Ресурсный цикл входит в антропогенный круговорот вещества.

Ресурсный цикл — обмен веществ между природой и обществом, включающий извлечение естественных ресурсов из природной среды, вовлечение их в хозяйственный оборот с последующей утилизацией, а также возвращение трансформированной природной

субстанции в окружающую среду. Аналогом ресурсного цикла является жизненный цикл продукции – новое понятие, введенное международными стандартами ИСО серии 14000. Ресурсный цикл представляет собой последовательность «сырье – производство – эксплуатация (потребление) – утилизация (вторичные ресурсы) – отходы» и состоит из следующих этапов:

- этап 1. Разведка, добыча природного ресурса;
- этап 2. Изготовление изделий, деталей, полупродукта;
- этап 3. Производство изделий, деталей, полупродуктов некоего предмета потребления или объекта (например, транспортного средства, медицинского центра или космического спутника связи) для оказания в дальнейшем услуги (соответственно транспортной, медицинской, информационной или иной, необходимой обществу);
- этап 4. Эксплуатация объекта (включая хранение, например, транспортных средств на стоянках) для удовлетворения потребности общества и конкретных людей в предмете (потребление предмета) в транспортной, медицинской, информационной или иной услуге, а также в культурно–эстетической сфере, т.е. реализация той цели, для достижения которой на предыдущем этапе и был изготовлен предмет или объект;
- этап 5. Ремонт объекта для восстановления утраченных потребительских свойств (технических характеристик) с целью продления срока службы, если это по каким–либо причинам (например, экономическим) рациональнее изготовления объекта заново;
- этап 6. Реновация объекта, т.е. подготовка к эксплуатации его (или его узлов, агрегатов, комплектующих) по иному назначению или в иной (преимущественно менее ответственной) сфере потребления;
- этап 7. Утилизация объекта, его узлов и деталей, а также всех отходов и веществ, уловленных при очистке выбросов в атмосферу и сбросов в природные водоемы на предыдущих этапах, с выделением всего, что может быть использовано повторно в качестве вторичных материальных (ВМР) и энергетических (ВЭР) ресурсов.

На каждом этапе превращения природного ресурса в конечный продукт имеются потери используемого вещества. При добыче полезных ископаемых в отвалы направляется «пустая порода». Значительны потери при транспортировке сырья к месту переработки. При



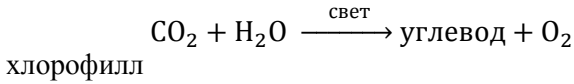
выработке энергии, например, с использованием органического топлива, оно полностью превращается в иные соединения — золу, шлаки, оксиды углерода и др. Отсутствие технологий, обеспечивающих комплексную переработку сырья (т.е. исполняющих все его компоненты) на стадии производства изделий, приводит к образованию большого количества отходов. Перемещение с этапа на этап требует дополнительных транспортных затрат, вызывающих в свою очередь загрязнение биосферы отходами транспортных средств. В итоге в расчете на одного человека в год получается 2 – 3 т конечной продукции, а остальная масса возвращалась в ОС в виде отходов.

Конечная продукция в свою очередь также является отходами, только отложенными во времени. Изготовленные изделия (машины, оборудование, предметы потребления), полученные химические соединения, все, что произвел человек, включая шедевры искусства и памятники истории, рано или поздно изнашиваются, выходят из строя, разрушается и рассеивается в ОС. Вовлекаемые в ресурсный цикл вещества полностью возвращаются в окружающую среду. Однако замкнутость ресурсного цикла существенно отличается от замкнутости биогеохимического или биотического цикла.

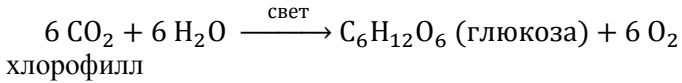
Изъятый ресурс возвращается в биосферу в существенно измененном виде, в том числе с новым для природы сочетанием химических элементов. Такие соединения не могут быть ассимилированы в биосфере обычным путем. Кроме того, добытые для переработки природные ресурсы возвращаются не точно на место изъятия, а попадают в другие экологические системы; характерный пример – добыча фосфатов, их использование в качестве минерального удобрения и последующая эвтрофикация водоемов. Следовательно, антропогенный ресурсный цикл является главным источником загрязнения окружающей среды.

**Фотосинтез – основа существования биосферы.** Фотосинтез (от греч. photos, synthesis – соединение) – многоступенчатый процесс, свойственный зелёным растениям. Процесс представляет собой окислительно-восстановительную реакцию, в ходе которой из диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ) и воды ( $\text{H}_2\text{O}$ ) за счёт энергии солнечного света образуется органическое вещество и выделяется свободный кислород ( $\text{O}_2$ ), поступающий в атмосферу. Фотосинтез протекает в хлоропластах, содержащих зелёный пигмент– хлорофилл, то есть в зелёных листьях растений.

Общее уравнение фотосинтеза:



Суммарное уравнение фотосинтеза:



Растительность суши, морей и океанов использует на фотосинтез около 1 % суммарной солнечной энергии, падающей на земную поверхность.

Кроме того, синтез органического вещества осуществляется некоторыми группами бактерий (зеленые серные, пурпурные серные и пурпурные несерные), которые обитают в пресной и морской воде, во влажной и илистой почве, в прудах и озерах со стоячей водой, в серных источниках. Фотосинтез происходит в фотосинтезирующих пигментах бактерий под влиянием энергии солнечного света. На долю фототрофных бактерий приходится 3 – 6 % суммарной годовой продукции фотосинтеза. Особенностью фотосинтезирующих бактерий. В основном морских и пресноводных является то, что они не накапливают значительных количеств углеводов, аминокислоты и белки, а синтезируют преимущественно. При бактериальном фотосинтезе нет выделения кислорода. Считается, что фотосинтез бактерий был первичным процессом на Земле. Организмы, не способные к фотосинтезу, составляют менее 1 %

Процесс синтеза органических веществ из диоксида углерода, который осуществляется микроорганизмами за счёт энергии химических реакций окисления простых неорганических соединений называется *хемосинтезом*. Важнейшей группой хемосинтезирующих организмов являются *нитрифицирующие бактерии*.

### **Экологические системы**

**Уровни организации живого вещества.** Одной из отличительных черт живого организма является уровень его организации. В порядке возрастания сложности – атом, молекула, клетка, ткань, орган,

система органов, организм, популяция, сообщество и экологическая система.

*Вид* – совокупность организмов сходных по строению и имеющих общее происхождение и занимающих определенную территорию. Совокупность организмов одного и того же вида, объединенная общим местом обитания создает популяцию.

*Популяция* – совокупность организмов одного вида, населяющих определенное пространство в течение большого числа поколений и связанных между собой различными взаимоотношениями, которые обеспечивают им устойчивое существование в данной природной среде.

Совокупность генов, определяющая наследственные признаки называется *генотипом*. А совокупность всех организмов, хранящих и передающих эти признаки называется генофондом этого вида.

*Сообщество* – совокупность совместно проживающих популяций разных видов в пределах какого-либо естественного пространства.

*Экологическая система* – совокупность совместно обитающих разных видов организмов и условий их существования, находящихся во взаимосвязи друг с другом. Экосистема включает две составляющие: *биоценоз* - сообщество живых организмов (животный мир и растительность) и *экотон* - совокупность неживых факторов среды (климатические условия и геологическая среда).

Основные свойства экосистем – способность осуществлять круговорот веществ, противостоять внешним воздействиям, производить биологическую продукцию. По масштабам и размерам выделяют *микроэкосистемы* (небольшой водоем, труп животного с населяющими его организмами, ствол гниющего дерева, аквариум, лужаца), *мезоэкосистемы* (лес, пруд, река и т.п.), *макроэкосистемы* (океан, континент, природная зона и т.п.), *глобальная экосистема* – биосфера в целом.

**Признаки функционирования экосистем.** Первым признаком функционирования экосистем является принцип гармонии с законом сохранения массы. Поскольку атомы не возникают, не исчезают и не превращаются один в другой, они могут использоваться бесконечно в самых различных соединениях и запас их практически неограничен. Именно это и происходит в природных экосистемах. *Второй признак* экосистемы существуют за счет не загрязняющей среду и практически вечной солнечной энергии, количество которой относительно постоянно и избыточно. Совокупность организмов в экосистеме в момент наблюдения называют **биомассой**, скорость продуцирования биомассы – *продуктивностью*.

**Классификация экосистем.** Наиболее распространены два типа признаков для классификации экосистем – **функциональные** и **структурные**. Примером классификации, основанной на функциональных признаках, можно считать деление экосистем по количеству или качеству поступающей энергии. Использование этого признака удобно по тем соображениям, что энергия является одним из основных компонентов любых экосистем, как природных, так и контролируемых человеком. Пример классификации, основанной на структурных признаках – деление экосистем по биомам. **Биом**– совокупность сообществ, возникшая в результате взаимодействия регионального климата, биоты и субстрата. Основа классификации этого типа – заметные, постоянные макроструктурные черты. В наземных экосистемах таким признаком является растительность, которая отражает особенности организмов, климатических, почвенных, гидрологических условий.

Никакая система не может сформироваться из абсолютно идентичных элементов. Даже в кристаллической решетке алмаза положение атомов углерода делает их функционально различными. Это закон необходимого разнообразия. **Нижний предел** – не менее двух элементов, а **верхний**– бесконечность.

**Границы** – наиболее сложные характеристики системы, вытекающие из ее целостности, определяемые тем, что внутренние связи и взаимодействия гораздо сильнее внешних. Последнее обстоятельство определяет устойчивость системы к внешним воздействиям.

Свойства элементов и системы в целом характеризуются признаками. Количественные признаки называют **показателями**. Структура системы определяется соотношением в пространстве и во

времени слагающих ее элементов и их связей. Пространственный аспект структуры характеризует порядок расположения элементов в системе, а временной отражает смену состояний системы во времени (показывает развитие). Структура является выражением иерархичности и организованности системы.

Характер связей и взаимодействия между элементами и с внешней средой представляет собой различные формы вещественного, энергетического и информационного обмена. При наличии связей системы с внешней средой границы являются открытыми, в противном случае – закрытыми.

**Свойства экосистем.** *Целостность.* Потоки вещества и энергии обеспечивают целостность экосистемы – взаимосвязь ее организмов друг с другом и с природной средой.

*Самовоспроизводимость.* Основными условиями самовоспроизводства экосистемы являются:

- наличие в среде пищи и энергии (для автотрофов – солнечной, для хемотрофов – химической);
- способность организмов к размножению;
- способность организмов воспроизводить химический состав и физические свойства природной среды (структуру почвы, прозрачность воды).

*Устойчивость экосистем* – свойство экосистемы выдерживать изменения, создаваемые внешними воздействиями. Устойчивость экосистемы подчиняется принципу Ле-Шателье: если на систему, находящуюся в равновесии, оказывается какое-либо внешнее воздействие, то в системе протекают те процессы, которые ослабляют данное воздействие и возвращают систему в исходное равновесное состояние. Принципу Ле-Шателье подчиняется *экосистема Мирового океана*. Природные экосистемы способны к длительному существованию. Даже при значительных колебаниях внешних факторов внутренние параметры сохраняют стабильность. Самые устойчивые – богатые жизнью тропические леса (свыше 8000 видов растений), достаточно устойчивы леса умеренной полосы (2000 видов), менее устойчивы тундровые биоценозы (500 видов), мало устойчивы экосистемы океанических островов.

*Саморегуляция экосистем* – способность поддерживать определенную численность популяции.

*Эмерджентные свойства* – новые, уникальные свойства экосистемы, возникающие в результате синергичного взаимодействия ее компонентов.

**Структура экосистем.** В каждой экосистеме два основных компонента: *организмы* и *факторы окружающей их неживой среды*. Совокупность организмов (растений, животных, микробов) называют *биотоп экосистемы*. Пути взаимодействия разных категорий организмов – это ее биотическая структура.

С биологической точки зрения, в составе экосистемы выделяют следующие компоненты:

1) неорганические вещества (С, N, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O и др.), включающиеся в круговороты;

2) органические соединения (белки, углеводы, липиды, гумусовые вещества и т. д.), связывающие биотическую и абиотические части;

3) воздушную, водную и субстратную среду, включающую климатический режим и другие физические факторы;

4) автотрофных организмов (зеленые растения, сине–зеленые водоросли, фото- и хемосинтезирующие бактерии), производящих пищу из простых неорганических веществ.

### **Пищевые цепи и трофические уровни**

Каждый организм в биосфере служит прямо и косвенно источником питания для других организмов и сам существует за счет других. Перенос энергии пищи путем поедания одних организмов другими называется *пищевой цепью или трофической* (от греч. *trophe* – питание).

*Трофической* (от греч. *trophe* – питание) или *пищевой цепью* называется последовательная передача вещества и эквивалентной ему энергии от одних организмов к другим.

Пищевые цепи могут быть различной длины и состоят из нескольких звеньев, количество которых от двух до шести.

*Первое звено пищевой цепи образуют продуценты* (от лат. *producens* – производящий) это организмы, которые создают первичное органическое вещество из неорганического, т.е. организмы, создающие первичную биологическую продукцию. К ним относятся: растения, а также фото– и хемосинтезирующие бактерии.

Организмы, способные строить собственное вещество за счет неорганических соединений, используя энергию Солнца, называются *автотрофами* (от греч. «autos» – сам, trophe – пища, т.е. самопитающийся), а организмы, использующие энергию химических реакций, называются *хемотрофами*. Автотрофы и хемотрофы являются продуцентами.

*Второе звено пищевой цепи представлено консументами* (от лат. consume – потреблять), или потребителями – это организмы, питающиеся органическим веществом или первичной биологической продукцией. К ним относятся все животные, грибы, часть дробянок (простейших микроорганизмов). Их также называют *гетеротрофами* (от греч. " heteros " – другой, trophe – питание), т.е. питаемый другими – это организмы, для которых продуценты представляют собой единственный источник питания.

Различают *консументы первого порядка, второго порядка в третьего порядка*.

Консументы первого порядка или первичные консументы – это животные, питающиеся растениями. К ним относятся растительноядные животные *фитофаги* (коров, овцы, олени).

Консументы второго порядка или вторичные консументы – организмы, питающиеся животной пищей. К ним относятся плотоядные животные – *зоофаги* или *хищники первого порядка* (волк, лев, тигр). Вторичный консумент может служить источником пищи для консумента третьего порядка. Консументы третьего порядка – это более крупные плотоядные животные или *хищники второго порядка*. Замыкают пищевую цепь *редуценты* (от лат. reducens – восстановители) или *деструкторы* (разрушители) – микроорганизмы, превращающие продукты жизнедеятельности организмов и погибшие организмы в неорганические соединения, т.е. разлагающие органические остатки до минеральных веществ. К ним относятся: бактерии, грибы. Эти организмы называются *сапрофагами* (от греч. сапрос – гнилой, фагос – пожиратель).

На суше цепь питания состоит обычно из трех – четырех звеньев: дерево гусеницы → синицы → ястреб: трава – корова → человек. Человек является консументом I порядка на третьем трофическом уровне. В водной среде пищевые цепи всегда длиннее, чем в

наземных условиях. Фитопланктон зоопланктон– мелкие рыбы – хищные рыбы → человек.

Цепь питания не всегда может быть полной, в ней могут отсутствовать продуценты. Такая цепь формируется на базе разложения трупов животных или растительных остатков. В цепи часто отсутствуют или представлены небольшим количеством консументы. Например, в лесах отмирающие растения или их части (ветви, листья) сразу включаются в звено редуцентов, которое завершает круговорот. Экосистемы с длинными цепями характеризуются повышенной надежностью и более интенсивным круговоротом.

Очевидно, что звенья (и входящие в них организмы), образующие пищевую, или трофическую, цепь, неравнозначны, в первую очередь, с точки зрения занимаемого места. Поэтому в экологии принято говорить не просто о звеньях цепи, а об определенных трофических уровнях. Взаимосвязанный ряд трофических уровней представляет трофическую цепь.

*Трофический уровень* – это определенное положение организма в цепи питания (т.е. его место) или каждое ее звено.

*На первом трофическом уровне* находятся зеленые растения – продуценты, *второй трофический уровень* составляют растительноядные животные или консументы первого порядка, *третий трофический уровень* представлен плотоядными животными или консументами второго порядка, третьего, четвертого порядка или хищниками первого порядка. *Четвертый трофический уровень* составляют более крупные плотоядные животные – хищники второго порядка. Последние, *пятый трофический уровень* представляют потребители мертвого органического вещества и продуктов деструкторы (редуценты). *Эта трофическая классификация относится к функциям, а не к видам как таковым*, так как каждый живой организм или их совокупность выполняет определенную биологическую функцию, которая либо начинается какой – то процесс, либо является его промежуточным звеном, либо завершает его.



В зависимости от того, что является первым трофическим уровнем, различают два основных типа пищевых цепей – *пастбищные* (*цепи ведаяния, или цепи потребления*) и *детритные* (*пени разложения*).

Пищевые цепи, которые всегда начинаются с фотосинтезирующих растений (с продуцентов) называются *пастбищными*: клевер → кролик → волк.

*Детритные* (от лат. – *deterere* – изнашиваться) – это цепи питания, в которых первым трофическим уровнем является органическое вещество Отмерших организмов. Вторым трофическим микроорганизмы, третьим трофическим уровнем являются мелкие животные (дождевые черви, мокрицы, клещи), четвертым трофическим уровнем – их потребители – хищники. Например, листовая подстилка → дождевой червь – дрозд → ястреб. *Детритом* называется органический или полуразрушившиеся остатки организмов, находящиеся в водной среде, а также в верхних слоях почвы. Как в пастбищных цепях, так и детритных, каждый трофический уровень является началом новых цепей.

Виды с широким спектром питания могут включаться в пищевые цепи на разных трофических уровнях. Так, например, человек, в рацион которого входит как растительная пища, так и мясо травоядных и плотоядных животных, выступает в разных пищевых цепях в качестве консумента первого, второго и третьего порядка. Поскольку каждый организм имеет несколько источников питания и сам используется как продукт питания другими организмами из одной и той же пищевой цепи или даже из разных, цепи питания многократно разветвляются и переплетаются в *сложные пищевые или трофические сети*. Сети питания тем разветвление, чем богаче экосистема. В условиях нашей республики самыми производительными являются дубравы.

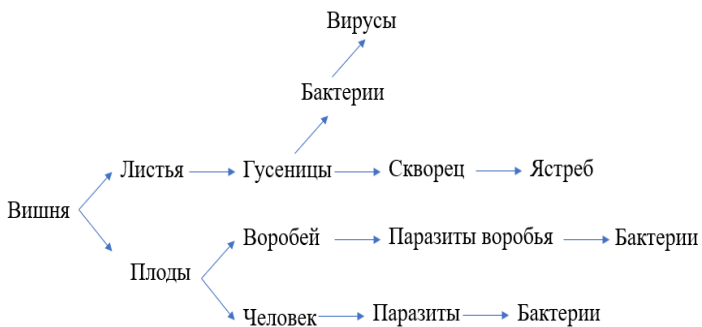


Рисунок 1.1.1 Пищевая сеть

Энергия может запасаться на длительное время в цепях обоих видов, но соотношение ее потоков, поступающих в цепи, для разных экосистем неодинаково. В наземных экосистемах в пастбищные цепи поступает не более 10 % энергии, связанной растениями, основная же ее часть используется в пищевых цепях разложения. В водных экосистемах положение иное: в цепи выедания может поступать до 50 % энергии, накопленной фитопланктоном.



Рисунок 1.1.2 Пищевая цепь

**Закон распределения энергии Линдемана (закон 10 %).** Продуценты (растения) являются первичными поставщиками энергии для всех других организмов в цепях питания. Консументы, питаясь органическим веществом продуцентов, получают от них энергию, часть которой идет на построение собственного органического вещества, а часть расходуется на процессы жизнедеятельности: ды-

хание, теплоотдачу, выполнение движений. Максимальное количество энергии расходуется на дыхание, это количество в сумме с неувоенной составляет около 90 % от потребленной энергии. Поэтому переход энергии с одного трофического уровня на другой в среднем принимается близким к 10 % от энергии, потребленной с пищей, т.е. происходит рассеивание энергии на каждом уровне. Согласно второму закону термодинамики, любые виды энергии в конечном счете переходят в тепловую форму и рассеиваются.

Положение, согласно которому *не более 10 % энергии поступает от каждого предыдущего трофического уровня к последующему, называется правилом десяти процентов или законом Линдемана.*

### **Экологическая пирамида**

Продуктивность экологических систем и соотношение в них различных трофических уровней принято выражать в форме пирамид. *Экологические пирамиды* – это соотношение между продуцентами, консументами, редуцентами в экосистеме, выраженное в их массе и изображенное в виде графических моделей.

Основание пирамиды образуют продуценты (растения). Над ними располагаются консументы первого порядка (травоядные). Следующий уровень представляют консументы второго порядка (хищники). И так далее до вершины пирамиды, которую занимают наиболее крупные хищники. Высота пирамиды обычно соответствует длине пищевой цепи.

Первая пирамида была построена английским экологом Ч. Элтоном (1927). Пирамиды бывают трёх основных типов: *чисел, биомассы и энергии.*

*Пирамида численности, или чисел* – отражает количественное распределение отдельных организмов на трофических уровнях. Особенностью такой пирамиды является уменьшение численности организмов при движении от продуцентов к консументам. Эта закономерность объясняется тем, что в любой экосистеме мелкие животные численно превосходят крупных и размножаются быстрее.

*Пирамида биомассы* показывает количество органического вещества, синтезированного на каждом трофическом уровне.

В любой трофической цепи не вся пища используется на рост организма, т. е. на формирование биомассы (часть её расходуется на

удовлетворение энергетических затрат организмов: дыхание, движение, размножение, поддержание температуры тела и т. д.). Следовательно, *в каждом последующем звене пищевой цепи происходит уменьшение биомассы.*

*Пирамида энергии* – отражает картину скоростей прохождения величины потока энергии, проходящего через последовательные трофические уровни. Из трёх типов экологических пирамид пирамида энергии даёт наиболее полное представление о функциональной организованности сообществ, так как отражает картину скоростей прохождения массы пищи через пищевую цепь.

### **Первый и второй законы термодинамики**

Законы термодинамики являются важными объединяющими принципами, которые регулируют химические процессы (обмен веществ) во всех биологических организмах.

*Первый закон термодинамики*, также известный как закон сохранения энергии, утверждает, что энергия не может появиться ни откуда и исчезнуть. Она способна переходить от одной формы к другой, но энергия в замкнутой системе остается постоянной.

*Второй закон термодинамики* гласит, что при передаче энергии в конце процесса переноса будет меньше энергии, чем в начале. Из-за энтропии, которая является мерой беспорядка в замкнутой системе, вся доступная энергия не будет полезна для организма. Энтропия увеличивается по мере передачи энергии. В дополнение к законам термодинамики теория клеток, теория генов, теория эволюция и гомеостаз составляют главные принципы, лежащие в основе изучения жизни.

## Тема 1.2. Основные законы экологии и рационального природопользования

Живой организм всегда находится в окружении элементов живой и неживой природы, постоянно взаимодействует с ними.

*Среда* – это комплекс природных тел и явлений, с которыми организм находится в прямых или косвенных взаимоотношениях. Существует и более конкретное пространственное понимание среды как непосредственного окружения организма – *это среда обитания (среда жизни или экологическая среда)*, т.е. часть природы, непосредственно окружающая данные живые организмы, все то, среди чего они живут.

На нашей планете различают четыре типа среды обитания для живых организмов: водную, наземную или воздушно–наземную, почвенную и живой организм (тело другого организма, используемое паразитами). От понятия «среда обитания» следует отличать понятие «условия существования» совокупность жизненно необходимых элементов среды, без которых живые организмы не могут существовать (свет, вода, теплота, воздух). Но в каждой среде есть и элементы среды, которые оказывают существенное влияние, но не являются для живых организмов жизненно необходимыми (ветер, дымовые газы, искусственное и естественное ионизирующее излучение).

*Экологическими элементами* называются все компоненты природной среды (вода, воздух, почвы, горные породы и т.д.).

Элементы окружающей среды, способные оказывать прямое или косвенное воздействие на живой организм хотя бы на одном из этапов его жизненного цикла, либо любое условие среды, которое вызывает у организма приспособительные реакции (или адаптации), являются по отношению к организму *экологическими факторами* (свет, теплота, вода, воздух, окружающие организмы).

В зависимости от изменения параметров различают факторы: *стабильные*, неизменяющиеся в течение длительного времени (рельеф, сила тяготения, соленость морской воды); *изменяющиеся*, параметры которых варьируются. При этом они могут быть *регулярно-периодическими* (связаны с изменением времени года, времени суток, отливами и приливами); *нерегулярными* (извержения вулканов, землетрясения); *направленными в течение длительного времени* (вековые колебания климата). В зависимости от характера воздействия на организмы факторы делятся на: *прямые*, непосредственно влияющие на организм, и *косвенные*, воздействующие через влияние других факторов.

По происхождению экологические факторы классифицируются на абиотические, биотические и антропогенные.

**Абиотические факторы** (от греч. «а» – отрицание, «биос» – жизнь) – это компоненты и явления неживой, неорганической природы, воздействующие на живые организмы. К абиотическим факторам относятся:

- *космические* (солнечная активность и геомагнитные бури);
- *химические* (газовый состав воздуха, солевой состав воды);
- *климатические* (свет, температура, влажность, давление атмосферы);
- *эдафические* («эдафос» – почва) или почвенно–грунтовые (механический и химический состав почв, их физические свойства: влагоемкость, воздухопроницаемость, кислотность почв, снежный покров, растения и организмы, обитающие в почве);
- *гидрографические* (вода со всеми ее физическими и химическими свойствами (плотность, соленость, ледовый покров, приливы, отливы, течение, волновые движения и др.));
- *топографические* или *орографические* факторы – совокуп-

ность форм рельефа по их внешним признакам: равнины, возвышенности, горные системы, высота элементов рельефа над уровнем моря, крутизна склонов;

– *геологические* факторы (землетрясения, извержения вулканов, движение ледников и др.).

***Биотические факторы*** – совокупность влияний жизнедеятельности одних живых организмов на жизнедеятельность других организмов, а также на неживую среду обитания.

В зависимости от вида воздействующего организма их разделяют на две группы: *внутривидовые* и *межвидовые экологические факторы*.

*Внутривидовые факторы* – это влияние на организм особей этого же вида (зайца на зайца, сосны на сосну и т. д.). *Демографический фактор* – это численность видов, плодовитость, продолжительность жизни, плотность; *этологический фактор* (от греч. ethos – нрав, характер) – это поведение организмов, способное оказывать влияние на другие биотические факторы. К нему относится групповой эффект, который выражается в объединении нескольких особей с целью приспособления к окружающей среде.

*Межвидовые факторы* – это влияние на организм особей других видов (волка на зайца, сосны на берёзу и т. д.) Группа этих факторов включает взаимоотношения между видами, которые сводятся к следующим типам: симбиоз, мутуализм, комменсализм, паразитизм, аменсализм, антибиоз, конкуренция, хищничество и нейтраллизм.

*Симбиоз* (от греч. symbiosis – сожительство) характеризует различные формы совместного существования организмов разных видов. Выделяют следующие типы симбиозов: мутуализм, комменсализм, паразитизм.

*Мутуализм* (от лат. *mutuus* – взаимный) – когда каждый из сожителей получает относительно равную пользу, при этом они не могут существовать друг без друга (симбиоз муравьёв с тлями).

*Комменсализм* (от лат. *mensa* – трапеза) – взаимоотношения двух видов, когда один питается за счет другого, не нанося ему никакого вреда. При комменсализме выделяют: сотрапезничество, квартиранство, нахлебничество.

*Паразитизм* – форма взаимоотношений, при которой один организм использует другой в качестве среды обитания или источника пищи.

*Аменсализм* – форма взаимоотношений между организмами разных видов, полезная для одного вида, но вредная для другого, при этом в совместной среде один вид подавляет существование другого вида, не испытывая противодействия.

*Антибиоз* – когда организм выделяет какие-либо токсические вещества, действующие на другие организмы, но не оказывает вредного действия на данный организм.

*Конкуренция* – использование ресурса (пищи, воды, света, пространства) каким-либо организмом, который тем самым уменьшает доступность этого ресурса для других организмов.

*Хищничество* – форма взаимоотношений между организмами разных видов, из которых один организм поедает свою жертву.

*Нейтрализм* имеет место, когда совместно обитающие организмы разных видов не оказывают друг на друга никакого влияния.

***Антропогенные факторы*** – деятельность человека, которая приводит к изменению природы, как среды обитания всех живых организмов или непосредственно сказывается на их жизни.

При этом различают воздействие человека как биологического



организма (потребление пищи, дыхание, выделение и т.д.) и его хозяйственную деятельность (сельское хозяйство, промышленность, энергетика, транспорт, бытовая деятельность и т. д.). Факторы, связанные с хозяйственной деятельностью человека, называются *техногенными*.

В зависимости от характера воздействий антропогенные факторы делят на две группы:

– *факторы прямого влияния* – это непосредственное (прямое) воздействие человека на организм (скашивание травы, вырубка леса, отстрел животных, отлов рыбы и т. д.);

– *факторы косвенного влияния* – это опосредованное (косвенное) воздействие на организм (загрязнение окружающей среды, разрушение местообитаний, беспокойство и т.д.).

В зависимости от последствий воздействия антропогенные факторы делят на следующие группы:

– *положительные факторы* – факторы, которые улучшают жизнь организмов или увеличивают их численность (разведение и охрана животных, посадка и подкормка растений, охрана окружающей среды и т. д.);

– *отрицательные факторы* – факторы, которые ухудшают жизнь организмов или снижают их численность (вырубка деревьев, отстрел животных, разрушение местообитаний и т.д.).

В зависимости от направления воздействия антропогенные факторы можно разделить на 4 вида воздействия на живое:

– изменение численности организмов, как воздействие человека на флору и фауну (вырубка лесов, истребление животных);

– возделывание растений и приручение животных;

– переселение организмов (целенаправленное или случайное).

Интродукция – процесс переселения видов в новые условия.

– изменение места обитания организмов: загрязнение среды

вредеными веществами, отведение земель под строительство.

Экологические факторы могут оказывать на организм *прямое* действие и *косвенное*. Косвенное воздействие осуществляется через другие экологические факторы. Например, высокая температура может вызвать ожог (прямое действие), а может привести к обезвоживанию организма (косвенное воздействие).

Любой экологический фактор динамичен, изменчив во времени и пространстве. Проанализируем, что происходит с организмами в условиях динамики режима того или иного экологического фактора.

Влияние антропогенной деятельности на окружающую среду проявляется в изменении режимов экологических факторов, а также – состава факторов, например, внесение органических и минеральных удобрений в почву.

Если режимы всех экологических факторов соответствуют наследственно закрепленным требованиям организма (т.е. его генотипу), то он способен выжить.

На рисунке 1 по оси абсцисс отложена интенсивность (доза) фактора (например, температура, влажность почвы), а по оси ординат – реакция (жизнедеятельность) организма на экологический фактор в его количественном выражении (например, интенсивность фотосинтеза, размеры организма).



Рисунок 1.2.1 Схема действия экологического фактора на жизнедеятельность организма

Жизнь того или иного организма протекает между минимальным и максимальным значением фактора. *Наименьшее значение, при котором может существовать организм, называется минимальным, или минимумом, наибольшее – максимальным или максимумом.* При достижении *max* или *min* значения фактор станет несовместимым с жизненными процессами. В организме произойдут изменения, вызывающие смерть. Эти уровни окажутся летальными (от лат. *леталис* – смертельный). До того, как фактор окажет летальное воздействие на организм, он может оказаться *лимитирующим* его жизненное состояние. Значение фактора, при котором организм существует, но угнетен (т.е. подавленное состояние) – *пессимальное или пессимум*. При пессимальном значении фактора жизненная активность организма снижается. Значение фактора, наиболее благоприятное для жизни организма – *оптимальное или оптимум*, при котором активность организма будет максимальной. Таким образом, любой экологический фактор имеет пределы положительного влияния на живой организм.

Границы, за которыми существование организма невозможно,

называются *нижним и верхним пределами выносливости*. Пределы выносливости между критическими точками называют *экологической пластичностью (экологической валентностью)* живых существ по отношению к конкретному фактору среды. Чем шире диапазон колебаний экологического фактора, в пределах которого данный вид может существовать, тем больше его экологическая пластичность, тем шире диапазон его толерантности (выносливости).

Экологические факторы среды обитания воздействуют на живые организмы одновременно и совместно, причём действие одного фактора зависит от того, с какой силой и в каком сочетании действуют одновременно другие факторы, иными словами, от количественного выражения других факторов. Эта закономерность носит название *взаимодействия экологических факторов*. Иногда недостаток одного фактора компенсируется усилением другого. Явление частичной взаимозаменяемости действия экологических факторов называется *эффектом компенсации*. Например, увядание растений можно приостановить либо путем увеличения влаги в почве (полив), либо снижением температуры воздуха, уменьшающей скорость испарения.

В комплексном действии среды значение отдельных экологических факторов неравноценно. Среди них выделяют *ведущие (главные) и второстепенные (сопутствующие, фоновые)*. Ведущими являются те факторы, которые необходимы для жизнедеятельности организма. Для разных видов требуются обычно различные ведущие факторы, даже если организмы живут в одном месте. Для жизни и процветания организма необходима совокупность экологических факторов, обеспечивающих его жизнедеятельность.

**Законы экологии. Закон лимитирующего фактора.** Немецкий агрохимик и физиолог *Юстус Либих* (1803–1873) в 1840 г. сформулировал теорию минерального питания растений. Он установил,

что жизнеспособность растений определяется не теми элементами питания, которые присутствуют в почве в достаточных количествах, а от тех, которых не хватает. Если любого (хотя бы одного) из элементов питания в почве меньше, чем требуется данному растению, то оно будет развиваться ненормально, замедленно. Вывод Ю. Либиха о зависимости роста растений от того элемента питания, который присутствует в почве в минимальном количестве, стал именоваться **законом или правилом минимума**. Закон минимума справедлив не только для растений, но и для всех живых организмов, включая человека. *Любой экологический фактор (условие существования или элемент питания), который ограничивает жизнедеятельность организма или развитие экосистемы, называется лимитирующим (фактор среды, выходящий за пределы выносливости организма)*. Например, продвижение вида на север может лимитироваться недостатком тепла, а районы пустынь и сухих степей – недостатком влаги или слишком высокими температурами.

В современном представлении закон минимума гласит: приближаясь к соответствующему поддержанию своему минимальному значению жизнедеятельности организма, экологический фактор становится лимитирующим, т.е. ограничивает возможности выживания организма. Лимитировать жизнеспособность организма может не только недостаток, но и избыток какого-либо фактора.

К этому закону Ю.Одум (1986) добавляет два вспомогательных принципа:

Первый – ограничительный: может быть применим лишь в условиях стационарного состояния, т.е. когда приток и отток энергии и вещества сбалансированы.

Второй принцип – это взаимодействие различных факторов. Высокая концентрация или доступность одного вещества или дей-

ствие другого (не min фактора) может изменять скорость потребления элемента питания, содержащегося в минимальном количестве. Например, некоторым растениям нужно меньше цинка, если они растут не на ярком солнечном свете, а в тени, значит, концентрация цинка в почве с меньшей вероятностью может быть лимитирующей для растений в тени, чем на свету.

**Закон В. Шелфорда или закон толерантности.** Представление о лимитирующем влиянии максимума наравне с минимумом ввел американский зоолог В. Шелфорд (1913), сформулировавший закон максимума или «закон толерантности» (от лат. *tolerantia* – терпение). Закон толерантности звучит, что не только фактор, присутствующий в минимуме, влияет на жизнеспособность организма, но и фактор, присутствующий в избытке может привести к нежелательным последствиям. Например, дефицит влаги в почве делает бесполезными для растения присутствующие в ней питательные вещества, но и избыточное увлажнение ведет к аналогичным последствиям, таким как закисание почвы, задохание корней. Шелфорд назвал факторы, присутствующие как в недостатке, так и в избытке (по отношению к оптимальным требованиям организма), **лимитирующими**. Любой живой организм имеет определенные, эволюционно унаследованные верхний и нижний пределы устойчивости (толерантности) к любому экологическому фактору.

Значения экологических факторов, определяющие существование организма, находятся в диапазоне от минимума до максимума. Этот диапазон составляет **предел толерантности организма**, т.е. предел, в котором существует организм. Чем шире амплитуда колебаний фактора, при которой организм может сохранять жизнеспособность, тем выше его устойчивость, т.е. толерантность к тому или иному фактору.

**Постулаты Б. Коммонера.** Среди законов экологии наибольшую известность получили четыре закона-афоризма американского ученого-эколога Барри Коммонера (1974):

– **«все связано со всем»** (закон всеобщей связи вещей и явлений в природе). Закон говорит о необходимости искать и изучать природные истоки событий и явлений, возникновение связующих их цепочек, устойчивость и изменчивость этих связей, появление в них разрывов и новых звеньев;

– **«все должно куда-то деваться»** (закон сохранения массы вещества). Закон говорит о том, что ничто в природе не исчезает бесследно, то или иное вещество просто перемещается с места на место, переходит из одной молекулярной формы в другую, влияя при этом на жизненные процессы живых организмов;

– **«ничто не дается даром»** (о цене развития). Закон доказывает, что биосфера представляет собой единое целое, всё что извлечено из природы должно быть возмещено;

– **«природа знает лучше»** (о главном критерии эволюционного отбора). Закон утверждает, что вмешательство человека в природные системы вредно для неё. Всё, что было создано до человека и без него, является продуктом длительных проб и ошибок.

Из закона всеобщей связи вещей и явлений в природе («все связано со всем») вытекает несколько следствий:

– **закон больших чисел** – совокупное действие большого числа случайных факторов приводит к результату, почти не зависящему от случая, т.е. имеющему системный характер.

– **принцип Ле Шателье (Брауна)** – при внешнем воздействии, выводящем систему из состояния устойчивого равновесия, это равновесие смещается в направлении, при котором эффект внешнего воздействия уменьшается;

– **закон оптимальности** – любая система функционирует с

наибольшей эффективностью в некоторых характерных для нее пространственно–временных пределах;

– любые системные изменения в природе оказывают прямое или косвенное воздействие на человека – от состояния индивидуума до сложных общественных отношений.

Из закона *сохранения массы вещества* («все должно куда–то деваться») вытекают по меньшей мере два постулата, имеющих практическое значение:

– *закон развития системы за счет окружающей среды* – любая природная или общественная система может развиваться только за счет использования материально–энергетических и информационных возможностей окружающей среды;

– *закон неустранимости отходов или побочных воздействий производства* – образующиеся в процессе производственной деятельности отходы неустранимы бесследно, они могут быть лишь переведены из одной формы в другую или перемещены в пространстве, а их действие может быть растянуто во времени. Этот закон исключает принципиальную возможность безотходного производства и потребления в современном обществе. Материя не исчезает, а лишь переходит из одной формы в другую, оказывая влияние на жизнь.

Постулат *«ничто не дается даром»* означает, что любое новое приобретение в эволюции экосистемы обязательно сопровождается утратой какой–то части прежнего достояния и возникновением новых, все более сложных проблем. Из этого закона следуют:

– *закон необратимости эволюции* (однаправленности развития) – большие системы эволюционируют только в одном направлении – от простого к сложному; инволюция, регресс могут относиться только к отдельным частям или отдельным периодам развития системы;



– *правило ускорения эволюции* – с ростом сложности организации систем темпы эволюции возрастают. Это правило в равной степени может быть отнесено и к сменяемости видов в эволюции органического мира, и к человеческой истории, и к развитию техники;

– *не существует бесплатных ресурсов* – пространство, энергия, солнечный свет, вода, какими бы неисчерпаемыми они ни казались, неукоснительно оплачиваются любой расходующей их системой.

Принцип *«природа знает лучше»* определяет прежде всего то, что может и что не должно иметь места в биосфере. Все в природе – от простых молекул до человека – прошло жесточайший конкурс на право существования. В настоящее время планету населяет лишь 1/1000 испытанных эволюцией видов растений и животных. *Главный критерий эволюционного отбора – вписанность в глобальный биотический круговорот*, заполненность всех экологических ниш. У любого вещества, выработанного организмами, должен существовать разлагающий его фермент, и все продукты распада должны вновь вовлекаться в круговорот.

Помимо формулировок Коммонера современные экологи вывели еще один закон экологии – *«на всех не хватит»* (*закон ограниченности ресурсов*). Очевидно, что масса питательных веществ для всех форм жизни на Земле конечна и ограничена. Ее не хватает на всех появляющихся в биосфере представителей органического мира, поэтому значительное увеличение численности и массы каких-либо организмов в глобальном масштабе может происходить только за счет уменьшения численности и массы других.

Соблюдение экологических законов возможно при условии осознания человечеством своей роли в механизме поддержания стабильности биосферы. Известно, что в процессе эволюции сохраняются только те виды, которые способны обеспечивать устойчивость

жизни и окружающей среды. Только человек, используя силу своего разума, может направить дальнейшее развитие биосферы по пути сохранения дикой природы, создания более справедливой социальной системы, перехода от философии войны к философии мира, любви и уважения к будущим поколениям. Все это составляющие нового биосферного мировоззрения, которое должно стать общечеловеческим.

***Опасные экологические факторы: токсиканты в окружающей среде.***

***Токсиканты*** – это загрязняющие вещества, которые распространяются в окружающей среде далеко за пределы своего первоначального местонахождения и оказывают скрытое вредное воздействие на животных, растения и впоследствии на человека. Одним из наиболее важных воздействия на окружающую среду оказывает химическое загрязнение. *Химическое загрязнение* — загрязнение окружающей среды, формирующееся в результате изменения ее естественных химических свойств или при поступлении в среду химических веществ, не свойственных ей. Среди таких химических веществ особое место занимают тяжелые металлы. Активность металлов как ядов зависит от формы, в которой они попадают в организм.

Все тяжелые металлы можно подразделить на три класса опасности:

– *высокотоксичные* (уран, индий, кадмий, медь, таллий, мышьяк, кадмий, ртуть, свинец, бериллий, цинк);

– *умеренно токсичные металлы* (кобальт, хром, медь, молибден, никель);

– *малотоксичные металлы* (алюминий, железо, германий, кальций, ванадий, барий, вольфрам, марганец).

*Мышьяк(As)*. В природные воды мышьяк поступает из минеральных источников, районов мышьяковистого оруднения, а также

из зон окисления пород полиметаллического, медно–кобальтового и вольфрамового типов. Соединения мышьяка в повышенных концентрациях являются токсичными для живого организма: они тормозят окислительные процессы, угнетают снабжение кислородом органов и тканей.

*Ртуть (Hg)*. В поверхностные воды соединения ртути могут поступать в результате выщелачивания пород в районе ртутных месторождений, в процессе разложения водных организмов, накапливающих ртуть. Соединения ртути поражают нервную систему человека, вызывают изменения со стороны слизистой оболочки, нарушение двигательных функций, изменения в крови и др.

*Свинец (Pb)*. Свинец — промышленный яд, способный при неблагоприятных условиях оказаться причиной отравления. В организм человека проникает главным образом через органы дыхания и пищеварения.

*Цинк (Zn)*. Попадает в природные воды в результате протекающих в природе процессов разрушения и растворения горных пород и минералов, а также со сточными водами фабрик и предприятий. Повышенные концентрации цинка вызывают тошноту, рвоту, дыхательную недостаточность, фиброз легких.

Большинство настоящих токсикантов — это ядовитые вещества, которые сам человек неосмотрительно включает в круговорот природы. Значительную часть токсикантов составляют пестициды. *Пестициды* — это химические ядовитые вещества разного типа, используемые для уничтожения различных вредителей. Практически все пестициды накапливаются в организмах, в том числе и человека в опасных для здоровья дозах.

Близкими к понятию токсикантов являются биоциды — это биологически активные вещества, поступающие из промышленных сточных вод в естественные экосистемы. Объекты осуществления биоцидов, в отличие от настоящих токсикантов могут быть нестойкими, быстро разрушающимися в окружающей среде.

## **Закономерности и принципы устойчивого развития**

*Устойчивое развитие – это развитие, при котором человечество способно удовлетворять свои потребности, не подвергая риску способность будущих поколений удовлетворять свои потребности (Международная комиссия ООН по окружающей среде и развитию).*

Цель устойчивого развития - выработать основные пути и способы приспособления жизни к глобальным изменениям. Согласно этой цели, каждый человек имеет право на здоровую окружающую среду, на плодотворную жизнь в гармонии с природой.

### ***Принципы устойчивого развития:***

- уважение и забота о всем сущем на Земле;
- повышение качества жизни;
- сохранение жизнеспособности и разнообразия экосистем;
- предотвращение истощения невозобновляемых ресурсов;
- развитие в пределах потенциальной емкости экосистем;
- изменение сознания человека и стереотипов его поведения;
- поощрение социальной заинтересованности общества в сохранении среды обитания;
- выработка национальных концепций интеграции социально-экономического развития и охраны окружающей среды;
- достижение единства действий на мировом уровне.

Концепция устойчивого развития предлагает *четыре основных принципа, на основе которых необходимо строить политику устойчивого развития*. Это принцип справедливости, принцип сохранения природной среды, принцип целостности мышления, принцип «думать глобально-действовать локально».

*Принцип справедливости* ориентирует на обеспечение высокого качества жизни для всех людей на планете, включая будущие поколения. Принцип справедливости означает, что богатства (блага),

возможности и ответственности должны быть распределены справедливо между странами и между людьми внутри каждой страны.

*Принцип сохранения природной среды* предполагает такую организацию процессов жизнедеятельности, чтобы они не приводили к необратимым изменениям в биосфере, не нарушали её возможности к самовосстановлению.

*Принцип целостности* мышления заостряет внимание на том, что социальные, экологические и экономические проблемы будут решаться в комплексе.

*Принцип «думать глобально – действовать локально».* Устойчивое развитие мирового сообщества складывается из результатов усилий, предпринятых людьми на местах (в каждом доме, дворе, селе, городе, стране). В условиях мира как целостной системы любое локальное воздействие приведет к изменениям в глобальном масштабе. Производя какие-либо преобразования у себя дома важно прогнозировать глобальные последствия действий, отдавать себе отчет в том, чему способствует ваша работа – повышению или снижению устойчивости местных и глобальной социо-эколого-экономических систем.

***Модель устойчивого развития предполагает:***

1. Снижение материало- и энергоемкости производства, максимальное сокращение отходов, снижение оборота токсичных веществ и расширение использования возобновляемых ресурсов, включая источники энергии.

2. Переход к ценообразованию, учитывающему экологические критерии (цену ущерба окружающей среде) стимулирующему и безопасным использование новых, экономически ресурсо-энергосберегающих технологий в сочетании с системой налогов и штрафов.

3. Содействие устойчивому ведению сельского хозяйства и развитию сельских районов через повышение продуктивности сельскохозяйственных культур, улучшение питательных свойств растительной и животной продукции, использование комплексных методов борьбы с вредителями сельского хозяйства и т.д.

4. Передачу индустриально развитыми странами передовых технологий развивающимся странам, в частности, новых технологий, созданных на основе генетических материалов, полученных из развивающихся стран.

5. Создание международных институтов, способных определить единую глобальную линию устойчивого развития, устанавливать единые для всех стран экологические стандарты, аккумулировать и перераспределять ресурсы в интересах всего сообщества, контролировать соблюдение всеми государствами единых правил экологического поведения.

#### **Экологическое пространство и экологический след**

*Экологическое пространство* является важнейшей категорией в жизнедеятельности человека. От состояния окружающего пространства, поддержания его равновесия, гармонии с природой, экологической защищенности зависит сущность человека как целостной функционирующей структуры в процессе его жизнедеятельности, во взаимосвязи с обществом в системе различных отношений, в том числе и социально-производственных.

*Экологический след* (англ. Ecologicalfootprint) – это мера воздействия человека на окружающую среду, которая позволяет рассчитать размер прилегающей территории, необходимой для производства потребляемых нами экологических ресурсов и поглощения отходов;

Понятие «*экологический след*» было впервые введено в 1992 г. канадскими учеными В. Ризом и М. Вакернагелем и является одним

из наиболее распространенных индикаторов устойчивости. Используя понятие «экологический след» можно определить соотношение между потребностями и объемами экологических ресурсов, которые имеются в запасе. Определение данного показателя базируется в основном на информации, предоставляемой Продовольственной и сельскохозяйственной энергетической организацией агентством ООН (ФАО), Международным (МЭА) и Межправительственным советом, изучающим климатические изменения.

В 2003 году с целью согласования методологии и координации исследований была создана Глобальная сеть экологического следа (Global Footprint Network). Она объединила представителей научных и правительственных кругов, бизнеса, общественности, которые рассчитывают экологические следы целых государств, определяя масштабы негативного воздействия человека на биосферу. Работу по расчёту экологического следа ведут и эксперты отдельных стран, в том числе в России – эксперты WWF. Данные об экологическом следе и биоёмкости отдельных регионов, совместно рассчитанные Всемирным фондом дикой природы и Глобальной сетью экологического следа, позволяют оценить устойчивость развития территорий и предоставляют органам власти и представителям бизнеса инструмент для оценки эффективности в области устойчивого развития.

В глобальном масштабе экологический след показывает, насколько быстро человечество потребляет природный (естественный) капитал. По оценкам экологов, для воспроизводства всех ресурсов, которые ежегодно потребляет человечество, необходимо около полутора планеты Земля. Экологический след указывает на давление (влияние) на окружающую среду любого человека, предприятия, организации, местности, страны и населения всей планеты и измеряется в глобальных гектарах (гга).

Размеры экологического следа для разных стран колеблется от более 10 до менее 1 гга на человека, что связано с образом жизни их жителей и экономическим положением. Каждый год человечество потребляет столько возобновляемых ресурсов, сколько может обеспечить только 1,6 планеты Земля.

Экологический след определяет кто сколько потребляет природных ресурсов, определяя это по географическому и социальному положению людей, и может способствовать более правильному использованию природных ресурсов. Это помогает принимающим решения лицам и учреждениям формировать социальные и природоохранные нормы и цели.

Одна из целей *экологического следа* - доказать, что современный образ жизни человека, его ритм не являются непрерывными. Поэтому крайне важно предпринять конкретные меры, чтобы люди были информированы и понимали важность экологического следа. Природа может восстанавливать свои ресурсы в определенном темпе, однако люди постоянно употребляют больше возобновляемых ресурсов, чем она успевает их произвести.

Таким образом, экологический след можно рассматривать как индикатор устойчивого развития, предполагающий такой подход по использованию окружающей среды и природных ресурсов, который позволит нынешнему поколению обеспечить соответствующий уровень жизни и одновременно защитить ключевые экологические системы планеты, важные для выживания человека и достойной жизни будущих поколений.

**Зеленая экономика.** 20-22 июня 2012 года состоялась Конференция Организации Объединенных Наций по устойчивому развитию, известная под названием «Рио+20».

Участники Рио+20 призвали Статистическое управление ООН разработать новые индикаторы устойчивого развития и приняли на



себя обязательства реализовывать переход к «зеленой» экономике.

«Зеленая» экономика – инструмент, приводящий к повышению благосостояния людей и социальному равенству при существенном сокращении экологических рисков и экологического дефицита (ограниченности) (Программа ООН по окружающей среде (UNEP)).

«Зеленая» экономика – модель экономического развития, основанная на устойчивом развитии и знании экономики окружающей среды (определение Организации экономического сотрудничества и развития).

*Цели зеленой экономики:*

– сокращение загрязнения окружающей среды и повышение ресурсной эффективности;

– ослабление неблагоприятных климатических изменений посредством перехода к более чистой энергетике;

– сокращение уязвимости и адаптация к климатическим изменениям; улучшение управления биоразнообразием и лесными ресурсами;

– повышение благосостояния за счет более продуктивного и устойчивого использования ресурсов.

*Зелёная экономика* поддерживает сохранение ресурсов и снижает негативное воздействие на природу. Рост качества жизни человека «соседствует» с ростом природного капитала («зелёный рост»).

**«Зелёный рост»** – это максимальное обеспечение экономического роста и развития, не оказывая воздействия на количество и качество природных активов и используя потенциал роста, который возникает при переходе к зелёной экономике. Т.е., *«зелёный рост»* – это рост ВВП, который подчиняется «зелёным» условиям и делает упор на «зеленые» сектора как на новые двигатели роста.

«Зеленый рост» представляет собой как проблему, так и воз-

возможность для рынка труда, который, в свою очередь, является основным фактором возможного «зеленого» роста. Динамика ответных мер и хорошее функционирование рынков труда играют ключевую роль в облегчении перехода к «зеленой» и ресурсоэффективной экономике. Переход к устойчивой экономике приводит к изменениям, некоторые из них довольно серьезные, в структурах трудоустройства и в профессиональных профилях рабочих.

Основные принципы «зеленой» экономики (UNEP):

- справедливость и объективность, как в рамках одного поколения, так и между поколениями;
- согласованность с принципами устойчивого развития;
- превентивный подход к социальным воздействиям и воздействиям на окружающую среду;
- оценка природного и социального капитала, например, интернационализации внешних расходов, зеленого учета, расходов на протяжении всего срока эксплуатации и совершенствования управления;
- устойчивое и эффективное использование ресурсов, потребление и производство;
- потребность в достижении существующих макроэкономических целей посредством создания «зеленых» рабочих мест, искоренения нищеты, повышения конкурентоспособности и роста в ключевых секторах.

Принципы «зеленой» экономики для Республики Беларусь:

1. Дальнейшее развитие природоохранного законодательства и применение наиболее успешных практик в вопросах управления воздухом, водой, почвами и обращения с отходами.

2. Расширение сектора органического сельского хозяйства, введение сертификатов на органическую продукцию в стране и увеличение импорта органической продукции.

3. Продвижение решений по эко-инновациям, основанным на высоком исследовательском потенциале Республики Беларусь.

4. Использование законодательных и экономических инструментов для смягчения последствий изменения климата и поддержки мер по адаптации.

5. Введение мероприятий по энергоэффективности в городах Республики Беларусь.

6. Привлечение прямых иностранных инвестиций и создание «зеленых» рабочих мест.

Этапы зеленой экономики:

– сократить государственное финансирование экологически вредных отраслей и увеличить для них налоговые тарифы;

– инвестировать в отрасли зелёной экономики: сельское хозяйство, возобновляемые источники энергии, водоснабжение, отходы;

– внедрить чистые и эффективные технологии, сократив ресурсозатратные методы производства;

– ужесточить природоохранные законы.

### **Тема 1.3. Природные ресурсы и их использование**

Природная среда служит естественной базой хозяйственной деятельности людей. Вся производственная деятельность человека может быть представлена как процесс преобразования природы в формы, приемлемые для использования. С точки зрения потребностей общества все тела и силы природы могут быть подразделены на две группы: непосредственно участвующие в материальном производстве и сфере нематериальных услуг и все остальные.

*Естественные ресурсы* – это тела и силы природы, которые при могут быть использованы в качестве предметов потребления и могут классифицироваться по их происхождению, принадлежности к определенным компонентам природы. Это природная или *есте-*

*ственная классификация*, по которой выделяются следующие основные группы естественных ресурсов: водные, воздушные, почвенные, ресурсы животного мира, растительные, ископаемые, климатические, энергия Солнца и т.п.

Естественная экономическая классификация, согласно которой естественные группы природных ресурсов подразделяются на: используемые в материальном производстве (промышленности, сельском хозяйстве); используемые в непроизводственной сфере.

Каждая группа может быть разделена на более мелкие классификационные единицы.

Поскольку главное назначение ресурсов — удовлетворение потребностей человеческого общества, большое значение имеет их хозяйственная (экономическая) классификация. В ее основе заложено преимущественное использование ресурсов в различных подразделениях народного хозяйства. По этим признакам выделяют две группы — ресурсы материального производства и ресурсы сферы услуг.

*Ресурсы материального производства* включают:

- промышленные: топливные, энергетические, металлические руды, агрохимические, водные, лесосырьевые и др.;

- сельскохозяйственные: земельные, воды для орошения, климатические ресурсы;

- строительные: минеральные строительные материалы, вода, древесина и др.;

*Ресурсы сферы услуг* подразделяются на следующие группы:

- прямого потребления (питьевая вода, дикорастущие растения, промысловые животные);

- косвенного использования (климатические ресурсы для отдыха и лечения, водоемы и леса для рекреационных и спортивных целей, эстетические ресурсы ландшафта).

Хозяйственная (экономическая) классификация природных ресурсов включает также классификацию по возможности их одноцелевого или многоцелевого использования.

*К ресурсам одноцелевого использования* относятся минерально-сырьевые и топливно-энергетические, служащие для получения конкретных видов промышленного сырья, топливо, тепловой и электрической энергии.

*К ресурсам многоцелевого использования* относятся земельные, лесные, водные ресурсы, направления и способы применения которых разнообразны. С развитием научно-технического производства расширяется многоцелевое комплексное использование природных ресурсов.

В условиях формирования рыночных отношений практический интерес представляет *классификация природных ресурсов как предметов торговли — рыночная классификация*, в соответствии с которой выделяют следующие группы:

- ресурсы стратегического назначения, торговля которыми должна быть строго ограничена, поскольку может привести к подрыву безопасности государства (например, урановые руды и другие радиоактивные природные компоненты);

- ресурсы экспортного значения, обеспечивающие основной приток валютных поступлений (нефть, природный газ, золото, алмазы в России, лес, калийные соли в Беларуси и т.п.);

- ресурсы внутреннего рынка, имеющие, как правило, повсеместное распространение (например, минеральное строительное сырье и др.).

Использование различных классификаций позволяет выявить закономерности формирования группировок ресурсов, их генетические особенности, возможности хозяйственного использования, а также сделать выводы о степени изученности природно-ресурсного потенциала, направлениях его рационального использования и охраны.

**Природные условия и природные ресурсы.** *Природные условия* (совокупность объектов, явлений и факторов природной среды, существующих вне зависимости от деятельности человека) и ресурсы являются основой для развития экономики страны. От естественных свойств земли (плодородия почв, особенностей климата, лесной и другой растительности, животного мира, воды рек, озер, морей и океанов, богатств недр) зависит социально-экономическое развитие страны и благосостояние людей. Особенно сильна зависимость от природных условий сельского хозяйства, добывающей промышленности, отдельных видов транспорта, рекреационной деятельности. Природные условия могут хорошо влиять (оптимальный температурный режим, достаточная увлажненность воздуха) или негативно сказываются на хозяйственной деятельности человека.

Степень доступности природных ресурсов влияет на производительность труда; она тем выше, чем богаче и доступнее природные ресурсы, чем меньше издержки, необходимые для производства конечного продукта. Одинаковые затраты труда приносят неравнозначные результаты в зависимости от качественных особенностей ресурсов: плодородие почв, теплотворной способности углей, содержания полезного вещества в рудах разных месторождений. Природные условия могут переходить в ресурсы.

*Природные ресурсы* – компоненты природной среды, природные и природно-антропогенные объекты, которые используются или могут быть использованы при осуществлении хозяйственной или иной деятельности в качестве источников энергии, продуктов производства и предметов потребления и имеют потребительскую ценность.

## Классификация и типы ресурсов

*Классификация природных ресурсов* — это разделение совокупности предметов, объектов и явлений природной среды на группы по функционально значимым признакам.

*Природная классификация* - классификация природных ресурсов по природным группам. Существует много классификаций природных ресурсов, основанных на различных целевых подходах к их эксплуатации.

Ресурсы классифицируют:

- с точки зрения их доступности (реальные и потенциальные)
- происхождения (природные, антропогенные)
- химической природы (органические, минеральные)
- по принадлежности к тем или иным компонентам природы (земельные, водные, ископаемые, растительные, в том числе лесные)
- по назначению (производственные, научные, эстетические, рекреационные)
- по сфере использования (энергетические, сырьевые, пищевые).

Ресурсы делят также на *первичные* (непосредственно добываемые в природе) и *вторичные* материальные (поддающиеся утилизации побочные продукты различных отраслей).

Классификация природных ресурсов по их исчерпаемости, согласно которой все природные ресурсы делятся на *неисчерпаемые* и *исчерпаемые*. *Неисчерпаемые ресурсы* (следует понимать как относительно исчерпаемые, поскольку в природе неисчерпаемой является только материя, переходящая из одних форм в другие) делят на две группы: безусловно и условно неисчерпаемые. К первой группе относятся солнечные и космические излучения, энергия ветра, гравитационная энергия, тепло земных недр и др., ко второй – ресурсы, которые не исчерпываются, но могут изменять свои свойства при использовании: природные воды, воздух и др. Исчерпаемые природные ресурсы (которые тратятся или разрушаются в процессе использования) также состоят из двух групп: исчерпаемых восстанавливаемых (возобновимых) и исчерпаемых невозстанавливаемых (невозобновимых). К группе исчерпаемых невозобновимых относится большинство полезных ископаемых – нефть, уголь, торф и др, сюда же относятся природные ландшафты. К группе исчерпаемых возобновимых

ресурсов принадлежат биологические ресурсы – растительность и животный мир, если их представители не уничтожены или не доведены до критического количества. Биологические ресурсы способны в короткий исторический период восстановиться качественно и количественно, если уничтожение их прекратится или ослабнет. К этой группе принадлежат почвы, которые утратили плодородие, но сохранили физические, некоторые минеральные и горные породы. На рисунке 1.4. приведена классификация природных ресурсов по их исчерпаемости и неисчерпаемости.



Рисунок 1.3.1 Классификация природных ресурсов по их исчерпаемости и неисчерпаемости

Поскольку главное назначение природных ресурсов – удовлетворение потребностей человеческого общества, большое значение имеет их *хозяйственная классификация* с точки зрения возможностей хозяйственного использования:

- по техническим возможностям эксплуатации выделяют природные ресурсы: *реальные* - используемые при данном уровне развития производительных сил; *потенциальные* - установленные на основе теоретических расчетов и предварительных работ и включающие помимо точно установленных технически доступных запасов



еще и ту часть, которую в настоящее время нельзя освоить по техническим возможностям.

- по экономической целесообразности замены различают ресурсы *заменяемые* и *незаменяемые*. Например, к заменяемым относят топливно-энергетические ресурсы (они могут быть заменены другими источниками энергии). К незаменимым принадлежат ресурсы атмосферного воздуха, пресные воды и пр.

Большую роль в развитии экономики играет степень изученности природных ресурсов: строение почвы, количество и структура полезных ископаемых, запасы древесины и ее ежегодный прирост и др. Среди природных ресурсов особую роль в жизни общества играет минеральное сырье, а степень обеспеченности природными ресурсами отражает экономический уровень государства. В зависимости от геологической изученности минеральные сырьевые ресурсы подразделяются на следующие категории:

А - запасы, разведанные и изученные с предельной детальностью, точными границами залегания, и которые могут быть переданы в эксплуатацию.

В - запасы, разведанные и изученные с детальностью, обеспечивающей выявление основных условий залегания, без точного отображения пространственного положения месторождения.

С1 - запасы, разведанные и изученные с детальностью, обеспечивающей выяснение в общих чертах условий залегания.

С2 - запасы, разведанные, изученные и оцененные предварительно по единичным пробам и образцам.

Использование различных классификаций позволяет выявить закономерности формирования группировок ресурсов, их генетические особенности, возможности хозяйственного использования, а также сделать выводы о степени изученности природно-ресурсного потенциала, направлениях его рационального использования и охраны.

## Общая характеристика ресурсного потенциала Республики Беларусь

Под природно-ресурсным потенциалом понимается совокупность природных ресурсов данной территории, природных условий, явлений и процессов, которые используются или могут быть вовлечены в хозяйственную деятельность при данных технических и социально-экономических возможностях общества с условием сохранения среды обитания человека. Величина природно-ресурсного потенциала может быть определена как сумма отдельных видов природных ресурсов – земельных, водных, лесных, минерально-сырьевых и зависит от целого ряда факторов, среди которых: количество имеющихся в стране природных ресурсов, их количественные и качественные характеристики, возможность комплексного использования.

Минерально-сырьевая база Республики Беларусь включает минеральным, лесным, водным, земельным и рекреационные ресурсы. Их соотношение отличается неравномерностью, что сказывается на трудовой специализации регионов.

*Минеральные ресурсы* Республики Беларусь представлены 5 тыс. месторождений, на которых производится добыча 30 видов полезных ископаемых. В зависимости от цели использования минеральные ресурсы подразделяются на топливные, металлические, нерудные, химическое сырье.

Важнейшее значение в хозяйственном развитии страны принадлежит *топливно-энергетическим ресурсам*, представленным в Беларуси нефтью, горючими сланцами, бурым углем.

*Нефть*. В Республике Беларусь насчитывается 90 месторождений нефти, 80 из которых находятся в северной зоне Припятского нефтегазоносного бассейна. 10 расположены в центральной зоне: Хойникском и Калинковичском регионах. В основном все месторождения расположены в Гомельской области и только 2 – в Могилевской. Крупнейшие: Речицкое, Осташковичское, Вишанское. Оставшиеся разведанные запасы нефти составляют 68,71 млн. тонн. Неразведанные запасы нефти оцениваются в 153,86 млн. т в Припятской нефтегазоносной области остаются неразведанными около 46 % начальных потенциальных ресурсов углеводородов. Потребности хозяйства республики удовлетворяются собственной нефтью только

на 5 %. При ежегодной добыче 2 млн. тонн нефти только разведанных запасов нам хватит на 30 лет. В год возможно безболезненно для окружающей среды добывать 1 млн. 800 тыс. тонн.

*Горючие сланцы* находятся на территории Припятского бассейна на площади 20 тыс. км<sup>2</sup> с прогнозируемыми запасами 8,83 млрд. т, а реальные промышленные – 3,6 млрд. т. Они сконцентрированы на двух месторождениях: Туровском (2,7 млрд. т) и Любанском (0,9 млрд. т). Глубина залегания сланцев колеблется от 50 м до 600 м, мощность пласта – от 0,1 м до 3,7 м. Белорусские сланцы являются потенциальным резервом комплексного сырья при условии разработки принципиально новых экологически чистых технологий и наличии дешевых источников энергии для их добычи и переработки. Горючие сланцы пригодны для производства легких бетонов, ячеистых утеплений, вяжущих материалов, облицовочных плит, для известкования почв.

*Бурые угли.* На территории Республики Беларусь выявлены месторождения бурых углей (суммарные запасы по промышленным категориям 159 млн.т) и около 50 углепроявлений. В отдельных из них запасы и ресурсы угля превышают 20 - 30 млн. т. По своим качественным характеристикам угли этих месторождений пригодны для использования в качестве энергетического и коммунально-бытового топлива. Наиболее разведаны Житковичское и Бриневское месторождения в Гомельской области, где мощные угольные слои и они расположены неглубоко. Их добычу можно вести открытым способом.

*Торфяные месторождения.* В республике 42 торфяных месторождения, пригодных по качественным и количественным характеристикам торфа для организации брикетного производства. Геологические запасы торфа в них оцениваются в 650,6 млн.т. Запасами более 8 млн. т и более обладают только 5 месторождений – в Ивацевичском (16,6 млн. т), Ляховичском (8,2 млн. т), Пинском (10 млн. т), Вилейском (8 млн. т), Мядельском (10 млн. т) районах. Из торфа получают метиловый и этиловый спирт, фенол, воск, парафин, молочную, уксусную и щавельную кислоту, симуляторы роста растений, гербициды и др.

*Железные руды* выявлены в кристаллическом фундаменте (железистые кварциты) и осадочном чехле (болотные руды, сидерит).

Наиболее крупные месторождения железистых кварцитов – это Новоселковское в Гродненской области и Околовское в Минской области с приблизительными общими запасами 340 млн. т и прогнозными 1,5 млрд. т. Их использование во многом определяется решением топливно-энергетической проблемы в стране. Известно более 300 месторождений болотных железных руд. Несмотря на сложные геологические и гидрологические условия разработка месторождений железной руды может быть рентабельной.

*Цветные и редкие металлы.* На сегодняшний день известно более 10 рудопроявлений цветных металлов, значительное количество зон и точек минерализации меди, цинка, свинца, мышьяка, никеля, молибдена в Столбцовском, Узденском, Кореличском и Мостовском районах. Наиболее широко распространены колчеданные рудопроявления в центральной и западной части Беларуси. Содержание полезных компонентов в наиболее оруденелых интервалах неустойчиво и достигает: меди – 0,1 – 5%, свинца – 0,05 – 1%, цинка – 0,03 – 6%. В этих же интервалах обнаружено повышенное содержание благородных металлов, кобальта, кадмия, висмута и другие.

*Бокситовые и довоснитовые руды* открыты в Припятском прогибе. Они рассматриваются как потенциальное сырье для получения алюминия и соды. Эффективность освоения месторождения может быть повышена за счет извлечения из руды редких минералов - галлия, лития, ниобия. Давсонит является комплексным минералом, содержащим глинозем и соду, и его скопления рассматриваются в качестве возможного сырья для получения алюминия и кальцинированной соды. Открыто одно месторождение - Заозерное, расположенное в Ельском районе Гомельской области, и три проявления боксит-давсонитовых руд.

*К редким металлам* в республике имеет отношение месторождение Диабазовое редкоземельно-бериллиевых руд (Житковичский район Гомельской области). Более мощная залежь имеется в Щучинском районе. Руды являются комплексным сырьем для производства бериллия и редкоземельных элементов цериевой группы. Вмещающие породы и породы скальной вскрыши могут быть использованы для производства минеральных волокон и щебня.

*Золото.* Теоретически в Беларуси возможны запасы мелкодисперсного золота, представляющего собой мелкие распыленные ча-

стицы. Обычно они бывают двух видов: коренные, залегающие в вулканических породах, и переносные, т.е. занесенные водами при разрушении коренных месторождений.

*Уран.* Выявлено пять площадей с урановой минерализацией.

*Неметаллические полезные ископаемые* имеют важное экономическое значение для Беларуси. К ним относятся: соли, мел, доломит, фосфориты, глины, пески, строительный камень.

*Фосфориты.* Выделено два фосфоритоносных бассейна – Сожский (месторождения: Мстиславль и Лобковичи с запасами 61,6 млн. т руды) на востоке и Припятский (месторождения Ореховское и Приграничное) на юге Беларуси.

*Алмазы.* В юго-восточной части проходит Одесский глубинный разлом, пересекаемый системой субширотных разломов позднедевонского заложения. Есть основания предполагать наличие на территории Республики Беларусь пород, перспективных на выявление коренных источников алмазов. Были определены две зоны: Лоевско-Рогачевская и Полоцкая. В районе Рогачева было открыто значительное количество кимберлитовых тел, в которых обнаружены многие спутники алмазов. Перспективным на алмазы является Полоцкий глубинный разлом. Наряду с обнаружением в ряде трубок взрыва мелких кристаллов алмазов; в осадочном чехле найдены минералы - индикаторы, свидетельствующие о возможности открытия на территории Беларуси новой алмазоносной провинции.

*Янтарь* (ископаемая смола). Перспективным на янтарь является район между Пинском, Иваново и Березой в Брестской области. Максимальные размеры зерен (обломков) не превышают 3 - 5 см. В западной части Полесской низменности найдены янтарные россыпи.

*Волластонит* - минерал с уникальными физическими химическими свойствами. Используется для изготовления высокочастотной радиокерамики, для производства изоляторов специальных фильтров, а также в качестве добавок к глазури краскам, лакам, резине, стеклу и др. В Беларуси рудопроявление волластонита обнаружено на Рудьянском месторождении мраморов и кальцифиров. Прогнозные ресурсы оцениваются в 1165 тыс. т.

*Графит* (полиморфная модификация углерода). В Республики Беларусь в породах кристаллического фундамента выявлено проявление Пуховщинское, расположенное (месторождение) графита Узденском районе Минской области Глауконит.

*Глауконитсодержащие породы* распространены в юго-восточных районах Беларуси по берегам рек Днепра, Сожа, Ипути. Глауконит используется для получения зеленых минеральных красок и керамических красителей, для уменьшения слеживаемости минеральных удобрений. Внесение глауконита в почву способствует повышению урожайности за счет наличия в нем калия и микроэлементов.

*Кремень* (модификации – опал, халцедон, реже кварц). На территории Беларуси кремень широко распространен и образует конкреции и стяжения размеров от сантиметра до полуметра.

*Калийные соли.* По количеству калийных солей Беларусь (почти 10 % мировых промышленных запасов) занимает третье место в мире после Канады (37 %) и России (31 %). Общие прогнозные ресурсы калийных солей по Припятскому калиеносному бассейну оцениваются примерно в 80 млрд.т Белорусский калиеносный бассейн - крупнейший по запасам и производству калийных солей в Европе. Общая средняя мощность солевых толщ варьирует от 300 до 3250 м. Площадь распространения солевых толщ на территории Полесья превышает 21 тыс. км<sup>2</sup>. Более всего известны 2 месторождения Старобинское и Петриковское. Разведаны Житковичское и Октябрьское месторождения калийной соли. При разведке Старобинского месторождения калийных солей вместе с сильвинитами в основном в промышленном горизонте обнаружены и карналлиты (сырье для производства калийных удобрений, металлического магния и брома). Выявлен ряд высокоперспективных участков для дальнейшего развития минерально-сырьевой базы калийной промышленности: Нежинский, Смолковский, Октябрьский, Копаткевичский, Шестовичский, Житковичский, Дроздовский, Ново-Дубровский и Светлогорский.

*Поваренная соль.* Беларусь обладает крупными запасами каменной соли в Припятском прогибе. Мощность соляных толщ доходит до 3 тыс.м. Общие запасы оцениваются в триллионы тонн. Сегодня разведано: Давыдоское (Светлогорский район), Старобинское (Солигорский район) и Мозырское месторождение. Соль этих месторождений самая высококачественная. Мозырское месторождение разрабатывается путем подземного выщелачивания. На его базе работает Мозырский солькомбинат, производящий ежегодно 250 тыс. т соли. Беларусь располагает неограниченными ресурсами для удовлетворения потребностей и поставки продукции на экспорт. Суммарные запасы каменной соли 21,9 млрд. т.

Республика Беларусь богата на карбонатное сырье, представленное доломитом, мелом, известковым туфом (Витебская, Минская, Могилевская области).

*Мел.* Для производства строительной и технической извести разведано 33 месторождения мела с общими запасами 228,4 млн. тонн. Разрабатываются 4 месторождения.

*Доломит* – это осадочная горная порода. Известно 10 месторождений. Общие запасы доломита около одного млрд. тонн. Используются в строительстве, металлургии, химической, стекольной отраслях, сельском хозяйстве. Наибольшее промышленное значение имеет месторождение Руба в Витебском районе (производство доломитовой муки). На основании месторождения в Орше выпускается силикатный кирпич, стеновые блоки, облицовочная плитка и силикатная черепица.

Промышленные залежи *гипса* выявлены в районе деревни Бринев Петриковского района. На Бриневском месторождении имеется реальная возможность подготовить сырьевую базу мощностью один млн. т гипса в год.

Большое значение для промышленности имеют строительные камни: граниты, кварциты лабрадориты и др. На территории республики разведаны Микашевичское, Ситницкое, Синкевичское, Ланское (Брестская обл.) и Житковичское, Березинское, Глушковичское (Гомельская обл.) месторождения строительного и облицовочного камня. Часть из них разрабатывается. Сырьевая база облицовочных материалов представлена месторождением мигматитов (карьер Надежды Лельчицкого р. Гомельской обл.). Перспективны для использования в этом качестве мраморы и кальцифиры Рудмянского месторождения (Столбцовский р. Минской обл.). Проявления мрамора и волоссонита известны в Кореличском районе.

*Песчано-гравийный материал.* В республике имеется 153 месторождения песчано-гравийного материала (общие запасы 682,6 млн. м<sup>3</sup>). Разрабатываются 95 месторождений (годовая добыча около 5 млн. м<sup>3</sup>).

*Пески строительные.* Сырьевая база песков включает 105 месторождений с общими запасами 476 млн. м<sup>3</sup>. Разрабатывается 47 месторождений. Проектная добыча на этих месторождениях возможна около 9,5 млн. м<sup>3</sup>/год.

В Республике Беларусь разведано два месторождения формовочных песков - Ленино в Добрушском и Четверня в Жлобинском районах (общие промышленные запасы 50,6 млн. т). Известно 53 месторождения формовочных песков, освоение которых позволило бы полностью удовлетворить потребности страны в виде сырья. Освоение месторождения бентонитовых глин Острожанское в Лельчицком районе (промышленные запасы 12,7 млн. т) позволит исключить зависимость отечественной промышленности в привозном сырье на 50 - 60 лет.

*Пески стекольные.* Разведано 2 месторождения – Ленино (разрабатывается годовая добыча порядка 320 тыс. т) в Гомельской области и Городное (с общими запасами 28,53 млн. т) в Брестской области. Стекольные пески белорусских месторождений пригодны только для производства оконного и тарного стекла.

*Глинистое сырье* включает 221 месторождение легкоплавких глинистых пород для производства кирпича с общими запасами 245,8 млн. м<sup>3</sup>, 8 месторождений глинистого сырья для производства легких заполнителей (алгопорит, керамзит) с общими запасами 52 млн. м<sup>3</sup> и 6 месторождений тугоплавких глин с общими запасами 52,9 млн. тонн. Разрабатывается 46 месторождений легкоплавких и 3 месторождения тугоплавких глин.

*Каолины.* На Юге Беларуси выявлены 4 месторождения: Ситница (Лунинецкий район), Дедовка, Люденевичи, Березина (Гомельская обл.) и проявления каолинов: Скрипницкое, Глушковичи и Селище. Белорусские каолины в связи с повышенным количеством красящих окислов пригодны для производства шамотных изделий общего назначения, фарфоровых и фаянсовых изделий, не требующих высокой белизны.

Сырьевая база *цементной промышленности* включает 18 месторождений мергельно меловых пород и глин (промышленные запасы - 851,0 млн. т). Среди них одно из крупнейших в Европе Коммунарское месторождение мергелей в Костюковичском районе Могилевской области, 6 месторождений мела и 11 месторождений глин. Разрабатывается 7 месторождений.

*Лесные ресурсы* Республики Беларусь представляют собой неограниченный природный ресурс, так как территория земель, покрытых лесом, занимает 39,9 % от всей республики. Леса Республики Беларусь разделяются на две группы. Первую группу составляют



леса выполняющие водоохранные, защитные, санитарно-гигиенические и оздоровительные функции (занимают 45,7 % площади лесного фонда). Вторую группу образуют хозяйственные леса, которые имеют экологическое и эксплуатационное значение (занимают 54,3 % площади лесного фонда). Из древесных растений известно 107 дикорастущих видов, из которых 28 видов деревьев, 42 вида кустарников, свыше 820 видов травянистых растений.

Леса Республики Беларусь сформированы следующими основными породами: сосной обыкновенной, елью европейской, дубом черешчатым, ольхой черной и серой, осиной, ясенем. Лесистость территории Республики Беларусь 36 % – близка к оптимальной. Однако распределение лесов по территории страны неравномерно, лесистость отдельных административных районов варьирует от 10 % (Невижский район) до 62 % (Лельчицкий район). В белорусских лесах сосредоточено множество природных ресурсов пищевого и лекарственного, растительного типа. Массово заготавливаются различные ягоды, грибы и дикорастущее сырье. 90 % заготовок используется на экспорт. Белорусские земли имеют четко выраженные зоны, которые сказываются на характере лесной растительности.

На территории Республики Беларусь выявлено 1680 видов сосудистых растений (в том числе 1590 видов покрытосеменных), около 435 видов моховидных, 477 видов лишайников, свыше 2232 видов водорослей. Известно около 1250 съедобных и ядовитых грибов, около 500 видов древоразрушающих грибов и ряд видов паразитных грибов. Всего растительный мир Республики Беларусь включает около 12 тысяч видов растений и грибов.

На данный период на национальном уровне охраняется 214 видов растений, включенных во второе издание Красной книги Республики Беларусь. Полезными свойствами для использования в народном хозяйстве обладают более 500 видов растений.

*Водные ресурсы* Республики Беларусь насчитывают 10 800 рек общей протяженностью 90 600 км. В республике 7 крупных рек, протяженностью более 500 км – Днепр и его притоки, Припять, Березина, Сож, Неман и его приток Виляя, Западная Двина. Общее число речных водоемов 21 тыс.

На территории Республики Беларусь имеется 11 тыс. озер и более 9 тыс. болот. Самое большое озеро – Нарочь, занимает площадь 80 км<sup>2</sup>. Создано 136 искусственных водохранилищ, крупнейшее из

них – Вилейское (79,2 км<sup>2</sup>). Из почти 11 тысяч озёр 3/4 небольшие, с площадью менее 0,1 км<sup>2</sup>, а всего 470 озёр имеют площадь более 0,5 км<sup>2</sup>. Суммарный водный объем составляет 6млн.метров кубических. Больше всего озёр на севере и северо-западе.

Около 55 % годового стока приходится на реки бассейна Черного моря и, соответственно, 45 % – Балтийского. Их ресурсы составляют 15,9 км<sup>3</sup> в год. Величина ресурсов зависит от условий формирования подземных вод, которые наиболее благоприятны в центральной, северо-восточной и западных частях страны. В среднем на территории Беларуси ежегодно формируется 34 км<sup>3</sup> совокупного стока всех рек, с учётом транзитного – 57,9 км<sup>3</sup>, то есть несколько десятков миллиардов кубических метров. Потенциальные ресурсы рек Республики Беларусь для строительства ГЭС небольшие и оцениваются в общей сложности в 900 МВт. Крупнейшие мелиоративные каналы достигают 52 км.

Подземные воды распространены на территории Республики Беларусь повсеместно. Их ресурсы составляют 15,9 км<sup>3</sup> в год. Величина ресурсов зависит от условий формирования подземных вод, которые наиболее благоприятны в центральной, северо-восточной и западных частях страны.

Водозабор поверхностных и подземных вод на бытовые хозяйственные цели не превышает в среднем 5-7 % от ежегодно возобновляемых водных ресурсов.

*Животный мир* Республики Беларусь насчитывает более 30 тыс. животных, из них 457 видов позвоночных и более 20 тыс. видов беспозвоночных.

Известно около 300 видов птиц, 73 вида млекопитающих, 53 – рыб, 1 вид черепах, 3 вида ящериц и 3 вида змей.

Из млекопитающих уникальным является беловежский зубр, численность которого сейчас достигла 472 особей. В лесах северной части республики обитает не менее 100 медведей и около 2 тыс. волков.

Среди позвоночных животных, наибольшим разнообразием отличаются птицы, число видов которых (305) в 2 раза превышает число видов млекопитающих, пресмыкающихся и земноводных вместе взятых.

Ряд представителей фауны республики имеют ресурсное значение и используются в хозяйственной деятельности. Из млекопитающих Республики Беларусь наибольшее ресурсное значение имеют лось, кабан, косуля, зайцы – русак и беляк, белка, волк, лисица. Существенное значение могут иметь также олень, бобр, ондатра, американская норка и куница. В соответствии с требованиями Красной книги в Беларуси выявлено и принято под охрану 1580 мест обитания 77 видов животных.

Из *земельных ресурсов* на территории Беларуси распространены дерновые, дерново-карбонатные и дерново-подзолистые почвы. По механическому составу почвы делятся на глинистые, суглинистые, супесчаные, песчаные, торфяные. Суглинистые и супесчаные почвы задействованы в сельском хозяйстве: доля глинистых и суглинистых почв среди пашенных земель составляет - 41,5 %, супесчаных - 40,3 %, песчаных - 12,2 %, торфяных - 6 %. Хозяйственная ценность почвы невысокая. В зависимости от механического состава качество одного и того же типа почвы может сильно различаться. Самым высоким качеством характеризуются автоморфные дерновые и дерново-карбонатные почвы. Дерново-подзолистые почвы являются зональными в республике. Они занимают почти 35 % площади сельскохозяйственных земель и встречаются по всей территории страны. Малое содержание гумуса (1 - 2%) и повышенная кислотность обусловили их низкое плодородие. Для его повышения необходимо внесение минеральных и органических удобрений. Дерново-карбонатные почвы формируются на карбонатных породах - известняках. Характеризуются высоким содержанием гумуса (3-6 %) и нормальной кислотностью. Основным процессом почвообразования в них является дерновый. Это самые плодородные почвы республики. Бурые лесные и подзолистые почвы в Беларуси распространены очень слабо. Первые из них формируются под широколиственными лесами на западе страны, а вторые - под хвойными лесами на песках Полесья. Дерново-подзолистые заболоченные почвы занимают около 37 % сельскохозяйственных земель. Особенно широко они представлены на севере Республики Беларусь, где занимают более половины территории. Около 11 % сельскохозяйственных угодий Беларуси занимают дерновые заболоченные почвы. Особенно много их на Полесье. Образуются в результате дернового и болотного почвообразовательных процессов. Содержат много минеральных веществ и гумуса

и характеризуются высоким потенциальным плодородием. Торфяно-болотные почвы довольно широко представлены в Республики Беларусь. Они занимают около 13 % сельскохозяйственных земель. Среди них около 80 % приходится на низинные. Формируются они в пониженных местах с близким залеганием грунтовых вод. Постоянное переувлажнение приводит к господству болотного процесса почвообразования и накоплению торфа. Торфяно-болотные почвы характеризуются высоким потенциальным плодородием. Но их использование возможно только после осушения. Наиболее распространены в Полесье. Торфяно-болотные верховые почвы встречаются в основном на севере Беларуси. Избыточное увлажнение этих почв вызвано атмосферными осадками. В отличие от низинных почв они характеризуются высокой кислотностью и низким природным плодородием. Деградации земель является актуальной проблемой для Беларуси, где деградированные почвы занимают более 4 млн. га. При этом 2,6 млн. га приходится на пахотные территории, из которых 479,5 тысяч га деградировали в результате водной и ветровой эрозий. Особое беспокойство вызывает мелиорация водно-болотных экосистем. В настоящее время в стране осушено около 1,5 млн. га торфяников, в том числе в сельскохозяйственных целях 1,1 млн. га. Интенсивное земледелие на этих почвах приводит к стремительному истощению залежей торфа.

*Рекреационные ресурсы* – объекты и явления природы, которые можно использовать в целях отдыха, туризма и лечения. Природные рекреационные ресурсы классифицируются по основным типам рекреационно-туристской деятельности, подразделяясь на 3 вида: лечебные, оздоровительно-туристские и природоохранительные.

*Лечебные грязи.* В настоящее время известны 4 типа лечебных грязей; иловый (сульфидные), сопочные, торфяные и сапропелевые лечебные грязи. В Беларуси представлены 2 последних типа.

*Торфяные грязи* используются для лечения, если степень разложения торфа превышает 30 %. На территории республики выявлено 113 месторождений торфа, содержащих сырье для приготовления лечебных грязей. Геологические запасы торфяного лечебного сырья в них оцениваются в 122 млн. м<sup>3</sup>. Наиболее активно эксплуатируются месторождения Ждановичи, Еловицкое, Гришаны.

*Сапропели* — это донные отложения пресноводных водоемов, содержащие в основном тонкодисперсные фракции, обладающие высокими

тепловыми и вязкопластичными свойствами, гомогенной структурой, широким спектром микроэлементов, аминокислот, витаминов, ферментов и других биологически активных веществ. К сапропелям относятся озерные отложения с содержанием органических веществ более 30 %. В Беларуси зарезервировано 39 озерных месторождений, которые могут использоваться в лечебных целях. Геологические запасы лечебного сырья оценены в 72,6 млн. м<sup>3</sup>. Некоторые месторождения являются особо ценными. Например, сапропели, добываемые из озера Судoble (Смолевичский район), являются уникальными в своем роде. Они могут использоваться не только в лечебных целях, но и как сырье для косметологии. Лечебные сапропели с 1994 года добываются и на озере Дикое Дятловского района. Сырье для грязе-производства добывается и на других озерах. Особо выделяются сапропели содержанием серы до 15 % (озера Смердыш и Лазенки Браславского района), которые пока не используются по технологическим причинам.

*Минеральные воды* - подземные воды, содержащие в растворенном состоянии какие-либо вещества, благодаря которым они приобретают целебные свойства. Минеральные воды включают пресные воды (минерализация менее 1 г/л), соленые воды (минерализация 1 – 35 г/л), а также рассолы (минерализация более 35 г/л), обладающие специфическими свойствами. На месторождениях минеральных вод работают санаторные и лечебно-профилактические учреждения, имеющие в своем распоряжении до 4 скважин. Основная часть месторождений минеральных вод сконцентрирована в Минской и Гомельских областях, в Могилевской и Витебской их несколько меньше, а в Гродненской и Брестской отмечается их недостаток.

По минеральному составу на территории Республики Беларусь выделяются 7 видов минеральных вод:

- воды и рассолы, не содержащие в своем составе специфических компонентов. Используются для лечения и профилактики болезней желудочно-кишечного тракта, периферической нервной системы.

- бромные и йодо-бромные. Могут использоваться только для наружного применения. Основные месторождения находятся в Гомельской, Могилевской и Бобруйской областях.

- сульфидные и сероводородные. Известны воды месторождения в деревне Цупер Жлобинского района и в городе Ельске. В настоящее время активно не используются.

- железистые воды. Выделяются при наличии двухвалентного железа в концентрациях, превышающих 20 мг/л. В Республике Беларусь есть только одно месторождение такого типа в районе Микашевич, ресурсы которого не используются.

- радоновые воды обладают естественной радиоактивностью благодаря содержанию растворенного газа радона. Впервые воды были вскрыты в деревне Селивонки.

- высокоорганические. Характерная особенность – очень высокие концентрации гуминовых веществ. Открыты в санатории-профилактории «Сосны» и используются для лечения болезней желудочно-кишечного тракта.

### **Влияние природных факторов на эффективность производства, потенциальную организацию и региональную специализацию**

Природные условия и ресурсы являются одним из важнейших факторов экономического развития. Доступность и легкость освоения ресурсов способствует быстрому росту производства материальных благ, тем самым увеличивает *эффективность производства*. И наоборот, большая трудоемкость и значительное удаление от хозяйственных центров затрудняет развитие производственных сил, снижает эффективность производства. От естественных свойств земли, плодородия почв, особенностей климата, лесной и другой растительности, животного мира, воды рек, озер, морей и океанов, богатств недр, чистоты воздуха во многом зависят темпы производства и благосостояние людей. Степень доступности природных ресурсов влияет на производительность труда. Одинаковые затраты труда приносят неравнозначные результаты в зависимости от качественных особенностей ресурсов.

Природно-ресурсный фактор часто служит основой формирования хозяйственной структуры территории, определяет *территориальную организацию* производительных сил. Распределение природ-

ных ресурсов по территории отличается большой неравномерностью, что определяет территориальное разделение труда и хозяйственную специализацию тех или иных регионов.

*Влияние природных ресурсов на специализацию хозяйства регионов* проявляется в двух формах. В первой форме, отрасли природопользования определяют специализацию, поставляя свою продукцию в различные регионы страны или на экспорт. Такая форма характерна для регионов первоначального освоения, где отрасли природопользования играют важную роль. Вторая форма влияния проявляется, когда отраслями специализации регионов выступают вторичные производства, основывающиеся на переработке местных природных ресурсов.

Природно-ресурсный потенциал – это совокупность природных ресурсов региона, которые используются или могут быть использованы в хозяйстве с учетом тенденций научно-технического прогресса. Величина природно-ресурсного потенциала определяется как сумма потенциалов отдельных видов природных ресурсов и зависит от целого ряда факторов. Важнейшими из них являются: численность имеющихся в регионе природных ресурсов, их количественные и качественные характеристики, комплексность использования каждого вида природных ресурсов.

Количественная оценка природно-ресурсного потенциала территории возможна только в том случае, если частные потенциалы отдельных видов природных ресурсов исчисляются по единому принципу. Существует три способа соизмерения качественно различных природных ресурсов:

- с помощью балльной системы;
- стоимостных показателей;
- абсолютных энергетических показателей.

В рыночных отношениях наиболее приемлемой представляется стоимостная (денежная), или экономическая, оценка природно-ресурсного потенциала, позволяющая сопоставить ценность природных с другими производственными ресурсами. Осуществлять экономическую оценку разных видов природных ресурсов на единой методологической основе весьма сложно, поэтому величину природно-ресурсного потенциала территории количественно характеризуют чаще всего натурально-вещественными показателями (объем запасов, площадь, продуктивность и т.п.).

Природно-ресурсный потенциал страны изменяется в процессе природопользования, что обусловлено истощением отдельных видов природных ресурсов вследствие их исчерпаемости и нерационального использования, с одной стороны. А с другой, научно-технический прогресс открывает возможности вовлечения в хозяйство новых видов природных ресурсов, расширения сырьевой, топливно-энергетической базы экономики.

### **Возобновляемые природные ресурсы и вторичные материальные ресурсы**

*Возобновляемые ресурсы* – природные ресурсы, запасы которых или восстанавливаются быстрее, чем используются, или не зависят от того, используются они или нет (неисчерпаемые ресурсы). Это довольно расплывчатое определение, и в понятие «возобновляемые ресурсы» в разных контекстах могут включаться разные виды ресурсов. Термин был введён в обращение как противопоставление понятию «невозобновляемые ресурсы» – это ресурсы, запасы которых могут быть исчерпаны уже в ближайшее время при существующих темпах использования.

Возобновляемые природные ресурсы при определенных естественных условиях по мере их использования могут постоянно восстанавливаться. К ним относятся растительность и животный мир, ряд минеральных ресурсов, например, накапливающаяся в озерах соль, отложения торфа, а также отчасти почвы. Однако для их восстановления и обеспечения расширенного воспроизводства необходимо создание определенных условий.

Восстановление возобновляемых ресурсов происходит с различной скоростью. Для образования 1 см гумусового слоя почвы требуется 300 – 600 лет, восстановления вырубленного леса – десятки лет, популяции охотничьих животных – годы. Следовательно, темпы расходования возобновляемых ресурсов должны соответствовать темпам их восстановления, в противном случае возобновляемые природные ресурсы могут стать не возобновляемыми: почвы могут эродировать, а виды животных и растений полностью исчезнуть.

*Потенциально возобновляемые ресурсы* – ресурсы, запасы которых хотя и могут быть истощены или загрязнены в результате



слишком быстрого потребления, однако в нормальных условиях восстанавливаются в результате естественных процессов (деревья, пресные воды рек и озер, почвы, дикие животные).

**Вторичные ресурсы** – материальные накопления сырья, веществ, материалов и продукции, образованные во всех видах производства и потребления, которые не могут быть использованы по прямому назначению, но потенциально пригодные для повторного использования в народном хозяйстве для получения сырья, изделий и/или энергии.

**Вторичные материальные ресурсы (ВМР)** – отходы производства и потребления, образующиеся в народном хозяйстве, для которых после их первоначального использования существует возможность их повторного использования как исходного сырья или изделий непосредственно или после дополнительной обработки. Благодаря их использованию в производстве снижается себестоимость конечной продукции.

К вторичным природным ресурсам относятся:

– остатки веществ и материалов, образующиеся в процессе изготовления продукции. Они не полностью утратили потребительную стоимость исходного сырья и материалов. Также могут быть использованы в народном хозяйстве в качестве сырья или добавки к нему.

– продукты физико-химической переработки, не являющиеся целью производства. После доработки они могут быть использованы как готовая продукция или сырье для дальнейшей переработки;

– получающиеся при добыче и обогащении полезных ископаемых продукты. Они не являются целью данного производственного процесса и могут быть использованы в народном хозяйстве после дополнительной доработки в качестве материалов, сырья для последующей переработки или готовой продукции.

К вторичным материальным ресурсам не относят возвратные отходы, которые используют повторно без дополнительной обработки как сырье при производстве той же продукции.

**Вторичное сырье, вторсырьё** — вторичные материальные ресурсы, для которых в настоящее время имеется реальная возможность и целесообразность использования в народном хозяйстве. Вторичное сырьё используется в качестве частичной или полной замены первичного сырья в промышленном производстве.

Этапы обращения со вторичным сырьем:

– сбор: удаление вторичного сырья из мест образования и накопление его с целью последующего использования;

– заготовка: сбор, предварительная обработка и концентрация вторичного сырья специализированными заготовительными организациями, предприятиями, отдельными гражданами для его последующего использования;

– обработка: совокупность технологических операций по подготовке вторичного сырья для его последующего использования;

– сортировка: разделение вторичного сырья по определенным признакам на классы, группы, марки.

## **Раздел II. ВОЗДЕЙСТВИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

### **Тема 2.1. Воздействие предприятия на окружающую среду Взаимодействие в системе «промышленное предприятие – окружающая среда»**

По мере развития науки и техники, умножения производительных сил общество получает возможность все более активно воздействовать на природу с целью использования ее ресурсов и естественного потенциала для удовлетворения своих постоянно возрастающих потребностей. Однако это воздействие носит двоякий характер. Оно может содействовать развитию природы, облагораживать ее. Однако успех в области преобразования природы сопутствует людям лишь тогда, когда они изучают законы природы, считаются с их действием, учитывают их объективные требования. К сожалению, в реальной действительности эти совершенно необходимые условия учитываются далеко не всегда, а в большинстве случаев и вовсе игнорируются. В результате рост производства сопровождается широкомасштабным разрушением природных систем и интенсивным загрязнением окружающей природной среды.

Поэтому перед человечеством встала задача разумного, рационального природопользования, позволяющего удовлетворять жизненные потребности людей в сочетании с эффективным снижением отрицательного воздействия промышленного производства на окружающую природную среду. Самое отрицательное воздействие на окружающую среду – это ее загрязнение, которое достигло критического уровня для устойчивости экологических систем и здоровья людей.

В атмосферу, водоемы и почву ежегодно в мире выбрасывается более трёх млрд. т твердых промышленных отходов, 500 км<sup>3</sup> опасных сточных вод и около одного млрд. т аэрозолей, разных по крупности частиц и химическому составу.

На каждого жителя планеты ежегодно добывается около 20 т сырья, для переработки которого используется 800 т свежей воды и 2500 Вт мощности, при этом перемещается 400 т горной породы. Из 20 т сырья, человек потребляет две тонны продуктов (как продовольственных, так и промышленных), следовательно, 18 т уходит в отходы, загрязняющие окружающую среду. Номенклатурный состав ядовитых загрязнений содержит более 800 веществ, в том числе мутагены, влияющие на наследственность, канцерогены – на зарождение и развитие злокачественных новообразований, нервные и кровяные яды – на функции нервной системы, состав крови, аллергены – на отдельные органы и организмы.

Промышленность вообще, а конкретное предприятие в частности, оказывает серьезную нагрузку на окружающую среду (Рисунок 2.1.1.).

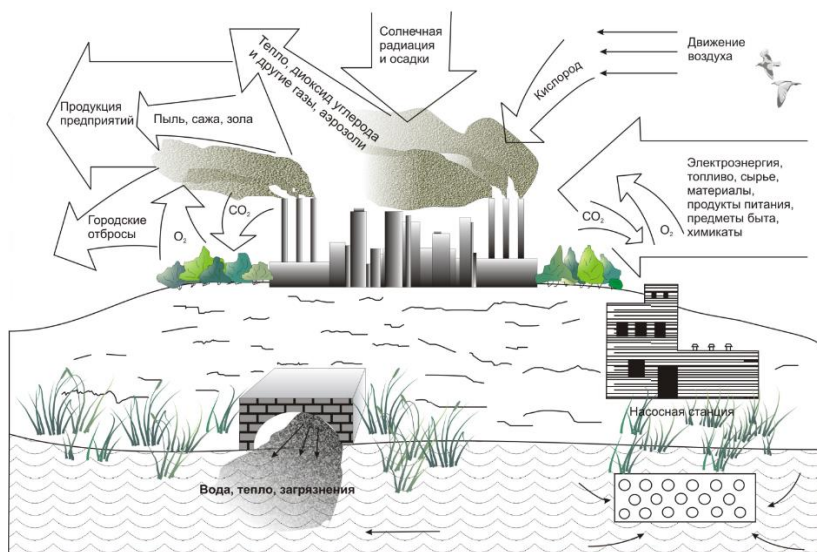


Рисунок 2.1.1 Обмен веществ и энергии в современном городе

По мере ввода новых производственных мощностей и ухудшения в связи с этим экологической обстановки общество пришло к осознанию необходимости если не исключить, то по крайней мере уменьшить антропогенную нагрузку на природу. При этом часто оказывалось, что выгода, которая получается в результате изготовления продукции, меньше затрат, которые необходимы, чтобы нейтрализовать действие производства на природу и человека.

Эффективная очистка воздуха и воды позволяет решить важную экологическую и экономическую проблему – перейти на замкнутые водные и воздушные циклы, осуществить безотходное производство, что способствует созданию санитарно-гигиенической и экологической обстановки, дает существенную экономию энергетических ресурсов. Следовательно, развитие и совершенствование производства, внедрение новых видов продукции и технологических процессов должно сопровождаться наряду с разработкой малоотходных и безотходных технологий созданием и установкой очистных сооружений, разработкой новых методов очистки, технически возможных на современном уровне знаний.

Понятие «окружающая среда» трактуется как совокупность природных тел, сил и явлений природы, любая деятельность человека.

Окружающая среда по отношению к человеку и обществу в целом определяется как природный и созданный человеком материальный мир, в котором человек как общественное существо удовлетворяет свои потребности, и в свою очередь, воздействует на него своей деятельностью и преобразует его. Окружающая среда – широкое понятие, в зависимости от подхода к ней – это условия рабочей зоны предприятия, и околоземное космическое пространство.

Взаимодействие промышленного предприятия с внешней по отношению к нему средой обычно рассматривается в рамках системного подхода. Система представляет собой набор элементов, определенным образом связанных.

Взаимодействие промышленного предприятия с окружающей средой можно также представить в виде схемы, представленной на Рисунок2.1.2, которое осуществляется следующим образом.

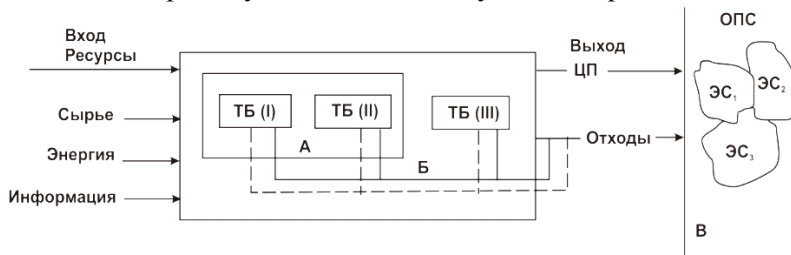


Рисунок2.1.2. Система «промышленное предприятие – окружающая среда»:

сплошная линия – организованные потоки; пунктир – неорганизованные потоки (выбросы, сбросы, потери); ТБ – технологический блок; ЦП – целевой продукт;

ЭС – экологическая система. Производственная система: А – рабочее помещение (рабочая зона); Б – промышленная площадка, территория предприятия;

В – окружающая природная среда (ОПС) - природный территориальный комплекс, совокупность экологических систем различного уровня

Предприятие забирает из окружающей среды природные ресурсы, перерабатывая которые, изготавливает необходимый обществу конечный продукт. В окружающую среду при этом попадают продукты технологического передела – различного вида отходы. Как видно из схемы, воздействие на природную среду зависит от профиля промышленного предприятия и от процессов, которые происходят в блоке «промышленное предприятие». Управляя ими, можно уменьшить воздействие на окружающую среду.

В зависимости от потенциальных возможностей загрязнения окружающей среды *предприятия условно можно разделить на три группы.*

К первой группе относятся предприятия с преобладанием химических технологических процессов.

Ко второй группе – предприятия с преобладанием механических (машиностроительных) технологических процессов.

К третьей группе – предприятия, на которых осуществляется как добыча, так и химическая переработка сырья.

К промежуточной комбинированной группе предприятий (I + II + III гр.) относится муниципальное производство и объекты коммунально-городского хозяйства.

Промышленные производства и технологическое оборудование, являющиеся источниками загрязнения атмосферы, делятся на 4 группы:

- имеющие условно чистые выбросы, в которых концентрация вредных веществ не превышает гигиенических норм;
- имеющие дурно пахнущие вещества;
- содержащие нетоксичные вещества;
- имеющие выбросы, содержащие канцерогенные, токсичные (ядовитые) вещества.

Воздействие производства на окружающую среду происходит в конкретной форме – *выброс* (в атмосферу), *сброс* (в гидросферу и литосферу), *поле* (излучение).

Взаимодействие в системе «промышленное предприятие – окружающая среда» на примере теплоэлектростанции (ТЭС) представлено на Рисунок 2.1.3. Потребление топлива, воды, кислорода воздуха, изменение ландшафта, а также разнообразные выбросы и сбросы – основные взаимодействия ТЭС с окружающей средой.

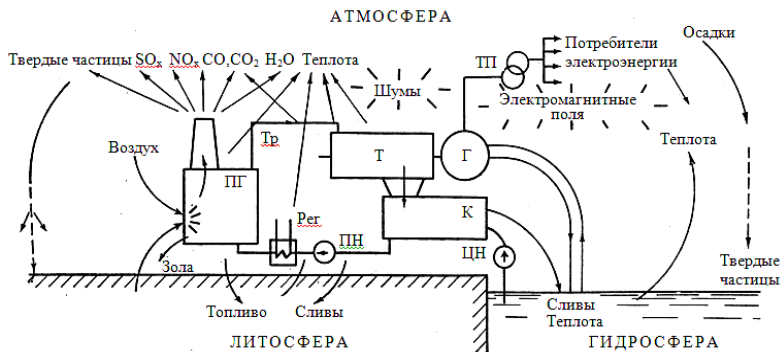


Рисунок 2.1.3. Схема основных взаимодействий ТЭС с окружающей средой:

ПГ – парогенератор; Т – турбоагрегат; Г – электрогенератор;  
 К – конденсатор; ТП – трансформаторная подстанция;  
 ЦН – циркуляционный насос; Тр – трубопровод; ПН – пита-  
 тельный насос;  
 Рег – регенеративная схема

В соответствии с характеристиками технологических процессов воздействие производства на природную среду целесообразно разделить на виды: механическое, физическое, химическое и биологическое (возможны их комбинации).

*Механическое воздействие* имеет место в случае применения механических средств труда (экскаваторы, комбайны, механизированные комплексы). Кроме того, оно может быть вызвано резанием, бурением, сжатием, ударом, вибрацией в случае использования специальных разрушающих приспособлений (инструментов).

*Физическое воздействие* обусловлено применением физических процессов в технологии ведения работ – тепловых, световых,



электромагнитных, которые в форме различного рода излучений (потоков энергии) влияют на природные компоненты и разрушают в них структурные и функциональные связи.

*Химическое воздействие* возникает в случае использования в производственных процессах различных превращений веществ, происходящих при их взаимодействии друг с другом. При этом образуются новые соединения, которые поступают в природные компоненты и загрязняют их.

*Биологическое воздействие* предполагает наличие живых организмов, поступивших в природную среду в результате их использования в технологии производства (например, биологическое выщелачивание металлов) или при их транспортировке.

Промышленные загрязнения окружающей среды можно разделить на *материальные* (т.е. вещества), включающие механические, химические и биологические загрязнения, и *энергетические* (физические) (Рисунок 1.6). Объединение механических и химических загрязнений в одну группу обусловлено тем, что большая часть веществ оказывает на окружающую среду оба рода воздействия. Некоторые виды загрязнений, например, радиоактивные, могут быть одновременно материальными и энергетическими.

В основу классификации материальных загрязнений приняты среда распространения загрязнений (атмосфера, гидросфера, литосфера), их агрегатное состояние (газообразное, жидкое, твердое), применяемые методы обезвреживания, а также степень токсичности загрязнений.

Механические загрязнения – это аэрозоли, твердые тела и частицы, содержащиеся в воде и почве. Химические загрязнения – разнообразные газовые, жидкие и твердые химические соединения, которые вступают во взаимодействие с окружающей средой. Биологические загрязнения – микроорганизмы и продукты их жизнедеятельности. К энергетическим загрязнениям относят все виды энергии – тепловую, механическую, световую, электромагнитную, энергию ионизации.

Управление, которое связано с природозащитной деятельностью предприятий, включает следующую систему *воздействующих мероприятий*:

– *изменение технологии конечного продукта*. В качестве примера можно рассмотреть процесс металлообработки. При традиционных методах получения заготовок до 40% металла идет в стружку, при этом расходуются сырьевые, энергетические, а также трудовые ресурсы. В окружающую среду попадает большое количество металлической стружки. Метод сверхточного литья позволяет получать практически готовые детали, требующие лишь некоторой обработки;

– *применение современных методов очистки*. Технологии могут быть снабжены системами от невысокой до глубокой степени очистки. Стоимость последних на порядок удорожает технологию. В целях экономии средств покупаются зачастую процессы с менее эффективными системами очистки. Например, проектом предусмотрена очистка от сероводорода с эффективностью 99,6 – 99 %. Был закуплен проект с наименее эффективной степенью очистки. Так как объемы переработки значительны, то и 0,4 % оказалось достаточно для нанесения ущерба окружающей среде и здоровью людей;

– *экономическое воздействие*. Основной экономической принцип – загрязнитель платит. Это означает, что каждое предприятие за выброс в воздух и сброс в воду загрязняющих веществ определенной номенклатуры платит установленную сумму. Кроме того, введена плата за размещение отходов. Сумма зависит от места размещения и характера веществ, в частности, их токсичности. Однако принцип «загрязнитель платит» для выполнения экологических программ малоэффективен. С одной стороны, не все предприятия сегодня способны выплачивать необходимые суммы. С другой – эти платежи недостаточно стимулируют внедрение природоохранного оборудования, так как цены на очистные сооружения и оборудование очень высоки. Сделать же эти экологические платежи еще более вы-

сокими, значит, в конечном итоге повысить себестоимость продукции, что в условиях нашего государства является нецелесообразным. Следует искать середину – стимулировать деятельность по охране природы разумно с помощью льготного налогообложения. Так, например, освобождается от налогообложения прибыль предприятия, полученная от строительства очистных сооружений;

– *экологическое аудирование* относят к деятельности по управлению качеством окружающей среды. Экологическое аудирование можно определить как добровольную внутреннюю самопроверку деятельности некоторой производственной структуры с целью приведения этой деятельности в соответствие с документами, регламентирующими природопользование, и сокращение тем самым существующего и потенциального экологического и финансового ущерба из-за несоблюдения этих регламентирующих документов;

– *совершенствование системы управления природоохранной деятельности на предприятии*. Все природоохранные службы на предприятии можно разделить на две основные группы: группу административно-управленческих служб и группу производственных служб и производств.

На предприятиях охраной окружающей среды руководит главный инженер. Ему подчиняется служба главного энергетика, которая осуществляет эксплуатацию общезаводских систем очистки, в частности, очистных сооружений. В зависимости от предприятий и их министерств (ведомств) административно-управленческие службы по охране окружающей среды могут возглавлять заместитель технического директора, заместитель главного инженера по охране природы, начальник отдела охраны природы, начальник экологической службы. Их основные задачи включают: планирование мероприятий по охране природы; оперативный контроль; работу с экологическим паспортом предприятия, включающую внесение новых сведений, исправления и замену устаревшей информации; заполнение статистических норм типа 1-ОС (воздух) и 1-ОС (вода). На предприятиях большую работу по охране окружающей среды проводят отделы

охраны природы. В состав этих отделов входит, как правило, санитарно-гигиеническая лаборатория, специализирующаяся на проведении анализов состава атмосферного воздуха в промышленной зоне и жилом массиве около предприятия, сточных вод и водного бассейна. Функции отделов природы достаточно широки и регламентируются отраслевыми стандартами. В их обязанность входит планирование работ по охране окружающей среды, внедрение передовых методов очистки, подготовка отчетной информации по вопросам, связанным с охраной окружающей среды. Большое внимание эти отделы уделяют профилактике загрязнений, следят за соблюдением технологических режимов в части использования ресурсов и образования выбросов и сбросов.

*Загрязнение окружающей среды* – поступление в компоненты природной среды, нахождение и (или) возникновение в них в результате вредного воздействия на окружающую среду вещества, физических факторов (энергия, шум, излучение и иные факторы), микроорганизмов, свойства, местоположение или количество которых приводят к отрицательным изменениям физических, химических, биологических и иных показателей состояния окружающей среды, в том числе к превышению нормативов в области охраны окружающей среды.

*Загрязняющие вещества* – химические вещества или их смесь, микроорганизмы (грибки, бактерии, вирусы, споры грибов и другие биологические вещества), поступление которых в атмосферный воздух оказывает вредное воздействие на окружающую среду. Загрязняющие вещества в зависимости от химического состава делятся на 28 групп. Например, металлы и их соединения, углеводороды предельные, углеводороды непредельные, простые эфиры, кетоны, микроорганизмы и др. Каждому загрязняющему веществу присвоен код, состоящий из 4 цифр: первые 2 цифры обозначают номер группы, к которой относится данное вещество, следующие 2 цифры показывают номер вещества в данной группе. Например, углеводороды включают 4 группы загрязняющих веществ: предельные, непредельные, ароматические и ароматические полициклические углеводороды, которые имеют соответствующие коды: 0401 - 0499, 0501 - 0599, 0601

- 0699, 0701 - 0799. Особое внимание уделяется летучим органическим соединениям (ЛОС). В ГРУППЫ ЛОС входят многие органические соединения, например, стирол, толуол, гексан, бензол, фенолы, эфиры, спирты и др.

*Источники загрязнения окружающей среды можно классифицировать:*

– по происхождению – искусственные (антропогенные) и естественные (природные);

– по месту поступления – континентальные, морские и атмосферные;

– по временному признаку (длительности) – на долговременные, постоянные, периодические, эпизодические, разовые, случайные и мгновенные;

– по пространственно-временному признаку – фиксированные и нефиксированные.

Антропогенные источники загрязнения делятся на следующие группы: промышленные предприятия, транспорт, бытовое и коммунальное хозяйство. Среди промышленных предприятий наиболее «грязными» считаются металлургические – 93,4 %. За ними следуют предприятия энергетики – прежде всего ТЭС – 27 %, 9 % – падают на предприятия химической промышленности, 12 % – нефтяной и 7 % газовой промышленности. Основная доля опасных отходов образуется за счет продукции химической промышленности, металлургии, добычи нефти и газа, металлообрабатывающей промышленности, целлюлозно-бумажного производства, транспорта. К опасным отходам относятся токсичные вещества, воспламеняющиеся отходы, вызывающие коррозию и другие химические вещества.

Сильнейшими загрязнителями окружающей среды являются отходы производства и бытовые отходы.

*Антропогенные загрязнения подразделяются* на преднамеренные, которые предусмотрены технологией производства, и непреднамеренные, вследствие воздействия производства. Промышленные источники загрязнения, в свою очередь, подразделяются по отраслям, а также по ингредиентам.

Необратимые последствия необдуманной хозяйственной деятельности человека породили целый ряд проблем, называемых *экологическими*. По значимости для живого мира и по своим масштабам

экологические проблемы могут быть условно разделены на локальные, региональные и глобальные.

*Локальные проблемы* – характерны для небольших территорий. Их можно быстро локализовать и ликвидировать. Они могут приносить существенный вред, но на небольших территориях. Это утечка нефтепродуктов и ядохимикатов из цистерн; нарушение функционирования городских сетей канализации и водоснабжения; обработка полей ядами высокой концентрации; завод, сбрасывающий без очистки в реку свои промышленные отходы.

*Региональные проблемы* охватывают территорию больших регионов, и их влияние сказывается на значительной части населения. Например, осушение болот Полесья вызвало негативные изменения и в Беларуси, и на Украине.

*Глобальные проблемы* охватывают всю биосферу. Антропогенное воздействие на природу достигло таких масштабов, что возникли проблемы глобального характера. Возникнув в одной точке, они распространяются по всей планете и представляют собой совокупность проблем человечества, от решения которых зависит социальный прогресс и сохранение цивилизации. Критерии выделения глобальных проблем следующие:

- повсеместное их распределение затрагивает человечество в целом;
- неразрешение данных проблем может привести к гибели все человечество;
- разрешить их возможно только совместными усилиями человечества.

Изменения окружающей среды под воздействием человека стали называть глобальными.

**Последствия загрязнения окружающей среды: глобальное изменение климата, разрушение озонового слоя, кислотные осадки, фотохимический смог, загрязнение природных вод, деградация земель, истощение биологического разнообразия**

*Загрязнение атмосферного воздуха* – поступление в атмосферный воздух, нахождение и (или) возникновение в нём в результате вредного воздействия на окружающую среду загрязняющих веществ, свойства, место положения или количества которых приводит к отрицательным изменениям качества атмосферного воздуха, в том числе превышению нормативов в области охраны атмосферного воздуха.

По характеру загрязнителя загрязнение атмосферы бывает трех видов:

– биологическое – в основном загрязнение микробной природы. Например, загрязнение воздуха вегетативными формами и спорами бактерий и грибов, вирусами, а также их токсинами и продуктами жизнедеятельности;

– физическое – механическое (пыль, твердые частицы), радиоактивное (радиоактивное излучение и изотопы), электромагнитное (различные виды электромагнитных волн, в том числе радиоволны), шумовое (различные громкие звуки и низкочастотные колебания) и тепловое загрязнение (например, выбросы теплого воздуха);

– химическое – загрязнение газообразными веществами и аэрозолями. На сегодняшний день основные химические загрязнители атмосферного воздуха это: оксид углерода (IV), оксиды азота, диоксид серы, углеводороды, тяжёлые металлы, аммиак, атмосферная пыль и радиоактивные изотопы.

*К природным источникам загрязнения относятся:* извержения вулканов, пыльные бури, лесные пожары, пыль космического происхождения, частицы морской соли, продукты растительного, животного и микробиологического происхождения.

*Антропогенные источники загрязнения обусловлены хозяйственной деятельностью человека. К ним следует отнести:*

– сжигание горючих ископаемых, которое сопровождается выбросом до 36,4 млрд. т углекислого газа в год.

– работа тепловых электростанций, когда при сжигании высокосернистых углей в результате выделения сернистого газа и мазута образуются кислотные дожди;

– выхлопы современных турбореактивных самолетов с оксидами азота и газообразными фторуглеводородами из аэрозолей, которые могут привести к повреждению озонового слоя атмосферы (озоносферы);

– загрязнение взвешенными частицами (при измельчении, фасовке и загрузке, от котельных, электростанций, шахтных стволов, карьеров при сжигании мусора);

– сжигание топлива в факельных печах, в результате чего образуется самый массовый загрязнитель - монооксид углерода;

– сжигание топлива в котлах и двигателях транспортных средств, сопровождающееся образованием оксидов азота, которые вызывают смог.

– вентиляционные выбросы с чрезмерной концентрацией озона из помещений с установками высоких энергий.

Последствиями загрязнений атмосферы являются экологические проблемы такие как: *парниковый эффект, кислотные дожди, смоги, разрушение (истощение) озонового слоя.*

**Парниковый эффект** – постепенное потепление климата на нашей планете в результате увеличения концентрации в атмосфере парниковых газов.

Вклад парниковых газов в потепление климата составил: диоксида углерода (CO<sub>2</sub>) – 66 %, метана (CH<sub>4</sub>) – 18 %, фреонов – 8 %, оксида азота (NO) – 3 % и остальных газов (бензапирен, формальдегид, сероуглерод) – 5 %.

Парниковый эффект атмосферы состоит в том, что атмосфера подобно стеклу в парниках (для выращивания растений) пропускает солнечное излучение (коротковолновое) к поверхности Земли, но препятствует длинноволновому (инфракрасному) тепловому излучению с земной поверхности, способствуя тем самым сохранению теплоты в атмосфере. Кроме того, при нагреве атмосферы увеличивается содержание водяного пара, что вследствие «парникового эффекта» также способствует дальнейшему повышению температуры воздуха.

Причины парникового эффекта:



– использование горючих полезных ископаемых в промышленности– угля, нефти, природного газа, при сжигании которых в атмосферу выделяется огромное количество углекислого газа и других вредных соединений;

– транспорт – легковые и грузовые автомобили выделяют выхлопные газы, которые также загрязняют воздух и усиливают парниковый эффект;

– вырубка лесов, которые поглощают углекислый газ и выделяют кислород, а с уничтожением каждого дерева на планете увеличивается количество  $\text{CO}_2$  в воздухе;

– агрохимия и удобрения содержат различное количество соединений, в результате испарения которых выделяется азот – один из парниковых газов;

– разложение и горение мусора на полигонах способствуют увеличению парниковых газов.

К газам, создающим парниковый эффект, относится метан, содержание которого (в среднем около 1 % в год) связано как с природными факторами (болото), так и с антропогенными (потери при добыче, транспортировке по трубам, распределении в городах, а также сжигание биомасс, рисовые поля, крупный рогатый скот, угольная шахта).

Увеличение концентрации парниковых газов в атмосфере привело к тому, то по сравнению с доиндустриальный периодом (концом XIX столетия) *средняя температура воздуха повысилась на 1,09°C.*

При значительном повышении температуры воздуха (более 1,5 – 2,0 °C) площадь снежно–ледяного покрова начнет интенсивно уменьшаться. Уже в середине нынешнего столетия эта площадь сократится примерно на 10 %, что уменьшило отражательную способность планеты, из–за чего и поднялась средняя температура земной поверхности.

Среди отрицательных последствий выделяется проблема повышения уровня Мирового океана, которая в настоящее время достигает примерно 25 см за 100 лет. Основные причины: таяние материковых и горных ледников, морских льдов и тепловое расширение вод океана. На Конгрессе в Киото (Япония, 1990 год) учёные пришли к выводу, что уровень воды в мировом океане поднимается со скоростью 0,8 мм в год или на 8 см за 100 лет. Это может привести к воз-

никновению более сложных экологических и социально–экономических проблем: затопление приморских городов, усиление абразионных процессов, ухудшение водоснабжения приморских городов, деградация мангровой растительности и так далее. Подсчитано, что подъем уровня океана на 1 м вызовет затопление 20 % территории Бангладеш и сельхозугодий Египта, пострадают приморские города Китая. Подъем уровня Мирового океана может отрицательно повлиять на жизнь населения более 30 стран, располагающихся на морских побережьях. Поэтому по линии ЮНЕСКО действует Межправительственный комитет по предотвращению потепление климата и начала осуществляться Международная программа «Глобальная система наблюдений за уровнем океана» (ГЛОСС), которая поможет уменьшить негативные последствия повышения уровня.

Повышение температуры воздуха приводит к тому, что территория, которые мало увлажняются атмосферными осадками, становятся засушливыми и непригодными для жизни. Гибнут урожаи, что приводит к продовольственному кризису населения данной местности. Также животным не находится пропитания, поскольку из-за недостатка воды вымирают растения.

К положительным экологическим последствиям относится увеличение интенсивности фотосинтеза за счет повышения концентрации  $\text{CO}_2$  и связанное с этим увеличением продуктивности лесных экосистем и культурных растений.

**Разрушение (истощение) озонового слоя.** *Озоновый слой* (озоносфера) – слой атмосферы в пределах стратосферы с повышенной концентрацией озона в 10 раз большей, чем у поверхности земли, лежащий на высотах 7 – 8 км на полюсах, 17 – 18 км на экваторе и до 50 км с наибольшей плотностью озона на высотах 20–25 км.

На больших высотах в результате интенсивного радиационного воздействия озон разрушается, а выше 80 км его практически нет.

Озон (трехатомный кислород  $\text{O}_3$ ) образуется из молекулярного кислорода ( $\text{O}_2$ ) путем присоединения к нему атомарного кислорода (O), который образуется под воздействием ультрафиолетового излучения Солнца. Известно, что Солнце производит в одну секунду 5 – 6 т озона. Общее содержание озона в атмосфере составляет  $6 \cdot 10^{-5}$  % (по массе),  $2 \cdot 10^{-6}$  % (по объему); его общее количество достигает  $3,3 \cdot 10^9$  т. Если сконцентрировать весь озон в условном сплошном

слое (привести к нормальным условиям: 0,1 МПа (760 мм. рт. ст), 0 °С), то его толщина не превысит 3 мм. Среднее время жизни молекул озона в атмосфере – около 50 суток.

У поверхности земли озон появляется только во время гроз-вых разрядов.

Слой озона поглощает коротковолновое ультрафиолетовое излучение Солнца (в диапазоне 200 – 300 нм) и таким образом определяет температурный режим стратосферы и защищает от жесткого (короче 280 нм) ультрафиолетового излучения, губительного для всего живого на Земле. В связи с этим его называют озоновым экраном (щитом).

Значительное пространство в озоносфере планеты было зафиксировано впервые над Антарктидой и это явление получило название озоновой дыры. Имея большую массу, молекулы озона опускаются к поверхности Земли и разрушаются, так как неустойчивы при нормальном давлении. Озоновые дыры имеют тенденцию изменять свои размеры. Аналогичные явления отмечены и в Арктике (с весны 1986 г.), но размеры озоновой дыры в 2 раза меньше, чем над Антарктидой. В феврале 1993 г. над Арктикой наблюдалось уменьшение содержания озона на 10 – 40 %, при чем «мини-дыры» фиксировались над северными районами Канады, Скандинавским полуостровом и Великобританией. В 1998 г. впервые зафиксирована озоновая дыра в районе экватора, ее площадь составляет примерно 4 тыс. км<sup>2</sup>.

Поглощение озоном солнечной энергии определяет нагрев атмосферы на высотах 30 – 60 км, что, в свою очередь, через сложнейшие механизмы взаимодействия формирует сложившиеся в атмосфере Земли динамические и тепловые процессы, определяет в конечном счёте особенности циркуляции атмосферы и специфику климата нашей планеты.

Существует несколько гипотез образования озоновой дыры. Первая гипотеза связывает ее формирование с 11-летним циклом солнечной активности. В годы максимума солнечной активности под влиянием излучений Солнца увеличивается содержание оксидов азота в стратосфере на 50 – 60 % по сравнению со средними условиями, что приводит к уменьшению содержания озона.

Вторая гипотеза связывает образование озоновой дыры с общей циркуляцией атмосферы. Если при этом увеличивается поток

оксидов азота, хлора, брома и других веществ антропогенного происхождения из низких и умеренных широт в высокие, это и вызывает уменьшение содержания озона.

Установлено существенное влияние на разрушение озонового слоя различных факторов естественного и антропогенного происхождения (вулканические извержения, содержащие хлор; разложение минеральных удобрений, выделяющих оксиды азота; ядерные взрывы, при которых образуется большое количество оксидов азота; ежедневные полеты реактивных и сверхзвуковых самолетов; уничтожение природного озона – вырубка миллионов гектаров лесов). Выбросы сверхзвуковых самолетов (оксиды азота) приводят к разрушению 10 % озонового слоя.

Наиболее сильное воздействие на озоновый экран оказывают хлорфторуглероды (фреоны), широко применяемые в качестве хладореагентов (холодильники, кондиционеры, рефрижераторы), пенообразователей и распылителей в аэрозольных упаковках. Фреоны – высоколетучие химически инертные у земной поверхности, негорючие, неядовитые вещества. Продолжительность пребывания фреонов в атмосфере составляет 50–200 лет. Фреоны, поднимаясь в верхнем слое атмосферы, подвергаются фотохимическому разложению с образованием оксида хлора, который при столкновении с молекулой озона выбивает из нее один атом. Озон при этом превращается в обычный кислород. Разрушителем озона также является бромистый метил, используемый в качестве дезинфицирующего вещества для почв, товаров и в качестве добавки к автомобильному топливу. Из бромистого метила высвобождается бром, который в 30–60 раз разрушительнее для озона, чем хлор.

Всего в мире производится около 1,4 млн тон озоноразрушающих веществ, при этом 1,5 кг фреонов на душу населения в западноевропейских странах, а в странах СНГ – менее 0,5 кг.

Рост интенсивности ультрафиолетового излучения может привести к снижению урожайности сельскохозяйственных культур, к гибели фитопланктона в океане, к нарушению глобального баланса диоксида углерода и кислорода и т. д.

**Кислотный дождь** – это осадки, содержащие кислые компоненты, такие как серная или азотная кислота, которые выпадают на Землю из атмосферы во влажной или сухой форме.

Кислотность той или иной среды обусловлена наличием свободных ионов водорода  $H^+$ . Концентрацию свободных ионов водорода принято обозначать символом, представляющий собой отрицательный десятичный логарифм концентрации ионов водорода (моль/л). Величина рН называется водородным показателем. рН химически чистой воды при 20 °С равен 7,5 ( $[H^+] = 10^{-7}$  моль/л). Это значение принято за отправную точку: раствор с рН < 7,2 будут кислотными, а с рН  $\geq 7,5$  – щелочными. На основании этого все вещества, способствующие образованию свободных ионов водорода и соответственно снижению рН, называются кислотообразующими. Принято считать, что незагрязнённые атмосферные осадки в отсутствие других примесей имеют значения рН = 5,6. Кислотный дождь имеет рН < 5,6 из-за растворения атмосферной влаги промышленных выбросов ( $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $HCl$  и др.). Максимальная зарегистрированная в Западной Европе кислотность осадков рН = 2,3 (кислотность сока лимона).

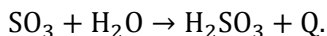
В естественных условиях дождевые осадки всегда содержат различные примеси, влияющие на рН. Количество и состав примесей зависят от характеристик района, где формируются облачные системы и выпадают осадки. Над океаном наибольший вклад в минерализацию дождевых осадков вносит морская соль, при этом рН дождевой воды повышается (для морской воды рН > 8). В это же время в загрязнённой атмосфере может присутствовать ряд кислотообразующих веществ естественного происхождения: диоксид углерода, сероводород, диоксид серы, соляная кислота, оксиды азота, азотная кислота, органические кислоты. Их концентрация в незагрязнённой атмосфере весьма мала.

*Выпадение кислотных дождей или кислых осадков в первую очередь связаны с антропогенным загрязнением атмосферы диоксидом серы  $SO_2$ , и оксидами азота  $NO_x$ .*

Основными природными источниками  $SO_2$  в мировом масштабе являются вулканы, геотермальные источники, разложение организма и пр. Антропогенными источниками поступления диоксида серы  $SO_2$  является сжигание органического топлива (уголь, горючий сланец, природный газ), выплавка чугуна, стали, производство меди, свинца, цинка из сульфидных руд, процессы очистки нефтепродуктов, работа автомобильного транспорта. При сжигании высокосерни-

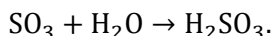
стого угля и нефтепродуктов (мазута) образуется около 80% от общего количества  $\text{SO}_2$ , поступающего в атмосферу во всём мире, которое составляет 1,5 млрд т.

*При контакте  $\text{SO}_2$  с атмосферным водяным паром образуется сернистая кислота*



Эта реакция довольно медленная, однако в загрязненной атмосфере она обычно ускоряется под влиянием пыли из железа или марганца.

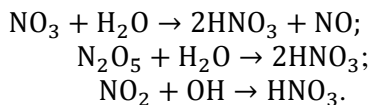
В процессе сжигания около 3%  $\text{SO}_2$  окисляется до триоксида серы  $\text{SO}_3$ , которые при взаимодействии с водяным паром образует серную кислоту  $\text{H}_2\text{SO}_4$



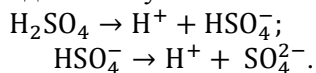
Оксиды азота поступают в атмосферу с выхлопными газами при работе двигателей внутреннего сгорания автомобилей и турбореактивных самолетов. В выбросах основная доля приходится на два оксида: оксид азота  $\text{NO}$  и диоксид азота  $\text{NO}_2$ . При этом абсолютные количества и их соотношение зависят от режима горения и температуры пламени. Обычно определяют суммарные концентрации  $\text{NO}$  и  $\text{NO}_2$  в атмосфере, обозначая их как  $\text{NO}_x$ .

В результате взаимодействия оксидов азота атмосферным водяным паром образуется азотная кислота  $\text{HNO}_3$  по реакциям в несколько ступеней.

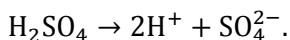
Заключительные реакция следующие:



Кислоты диссоциируют ступенчато. Например, диссоциация серной кислоты происходит в 2 степени:



Суммарная диссоциация:



Проблема кислотных дождей усугубляется распространением загрязняющих веществ на большие расстояния (трансграничные примеси). За 5 суток оксиды серы и азота могут распространяться на расстояния до 1000 км.

Негативные экологические последствия кислотных дождей: подкисление почв и пресноводных водоёмов, что приводит к гибели водных организмов; резкое снижение прироста, повреждение и гибель лесов; нарушение экологического равновесия в Мировом океане; снижение урожайности некоторых сельскохозяйственных культур; ускорение коррозии металлических конструкций; серьёзный ущерб памятникам мировой архитектуры. Очевидна опасность кислотных дождей и для человека. Являясь одним из главных ядовитым загрязнителем воды и почвы, отравляющим все виды культивируемых растений, кислотные дожди загрязняют пищу и питьевую воду кислотными и ядовитыми металлами

Для решения проблемы кислотных дождей необходимы разработка и внедрение технологических процессов, а также развитие атомной энергетики, использование нетрадиционных источников энергии (энергии Солнца, ветра, геотермальных источников).

Но кроме вреда кислотные дожди имеют полезное действие. Кислоты, содержащиеся в облаках над океаном, могут разрушать крупные частицы пыли, содержащие железо, на мелкие и растворимые наночастицы.

**Смог.** *Туман в атмосфере* – скопление водяных капелек, ледяных кристаллов, твердых частиц (0,001 – 10 мкм) в приземном слое. Сам по себе туман не опасен для человеческого организма. Он становится вредным, когда загрязнен токсическими примесями. Появление смогов связано с температурными инверсиями. Когда непосредственно у земли или на некоторой высоте, обычно 200 – 300 м, образуется слой инверсии – холодный воздух располагается над теплым, в этом случае температура растет с высотой. При наличии температурной инверсии дым и газы, образующиеся при сгорании, не поднимаются вверх и не могут рассеяться в атмосфере. Это продолжается до тех пор, пока метеорологические условия не изменятся.

*Смог* (от английского smoke – дым и fog – туман) – чрезмерное загрязнение воздуха вредными веществами, выделенными в результате работы промышленных производств, транспортом при определенных погодных условиях. Это явление возникает при взаимодействии теплых лучей солнца и вредных веществ в нижних слоях атмосферы. Именно безветренная погода способствует скоплению вредных частиц в определенной местности. Также причиной может быть *температурная инверсия* – климатическая аномалия, при которой теплый воздух не может подняться из-за давления сверху холодных воздушных масс. Именно поэтому и загрязнители не могут покинуть место, где образовались.

Типичные причины возникновения смога в разных городах мира: интенсивное движение автомобилей, сжигание угля, испарения от лакокрасочных материалов, пожары и другие.

Помутнение воздуха природными частицами пыли, снега или дыма от природных пожаров называется *мгллой*.

Первоначально под смогом подразумевалась дымка, образованная сжиганием большого количества угля (смешение дыма и диоксида серы).

Существует три типа смога – *ледяной, лондонский и фотохимический*.

*Ледяной смог* – сочетание газообразных загрязнителей, пылевых частиц и кристаллов льда (3 – 10 мкм), возникающих при замерзании водяных капель тумана и пара отопительных систем. Ледяной смогаблюдается в арктических и субарктических широтах.

*Смог лондонского типа (влажный)* – сочетание газообразных загрязнителей (в основном диоксида серы), пылевых частиц и капель тумана, т.е. смесь дыма и тумана. Возникает смог в результате сжигания больших количеств топлива (угля и мазута) и надлюдается (с октября по февраль) в умеренных широтах с влажным климатом, в осенне–зимний период, при малых скоростях ветра, туманах. При туманах вредное воздействие сернистого газа, превращающегося в аэрозоль серной кислоты, сильнее, чем при других погодных условиях. В смоге лондонского типа новых веществ не образуется, а его токсичность зависит от исходных загрязнителей.

*Смог фотохимический лос–анжелеского типа* (сухой туман с влажностью около 70 %) – вторичное (кумулятивное) загрязнение воздуха, возникающее в результате фотохимических реакций



(разложение загрязняющих веществ солнечными лучами) при наличии в атмосфере высокой концентрации оксидов азота, углеводородов, интенсивной солнечной реакции и безветрия или очень слабого обмена воздуха в приземном слое приморской и в течении не менее суток повышенной инверсии. Фотохимический смог наблюдается в южных районах умеренного пояса и субтропиках в теплое время года, летом и ранней осенью, в жаркие дни. Основной причиной данного типа смога являются выхлопные газы автомобилей и прежде всего выбросы оксидов азота. Отличительной особенностью смога является коричневый оттенок, который придают ему оксиды азота.

Фотохимический смог образуется при значительно меньших выбросах в атмосферу по сравнению с лондонским смогом. В ходе фотохимических реакций образуются новые вещества – альдегиды, кетоны, угарный газ (CO), углекислый газ (CO<sub>2</sub>), азотная кислота (HNO<sub>3</sub>), которые по своей токсичности значительно превышают исходные атмосферные загрязнения.

Продолжительность смогов – от одного до нескольких дней, но интенсивность настолько велика, что как при фотохимическом смоге, так и при лондонском, появляется неприятный запах, резко ухудшается видимость, у людей воспаляются глаза, слизистые оболочки носа и горла, отмечаются симптомы удушья, обострение легочных и различных хронических заболеваний, аллергических реакций. Смоги также вызывают коррозию металлов, растрескивание красок, резиновых и синтетических изделий, портят одежду, нарушают работу транспорта.

**Загрязнение гидросферы.** Гидросфера простирается от верхней границы распространения воды в атмосфере до нижней границы залегания подземных вод в литосфере. Гидросферу принято делить на Мировой океан, континентальные поверхностные воды и ледники, а также подземные воды. Также в гидросферу входят водяной пар атмосферы, почвенная влага и вода, содержащаяся в живых организмах.

Основными источниками загрязнения гидросферы являются недостаточное очищение сточных вод промышленных и коммунальных предприятий, утечки нефти, автотранспорт, крупные животноводческие комплексы, отходы производства при разработке рудных

ископаемых; воды шахт, рудников; сбросы водного и железнодорожного транспорта; пестициды и т. д.

*Загрязнение вод (водных объектов)* – сброс или поступление иным способом в водные объекты, а также образование в них вредных веществ, которые ухудшают качество поверхностных и подземных вод, ограничивают использование либо негативно влияют на состояние дна и берегов водных объектов.

*Последствия загрязнения:*

– проблема пресной воды, органическое загрязнение водоёмов, ухудшение качества питьевой воды.

– гибель растений и животных.

– неконтролируемое развитие водорослей.

– гибель водных экосистем с непроточной водой.

– заболевание местности.

Загрязняющие вещества, попадая в природные водоёмы, приводят к качественным изменениям воды, которые проявляются в изменении химического состава воды, в наличии плавающих веществ на поверхности воды и откладывании их на дне водоёмов.

Типы, источники и последствия загрязнения водных ресурсов:

*Механическое загрязнение* характеризуется попаданием в воду различных механических примесей (песок, шлам, ил и др.).

*Химическое загрязнение* – наиболее распространенное, стойкое и далеко распространяющееся. Оно может быть органическим и неорганическим, токсичным и нетоксичным. При осаждении на дно водоёмов или при фильтрации в пласте вредные химические вещества собираются частицами пород, окисляются и восстанавливаются, выпадают в осадок и т. д., однако, как правило, полного самоочищения загрязнённых вод не происходит.

*Бактериальное загрязнение* выражается в появлении в воде патогенных бактерий, вирусов (до 700 видов), простейших, грибов и др. Этот вид загрязнений носит временный характер.

*Радиоактивное загрязнение* весьма опасно содержание в воде, даже при очень малых концентрациях, радиоактивных веществ. Наиболее вредны «долгоживущие» радиоактивные элементы, обладающие повышенной способностью к передвижению в воде (уран, цезий и др.).

*Тепловое загрязнение* – выпуск в водоёмы подогретых вод тепловых и атомных электростанций.

*Нефтяное загрязнение* относится к числу наиболее опасных и распространенных загрязнений. В воды ежегодно попадает от 30 до 50 млн. тонн нефти, а каждая тонна её способна покрыть океан плёнкой до 12 км<sup>2</sup>. Нефтяная плёнка является причиной изменения теплового баланса и глобальных тепло- и влагопереносов. Она изменяет состав спектра и интенсивность проникновения в воду света. Пропускание 60 –70 % (400 нм). Пленка толщиной 30 – 40 мкм полностью поглощает инфракрасное излучение. Смешиваясь с водой, нефть образует эмульсию двух типов: прямую - «нефть в воде» и обратную – «вода в нефти». Прямые эмульсии, составленные каплями нефти диаметром до 0,5 мкм, менее устойчивы и характерны для нефтей, содержащих поверхностно-активные вещества. При удалении летучих фракций, нефть образует вязкие обратные эмульсии, которые могут сохраняться на поверхности, переноситься течением, выбрасываться на берег и оседать на дно.

Содержание нефти даже в количестве 0,05 мг/л делает воду непригодной для питья, а при концентрации 0,5 мг/л погибают многие виды организмов.

*Сброс отходов в море с целью захоронения (дампинг)*. Многие страны, имеющие выход к морю, производят морское захоронение различных материалов и веществ, в частности грунта, вынутого при дноуглубительных работах, бурового шлама, отходов промышленно-сти, строительного мусора и др.

Основанием для дампинга в море служит возможность морской среды к переработке большого количества органических и неорганических веществ без особого ущерба. Однако эта способность не беспредельна.

Во время сброса при прохождении толщи воды, часть загрязняющих веществ переходит в раствор, изменяя качество воды, другая сорбируется частицами взвеси и переходит в донные отложения.

***Загрязнение литосферы.*** Основными источниками загрязнения литосферы являются отходы промышленности и сельского хозяйства, избыточное использование удобрений.

Отходы подразделяются на отходы производства и отходы потребления. *Отходы производства* – это остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, химических соединений, образовавшиеся при производстве продукции или выполнения работ и полностью или частично утратившие исходные потребительские свойства.

В отдельную категорию следует выделить, получаемые в виде *шламов*, которые нельзя причислить ни к жидким, ни к твердым отходам. Шламы представляют собой аморфные или мелкокристаллические массы, содержащие от 20 до 80 % воды по массе и плохо поддающиеся транспортированию без предварительной обработки (сушка, вымораживание и т.д.). К ним относятся смолы, кислые или вязкие гудроны, остаточные нефтепродукты, получаемые при органическом синтезе.

*Отходы потребления* – изделия и материалы, утратившие свои потребительские свойства в результате физического или морального износа, восстановление которых экономически нецелесообразно. Например, изношенные или морально устаревшие машины, изделия производственного назначения (отходы производственного потребления), а также пришедшие в негодность или устаревшие изделия домашнего обихода и личного потребления (отходы бытового потребления).

Все виды отходов производства и потребления по возможности использования можно разделить на вторичные материальные ресурсы, пригодные для переработки, и на неизбежные безвозвратные потери (отбросы).

Отходы классифицируют по токсичности. *Токсичные (опасные) отходы* – отходы, содержащие или загрязненные материалами такого рода, в таких количествах или в таких концентрациях, что они представляют потенциальную опасность для здоровья человека или окружающей среды.

Промышленные отходы по степени опасности подразделяются на четыре класса опасности: первый – чрезвычайно опасные; второй – высокоопасные; третий – умеренно опасные; четвертый – малоопасные.

*Отходы* можно подразделить на металлические и неметаллические, а также комбинированные. К *неметаллическим* отходам относят химические инертные (отвалы пустой породы, золы и т.д.) и химически активные (отходы пластмассы, резины и т.д.). К *комбинированным* отходам относятся промышленный и строительный мусор.

В общем объеме твердых отходов большая доля принадлежит *металлическим*, которые складываются из лома (40 – 45 %) и отходов (55 – 60 %).

**Загрязнение почв** – это увеличение концентраций содержащихся в почве веществ выше предельно допустимого уровня, а также появление в почвах любых количеств несвойственных им веществ, признанных вредными. Различают шесть степеней загрязнения почв (0 – 5) по признаку снижения их продуктивности и количеству производимой биомассы (таблица 2.1.1).

Таб.2.1.1 Степени загрязнения почв

Обозначение	Оценка степеней загрязнения почв	Показатель снижения качества и количества продукции от получаемой на таких же, но практически не загрязнённых почвах, %
0	Практически не загрязнены	менее 5
1	Слабо загрязнены	6 – 10
2	Умеренно загрязнены	11 – 25
3	Сильно загрязнены	26 – 50
4	Очень сильно загрязнены	51 – 75
5	Чрезмерно загрязнены	Более 75

По видам загрязнений различают четыре класса веществ–загрязнителей: физические, химические, биологические и радиоактивные.

Среди всех типов вредных веществ–загрязнителей выделяют особо опасные для жизни человека, животных и растений. Среди особо опасных вредных веществ различают три класса опасности по степени их токсичности, персистентности (времени полного разложения), перспективности, миграции и влиянию на пищевую ценность сельскохозяйственной продукции.

Вещества-загрязнители попадают в почву в виде сложных органических и неорганических соединений, где потом разлагаются до простых элементов или образуют новые соединения. В списки сложных вредных веществ, загрязняющих почвы, внесено в мире более 10

тыс. наименований. Это связано с развитием науки и техники, и с микробиологическими исследованиями токсичных, канцерогенных, патогенных и др. свойств известных и новых веществ.

Перечни веществ, признаваемых загрязнителями, и установленные для них нормы ПДК, существенно различаются в разных странах. Нормы ПДК могут быть установлены критериям вредности для выращиваемых растений, для скота или для человека.

**Деградация почвы** – постепенное ухудшение свойств почвы, вызванное изменением условий почвообразования в результате естественных причин (например, наступление лесов или сухой степи на черноземы) или хозяйственной деятельности человека (неправильная агротехника, загрязнение и т.д.) и сопровождающееся уменьшением содержания гумуса, разрушением почвенной структуры и снижением плодородия.

Неблагоприятными последствиями эксплуатации почвенного покрова являются:

- внесение тяжелых металлов, фосфатов и нитратов с минеральными удобрениями;

- накопление пестицидов;

- изменение кислотности почв;

- засоление почв;

- эрозия почв;

- заболачивание;

- уплотнение почв тяжелыми сельскохозяйственными механизмами.

**Минеральные удобрения** – это неорганические вещества, главным образом соли (фосфаты), содержащие необходимые для растений элементы питания.

В зависимости от назначения удобрения подразделяются на прямые и косвенные. К *прямым* относятся удобрения, содержащие элементы непосредственного питания растений – азот, фосфор, калий, магний, бор, медь, марганец и др; *косвенным* – удобрения, способствующие улучшению физико-химических свойств почвы. Одно и то же удобрение может оказывать как прямое, так и косвенное действие. Прямые минеральные удобрения делятся на *односторонние*, которые содержат один питательный элемент (азотистые, фосфорные и калийные, микроудобрения) и *комплексные* удобрения, которые

содержат два или три питательных элемента для растений (азот, фосфор, калий). В их состав могут входить микроэлементы: бор, медь, марганец, цинк.

Внесение удобрений повышает продуктивность почв, но при использовании их в больших дозах это способствует загрязнению почв и выращиваемой на них сельхозпродукции.

Ущерб окружающей природе минеральные удобрения наносят также при несоблюдении научно обоснованных принципов и приемов работы с ними (производство, транспортировка, хранение и применение). В таких случаях происходит разложение химикатов, выделение нежелательных продуктов в подземных и атмосфере, вымывание их из почвы, минерализация поверхностных вод.

Наибольшую опасность представляют азотные удобрения, применение которых на 1 Га пашни является доминирующим (42,72 %).

В почву азот поступает в аммиачной и нитратной формах, наиболее усваиваемых растений. Нитраты – соли азотной кислоты. Вследствие большой подвижности нитратная форма азота легко вымывается из почвы и загрязняет водоемы и грунтовые воды. Вода с повышенным содержанием нитратов представляет опасность для здоровья животных и человека. Внесение чрезвычайно высоких доз азотных удобрений при определенном сочетании факторов (низкая влажность почвы и воздуха, высокая температура почвы, дефицит фосфора, калия и молибдена) приводит к накоплению нитратов в растениях. Содержание нитратов в растениях выше 0,5 % представляет потенциальную опасность отравления животных. Экспериментально установлено, что из нитратов могут образовываться нитроамины, обладающие канцерогенными свойствами.

Нитраты в конечном счете поступают в организм человека, где желудочно-кишечном тракте восстанавливаются микрофлорой до высокотоксичных нитритов (соли азотистой кислоты). Нитриты, соединяясь с гемоглобином крови, переводят его в метгемоглобин, который препятствует переносу кислорода кровеносной системой, в результате возникают явления кислородного голодания, одышки. Развивается заболевание, получившее название метаглобемии. Оно обычно встречается у детей.

Менее опасны фосфорные удобрения. Ион фосфора мало подвижен, прочно закрепляется в почве и практически нетоксичен для

человека и животных. Специфическая особенность фосфорных удобрений заключается в том, что применение их в больших дозах приводит к накоплению в почве тяжелых металлов: урана, тория, радия и др. Особенно много таких примесей в суперфосфате: мышьяк, кадмий, хром, кобальт, медь, свинец, никель, селен, ванадий, цинк.

Внесение повышенных доз калийных удобрений приводит к значительному изменению массового отношения калия натрия к массе кальция и магния, что в свою очередь приводит к заболеванию скота. С калийными удобрениями также вносится много хлора, поступление которого в грунтовые воды нежелательно.

В профилактике загрязнения почвы большое значение имеют рациональные технологии применения удобрений: правильный выбор дозы, сроки и способы внесения, способы регулирования процессов нитрификации и др. Это прежде всего касается азотных удобрений, нитратная форма азота которых обладает способностью к быстрым превращениям в почве. Не рекомендуется вносить азотные удобрения без заделки гранул непосредственно в почву. Для замедления процесса нитрификации рекомендуется использовать ингибиторы – специально синтезированные химические соединения, которые вносятся в почву одновременно с азотными удобрениями и ограничивают подверженность удобрений действию микроорганизмов, окисляющих аммонийный азот до нитратов (ион аммония  $\text{NH}_4$  до нитрита  $\text{NO}_2$  и затем до нитрата  $\text{NO}_3$ ).

**Пестициды** (от лат. *pestis* – зараза, разрушение и *cide* – убивать) – ядохимикаты или химические препараты, применяемые для защиты сельскохозяйственной продукции, растений, для уничтожения вредителей у животных и борьбы с переносчиками опасных заболеваний.

По способу получения и химической структуре различают хлорорганические, фосфорорганические, ртутьорганические, мышьяко-содержащие, цианистые соединения, производные карбаминовой, тио- и дитиокарбаминовой кислот, препараты меди, производные фенола, серы и ее соединений, производные уксусной и масляной кислот, неорганические гербициды и др.

Наиболее широко применяются хлорорганические, фосфорорганические и ртутьорганические пестициды.



Отличительная особенность хлорорганических соединений – стойкость к воздействию различных факторов внешней среды (температура, солнечная радиация, влага). Другое характерное свойство пестицидов – способность накапливаться в тканях и жире животных. Большинство препаратов этой группы относится к среднетоксичным соединениям. Хлорорганические соединения могут вызвать острые и хронические отравления с поражением печени, центральной нервной системы и др. органов.

В зависимости от объекта воздействия пестициды подразделяются в соответствии с таблицей 2.1.2

Табл.2.1.2 Перечень пестицидов в зависимости от объекта воздействия

Ядохимикат	Объект применения
Инсектициды	Для борьбы с вредными насекомыми (ДДТ)
Гербициды	Для уничтожения сорной растительности
Зооциды	Для борьбы с грызунами
Фунгициды (название состоит из латинского названия групп растений и животных с окончанием “цид”)	Для борьбы с грибковыми заболеваниями растений (ртутные протравители посевного зерна)

К пестицидам относятся также вещества, используемые для регуляции роста и развития растений (ауксины или ретарданты), средства для удаления листьев (дефолианты) и др.

Существуют следующие наиболее распространённые *формы применения пестицидов*:

- порошки (дусты) – для опыливания или опудривания.
- растворы в воде и в органических растворителях. Используются для опрыскивания растений и внесения в почву различными методами.
- смачивающиеся порошки, используемые в виде водной суспензии.

– концентраты эмульсий, при разбавлении водой образующие эмульсии

для опрыскивания.

– аэрозоли.

– пенообразующие препараты.

– приманки с пищевыми наполнителями, чаще всего используемые для борьбы с грызунами.

– мази и мастики для обмазки растений.

Степень опасности пестицидов оценивается по их токсичности, летучести, кумулятивным свойствам и стойкости (персистентность).

Способы применения пестицидов зависят от их препаративной формы и назначения (обработка семенного материала, опрыскивание, опыление, обработка гранулированными препаратами).

Многие из применяемых ядохимикатов являются препаратами широкого действия и вызывают гибель не только вредных, но и полезных организмов. Пестициды, попадая во внешнюю среду, действуют не только на истребляемые организмы, но также распространяются на большие пространства, удаленные от мест их применения. Часть пестицидов подхватывается ветром и осаждается в районах суши или океана. Подсчитано, что 99 % пестицидов не достигает объектов подавления, а попадает в почву, воздух и воду. Степень накопления препаратов в почве и пути их миграции определяются свойствами яда, особенностями самой почвы, характером агротехнических мероприятий. Величина рассеивания пестицидов и интенсивность загрязнения ими атмосферного воздуха зависят от особенностей и способа применения препарата, его летучести, величины обрабатываемой площади и метеорологических факторов. В водоемы пестициды попадают непосредственно во время обработки, со сточными водами предприятий и с обработанных сельскохозяйственных полей. В составе поверхностного стока всех стран мира содержится не менее 2 млн. тонн пестицидов органической природы, которыми ежегодно обрабатываются посевы и насаждения. Конечным «прибежищем» токсикантов становится Мировой океан.

Накопление пестицидов в продуктах питания чаще всего связано с нарушением правил и регламентов их применения, с превышением рекомендуемых доз препарата, несоблюдением сроков последней обработки растений перед сбором урожая. Поступая тем или

иным путем в организм человека, пестициды могут вызывать отравления, которые могут быть острые, подострые и хронические.

Пестициды в ничтожных концентрациях подавляют иммунную систему организма, повышая его чувствительность к инфекционным заболеваниям. По данным Института Всемирного наблюдения (г. Вашингтон) ежегодно в мире регистрируется от 400 тыс. до 2 млн. случаев отравления пестицидами, поэтому в некоторых странах начинают уменьшать дозы применения пестицидов.

Выход видится в том, чтобы создать ядохимикаты сугубо направленного действия, только против определенных вредных организмов; вещества, опасные для теплокровных животных, заменить неопасными; вместо стойких соединений применять быстроразлагающиеся. Большие перспективы сулит применение биологических методов борьбы, к их числу относятся микробиологические, вирусологические и др.

**Кислотность почвы** – концентрация ионов водорода в почве. Различают почвы нейтральные ( $pH = 7$ ), кислые ( $pH < 7$ ) и щелочные ( $pH > 7$ ). Оптимальный диапазон  $pH$  почв для жизнедеятельности большинства растений находится в пределах 5 – 7. Падение  $pH$  ниже 5 приводит к изменению свойств почв и прогрессирующему уменьшению их плодородия. При  $pH = 3$  почвы становятся практически бесплодными.

На кислотность почвы оказывает влияние внесение минеральных удобрений, в количествах, превышающих возможности усвоения растениями, а также серосодержащие отходы, главным образом диоксид серы, который под действием света и влаги превращается в кислоту и заносится в почву и водоемы атмосферными осадками. В кислой среде активизируется токсический эффект ртути, свинца, кадмия и др. тяжелых металлов.

При повышении кислотности почв изменяется ее физическая структура, в частности, снижается грануляция, отдельные комочки слипаются, почва уплотняется и становится похожей на плотную глину. Воздухопроницаемость почвы при этом резко падает, что негативно сказывается на жизнедеятельности растений. Закисление почвы снижает скорость разложения органики, так как погибают микроорганизмы, разрушающие органические остатки в почве. Это в

свою очередь снижает интенсивность круговорота органических веществ в системе «почва–растения». Кислотные дожди, попадая в почву, выщелачивают ее и уносят из нее такие питательные вещества, как кальций, магний, калий и натрий.

Чтобы нейтрализовать повышенную кислотность, необходимо вносить известковые материалы до 8 т на 1 га. Известковые удобрения подразделяются на природные карбонатные твердые породы, требующие размола (известняки, доломиты), и многочисленные отходы промышленности, содержащие известь. К известковым удобрениям относятся: мука известковая, мука доломитовая, жженая или комовая известь, гашеная известь и др. Известно более 25 известковых удобрений. Все они представляют собой высокодисперсную пыль. ПДК для доломита и известняка – 6 мг/м

**Засоление почв** – повышенное (свыше 0,25 %) содержание в почве легкорастворимых солей (карбоната натрия, хлоридов и сульфатов). Примерно 25 % почв планеты (степи, пустыни) содержат избыток легкорастворимых солей. Засоленные почвы различают как по составу солей (преобладающие NaCl, N<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, MgCl<sub>2</sub>, NaCO<sub>3</sub>, CaCl<sub>2</sub>), так и по степени засоленности. Снижают плодородие прежде всего натриевые соли.

Почвы, испытывающие постоянное и сильное увлажнение солеными водами, называют *солончаками*. Если избыток солей находится в глубоких слоях, а влажность резко изменчива (весной заставивание поверхностных вод, летом – сильное пересыхание), почву относят к *солонцам*.

Различают три вида засоления почв:

- *остаточное засоление*, которое обусловлено засоленностью почвообразующих пород;
- *первичное засоление*, которое обусловлено привносом солей грунтовыми и поверхностными водами;
- *вторичное засоление*, обусловленное нерациональным орошением.

Наибольшую опасность представляет *вторичное засоление орошаемых почв*. Основными причинами служат неразумные методы орошения без учета местных физико-географических условий: умеренный, бессистемный полив земель при отсутствии дренажа, нарушения водного баланса фильтрационными водами ороситель-

ных систем, особенно в аридных районах (районы с сухим климатом). Соли накапливаются за счет поливной воды, особенно при ее повышенной минерализованности. При этом вода испаряется, а соли остаются в пахотном горизонте.

Таким образом, засоление почв – одна из причин, ограничивающих развитие орошаемого земледелия. Основным профилактическим мероприятием, повышающим КПД оросительных систем, является облицовка каналов непроницаемыми экранами и сооружение оросительных каналов в закрытых трубопроводах. Для гидроизоляции применяют полимерные пленки толщиной 0,2 – 0,8 мм.

Предупреждением засоления почв служит реконструкция оросительных систем, капельное орошение, глубокий горизонтальный дренаж, отвод минерализованных грунтовых вод в дренажную сеть, расход поливной воды строго по оросительным нормам, вертикальный насосный дренаж, гидроизоляция на каналах, а также создание лесных полос по каналам. Удаление солей из почвы обеспечивается неоднократными её промывками.

**Эрозия почв** (от лат. *erodere* – *разъедать*) – процессы разрушения и сноса почвенного покрова. Эрозия почв привела к полной потере плодородия более половины всей пашни мира.

Различают эрозию почв *естественную*, или геологическую, и *ускоренную* (интенсивную), или антропогенную. Естественная эрозия свойственна нераспаханным территориям, где она происходит постоянно и медленно. Интенсивная эрозия развивается в результате нерациональной хозяйственной деятельности человека, когда почвы разрушаются в 100 – 1000 раз быстрее, чем в естественных условиях.

В зависимости от факторов, вызывающих эрозию, различают два вида: *водную и ветровую*.

*Водная эрозия почв* – это процессы разрушения и сноса почв под действием текучести вод.

К основным типам водной эрозии почв относятся:

- *плоскостная (поверхностная)* эрозия, при которой идет смыв верхних горизонтов почвы дождевыми или тальми водами;
- *линейная или струйчатая*, размывающая почву концентрированными потоками и образующая рытвины, промоины;
- *овражная* эрозия, возникающая при сильном развитии линейной эрозии и являющаяся ее крайним проявлением.

Особая форма водной эрозии – *селевые* (грязе–каменные) потоки, которые характерны для горных районов многих стран мира. Селевые потоки непродолжительны, но разрушительны. Основные меры борьбы с селями – закрепление почвенного и растительного покрова на горных склонах.

*Ветровая эрозия почв или дефляция* – разрушение, выдувание и перенос почв под воздействием ветра.

Ветровая эрозия делится на *пыльные или «черные» бури* и *повседневную, или местную, ветровую эрозию*.

Ветровая эрозия распространена на почвах легкого механического состава – песчаных и супесчаных, а также на сильно иссушенных почвах с разрушенной в результате неправильного сельскохозяйственного использования структурой. Сухие почвы поддаются действию ветра легче, чем влажные, поэтому ветровая эрозия больше всего наблюдается в засушливых районах. При развеивании поверхности сухих почв образуются пыльные бури.

*Местная, ветровая эрозия* проявляется при сильных ветрах в виде поземок, смерчей, столбов пыли. Этот вид эрозии распространен на рыхлых почвах, где песчинки из–за малой связности передвигаются даже при слабых ветрах. Ветровая эрозия незакрепленных почв может происходить в любое время года и при любой силе ветра.

*Приемы борьбы с эрозией весьма разнообразны* – защитные севообороты, кулисы, залужение, снегозадержание, посадка лесных полос, безотвальная обработка, обработка поперек склонов, облесение оврагов, песков, берегов водоемов, строительство противозерозионных сооружений и др. При проектировании противозерозионных мероприятий должно быть предусмотрено выполнение следующих требований:

– в зонах водной эрозии – создание водоустойчивой поверхности почвы, регулирование стока талых и ливневых вод;

– в зонах ветровой эрозии – создание ветроустойчивой поверхности почвы, уменьшение скорости ветра в приземном слое и сокращение размеров пылесборных площадей.

Хорошим средством борьбы с эрозией являются зеленые насаждения, особенно эффективен многолетний люпин, который является также органическим удобрением. Максимальное покрытие почвы растениями (лесные насаждения) во все периоды года – луч-

ший способ борьбы с водной и ветровой эрозией. Для борьбы с ветровой эрозией почв используется ранний посев яровых (в начале апреля) – в таких случаях ветровая эрозия очень слаба или вовсе отсутствует.

**Уплотнение почв тяжелыми сельскохозяйственными механизмами** – следствие воздействия на пахотный горизонт почвообрабатывающих и посевных машин, удобрительной и уборочной техники. Чрезмерное воздействие ходовых систем различных машин на почву приводит к её уплотнению и ухудшению: плотности, твердости, воздухо- и водопроницаемости. Для уменьшения степени уплотнения почвы рекомендуется уменьшать число проходов техники по полю, совмещая разные операции: основную обработку с внесением минеральных удобрений, а также использование новых технических средств с пониженным удельным давлением ходовых систем машин.

**Заболачивание почв** – повышение влажности грунтов и почв вследствие затрудненного стока, поднятия грунтовых вод, близкого их залегания или ухудшения условий испарения (напр., после лесных пожаров заболачивание сопровождается изменением растительности, наземного животного мира, почвенной фауны, микрофлоры, режима химических реакций и самого характера почв, превращающихся в переувлажненные, заболоченные и болотные).

Заболачивание земель нередко происходит в результате неверной агротехники (перегораживание путей стока вод, излишне тяжелые сельхозмашины).

Явления заболачивания земель могут распространяться на десятки и сотни километров. Во избежание распространения воды на окружающие поля создают обводные водосборные каналы, строят дамбы, регулируют уровень вод в водохранилищах.

**Истощение биологического разнообразия.** На планете представлено большое количество видов флоры и фауны, которые распространяются и обитают в различных природных зонах. Такое биоразнообразие в различных климатических условиях неодинаково: одни виды приспособляются к суровым условиям арктики и тундры, другие учатся выживать в пустынях и полупустынях, третьи любят тепло тропических широт, четвертые населяют леса, а пятые распространяются на широких просторах степи. Состояние видов, которое в данный момент есть на Земле, формировалось в течение 4

млрд. лет. Однако одной из глобальных экологических проблем современности является сокращение биоразнообразия. Глобальные изменения в атмосфере, такие как разрушение озонового слоя и изменение климата лишь добавляют проблеме остроты. Более тонкий озоновый слой увеличивает масштабы проникновения биологически активного ультрафиолетового излучения на поверхность Земли, где оно поражает живую ткань. Глобальное потепление оказывает воздействие на смену мест проживания и изменение миграционных тенденций видов. Резкое повышение средней мировой температуры даже на один градус поставит многие виды на грань исчезновения.

Причины сокращения биоразнообразия следующие:

- вырубка лесов;
- расширение территорий населенных пунктов;
- регулярные выбросы вредных элементов в атмосферу;
- превращение природных ландшафтов в сельскохозяйственные объекты;
- использование химических веществ в земледелии;
- загрязнение водоемов и почвы;
- строительство дорог и положение коммуникаций;
- браконьерство;
- эксперименты по скрещиванию видов растений, животных;
- разрушение экосистем;
- экологические катастрофы, вызванные людьми.

Биологическое разнообразие разных форм жизни – животных, растений и микроорганизмов ценно тем, что имеет генетическое и экономическое, научное и культурное, социальное и рекреационное, а главное – экологическое значение. В конце концов, разнообразие животных и растений составляет мир природы, окружающий нас повсюду, поэтому его нужно беречь.

*Решение проблемы сохранения биоразнообразия.* Основными мерами, по сохранению биоразнообразия является создание заповедников и природных парков, где животные находятся под наблюдением, создают им условия для жизни и увеличения популяций. Также искусственно разводятся растения, чтобы увеличивать их ареалы, не дать погибнуть ценным видам. Кроме того, необходимо проводить меры по сохранению лесов, охранять водоемы, почву и атмосферу от загрязнения; применять экотехнологии в производстве бытовой



жизни; изменять систему питания, в том числе распространение информации о здоровом образе жизни и необходимости употреблять больше растительной пищи и меньше мясных продуктов; восстановление морских экосистем и развитие аквакультуры; применение экологических подходов в городском строительстве и создание «зеленой» инфраструктуры; борьба с изменением климата, в том числе – отказ от ископаемых видов топлива; внедрение принципа гармоничного взаимодействия всех экосистем. Больше всего сохранение природы на планете зависит от нас самих, то есть от каждого человека, ведь только мы делаем выбор. Если каждый из нас будет охранять природу, то проблема биоразнообразия будет преодолена.

**Восстановление плодородия нарушенных земель обеспечивается проведением мелиорации и рекультивации.** Мелиорация почв – система организационно–хозяйственных и технических мероприятий, направленных на улучшение свойств почвы и условий почвообразования с целью повышения плодородия. Мелиорация осуществляется путем искусственного регулирования водного, воздушного, теплового, солевого режимов почвы.

К мелиоративным мероприятиям относятся: орошение и осушение земель; промывка водой засоленной почвы; регулирование течения рек и поверхностного стока вод; вентиляция почв посредством подземных дренажей; устройство гидротехнических сооружений и валов для предотвращения эрозии почв; почво– и полезащитное лесонасаждение; устранение солонцовых пятен на полях; улучшение физико–химических свойств почвы путем их известкования, гипсования и внесения органических и минеральных удобрений. Каждый из этих видов работ выполняют в зависимости от хозяйственной необходимости с учетом природно–климатических условий. Технически это выполняют строители, качество работ при этом контролируется специалистами агротехниками сельскохозяйственных организаций.

Площадь орошаемых земель на земном шаре в настоящее время более 300млн.га. Эффективность орошаемых земель в среднем в 5 – 6 раз выше, чем неорошаемых. В Беларуси на осушенные земли приходится 1/5 посевов и 1/3 кормовых угодий.

Наибольший хозяйственный и экономический эффект дает комплексная мелиорация, например, использование минеральных удобрений на полях с повышенной кислотностью почв обязательно

должно сопровождаться известкованием. Орошение полей наиболее эффективно в сочетании с внесением минеральных и органических удобрений.

*Рекультивация земель* (от лат. *recultivo* – повторно и обрабатываю) представляет собой комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности нарушенных земель.

Примером рекультивации земель или создания оптимального антропогенного ландшафта, осуществленного людьми в библейское время, является одно из известных семи чудес древнего мира – легендарные «висячие» сады Семирамиды. Они сделаны были, по преданию, на искусственных террасах, на которые был нанесен почвенный слой и затем высажены различные деревья. Почва садов искусственно орошалась.

*Рекультивацию земель выполняют в два этапа: технический и биологический.*

К *техническому этапу* относятся: планировка местности, формирование откосов (снятие земли, ее транспортирование) и нанесение почвы и плодородных на рекультивируемые земли; при необходимости – коренная мелиорация; строительство дорог, специальных гидротехнических сооружений и др.

*Биологический этап* рекультивации земель включает комплекс агротехнических (рассаживают леса и травы) и мелиоративных мероприятий по восстановлению нарушенных земель.

В практике определили два вида рекультивации земель: последующая (проводится после завершения добычи ископаемых) и попутная (сочетается с добычей).

Выделяют следующие направления рекультивации:

– сельскохозяйственное (создание на нарушенных землях сельхозугодий);

– лесохозяйственное;

– рыбохозяйственное;

– санитарно-гигиеническое (с целью биологической или технической консервации нарушенных земель, оказывающих отрицательное воздействие на окружающую среду, рекультивация которых на данном этапе экономически неэффективна). При этом предусмат-

ривают консервацию шламоотстойников, золоотвалов и др. промышленных отвалов, содержащих токсичные вещества с соблюдением санитарно-гигиенических норм.

## **Тема 2.2. Основы нормирования в области охраны окружающей среды**

В соответствии с Законом РБ «Об охране окружающей среды» в целях государственного регулирования воздействия на окружающую среду хозяйственной и иной деятельности осуществляется ее нормирование, гарантирующее сохранение благоприятной окружающей среды и обеспечение экологической безопасности.

Нормирование в области охраны окружающей среды заключается в установлении следующих нормативов:

- нормативов качества окружающей среды;
- нормативов допустимого воздействия на окружающую среду;
- иных нормативов в области охраны окружающей среды.

Исходя из названных нормативов, вводятся лимиты на природопользование, которые представляют собой установленные природопользователям на определенный период времени объемы предельного использования природных ресурсов, выбросов и сбросов загрязняющих веществ, размещения отходов и иных видов вредного воздействия на окружающую среду.

Нормативы качества окружающей среды устанавливаются на уровне, обеспечивающем экологическую безопасность; к ним относятся:

- *нормативы предельно допустимых концентраций химических и иных веществ;*
- *нормативы предельно допустимых физических воздействий;*
- *нормативы предельно допустимых концентраций микроорганизмов;*
- *иные нормативы качества окружающей среды.*

Нормативы качества окружающей среды устанавливают предельные величины вредных химических, физических, биологических воздействий на окружающую среду; служат для оценки состояния качества различных природных сред (атмосферного воздуха, вод, почв), нормирования допустимого воздействия на окружающую среду и являются едиными для территории Республики Беларусь. В целях сохранения особо охраняемых природных территорий, курортных и рекреационных зон, а также типичных и редких природных ландшафтов, имеющих особое природоохранное значение, для этих природных объектов могут устанавливаться более жесткие, чем действующие на остальных территориях, нормативы качества окружающей среды.

Нормативы качества окружающей среды утверждаются и вводятся в действие Министерством здравоохранения по согласованию с Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды и иными государственными органами в соответствии с законодательством. Нормативы качества окружающей среды, как правило, закреплены в санитарных правилах и нормах.

В зависимости от степени возможного возникновения неблагоприятных эффектов воздействия на организм человека осуществляется градация химических веществ на классы опасности.

К 1-му классу опасности относятся чрезвычайно опасные вещества, к 2-му — высоко опасные вещества; к 3-му — умеренно опасные вещества; к 4-му — малоопасные вещества.

Основным нормированным показателем количества вредных веществ, допустимых с точки зрения безопасности человека, является *предельно допустимая концентрация химических веществ (ПДК)*.

*Предельно допустимая концентрация химических веществ (ПДК)* — это максимальное количество химических веществ в единице объема или веса, ещё не оказывающее вредного воздействия на организм человека, включая отдаленные последствия для настоящего и будущих поколений.

ПДК химических веществ в различных природных средах устанавливается экспериментальным путем.

В случае если величина ПДК не установлена экспериментально, действуют временные нормативы (определенные с помощью расчетов):

– ориентировочно безопасный уровень воздействия загрязняющего атмосферу вещества (ОБУВ);

– ориентировочный безопасный уровень воздействия вредного вещества в воде рыбохозяйственного водного объекта (ОБУВ);

– ориентировочный допустимый уровень воздействия химического вещества в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ОДУ);

– ориентировочно допустимая концентрация химического вещества в почве (ОДК).

Временные нормативы устанавливаются для атмосферного воздуха на два года, а для воды и почв — на три. После чего они должны пересматриваться или заменяться экспериментально обоснованными ПДК.

Списки ПДК и временных нормативов составляются, утверждаются, регулярно дополняются и уточняются Министерством здравоохранения.

Применительно к объекту исследования различают следующие виды ПДК:

в воздухе:

ПДК м.р. – предельно допустимая максимальная разовая концентрация вещества в воздухе населенных мест, мг/м<sup>3</sup>. Эта концентрация при вдыхании в течение 20 минут не должна вызвать рефлекторных реакций в организме человека.

ПДК с.с. - предельно допустимая среднесуточная концентрация токсичного вещества в воздухе населенных мест, не оказывающая на человека прямого или количественного вредного воздействия при неограниченном продолжительном вдыхании (мг/ м<sup>3</sup>).

В воздухе производственных помещений устанавливаются ПДК химических веществ и микроорганизмов для рабочей зоны.

ПДК р.з. - предельно допустимая среднесуточная концентрация токсичного вещества в воздухе рабочей зоны, мг/м<sup>3</sup>. *Рабочая зона* – это пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которой находятся места постоянного или временного пребывания работающих.

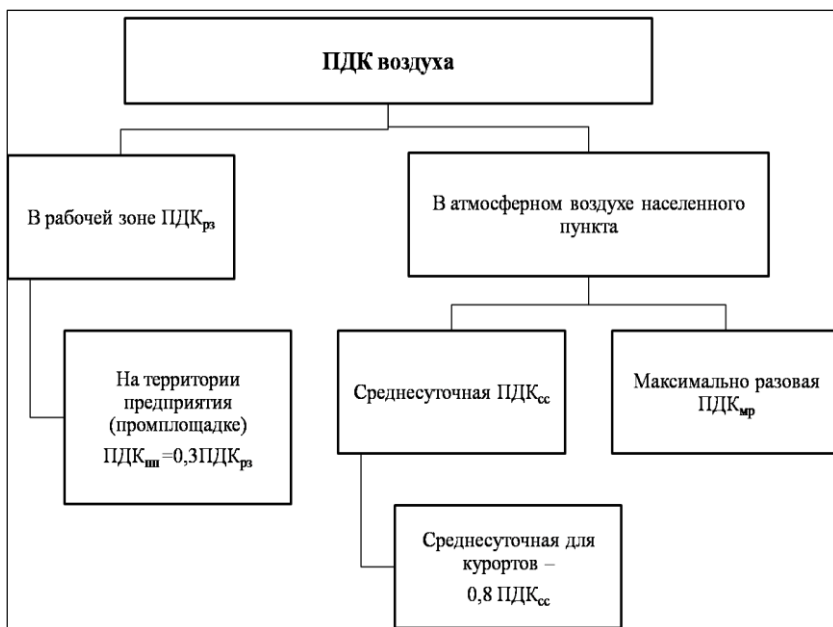


Рисунок 2.2.1 Классификация ПДК загрязняющих веществ в воздухе

### В водной среде:

ПДК в. — предельно допустимая концентрация вещества в воде водоема хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, не оказывающая прямого или косвенного влияния на

органы человека в течение всей его жизни, а также на здоровье последующих поколений, и не ухудшающая гигиенические условия водопользования (мг/дм<sup>3</sup>);

ПДК р. - предельно допустимая концентрация вещества в воде водоема, используемого для рыбохозяйственных целей, мг/дм<sup>3</sup>.

В почве:

ПДК п. – это предельно допустимая концентрация вещества в пахотном слое почвы, мг/кг. Эта концентрация не должна оказывать прямого и косвенного отрицательного влияния на здоровье человека, а также на самоочищающуюся способность почвы;

ПДК пр. (ДОК) — предельно допустимая концентрация (допустимое остаточное количество) вещества в продуктах питания, мг/кг.

*Нормативы предельно допустимых концентраций микроорганизмов* устанавливаются в соответствии с показателями предельно допустимого содержания микроорганизмов в окружающей среде, несоблюдение которых может привести к вредному воздействию на жизнь и здоровье людей.

*Нормативы предельно допустимых физических воздействий (ПДУ)* — это максимально допустимые величины количества тепла; уровней шума, вибрации, ионизирующего излучения; напряженности электромагнитных полей и иных, несоблюдение которых может привести к вредному воздействию на окружающую среду. Их граничные значения должны обеспечивать сохранение здоровья и трудоспособности людей, охрану растительного и животного мира, благоприятную для жизни окружающую природную среду.

Исходя из системы ПДК, разрабатываются нормативы допустимого воздействия на окружающую среду, которые определяют предельные размеры вредных воздействий на нее, устанавливаемые для отдельных юридических лиц и индивидуальных предпринимателей (природопользователей), оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

К нормативам допустимого воздействия на окружающую среду относятся:

*нормативы допустимых выбросов и сбросов химических и иных веществ;*

*нормативы образования отходов производства;*

*нормативы допустимых физических воздействий;*

*нормативы допустимого изъятия природных ресурсов;*

*нормативы допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду;*

*нормативы иного допустимого воздействия на окружающую среду при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, устанавливаемые законодательством.*

При определении нормативов допустимого воздействия на окружающую среду важно соблюдение принципа их взаимообусловленности с нормативами качества окружающей среды.

Для каждого субъекта нормативы допустимого воздействия на окружающую среду устанавливаются с учетом всех источников влияния на нее на данной территории на уровне, при котором суммарные нормативы допустимого воздействия на окружающую среду от всех субъектов с учетом перспектив их развития не приведут к превышению нормативов качества окружающей среды.

*Нормативы допустимых выбросов* нормируют для каждого источника загрязнения атмосферы, исходя из условия, что производимые им выбросы вредных веществ в совокупности с выбросами других источников и с учетом рассеивания этих веществ в атмосфере не создадут приземных концентраций, превышающих ПДК.

Предельная масса выброса, исчисляемая в тоннах в год (т/год), определяется исходя из планируемой загрузки технологического оборудования; производственных мощностей; программ в области охраны атмосферного воздуха; программ модернизации технологического оборудования на период действия допустимых нормативов выбросов.

*Допустимый сброс* загрязняющих веществ в окружающую среду — это масса вещества в сточных водах, максимально допусти-



мая к отведению в данном пункте водного объекта в единицу времени с целью обеспечения норм качества воды в контрольном створе. (Под контрольным створом понимается поперечное сечение водного потока, в котором контролируется качество воды.) При установлении допустимого сброса учитываются: недопустимость превышения ПДК загрязняющих веществ в установленном контрольном створе или на участке водного объекта с учетом его целевого использования; ассимилирующая способность водоема, т.е. способность принимать определенную массу веществ в единицу времени без нарушения норм качества воды в контролируемом створе или пункте водопользования; оптимальное распределение массы сбрасываемых веществ между водопользователями.

*Нормативы образования отходов производства* — предельно допустимое количество отходов, образуемое при переработке единицы сырья, производстве единицы продукции или энергии, а также при выполнении работы, оказании услуги. Данные нормативы разрабатываются производителем отходов производства, которые подлежат захоронению на предназначенных для этих целей объектах. Основанием служат сведения, полученные при инвентаризации отходов производства, а также технологические регламенты показателей образования отходов производства, установленные для некоторых технологических процессов. Нормативы согласовываются с городскими и районными инспекциями природных ресурсов и охраны окружающей среды.

*Нормативы допустимых физических воздействий* устанавливаются для каждого источника такого воздействия исходя из нормативов качества окружающей среды и с учетом влияния других источников физических воздействий.

*Нормативы допустимого изъятия природных ресурсов* определяются в соответствии с ограничениями объема изъятия ресурсов в целях сохранения природных объектов, обеспечения устойчивого функционирования естественных экологических систем и предотвращения их деградации, сохранения биологического разнообразия.

*Нормативы допустимой антропогенной нагрузки* на окружающую среду разрабатываются для субъектов, осуществляющих хозяйственную и иную деятельность в пределах конкретных территорий, в целях регулирования совокупного воздействия всех стационарных и передвижных источников воздействия на окружающую среду. Нормативы устанавливаются как по каждому виду воздействия, так и по совокупному влиянию всех источников.

## Раздел III. ОСНОВЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

### Тема 3.1. Инструменты управления качеством окружающей среды

*Экономический механизм природопользования* – это совокупность методов и способов управления природопользованием, правовых норм, посредством которых достигаются цели рационального природопользования, а также организационных структур и конкретных форм хозяйствования.

Экономический механизм природопользования по содержанию является системой мер финансового воздействия на природопользователей посредством различных финансовых и рыночных стимулов, а по форме представляет собой методическую, организационную и правовую деятельность по установлению и реализации конкретных экономических инструментов экологического регулирования.

Существует три типа экономического механизма природопользования:

1. Ограничивающий (догоняющий) тип механизма;
2. Жесткий (подавляющий) тип механизма;
3. Экологостимулирующий тип механизма.

Ограничивающий (догоняющий) тип экономического механизма природопользования предполагает общие ограничительные экологические рамки для экономического развития, практически не тормозя его.

Данный тип направлен на ликвидацию негативных экологических последствий, слабо влияя на темпы и масштаб перспективного развития. Такой тип свойственен техногенному типу развития.

Жесткий (подавляющий) экономического механизма природопользования посредством жесткой налоговой, кредитной и штрафной политики практически подавляет развитие отдельных отраслей и комплексов в области расширения их природного базиса, в целом способствуя экономии использования природных ресурсов.

Экологостимулирующий тип экономического механизма природопользования способствует эффективности производства на ос-

нове внедрения и обновления инструментов эколого - экономической политики предприятия и технологий производства с учетом паритетности экологических и технико-экономических критериев.

Принципы экономического механизма природопользования представлены на рисунке 3.1.1



Рисунок 3.1.1 – принципы экономического механизма Природопользования

Классификация методов экономического регулирования рационального природопользования:

– методы экономического сдерживания развития экологически опасных технологий и продукции;

– методы экономического стимулирования рационального и безопасного для окружающей среды природопользования;

– методы экономической оценки природных ресурсов.

К методам экономического сдерживания развития экологически опасных технологий и продукции относятся:

– платежи за нормативное и сверхнормативное использование природных ресурсов (*ресурсные налоговые платежи*)

– платежи за лимитное и сверхлимитное загрязнение окружающей среды (*эмиссионные налоговые платежи*);

– штрафы за нарушение природоохранного законодательства.

Ресурсные налоговые платежи – это платежи за пользование природными ресурсами, стимулирующие их рациональное использование в процессе эксплуатации и переработки.

Объектами ресурсного налогообложения являются объемы добычи ресурса с учетом их нормативных и сверхнормативных потерь в натуральной и стоимостной оценке.

В Республике Беларусь налог за добычу (изъятие) природных ресурсов взимается на основании Налогового кодекса Республики Беларусь в соответствии со ст. 8.

Налог за добычу (изъятие) природных ресурсов рассчитывается по формуле:

$$H_{\text{пр}} = C_{\text{т}} \cdot V$$

где

$H_{\text{пр}}$  – налог за добычу (изъятие) природных ресурсов, руб.;

$C_{\text{т}}$  – ставка налога за добычу (изъятие) природных ресурсов, руб./т или руб./ м<sup>3</sup>;

$V$  – количество добытых (изъятых) природных ресурсов т, (м<sup>3</sup>).

Эмиссионные налоговые платежи – это платежи за загрязнение объектов природной среды.

В Республике Беларусь экологический налог взимается согласно гл. 19 Налогового кодекса Республики Беларусь.

Объектами налогообложения являются:

– выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников при общих суммарных объемах выбросов более 3 т в год;

– сбросы сточных вод в окружающую среду;

– хранение отходов производства;

– захоронение отходов производства.

Экологический налог рассчитывается по формуле :

$$ЭН = C_{\text{т}} \cdot V$$

где

ЭН – экологический налог за выбросы (сбросы) загрязняющих веществ и хранение (захоронение) отходов производства в окружающую среду, руб.;

$C_{\text{т}}$  – ставка экологического налога, руб./т или руб./ м<sup>3</sup>;

$V$  – налоговая база – количество выбросов (сбросов), отходов, т, (м<sup>3</sup>).

Для стимулирования экологической деятельности организаций законодательством применяются понижающие (или повышающие) коэффициенты.

### **Технические и технологические методы снижения загрязнения окружающей среды: снижение выбросов загрязняющих веществ через концентрирование и разбавление**

*Производственным процессом* называется совокупность всех действий, в результате которых исходные материалы и полуфабрикаты превращаются в готовую продукцию (изделия).

*Технологический процесс* – это часть производственного процесса, содержащая действия по изменению и последующему определению состояния предмета производства. Если разобрать по пунктам, что же такое техпроцесс, можно выделить следующие этапы:

– экономическая обоснованность и оценка эффективности производства;

– производственные расчеты необходимых объемов материалов и станков;

– приобретение и доставка материала;

– процесс обработки сырья на оборудовании;

– упаковка или установка, реализация готового продукта.

Разработка любого техпроцесса предполагает его классификацию. Выделяются следующие виды:

– основные;

– вспомогательные;

– обслуживающие.

*Основные техпроцессы* дополнительно делятся на заготовительные, стадии обработки, сборки, отделки, информационного сопровождения. Это непосредственная разработка, создание товара или услуги, отвечающее целям организации. Производство лишь составляющая общего механизма технологического процесса.

*Вспомогательные процессы* направлены на поддержание условий функционирования основных. В том числе сюда включается контроль за состоянием оборудования, цехов, поставка инструментов и средств индивидуальной защиты для специалистов. Каждая операция вспомогательного этапа важна и является обязательной к выполнению.

*К обслуживающим процессам* относятся логистические процедуры сырья, готовой продукции. В них задействуются складские и транспортные узлы. Вспомогательные и обслуживающие процессы могут быть переданы подрядным организациями – такой подход зачастую экономически более эффективный.

Качественно отлаженная схема техпроцесса упрощает работу любого производства.

С экологической точки зрения наиболее эффективны технологические мероприятия, которые предусматривают существенное сокращение количества и токсичности выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду без снижения качества и количества целевого продукта.

Исходным, и направляющим условием при выборе и дальнейшей разработке технологических процессов является изучение механизма образования загрязняющих веществ.

Знание механизма образования загрязняющих веществ в технологическом процессе позволяет разработать мероприятия по снижению их количества путем изменения в нужном направлении и поддержания на требуемом уровне следующих параметров: температуры, давления, концентрации реагентов, степени рециркуляции технологических потоков, типа и концентрации катализатора, селективности процесса.

Методом защиты окружающей среды является комплекс технологических, технических мероприятий, направленных на снижение или полное исключение загрязнения.

Все методы делятся на:

– активные, которые непосредственно воздействуют на источники загрязнения;

– пассивные носят защитный характер, эти методы не связаны с источником загрязнения, но являются методами борьбы с образовавшимся загрязнением.

Активные методы:

– замена токсических отходов нетоксическими;

– замена не утилизируемых отходов утилизируемыми;

– создание малоотходных технологий.

Пассивные методы, направлены на уменьшение концентрации и уровней загрязнения на пути их распространения в окружающую среду.

К пассивным методам относятся организационно-технологические мероприятия:

- рациональное размещение источников загрязнения;
- локализация источников загрязнения;
- очистка выбросов в окружающую среду.

Для предприятия комплекс мер подбирается индивидуально. Специфика способов снижения зависит от ряда факторов:

- особенности и вида производственного процесса;
- уровня концентрации загрязняющих веществ в выбросах;
- технических характеристик, используемого оборудования;
- финансовых возможностей субъекта хозяйствования.

Технические методы делятся на:

– прямые методы позволяют оценить массу, объем, концентрацию и уровень загрязнений непосредственно в источниках их образования;

– косвенные методы позволяют свести к минимуму или исключить образование загрязняющих веществ в последующих экологических ситуациях.

*Технические и технологические методы по снижению загрязнения окружающей среды, следующие:*

- внедрение в производство безотходных технологий;
- установка газопылеулавливающих и газоочистных сооружений;
- строительство сверхвысоких газоотводящих труб для рассеивания загрязняющих веществ;
- переход на альтернативные источники топлива;
- складирование твердых бытовых отходов под землей;
- совершенствование законодательства об охране атмосферного воздуха;
- выбор экологически чистого материала для изготовления оборудования, приборов и т. д.;
- вывод токсичных веществ из помещений вентиляцией;
- использование оборудования, работающего на экологически чистых видах энергии;



– рациональное размещение производств – источников загрязняющих веществ по отношению к населенным территориям (рациональное размещение заключается в максимально возможном удалении производств от жилых районов, создании вокруг источников санитарно-защитных зон, учете рельефа местности и др.);

– очистка выбросов и сбросов с применением технических средств (устройств, аппаратов) для очистки удаляемого из производственных помещений воздуха от загрязнителей (частиц пыли, туманов кислот, щелочей, масел и др.);

– совершенствование существующих технологий по всем направлениям производства, но главным образом это касается самого технологического процесса, аппаратуры, сырья, продукции и организации ее производства;

– разработка принципиально новых технологических процессов и соответствующего оборудования для производства продукции на основе комплексного использования и переработки сырья и энергетических ресурсов;

– исключить или сократить количество стадий технологических процессов, так как на каждой стадии переработки сырья происходит его потеря и образуются отходы;

– создание замкнутых технологических процессов, при которых исключается выброс в атмосферу хвостовых газов на конечных стадиях производственных процессов или газов, образующихся на промежуточных стадиях производства;

– автоматизация и компьютеризация дают возможность осуществлять производственный процесс в узких рамках оптимальных технологических параметров, что сводит к минимуму потери сырья и топлива и обеспечивают безопасность производства;

– интенсификация технологических процессов обеспечивает экономию времени и энергоресурсов;

– увеличение единичной мощности агрегатов при одинаковой суммарной производительности;

– внедрение наиболее совершенной структуры газового баланса предприятия;

– разработка систем последовательного использования и рециркуляции материальных потоков отдельных процессов и производств, в частности систем оборотного водо- и газо-использования;

- разработка и внедрение систем переработки отходов производства и потребления;
- максимально возможная замена первичных материальных и энергетических ресурсов на вторичные;
- переход на более качественное сырье и топливо (с меньшим выделением загрязняющих веществ в атмосферу);
- предварительная подготовка сырья и топлива удешевляет и улучшает технологический процесс, кроме того, снижает его экологическую опасность (извлечение серы из мазута способствует снижению выбросов  $SO_2$ );
- технологические выбросы и сбросы, содержащие загрязняющие вещества, должны подвергаться очистке в современных эффективных очистных сооружениях;
- при невозможности улавливания и технологического использования токсичные горючие газы и пары необходимо дожигать перед выбросом в атмосферу;
- уменьшение размеров аппаратов при увеличении их производительности за счет оптимизации технологического процесса (они занимают меньшую производственную площадь, что снижает расходы на строительство производственных зданий);
- сокращение неорганизованных выбросов;
- улучшение условий рассеивания выбросов;
- организация замкнутого цикла движения воды путем максимального использования систем оборотного водоснабжения при охлаждении оборудования, а также в основных и вспомогательных технологических процессах;
- изучение и совершенствование механизма образования токсичных веществ с учетом его технологических процессов;
- применение поверхностно-активных веществ в узлах разгрузки пылящих материалов;
- увлажнение сыпучих материалов, руды и пыли;
- замена сухих способов переработки пылящих материалов новыми (например, мокрый помол; замена прерывистых процессов непрерывными);
- замена токсичных материалов на менее или вообще нетоксичные;

– замена твердого или жидкого топлива газообразным (природным газом), в этом случае в дымовых газах отсутствуют летучая зола и диоксид серы, а также исключается недожог;

– герметизация технологических процессов, связанных с выбросом в атмосферу загрязняющих веществ. В частности, предусматривается применение нержавеющей и кислотоупорной стали, а также соответствующей арматуры для надежной герметизации трубопроводов и др.;

– доставка сырья любым видом транспорта должна осуществляться удобными для погрузки и разгрузки способами;

– транспортировка жидких и сжиженных токсичных веществ и газов в больших количествах должна производиться в специальных железнодорожных и автомобильных цистернах, а не в баллонах и бутлях;

– порошковые материалы следует хранить в закрытых, защищенных от ветра складских зданиях и специальных сооружениях (например, в бункерах, силосах и др.);

– жидкие токсичные вещества необходимо подавать со складов в цехи по трубопроводам, изготовленным из материалов, стойких к действию передаваемых веществ с надежным соединением фланцев и арматуры, исключая просачивание указанных веществ через неплотности;

– обязательная рекуперация перед выбросом газов в атмосферу обеспечение регенерации и переработки продукции, возможности ее возвращения на предприятие после выработки ресурса.

Располагая данными по количественному составу выбросов непосредственно от технологического агрегата, можно решить вопрос в каком направлении следует обеспечить снижение количества того или иного компонента или всей смеси в целом:

– путем выделения компонентов, которые могут быть возвращены в технологический процесс, при этом используются обычно методы регенерации и рекуперации;

– путем утилизации отдельных компонентов и использования их в дальнейшем в качестве сырья для получения ценных веществ;

– путем обезвреживания всей смеси или оставшихся в ней веществ.

Самыми распространенными веществами, загрязняющими атмосферу, являются оксид углерода, диоксид серы, оксиды азота и

пыль. В настоящее время в списке загрязняющих воздух веществ содержится более 400 наименований газовых примесей. Поэтому на постах ведутся наблюдения, как за основными, так и за специфическими (характерными для данного района) примесями, которые содержатся в выбросах предприятий, расположенных вблизи поста.

*Для концентрирования и разделения веществ используют абсорбцию.* Абсорбция – это процесс отделения газообразного компонента от газовой смеси поглощением его соответствующей жидкостью. Массоперенос из газовой смеси в жидкость осуществляется посредством диффузии. Перенос вещества между двумя фазами является неравновесным состоянием, т.е. концентрация отделяемого компонента в газовой фазе выше, чем в жидкой. Для отделения требуемого компонента газовая фаза выше, чем в жидкой. Для отделения требуемого компонента газовая фаза приводится в контакт с абсорбентом. Поглощаемое вещество перемещается из газа в направлении градиента концентрации. Абсорбент должен быть высокоселективным по отношению к отделяемому компоненту и инертным к остальным составляющим.

На скорость абсорбции воздействует ряд факторов, но, главным образом, давление и температура. С ростом давления и снижением температуры скорость абсорбции увеличивается.

Обратный процесс называется десорбцией. При изменении условий, например, снижении давления над жидкостью или увеличении температуры сорбирующего раствора, процесс становится обратимым и происходит выделение газа из жидкости. Следовательно, можно осуществить циклический процесс абсорбции-десорбции для концентрирования и утилизации отдельного компонента, который нельзя использовать при начальной его концентрации в очищаемом газе.

Часто для абсорбции загрязняющих веществ используют растворы соответствующих соединений, чтобы отделяемый компонент газовой смеси прореагировал с образованием одного или нескольких новых веществ. Затем это новое вещество может быть выделено при разложении или замещении другим соединением.

Для поглощения загрязняющих веществ из промышленных выбросов можно применять разнообразное абсорбционное оборудова-

ние, например, безнасадочные распылительные абсорберы, абсорбционные колонны с насадкой, пенные абсорберы и абсорберы с плавающей насадкой.

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

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

Основной механизм снижения концентрации загрязняющего вещества при сбросе сточных вод в водные объекты – разбавление. *Разбавление* – малоэффективный способ уменьшения вреда от загрязнения, допустимый лишь как временная мера. Метод разбавления уменьшает содержание вредных веществ в атмосфере (в гидросфере) вследствие разбавления их воздухом (водой) и за счёт процессов естественного самоочищения экосистем. Вещества, концентрация которых изменяется только путем разбавления, называют консервативными.

Одним из путей уменьшения содержания загрязняющих веществ в районах расположения промышленных предприятий является их выброс через высокие трубы с целью рассеивания в атмосфере. С экологической точки зрения этот путь не является достаточно эффективным. Это связано с тем, что при строительстве высоких труб увеличивается район загрязнения, хотя и с меньшими концентрациями. На предприятиях сооружают высокие трубы, чтобы выбрасываемые газы и пыль рассеивались равномерно.

## **Минимизация отходов, инвентаризация выбросов загрязняющих веществ**

*Отходы* – вещества или предметы, образующиеся в процессе экономической деятельности, жизнедеятельности человека и не имеющие определенного предназначения по месту их образования либо утратившие полностью или частично свои потребительские свойства.

Совместно с территориальными органами Минприроды постоянно ведется работа по осуществлению государственного контроля за обращением с отходами, недопущением захоронения вторичных материальных ресурсов, по выявлению несанкционированных мест размещения отходов, соблюдением схем обращения с коммунальными отходами.

*Обращение с отходами* – деятельность, связанная с образованием отходов, их сбором, разделением по видам отходов, подготовкой, удалением, хранением, захоронением, перевозкой, обезвреживанием и (или) использованием отходов. Главная цель обращения с отходами – минимизировать отходы.

*Минимизация отходов* – это сокращение количества опасных отходов, полученных путем добросовестного применения инновационных или альтернативных процедур.

Предотвращение или минимизация образования отходов позволяют экономить средства на проведение мероприятий по обращению с отходами, а также приводят к повышению производительности и снижению удельного использования ресурсов. Снижение количества отходов может быть достигнуто за счет переориентирования производства и потребления на продукцию и упаковку, приводящую к образованию меньшего количества отходов (например, пропагандой многократного использования продукции, мотивирование производителей к снижению количества упаковки и т.п.).

Согласно Постановления Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды РБ от 23.06.2009 г. № 42 *инвентаризация выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух* – это комплекс мероприятий, выполняемых природопользователем, включающий выявление и систематизацию сведений об источниках выделения и выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, в том

числе место нахождения источников и определение качественных и количественных выбросов.

*Целью инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух является получение исходных данных для:*

– установления нормативов (временных нормативов) допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух;

– оценки используемых технологических процессов и методов на предмет соблюдения требований нормативных правовых актов, в том числе технических нормативных правовых актов;

– анализа соответствия величин выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух требованиям технических нормативных правовых актов, государственных стандартов Республики Беларусь или действующих для Республики Беларусь международных договоров;

– оценки степени соответствия применяемых технологических процессов и методов производства продукции и энергии, выполнения работ (оказания услуг), технологии очистки газов, газоочистного оборудования передовому научно-техническому уровню в стране и наилучшим доступным техническим методам;

– формирования электронных баз данных об источниках выделений загрязняющих веществ и источниках выбросов.

*Инвентаризация выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух проводится разработчиками:*

– для новых, модернизируемых, реконструируемых стационарных источников выбросов в срок не позднее чем через два года с даты выхода на проектную мощность технологического оборудования;

– для действующих стационарных источников выбросов один раз в:

4 года – для объектов воздействия на атмосферный воздух, отнесенных к I категории;

5 лет – для объектов воздействия на атмосферный воздух, отнесенных ко II или III категории;

6 лет – для объектов воздействия на атмосферный воздух, отнесенных к IV категории;

10 лет – для объектов воздействия на атмосферный воздух, отнесенных к V категории.

*До проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух природопользователь обязан:*

– произвести наладку систем вентиляции и газоочистных установок с оформлением их паспортов;

– оборудовать места отбора проб в соответствии с требованиями технических нормативных правовых актов;

– подготовить справку о методах эксплуатации и управления технологическими процессами, применяемых технологиях с указанием основного технологического оборудования. К справке прилагаются: диаграммы технологического процесса и чертежи основных единиц оборудования (при необходимости), химические реакции, происходящие в технологическом процессе (если таковые имеют место), порядок пуска и вывода из эксплуатации технологического оборудования, другая сопроводительная документация, необходимая для объяснения всех аспектов деятельности, связанной с выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух;

– запросить в государственных организациях, подчиненных Министерству природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, осуществляющих проведение мониторинга атмосферного воздуха, справку о значении фоновых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и метеорологических характеристиках и коэффициентах, определяющих условия рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в районе расположения природопользователя;

– подготовить данные о годовом производстве продукции, материалов;

– подготовить данные о потреблении и свойствах всех видов топлива, сырья и вспомогательных материалов, веществ и препаратов, которые используются (планируется использовать).

*При проведении инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух разработчик обязан учесть:*

– все источники выделения загрязняющих веществ и источники выбросов, в том числе неработающие, резервные, находящиеся в ремонте, принадлежащие природопользователю, которые постоянно или временно эксплуатируются на его производственной площадке;

– объекты тяготения мобильных источников выбросов;

– все загрязняющие вещества, которые могут образоваться при осуществлении всех процессов, предусмотренных технологическим



регламентом производства, от всех организованных и неорганизованных стационарных источников выбросов;

– архивные данные с автоматизированных систем контроля за выбросами загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферный воздух без проведения для таких источников выбросов инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух инструментальными методами.

*Инвентаризация выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух не проводится для:*

– источников выбросов, оснащенных автоматизированными системами контроля за выбросами загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферный воздух;

– источников выделения загрязняющих веществ и источников выбросов, находящихся на консервации;

– мобильных источников выбросов.

Количество выбрасываемых в атмосферный воздух загрязняющих веществ определяется разработчиком на основании данных о расходе топлива, сырья, материалов и времени работы источников выделения загрязняющих веществ и источников выбросов за предшествующий год, подтверждаемых данными, содержащимися в формах учетной документации.

Для загрязняющих веществ, не включенных в перечень загрязняющих веществ, для которых устанавливаются нормативы допустимых выбросов в атмосферный воздух, и выбрасываемых источниками выделения загрязняющих веществ и источниками выбросов природопользователя, рассчитывается значение критерия значимости.

Правила проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух для отдельных отраслей экономики, объектов воздействия на атмосферный воздух, имеющих стационарные источники выбросов, устанавливаются в технических нормативных правовых актах.

*Инвентаризация выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух включает следующие этапы:*

– подготовительный;

– проведение инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух;

– обработка результатов инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух;

– оформление акта инвентаризации.

При проведении инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух используются инструментальные, инструментально-расчетные и расчетные методы.

*Инструментальные методы* используются для определения выбросов от организованных стационарных источников выбросов для: учета не менее 70 % валовых выбросов загрязняющих веществ основного производства природопользователя; учета не менее 50 % наименований загрязняющих веществ основного производства природопользователя; учета не менее 50 % источников выделения загрязняющих веществ и источников выбросов, находящихся на производственной площадке природопользователя.

При выборе инструментального метода необходимо учитывать следующие факторы:

– интервал определяемых концентраций загрязняющего вещества в выбросах должен соответствовать диапазону измерений этого загрязняющего вещества в методике выполнения измерений;

– в выбросах контролируемого источника выделения загрязняющих веществ и (или) источника выбросов возможно присутствие сопутствующих загрязняющих веществ, которые потенциально могли бы мешать определению значения концентрации данного загрязняющего вещества;

– область применения методики выполнения измерения (средства измерения) должна соответствовать параметрам источника выделения загрязняющих веществ и (или) источника выбросов.

Допускается при проведении инвентаризации организованных стационарных источников выбросов применение инструментально-расчетных и расчетных методов в следующих случаях:

– отсутствие метрологически аттестованных в установленном порядке методик выполнения измерения данного загрязняющего вещества;

– практическая невозможность обеспечить требования технических нормативных правовых актов по отбору проб, проведению аэродинамических испытаний или технике безопасности (например, высокая температура, высокое давление, высота источника, наличие неплотностей технологического оборудования);

– анализ результатов последней инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (в случае, если она проводилась) показывает, что данные источники выбросов формируют расчетные приземные концентрации загрязняющих веществ или групп суммации в атмосферном воздухе жилых зон менее 0,1 доли ПДК или ОБУВ.

*Инструментально-расчетные и расчетные методы* используются для определения выбросов от:

– неорганизованных стационарных источников выбросов загрязняющих веществ; – факельных установок;

– источников открытого хранения топлива, сырья, веществ и отходов, в том числе прудов-отстойников и накопителей, нефтеловушек, шламо- и хвостохранилищ, золоотвалов, отвалов горных пород, открытых поверхностей испарения;

– источников взрывных и погрузочно-разгрузочных работ, маршрутов перемещения сыпучих материалов;

– карьеров добычи полезных ископаемых, открытых участков их дробления и отсева на фракции;

– оборудования и технологических процессов, расположенных в производственных помещениях, не оснащенных вентиляционными установками;

– резервуарных парков, сливно-наливочных железно- и автодорожных эстакад, и терминалов речных портов;

– источников пылевых выбросов и открытых поверхностей орошаемых или водных объектов, массовый выброс которых существенно зависит от гидрометеорологических показателей;

– источников вспомогательных производств, в том числе расположенных на открытом воздухе (передвижные сварочные и окрасочные посты, пилорамы, механическая обработка материалов, нанесение металлопокрытий гальваническим способом и т.д.).

Расчетные методы используются для определения выбросов:

– от неработающих, резервных, находящихся на ремонте источников выделения загрязняющих веществ и источников выбросов на основании требований технических нормативных правовых актов;

– в случае, если валовые выбросы от источников выделения загрязняющих веществ и источников выбросов природопользователя составляют менее 5 тонн в год с учетом обязательного проведения

обследования состояния газоочистных установок инструментальными методами и обязательного подтверждения инструментальными методами соответствия источников выделения загрязняющих веществ и источников выбросов требованиям технических нормативных правовых актов или действующих для Республики Беларусь международных договоров.

При невозможности выбора между расчетным и инструментальным методом инвентаризация выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух на источнике выделения загрязняющих веществ и (или) источнике выбросов проводится двумя методами, и затем в качестве величины массового выброса выбирается наибольшее из двух значений.

При проведении инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух допускается использование программных продуктов, реализующих требования технических нормативных правовых актов по порядку (правилам) определения (расчета) выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, программных продуктов по определению расчетных приземных концентраций загрязняющих веществ или групп суммации.

**Модификация** (позднелат. *modificatio* – установление меры, от лат. *modus* – мера, вид, образ, преходящее свойство и лат. *facio* – делать) – преобразование, видоизменение чего-либо с приобретением новых свойств. Модификации – качественно различные состояния или разновидности чего-либо.

Модификация в технике – это создание на базе старой версии устройства усовершенствованного его варианта, т.е. новая технология, появление новой модели какого-либо устройства, механизма или прибора, т. е. модификация станков, бытовой техники.

*Способы и виды модернизации производственных процессов:*

– частичная – заменяются лишь отдельно взятые элементы системы, а рабочий цикл если и задерживается, то ненадолго; номенклатура остается такой же. Допустим, вакуумный транспортер устанавливается вместо ленточного;

– комплексная – более глубокая, чем предыдущая, предполагающая снижение объемов выпуска на первых порах, но быстрое наращивание после и выход на новый уровень мощностей изготовления; может вносить ключевые изменения. Например, переоборудуется целый сектор завода;

– полная – максимальная по охвату, подразумевающая тотальную реконструкцию, внедрение более современных методик труда, ввод в эксплуатацию станков последнего поколения; связана с самыми значительными затратами, но также дает лучшие предпосылки для развития.

*Проведение модернизации на предприятии.* По сути, это необходимость каждой организации, желающей оставаться конкурентоспособной или, тем более, лидировать в своей отрасли. И осуществлять ее необходимо регулярно: через каждые несколько лет, по мере появления факторов, свидетельствующих о том, что пора вносить качественные изменения.

*Основные предпосылки к выполнению:*

– недостаток профессиональных знаний, умений, навыков, квалификации у персонала;

– низкие показатели результатов ручного труда;

– начало осуществления таких операций с крупногабаритными изделиями, с которыми люди физически просто не смогут справиться;

– появление опасных условий, несущих угрозу для здоровья и жизни;

– возникновение так называемого человеческого фактора (в тех ситуациях, когда ошибки и недочеты по невнимательности вообще недопустимы).

Наличие хотя бы одного из перечисленных факторов становится достаточной причиной для автоматизации, реконструкции, повышения технического потенциала и принятия других подобных решений.

*Преимущества модернизации линии производства.* Проведение грамотно спланированных работ обеспечивает один, несколько или сразу все из следующих важных плюсов:

– снижение нагрузки на персонал и сокращение количества сотрудников, что влечет за собой достижение финансовой стабильности;

– ввод оборудования в круглосуточную эксплуатацию, что оборачивается повышением объемов выпуска;

– улучшение методов контроля качества, что приводит к значительному сокращению брака;

- устранение человеческого фактора, что позволяет защититься от ошибок по невнимательности или вследствие усталости;
- выход на новый уровень мощностей, что помогает привлечь клиентов и покрывать их потребности;
- соответствие современным стандартам, что способствует опережению конкурентов в борьбе за заказчиков;
- максимальная точность расчетов ключевых показателей (например, себестоимости), что дает возможность рациональнее использовать сырье и другие ресурсы.

Важно учитывать, что модернизация промышленного производства на предприятии – это комплексная и ответственная задача, которую необходимо поручать профессионалам.

#### *Направления модернизации:*

- улучшение технологий заключается во внедрении авторских разработок, рационализации норм расхода, повышении стандартов, в выполнении нормативов, что повышает конечное качество продукции, а значит делает ее более конкурентоспособной;
- автоматизация сводится к выполнению операций без участия человека и к высвобождению какой-то части персонала, что способствует снижению зарплатного фонда и приросту в эффективности труда;
- механизация реализуется путем введения в эксплуатацию нового оборудования, которое современнее и надежнее старого, что сопровождается уменьшением расходов на ремонт и время простоев, общим улучшением ресурсов организации;
- энергетическая модернизация заключается в сокращении потребления электричества за счет использования энергосберегающей техники.

### **Предотвращение выбросов в источнике их образования**

Производственная деятельность неизбежно приводит к образованию различных видов отходов, оказывающих то или иное воздействие на окружающую среду. Одна из важнейших задач промышленных предприятий – сделать так, чтобы это воздействие было по возможности умеренным и не вызвало бы необратимых пагубных изменений в природе.

Для снижения загрязнения атмосферы от промышленных выбросов совершенствуют технологические процессы, осуществляют

герметизацию технологического оборудования, применяют пневмотранспорт.

На современном этапе для большинства промышленных предприятий очистка газовоздушных выбросов от загрязняющих веществ является одним из основных мероприятий по защите воздушного бассейна. Очистка выбросов перед их поступлением в атмосферу имеет важнейшее санитарно-гигиеническое, экологическое и экономическое значение. Таким образом, при организации любого производства необходимой стадией является промышленная и санитарная очистка газовоздушных выбросов.

*Промышленная очистка* – это очистка газа с целью последующей переработки или возврата в производство отделенного от газа или превращенного в безвредное состояние продукта. Этот вид очистки является необходимой стадией технологического процесса.

*Задачами* промышленной очистки газов являются:

- оценка количества и состава выбросов в атмосферу от данного источника выделения;
- определение требуемой степени очистки;
- выбор устройств для отбора (отсоса) газов или воздуха с учетом конструктивных и технологических условий оборудования;
- выбор способа очистки и типа газоочистного аппарата;
- определение параметров работы аппарата, при которой достигается требуемая эффективность очистки выбросов;
- выбор устройств для отвода уловленных веществ (пыли, шламов и др.) с учетом их свойств;
- разработка решений по транспортировке уловленных веществ и их последующему использованию;
- контроль эффективности газоочистных установок.

*Санитарная очистка* – это очистка газа от остаточного содержания в газе загрязняющего вещества, при которой обеспечивается соблюдение установленных для последнего ПДК в воздухе населенных мест или производственных помещений. Санитарная очистка газовоздушных выбросов производится перед поступлением отходящих газов в атмосферный воздух, и именно на этой стадии необходимо предусматривать возможность отбора проб газов с целью контроля их на содержание вредных примесей.

Для обеспечения необходимого качества отходящих газов, следует использовать установки очистки газов.

*Установки очистки газов* – это комплекс сооружений, оборудования и аппаратуры, предназначенный для отделения от поступающего из промышленного источника газа или превращения в безвредное состояние веществ, загрязняющих атмосферу.

Оборудование, применяемое для очистки газов, подразделяется на основное и вспомогательное. Основное оборудование газоочистных сооружений – *аппараты очистки газа* – элементы установок, в которых непосредственно осуществляется избирательный процесс улавливания или обезвреживания веществ, загрязняющих атмосферу, а также некоторые аппараты их дополняющие. Остальное оборудование называют вспомогательным – средства для удаления и транспортировки уловленного продукта, растворооборотные и раствороприготовительные устройства, средства контроля и автоматизации и т.д. Провести абсолютно четкую грань между основным и вспомогательным оборудованием невозможно, поскольку нередко функции оборудования, формально относимого к вспомогательному, по своей важности не уступают основному. Основное и вспомогательное оборудование komponуется в соответствии с технологической схемой, разработка которой является основой технологии удаления загрязняющих веществ из выбросов.

Для улавливания из газа пыли или отдельных газообразных компонентов в зависимости от их свойств и свойств очищаемого газа используют разные по конструкции и принципу действия аппараты. В зависимости от способа отделения пыли от воздушного потока применяют оборудование для улавливания пыли *сухим способом*, при котором отделенные от воздуха частицы пыли осаждаются на сухую поверхность и оборудование для улавливания пыли *мокрым способом*, в которых пыль смачивается, ее масса становится больше, и она отделяется от газа под действием инерционных сил или захватывается жидкостью и выводится из аппарата. Также используется *электрический способ* обезвреживания, который основан на ионизации молекул газа электрическим разрядом и электризации взвешенных в газе частиц.

Дисперсные и газовые загрязнители нередко являются следствием одних и тех же производственных процессов, вместе перемещаются в коммуникациях, тесно взаимодействуют в очистных аппаратах и атмосфере, совместно наносят ущерб окружающей среде и



человеку. Поэтому необходимо учитывать весь комплекс присутствующих в технологическом выбросе загрязнителей.

Очистка выбросов в атмосферу в зависимости от агрегатного состояния улавливаемого или обезвреживаемого вещества состоит из двух принципиально различных процессов:

– очистка от аэрозолей (*пылеулавливание*) – извлечение содержащихся выбросов взвешенных твердых и жидких примесей (пыли, дыма, капелек тумана или брызг);

– *газоочистка* – извлечение или обезвреживание тех или иных газо- и парообразующих примесей.

В основу действия аппаратов для очистки аэрозольных выбросов положен определенный физический механизм. В улавливающих устройствах применяют следующие способы отделения взвешенных частиц от взвешивающей среды, т.е. воздуха (газа): осаждение в гравитационном поле, осаждение под действием сил инерции, осаждение в центробежном поле, фильтрование, осаждение в электрическом поле, мокрая очистка и др. Таким образом, по принципу действия аппараты подразделяют на следующие группы:

*Инерционные пылеуловители.* В этих пылеуловителях эффект очистки газа от пыли достигается в результате использования инерционных сил, в том числе центробежных. К ним относятся: пылеосадочные камеры и коллекторы, жалюзийные пылеуловители и брызгоуловители инерционного действия (пылевые мешки), сухие и мокрые центробежные циклоны, центробежные пылеуловители, статические газопромыватели, барботажные аппараты, скоростные пылеуловители с трубами Вентури.

*Пористые фильтры.* В этой группе аппаратов пылеочистка осуществляется при пропускании газов через пористые материалы. К ним относятся фильтры: тканевые, из волокнистых материалов, кассетные, с насыпным слоем зернистого материала, из пористой пластмассы, керамики, металлокерамики и других материалов.

*Электрофильтры.* В этих аппаратах газ пропускается через электрическое поле высокого напряжения. В результате этого он ионизируется, заряжает содержащиеся в газе частицы пыли или жидкости, которые осаждаются на электродах электрофильтра. Аппараты могут быть мокрыми и сухими.

*Акустические пылеуловители.* В них газ подвергается действию мощного звукового поля. В результате содержащаяся в газе

мелкая пыль приходит в колебательное движение, частицы сталкиваются между собой и укрупняются. Очистка газа от укрупненной пыли осуществляется в аппаратах обычного типа, установленных последовательно за звуковым коагулятором.

*Абсорберы.* В этих аппаратах из газа улавливаются отдельные газообразные компоненты, которые растворяются в жидкости, подаваемой на орошение аппарата, или вступают с ней в химические реакции. К ним относятся скрубберы с насадками, полые скрубберы, барботеры, пенные аппараты и турбулентные газопромыватели.

Группы и виды пылеулавливающего оборудования для улавливания пыли сухим способом представлены в табл.3.1.1

Таблица 3.1.1– Группы и виды пылеулавливающего оборудования для улавливания пыли сухим способом

Группа оборудования	Вид оборудования	Область применения	
		воздушных фильтров	пылеуловителей
Гравитационное	Полое	–	+
	Полочное	–	+
Инерционное	Камерное	–	+
Инверционное	Жалюзийное	–	+
	Циклонное	–	+
	Ротационное	–	+
Фильтрационное	Тканевое	–	+
	Волокнистое	+	–
	Зернистое	–	+
	Сетчатое	+	–

Примечание. Знак «+» означает применение; знак «–» – не-применение.

По области применения пылеулавливающее оборудование можно подразделить на две группы: *грубой и тонкой очистки газа.*

К пылеуловителям грубой очистки газа относятся устройства, обеспечивающие задержание пыли с размером частиц более 10 мкм.

В эту группу входят все инерционные пылеуловители и некоторые пористые фильтры.

К аппаратам тонкой очистки газа относятся фильтры, в которых задерживаются частицы размером менее 10 мкм. В эту группу входят большинство пористых фильтров, электрофильтры и скоростные пылеуловители с трубами Вентури. Вначале производится грубая очистка, а затем тонкая. Однако, понятие грубой и тонкой очистки являются относительными в зависимости от вида производства и задач обеспылевания.

Группы и виды пылеулавливающего оборудования для улавливания пыли мокрым способом представлены в табл.3.1. 2.

Таблица3.1. 2– Группы и виды пылеулавливающего оборудования для улавливания пыли мокрым способом

Группа оборудования	Вид оборудования	Область применения	
		воздушных фильтров	пылеуловителей
Инерционное	Циклонное	–	+
	Ротационное	–	+
	Скрубберное	–	+
	Ударное	–	+
Фильтрационное	Сетчатое	+	–
	Пенное	–	+
Электрическое	Однозонное	–	+
	Двухзонное	+	+
Биологическое	Биофильтр	–	+

Примечание. Знак «+» означает применение; «–» – неприменение.

При выборе аппаратов для очистки газа учитывают способ вывода уловленного продукта. В сухих аппаратах задержанная из газа пыль обычно удаляется в сухом виде. В мокрых аппаратах пыль выводится в виде шлама (смеси пыли с жидкостью). Поэтому мокрые способы очистки газа от пыли требуют устройства дорогостоящей

шламовой канализации с отстойниками для пыли. Кроме того, обычно в шламе находятся в растворенном состоянии отдельные газообразные компоненты, которые содержатся в очищаемом газе. Если эти компоненты образуют в растворе кислоты, следует защищать аппараты и шламовую канализационную систему от коррозии и предусматривать нейтрализацию сточных вод.

*Оборудование, применяемое для очистки от пыли воздуха в системах вентиляции, кондиционирования и воздушного отопления, а также для защиты от загрязнения пылью воздушной среды зданий, сооружений и прилегающих к ним территорий, подразделяется на следующие типы:*

– оборудование, применяемое для очистки от взвешенных частиц пыли воздуха, подаваемого в помещения системами приточной вентиляции, кондиционирования и воздушного отопления – *воздушные фильтры;*

– оборудование, применяемое для очистки от пыли воздуха, выбрасываемого в атмосферу системами вытяжной вентиляции – *пылеуловители.*

Процесс обеспыливания включает три элемента: *пылеулавливание, пылеочистку и рассеивание пыли.* Каждый элемент системы можно реализовать различными методами (аэродинамическим, гидродинамическим, электромагнитным, теплофизическим, механическим и др.), которые определяются характером направленных внешних воздействий на пылевой аэрозоль. Любой метод может быть осуществлен различными способами (орошением, пеной, паром, туманом и др.), а способ – техническими средствами. Основным элементом систем пылеочистки является аппарат очистки воздуха от пыли.

Среди технических данных для выбора методов, способов, технических средств и параметров пылеулавливания наиболее важным являются технологические и пылеаэродинамические.

Наиболее полная классификация аппаратов основывается на использовании следующих методов обеспыливания:

– физические методы, включая механический (аэродинамический, гидродинамический, фильтрационный способы), электрический, магнитный, акустический, оптический, ионизирующий, термический;

– химический;

- физико-химический;
- биохимический;
- физико-биохимический.

Каждый из указанных методов имеет определенную область применения и широту использования. Выбор метода очистки отходящих газов зависит от конкретных условий производства и определяется рядом основных факторов:

- объемом и температурой отходящих газов;
- агрегатным состоянием и физико-химическими свойствами примесей;
- концентрацией и составом примесей;
- необходимостью рекуперации или возвращения их в технологический процесс;
- капитальными и эксплуатационными затратами;
- экологической обстановкой в регионе.

В зависимости от метода очистки пылеулавливающие и газоочистные аппараты подразделяются на семь групп:

- первая группа (С) – сухие механические пылеуловители (гравитационные, сухие инерционные и ротационные);
- вторая группа (М) – мокрые пылеуловители (инерционные, конденсационные), скрубберы (механические, ударно-инерционные, полые, насадочные, центробежные), скрубберы Вентури и т.п.;
- третья группа (Ф) – промышленные фильтры (рукавные, волокнистые, карманные, зернистые), с регенерацией (импульсной обратной продувкой, ультразвуком, с механическим и вибровстряхиванием и т.п.);
- четвертая группа (Э) – электрические пылеуловители (сухие, мокрые, электрофильтры и др.);
- пятая группа (Х) – аппараты сорбционной (химической) очистки газа от газообразных примесей (адсорберы, абсорберы и т.п.);
- шестая группа (Т) – аппараты термической и термokatалитической очистки газов от газообразных примесей (печи сжигания, каталитические реакторы);
- седьмая группа (Д) – аппараты других методов очистки.

В устройстве для очистки аэрозольных выбросов, наряду с ос-

новым механизмом улавливания, обычно используются и другие закономерности. Благодаря этому общая и фракционная эффективность аппарата достигает более высокого уровня. Пылеулавливающее оборудование классифицируют по:

- назначению;
- основному принципу действия;
- эффективности;
- конструктивным особенностям.

Пылеуловители в зависимости от размеров эффективно улавливаемых частиц и эффективности их улавливания целесообразно подразделять на пять классов. Указанная в табл. 3 эффективность позволяет оценить остаточное содержание пыли из условия отделения от воздуха только практически полностью улавливаемых частиц, размер которых указан во второй графе этой таблицы.

Таблица 3.1.3– Классификация пылеуловителей по их эффективности

Класс пылеуловителя	Размеры эффективно улавливаемых пылевых частиц, мкм	Эффективность в зависимости от дисперсности пыли	
		группа пыли по дисперсности	эффективность, %
I	Более 0,3 – 0,5	V	< 80
		IV	99,9 – 80
II	> 2	IV	92 – 45
		III	99,9 – 92
III	> 4	III	99 – 80
		II	99,9 – 99
IV	> 8	II	99,9 – 95
		I	> 99,9
V	> 20	I	> 99

В таблице 3.1.4 представлена номенклатура пылеуловителей.

Таблица 3.1.4–Номенклатура пылеуловителей

Вид пылеуловителя	Тип пылеуловителя	Класс пылеуловителя по эффективности	Область наиболее целесообразного применения пылеуловителя					
			Классификационная группа пыли по дисперсности					
			I	II	III	IV	V	
Гравитационные	Пылеосадительные камеры	V	+	+	-	-	-	
Инерционные	Циклоны большой производительности (одиночные и групповые)	V	+	+	-	-	-	
	Циклоны высокой эффективности	IV	-	+	+	-	-	
	Батарейные циклоны	IV	-	+	+	-	-	
	Центробежные скрубберы и циклоны	IV	-	+	+	-	-	
	Струйные мокрые типа Роклон и ПВМ	Типа Вентури	II	-	-	+	+	-
			III	-	-	+	-	-
			I	-	-	-	+	+
	Скрубберы	Пенные	II	-	-	+	+	-
II			-	-	+	+	-	
III			-	-	+	+	-	
Тканевые	Сетчатые (для улавливания волокнистой пыли)	V	+	-	-	-	-	

	Тканевые (рукавные)	I	–	–	–	+	+
		II	–	–	+	+	–
		III	–	+	–	–	–
Электрические	Электрические пластинчатые многопольные	I	–	–	+	+	+
	То же, однопольные	II	–	–	+	–	–

Пылеуловители применяются главным образом для улавливания из воздуха пылей II, III и IV групп по дисперсности. Пыли V группы, как правило, не могут эффективно улавливаться в пылеуловителях вследствие их высокой дисперсности.

Пылеуловители I класса предназначены для эффективного улавливания пылей IV группы по дисперсности. Верхняя граница дисперсности этой группы пылей соответствует дымам металлургических печей, а также конденсационным туманам кислот и масел.

Частицы размером 0,3 – 0,5 мкм могут улавливаться пленками воды при скоростях столкновения порядка 102 м/с. Такие условия могут быть созданы в так называемых высоконапорных пылеуловителях типа Вентури, для использования которых необходимо располагать давлениями порядка 1500 кгс/м<sup>2</sup>.

Требованиям этого класса могут удовлетворять также рукавные пылеуловители некоторых конструкций при соответствующем выборе фильтровальных тканей, режима использования и способа регенерации и, кроме того, многопольные электрические пылеуловители. В практике очистки вентиляционных выбросов пылеуловители этого класса применяются редко.

Улавливание частиц размером более 2 мкм из пылей III группы легко осуществляется в пылеуловителях типа Вентури II класса, а также в многочисленных разновидностях тканевых и электрических пылеуловителей II класса при обычном режиме их использования. Из инерционных пылеуловителей требованиям II класса могут удовлетворять также струйные пылеуловители типа Роклон, ПВМ и т.п. при сопротивлении 300 – 350 кгс/м<sup>2</sup>.

Частицы размером 4 мкм и более улавливаются струйными пылеуловителями при потерях давления 80 – 120 кгс/м<sup>2</sup>. Требованиям



III класса эффективности при таких же потерях давления удовлетворяют также многочисленные разновидности пылеуловителей циклонного типа, смачиваемых водой, и пенные пылеуловители. Электрические пылеуловители для улавливания частиц данной крупности, как правило, не применяются. Тканевые пылеуловители с рукавами из облегченных тканей иногда применяются для улавливания пылей II и III группы органического и синтетического происхождения, которые вследствие небольшой плотности и других специфических особенностей не могут эффективно улавливаться в инерционных пылеуловителях (волокнистая пыль текстильных предприятий, некоторые разновидности древесной пыли и т.п.).

Пылеуловители IV класса представлены простейшими мокрыми пылеуловителями с перепадом давления примерно  $100 \text{ кгс/м}^2$ , высокоэффективными циклонами СН, СКН, УЦ, СИОТ и батарейными циклонами, расходующими напор  $200 \text{ кгс/м}^2$  и больше. Пылеуловители IV класса улавливают достаточно полно пыли II группы, а некоторые из них применяются и для улавливания пылей III группы, хотя, например, эффективность циклонов при улавливании цементной пыли редко превышает 70 %.

К пылеуловителям V класса можно отнести циклоны средней эффективности большого диаметра, например, ЦН – 24, хорошо приспособленные к большим пылевым нагрузкам, пылеосадочные камеры и т.д.

Для того, чтобы поддерживать качество воздуха на уровне, соответствующем санитарным требованиям, выбросы в атмосферу должны очищаться не только от аэрозольных загрязнений, но и от вредных паров и газов.

Классификация средств обезвреживания газообразных загрязнителей заключается в разделении по применяемым процессам. В основном для газоочистки используются средства химической технологии, поэтому классификация средств обезвреживания выбросов практически совпадает с классификацией процессов и аппаратов химической промышленности, вырабатывающих вредные выбросы как отходы основного производства. Известно четыре основных метода очистки воздуха от газообразных примесей: абсорбция, хемосорбция, адсорбция, термическая нейтрализация.

Удаление из технологических и дымовых выбросов содержащихся в них газообразных компонентов (сернистого ангидрида, сероводорода, хлора, хлористого водорода и др.) проводится химической очисткой газов методами абсорбции, адсорбции и хемосорбции.

*Метод абсорбции* заключается в поглощении отдельных компонентов газовой смеси абсорбентом (поглотителем), в качестве которого выступает жидкость. Абсорбент выбирают из условия растворимости в нем газа, подлежащего удалению из газовой смеси.

*Метод хемосорбции* основан на поглощении газов и паров твердыми или жидкими поглотителями, в результате чего образуются малолетучие и малорастворимые соединения. Его рационально применять при низких концентрациях загрязнителей, содержащихся в очищаемых газовых смесях. Хемосорбция заключается в промывке очищаемого газа растворами, вступающими в химическую реакцию с содержащимися в газе отдельными газообразными компонентами, что позволяет извлечь их или обезвредить.

*Метод адсорбции* основан на улавливании вредных газовых примесей поверхностью твердых тел. Применяется при незначительном содержании газо- и парообразных загрязняющих компонентов в очищаемом газе (пары растворителей, эфира, ацетона, различных углеводородов).

Для превращения загрязнителей в безвредные вещества необходимо сочетать химические и физические процессы. С этой целью чаще всего используются процессы *термического окисления* и *термической деструкции*. При способности горючих газов и паров, входящих в состав вентиляционных и технологических выбросов, сгорать с образованием менее токсичных веществ используются *термическая нейтрализация*. Она проводится по трем схемам – каталитическое дожигание, термическое окисление, прямое сжигание.

Каталитическое дожигание (термокатализ) используются для превращения токсических компонентов, содержащихся в отходящих газах, в нетоксичные или менее токсичные путем их контакта с катализатором.

Каталитические нейтрализаторы применяют для обезвреживания CO, летучих углеводородов, растворителей, отработавших автомобильных газов.

Термическое окисление применяют в случае, когда сжигаемые газы имеют высокую температуру, но не содержат достаточно кислорода, или когда концентрация горючих веществ незначительна и недостаточна для поддержания пламени.

Прямое сжигание используют тогда, когда очищаемые газы обладают энергией горения, т.е. факельного сжигания горючих отходов. Так нейтрализуются HCN в факелах нефтехимических заводов.

Методы очистки выбирают в зависимости от физико-химических свойств загрязняющего вещества, его агрегатного состояния, концентрации в очищаемой среде и др.

При проектировании аппаратов газоочистки должны быть учтены все загрязнители, которые могут присутствовать в выбросах, для чего необходимо тщательно проанализировать состав выбросов, выделив нейтральную часть и компоненты, которые могут нанести ущерб окружающей среде.

Все компоненты, подлежащие удалению, необходимо оценить по физико-химическим и санитарно-гигиеническим свойствам. Следует обратить внимание на агрегатное состояние и термодинамические параметры загрязнителей, их реакционную способность или каталитические свойства в атмосферных, химических и фотохимических процессах, степень опасности воздействия на живые организмы.

Для газообразных загрязнителей важны данные о температурах кипения и деструкции, критических параметрах, теплоте фазовых переходов, характеристиках растворения и др. (например, для горючих газов – о температурах вспышки и воспламенения, теплоте сгорания, концентрационных пределах воспламенения).

Наиболее сложны для очистки выбросов, загрязнители которых представляют многофазную систему. Поскольку большинство современных очистных аппаратов не приспособлено для одновременного обезвреживания дисперсных и гомогенных загрязнителей, то в общем случае подобные выбросы должны пройти последовательно четыре стадии обработки: предварительную и тонкую очистку от аэрозоля и затем предварительное и окончательное обезвреживание газообразного загрязнителя.

В целом система очистки воздуха и газов может содержать оборудование нескольких типов, соединенное в последовательно в

несколько ступеней по мере повышения эффективности пылеулавливания и отличающихся по принципу действия, конструктивным особенностям и способу очистки, относят к комбинированному пылеулавливающему оборудованию.

При проектировании новой или модернизации существующей улавливающей установки следует стремиться полностью, изолировать источник выделения загрязнений воздуха от окружающей среды. Иногда при этом удается найти решения, ведущие не только к изоляции источника загрязнения, но и к резкому сокращению количества выделяемых загрязняющих веществ.

### **Понятие наилучших доступных технических методов**

Наилучшие доступные технические методы – технологические процессы, методы, порядок организации производства продукции и энергии, выполнения работ или оказания услуг, проектирования, строительства и эксплуатации сооружений и оборудования, обеспечивающие уменьшение и (или) предотвращение поступления загрязняющих веществ в окружающую среду, образования отходов производства по сравнению с применяемыми и являющиеся наиболее эффективными для обеспечения нормативов качества окружающей среды, нормативов допустимого воздействия на окружающую среду при условии экономической целесообразности и технической возможности их применения.

### **Экологическая паспортизация предприятий**

Одно из направлений стабилизации и последующего улучшения состояния окружающей природной среды – это создание системы экологической паспортизации производственных и иных объектов, являющихся источниками загрязнения окружающей природной среды, и территорий, связанных между собой социально-экономическими отношениями.

*Система экологической паспортизации необходима для получения объективной информации о действительном экологическом состоянии различных производственных объектов, отдельных промышленных и сельскохозяйственных регионов и страны в целом, для*

регулирования сложившихся и прогнозируемых социально-экономических отношений в области природопользования и принятия решений по стимулированию усилий в области совершенствования среды обитания человека.

*Система экологического паспортизации служит основой для:*

– определения нормативов природопользования, сбросов и выбросов вредных веществ и их захоронения;

– расчетов нормативов платы и размеров платежей за природные ресурсы, выбросы, сбросы загрязняющих веществ в окружающую природную среду;

– разработки системы штрафов за залповые, аварийные и другие несанкционированные выбросы и сбросы загрязняющих веществ в окружающую природную среду;

– введения системы льгот за внедрение малоотходных, экологически чистых и ресурсосберегающих технологий, проведение работ по очистке выбросов и сбросов от загрязняющих веществ, а также других природоохранных мероприятий;

– организации экологического контроля, инспекции и управления;

– организации работы по улучшению экологической ситуации в городах, районах, областях;

– проведения экологической сертификации.

Экологический паспорт (ЭП) промышленного предприятия утвержден и введен в действие постановлением Госстандарта Республики Беларусь от 25 сентября 2012 г. № 59.

Требования настоящего стандарта являются обязательными для природопользователей, предоставляющих статистические данные в области охраны окружающей среды в установленном законодательством Республики Беларусь порядке.

*Экологический паспорт (ЭП) промышленного предприятия* – документ, включающий данные по использованию юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем, осуществляющим хозяйственную и иную деятельность, природных и вторичных ресурсов и информацию о влиянии хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду.

Экологический паспорт предприятия используется для:

– комплексного учета используемых природных и вторичных

ресурсов;

– осуществления государственного контроля по соблюдению юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями нормативов в области охраны окружающей среды, в том числе технологических нормативов, и иных требований в области охраны окружающей среды;

– определения уровня влияния производства на окружающую среду;

– для подготовки заявления на выдачу комплексных природоохранных разрешений.

*Разработчик экологического паспорта предприятия* – природопользователь либо проектная, научная или иная организация, предоставляющая услуги в области охраны окружающей среды и выполняющая по поручению природопользователя работы по разработке экологического паспорта предприятия.

*Природопользователь* – юридическое лицо или индивидуальный предприниматель, осуществляющий хозяйственную и иную деятельность, связанную с выбросами загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

*Предприятие* – объект хозяйственной деятельности, связанной с производством продукции или энергии, выполнением работ и оказанием услуг (за исключением хозяйственной деятельности, связанной с лесоводством и растениеводством), которые осуществляются использованием процессов, оборудования и технологий, являющихся источниками образования отходов производства и (или) производственных сточных вод и (или) имеющих выбросы в атмосферный воздух.

При разработке экологического паспорта используются проектные сведения и эксплуатационные данные за календарный год, предшествующий году составления.

Проектные сведения не вносятся в экологический паспорт только в случае их отсутствия, при этом в соответствующих графах ставится прочерк (тире).

В таблицах, содержащих годовые значения, допускается увеличение количества граф или строк зависимости от табличной формы.

В состав экологического паспорта включается лист регистрации изменений. Дополнения, вносимые в экологический паспорт с периодичностью, предусмотренной настоящим стандартом, не подлежат отражению в листе регистраций изменений.

*Экологический паспорт включает в себя следующие элементы:*

- титульный лист;
- разделы;
- общие сведения о природопользователе;
- производственная характеристика природопользователя;
- охрана атмосферного воздуха;
- использование земельных ресурсов;
- водопотребление и водоотведение;
- обращение с отходами производства;
- сведения о транспорте предприятия;
- мероприятия по рациональному использованию природных ресурсов и охраны окружающей среды;
- программа осуществления производственного аналитического контроля и (или) локального мониторинга в области охраны окружающей среды;
- картографический материал.

Если объем паспорта превышает 24 страницы, рекомендуется включить в него элемент «Содержание».

К экологическому паспорту следует прилагать ситуационные карты-схемы расположения предприятия и его обособленных структурных подразделений с отображением местности в радиусе не менее двух километров (в случае наличия источника выбросов загрязняющих веществ высотой более сорока метров). На карте-схеме должны отображаться граница территории предприятия, санитарно-защитная зона, зона воздействия, территории жилой (селитебной) и промышленной застройки, ООПТ, объекты рекреационного и оздоровительного назначения, водоохраные зоны и прибрежные полосы, места обитания диких животных и места произрастания дикорастущих растений, относящихся к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь (в легенде карты-схемы приводятся виды диких животных и дикорастущих растений).

На карте-схеме предприятия следует отображать:

– объекты хранения отходов (санкционированные места хранения отходов, определенные в разрешениях на хранения отходов производства);

– объекты захоронения отходов (санкционированные места захоронения отходов, определенные в разрешениях на захоронения отходов производства);

– места отбора проб почв в рамках ведения локального мониторинга за землями;

– (почвами) в местах расположения выявленных или потенциальных источников их загрязнения;

– места забора воды из поверхностных и (или) подземных водных объектов (указывается «У» – при оснащении мест забора воды приборами учета);

– места выпуска сточных вод в поверхностные и (или) подземные водные объекты (указывается «У» – при оснащении мест выпуска воды приборами учета, «М» – включенных в систему проведения локального мониторинга за сбросами сточных вод в водные объекты и (или) подземными водами в местах расположения выявленных или потенциальных источников их загрязнения);

– источники выбросов загрязняющих веществ (указывается «Г» – оснащенных ГОУ, «К» – оснащенных прибором непрерывного контроля, «М» – включенных в систему локального мониторинга,

«Н» – подлежащих регулированию в период неблагоприятных метеорологических условий, «П» – прочие), в том числе неорганизованных (указывается «Н» – подлежащих регулированию в период неблагоприятных метеорологических условий).

Картографические материалы экологического паспорта оформляются в масштабах, кратных 500 и (или) 1000.

*Экологический паспорт отражает несколько принципиальных моментов:*

– переход от изучения следствий к детальному дифференцированному анализу причин;

– переход от рассмотрения общего объема выбросов к удельным показателям, отнесенным к единице производимой продукции и сопоставляемым с наилучшими показателями, достигнутыми в мире.

*Информация, содержащаяся в экологическом паспорте, предназначена для решения следующих природоохранных задач:*



- оценки влияния выбросов (сбросов, отходов) загрязняющих веществ и выпускаемой продукции на окружающую среду и здоровье населения и определение платы за природопользование;
- установление предприятию нормативов допустимых выбросов (сбросов) загрязняющих веществ в окружающую среду;
- планирование предприятием природоохранных мероприятий и оценка их эффективности;
- экспертиза проектов реконструкции предприятия;
- контроль за соблюдением предприятием законодательства в области охраны природной среды;
- повышение эффективности использования природных и материальных ресурсов, энергии и вторичных ресурсов.

### **Тема 3.2. Правовое регулирование хозяйственной деятельности в природопользовании**

Принятая в государстве экологическая политика предусматривает последовательное проведение структурной перестройки производственной отрасли, совершенствование технологического уровня производства – ресурсосбережение, применение малоотходных и безотходных технологий, сокращение объемов выбросов, утилизация и переработка отходов.

Целью экологической политики Республики Беларусь является обеспечение экологически безопасных условий для проживания людей, рациональное использование и охрана природных ресурсов, выработка правовых и экономических основ охраны окружающей среды в интересах настоящего и будущего поколений.

Основной задачей экологического контроля является обеспечение соблюдения юридическими лицами и гражданами требований законодательства в области охраны окружающей среды.

Экологический контроль подразделяется на государственный, ведомственный, производственный и общественный:

Государственный контроль обеспечивает соблюдение утвержденных в установленном порядке стандартов (норм, правил) и эффективность проведения работ по изучению, рациональному использованию и охране всеми природопользователями.

Ведомственный контроль осуществляется республиканскими органами гос. управления и обеспечивает выполнение законодательства подведомственными предприятиями и организациями.

Производственный контроль проводит экологическая служба предприятий.

Общественный контроль осуществляют общественные объединения, трудовые коллективы с целью проверки выполнения требований закона РБ «Об охране окружающей среды» (1992 года, редакции от 31 декабря 2021 года).

## **Система экологического законодательства Республики Беларусь**

Система законодательства – это правовое явление, связанное с системой права, в котором отражено объединение объективно обусловленных юридических норм. В правовой системе Республики Беларусь отрасль права, регулирующая отношения в области охраны окружающей среды, называется экологическим правом, а отрасль законодательства определена как «законодательство об охране окружающей среды и рациональном использовании природных ресурсов».

Факторы, влияющие на формирование системы экологического законодательства:

- наличие в его структуре блока природно-ресурсных подотраслей (земельное, водное, горное, лесное законодательство);
- включение в число источников так называемых «экологизированных» норм;
- регулирование отношений в области охраны окружающей среды нормами международного права окружающей среды.

Источники, регулирующие отношения в области окружающей среды, составляют нормативные правовые акты экологического содержания, т. е. принятые с целью:

- регулирования отношений по использованию и охране компонентов природной среды (природно-ресурсное законодательство);
- охраны окружающей среды;
- обеспечения экологической безопасности.

Природно-ресурсное законодательство сложилось в процессе использования природных ресурсов и основано на естественных особенностях отдельных компонентов природной среды (земли, недр, вод и т. д.). Таким образом, в эту группу входят самостоятельные подотрасли, объединенные в экологическом законодательстве, по определенным признакам:

– земельное законодательство (от 23 июля 2008 год, редакция от 24 октября 2016 года);

– законодательство о недрах или иначе горное законодательство (от 14 июля 2008 года, редакция от 6 января 2021 года);

– водное законодательство (от 30 апреля 2014 года, редакция от 5 января 2022 года);

– лесное законодательство (от 14 июля 2000 года, редакция от 4 января 2022 года);

– законодательство о растительном мире (от 14 июня 2003 года, редакция 12 апреля 2022 года);

– законодательство об охране и использовании животного мира (от 10 июля 2007 года, редакция от 4 января 2022 года);

– законодательство об охране атмосферного воздуха (от 16 декабря 2008 года, редакция от 18 июня 2019 года);

– законодательство об охране озонового слоя (от 12 ноября 2001 года).

Также, в систему экологического законодательства объединены законы и акты, включая технические нормативные правовые акты, которые содержат нормы, устанавливающие параметры качества окружающей среды, и эколого-правовые механизмы, благодаря которым оно обеспечивается. В этой группе представлены следующие законы Республики Беларусь:

– «О государственной экологической экспертизе» (от 18 июля 2016 года);

– «Об особо охраняемых природных территориях» (от 15 ноября 2018 года);

– «Об обращении с отходами» (от 20 июля 2007 года).

Еще одной целью документов осуществляющих отношения в области охраны окружающей среды является обеспечение экологической безопасности граждан Республики Беларусь.

Конституционное право граждан благоприятную на окружающую среду в Республике Беларусь. Право граждан на благоприятную

окружающую среду является естественным и необходимым для человека и принадлежит ему в силу самого факта рождения и существования. Каждый имеет право на благоприятную окружающую среду.

Согласно статье 46 Конституции Республики Беларусь, государство осуществляет контроль за рациональным использованием природных ресурсов в целях защиты и улучшения условий жизни, а также охраны и восстановления окружающей среды. Статьей 34 Конституции Республики Беларусь гражданам Республики Беларусь гарантируется право на получение, хранение и распространение полной, достоверной и своевременной информации о деятельности государственных органов, общественных объединений, о политической, экономической и международной жизни, состоянии окружающей среды.

Конституционные нормы составляют правовую основу экологических прав граждан. Их содержание раскрыто в специальном экологическом законодательстве: статьях 5-8 Закона «Об охране окружающей среды» (от 1992 года, редакции от 31 декабря 2021 года), в котором определяется один из существенных элементов правового статуса граждан - права и обязанности в области охраны окружающей среды. Иные экологические права и обязанности, в основном объединяющие права и обязанности граждан по использованию природных ресурсов, составляют содержание других законодательных источников, таких как:

- Кодекс о земле (редакция от 24 октября 2016 года);
- Кодекс о недрах (редакция от 6 января 2021 года);
- Водный и Лесной Кодексы (редакция от 5 января 2022 года и 4 января 2022 года соответственно).
- Закон «О животном мире» (редакция от 4 января 2022 года)
- Закон «Об охране атмосферного воздуха» (редакция от 18 июня 2019 года).

Идею, обосновывающую существование права граждан «на обеспечение благоприятной окружающей природной среды», впервые высказали представители эколого-правовой науки в 1992 году. Это право рассматривается как личное и неимущественное, а благоприятная окружающая среда - как нематериальное благо.

Право всех граждан на благоприятную окружающую среду является многокомпонентным и представляет собой законодательно

обеспеченную возможность лица существовать в благоприятной окружающей среде, на благоприятную окружающую среду осуществлять право своими собственными действиями, требовать от соответствующих лиц соблюдения права, способствующих поддержанию окружающей среды в благоприятном состоянии, обращаться к соответствующим государственным органам за защитой права в случае его нарушения либо угрозы нарушения норм права.

Таким образом, право граждан на благоприятную окружающую среду – это личное неимущественное право, не связанное с имуществом, которое характеризуется нематериальностью содержания, неразрывной связью с личностью обладателя, неотъемлемостью от личности, а потому, с одной стороны, не отчуждаемостью любым способом, а посредством его реализации и защиты осуществляется защита всеобщего (публичного) экологического интереса – охраняется окружающая среда.

### **Понятие организационно-правовых механизмов охраны окружающей среды**

Охрана окружающей среды представляет собой деятельность государственных органов, общественных объединений, иных юридических лиц и граждан, направленную на сохранение и восстановление природной среды, рациональное (устойчивое) использование природных ресурсов и их воспроизводство, предотвращение загрязнения, деградации, повреждения, истощения, разрушения, уничтожения и иного вредного воздействия на окружающую среду хозяйственной и иной деятельности и ликвидацию ее последствий.

Для обеспечения охраны окружающей среды, экологической безопасности и рационального использования природных ресурсов существенное значение имеет наличие закрепленных в законодательстве средств, при помощи которых достигается результативное воздействие на общественные отношения. Объединенные глобальной природоохранной целью, данные средства могут иметь различное организационное, экономическое, идеологическое содержание. Отдельные элементы каждого из этих содержательных блоков, в свою очередь, являются относительно автономными и, соответственно, можно говорить, например, о механизме торговли квотами на вы-

бросы парниковых газов, экологического контроля или стимулирования осуществления природоохранной деятельности и др. Все они направлены на охрану окружающей среды, хотя их цели являются предметными и более конкретными. Так, проведение экологической экспертизы преследует цель предупреждения отрицательного воздействия на окружающую среду; экологическое страхование – полное возмещение вреда, причиненного окружающей среде; экологический аудит – выявление нарушения экологических требований и выработка рекомендаций по устранению таких нарушений и т. п.

Основными организационно-правовыми механизмами охраны окружающей среды являются:

- планирование в области охраны окружающей среды и природопользования;
- нормирование и стандартизация в области охраны окружающей среды;
- лицензирование в области охраны окружающей среды;
- мониторинг окружающей среды;
- учет в области окружающей среды и использования природных ресурсов;
- оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС);
- экологическая экспертиза;
- экологическая сертификация;
- контроль в области охраны окружающей среды и природопользования;
- экологический аудит;
- разрешение споров в области использования природных ресурсов и охраны окружающей среды.

Некоторые из приведенных выше механизмов выполняют функцию планирования и направлены на предупреждение возникновения экологической опасности, а также на выявление экологически опасных для окружающей среды и здоровья человека территорий, объектов и видов деятельности (например, мониторинг окружающей среды, ОВОС, экологическая экспертиза). Другие – регулирующую, устанавливая пределы воздействия на окружающую среду, а также особые условия природопользования (нормирование в области охраны окружающей среды, лицензирование видов деятельности, связанных с воздействием на окружающую среду, и др.).

Среди организационно-правовых механизмов охраны окружающей среды особое место принадлежит экологическому нормированию, так как «данный институт содержит критерии правомерности поведения субъектов экологических правоотношений и определяет степень эффективности выполнения эколого-правового предписания».

Общую правовую основу нормирования и стандартизации в области охраны окружающей среды составляют законы Республики Беларусь «Об охране окружающей среды», «О техническом нормировании и стандартизации», «Об оценке соответствия требованиям технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации». Нормирование в области охраны окружающей среды осуществляется в целях государственного регулирования воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду, гарантирующего сохранение благоприятной окружающей среды и обеспечение экологической безопасности.

Нормирование в области охраны окружающей среды заключается в установлении:

- нормативов качества окружающей среды;
- нормативов допустимого воздействия на окружающую среду;
- лимитов на природопользование.

Нормативы, относящиеся к первой группе (качества), устанавливаются на уровне, обеспечивающем экологическую безопасность, и определяют предельно допустимые границы вредных химических, физических, биологических воздействий на окружающую среду. Их превышение угрожает сохранению биологических условий существования человека. Нормативы качества окружающей среды служат одним из юридических критериев для определения благоприятного состояния окружающей среды. Они устанавливаются применительно к водам, почве, атмосферному воздуху и являются едиными для территории Республики Беларусь.

Принципиальное отличие второго вида нормативов (допустимого воздействия) заключается в том, что они определяют допустимые размеры вредных воздействий на окружающую среду, устанавливаемые для отдельных юридических лиц и индивидуальных предпринимателей (природопользователей), оказывающих негативное воздействие на окружающую среду.

Нормативы допустимого воздействия на окружающую среду должны обеспечивать соблюдение нормативов качества окружающей среды с учетом природных особенностей территорий. Суть этого принципа заключается в том, что нормативы допустимого воздействия на окружающую среду для каждого субъекта с учетом всех источников воздействия на окружающую среду устанавливаются на уровне, при котором суммарные нормативы допустимого воздействия на окружающую среду от всех субъектов на данной территории с учетом перспектив развития не приведут к превышению нормативов качества окружающей среды.

В соответствии со ст. 20 Закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» к нормативам качества окружающей среды относятся:

- нормативы предельно допустимых концентраций химических и иных веществ;
- нормативы предельно допустимых физических воздействий;
- нормативы предельно допустимых концентраций микроорганизмов.

Нормативы качества окружающей среды утверждаются и вводятся в действие Министерством здравоохранения Республики Беларусь по согласованию с Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, иными государственными органами. Вместе с тем в законодательстве предусмотрена возможность установления более жестких, чем действующие на остальных территориях, нормативов качества окружающей среды на особо охраняемых природных территориях, природных территориях, подлежащих специальной охране, и территориях биосферных резерватов.

В соответствии со ст. 21 Закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» к нормативам допустимого воздействия на окружающую среду относятся:

- нормативы допустимых выбросов и сбросов химических и иных веществ;
- нормативы образования отходов производства;
- нормативы допустимых физических воздействий (количество тепла, уровни шума, вибрации, ионизирующего излучения, напряженности электромагнитных полей и иных физических воздействий);



- нормативы допустимого изъятия природных ресурсов;
- нормативы допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду.

Нормирование окружающей среды осуществляется также путем установления природопользователям на определенный период времени лимитов на природопользование, которые представляют собой объемы предельного использования (изъятия, добычи) природных ресурсов, выбросов и сбросов загрязняющих веществ, размещения отходов и иных видов вредного воздействия на окружающую среду.

Законодательством предусмотрено установление лимитов по двум направлениям (непосредственно связанным с осуществлением природопользования): изъятию природных ресурсов из природной среды и внесению загрязняющих веществ в окружающую среду, хранению и захоронению отходов.

Первая группа лимитов предусмотрена водным законодательством, законодательством о недрах, о животном мире, о растительном мире и включает:

- лимиты на водопользование – утверждаются Советом Министров Республики Беларусь по областям и городу Минску;

- лимиты добычи полезных ископаемых (кроме общераспространенных полезных ископаемых и подземных вод) – утверждаются Советом Министров Республики Беларусь по представлению Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, лимиты добычи общераспространенных полезных ископаемых и подземных вод утверждаются местными Советами депутатов по согласованию с территориальными органами Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь;

- лимиты на пользование животным миром – устанавливаются Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь на основании данных мониторинга животного мира, учета объектов животного мира, оценки ресурсов животного мира и их использования, результатов научных исследований (например, при добыче виноградной улитки, личинок хирономид и др.);

- лимиты на пользование объектами растительного мира – устанавливаются Министерством природных ресурсов и охраны

окружающей среды Республики Беларусь (согласно ст. 63 Закона Республики Беларусь «О растительном мире» на заготовку (закупку) дикорастущих растений и (или) их частей). Лимиты на иные виды пользования объектами растительного мира могут устанавливаться местными исполнительными и распорядительными органами, предоставляющими право пользования объектами растительного мира, по согласованию с территориальными органами Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

Налоговым кодексом Республики Беларусь изъятие объектов растительного мира не признается объектом налогообложения за добычу (изъятие) природных ресурсов и плата за данный вид пользования взимается в иных формах.

Вторая группа лимитов на природопользование включает лимиты выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду, лимиты хранения и захоронения отходов. Лимиты допустимых выбросов (сбросов) загрязняющих веществ в окружающую среду устанавливаются Советом Министров Республики Беларусь, местными Советами депутатов, исполнительными и распорядительными органами.

Лимиты хранения и захоронения отходов производства представляют собой количество отходов производства определенного вида, установленное собственнику отходов на определенный период времени для хранения или захоронения их на объектах хранения (захоронения) отходов. Лимиты хранения и лимиты захоронения отходов производства утверждаются собственникам отходов производства местными исполнительными и распорядительными органами по согласованию с территориальными органами Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

### **Планирование природопользования и охраны окружающей среды**

Планирование природопользования – это элемент рационального хозяйствования в области природопользования и охраны окружающей среды.

Цель планирования заключается в том, чтобы природно-ресурсный потенциал страны использовать комплексно и экономно.

Цели планирования в рыночных условиях сохраняются, а поиск новых форм и методов планирования продолжается, меняются его задачи и функции. Если предприятие причинило ущерб окружающей среде и нерационально использовало природные ресурсы, то оно несет материальную ответственность и возмещает причиненный ущерб. За выполнение плановых целей по охране природы предприятие поощряется и премируется за сохранение удельного расхода ресурсов. В случае наоборот, т.е. за невыполнение плановых целей предприятию предъявляются санкции.

Система планирования рационального природопользования базируется на общеметодологических положениях планирования экономического и социального развития национального хозяйства страны. Важнейшей задачей планирования природопользования является разработка научно обоснованных путей и направлений рационального использования природных ресурсов, обеспечения равновесия в природной среде.

Научные основы планирования природопользования предусматривают постоянное совершенствование методологии планирования воспроизводства, рационального использования и охраны природных ресурсов, исходя из общих задач развития народного хозяйства, достигнутого уровня научно-технического прогресса и действия экономических законов развития общества.

Методология планирования природопользования включает совокупность целей и задач, принципов и методов, систему показателей, виды планов и программ, информационную базу и нормативы, методы расчета показателей. Основная цель планирования природопользования — обеспечение рационального и экономного использования природных ресурсов и равновесия в природной среде в условиях постоянного роста эффективности производства.

Задачи планирования природопользования сводятся к следующим:

- обеспечение комплексного использования минеральных ресурсов, применение малоотходных и безотходных технологий переработки минерального сырья;

- обеспечение рационального использования и восстановление нарушенных и загрязненных земельных, водных ресурсов, растительного и животного мира;

– обеспечение равновесия в природной среде путем выполнения научно обоснованных предельно допустимых нормативов.

В соответствии со статьей 80 Закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» планирование в области охраны окружающей среды и рационального природопользования осуществляется путем разработки:

– территориальных комплексных схем рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды;

– программ рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды;

– мероприятий по рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей среды.

Территориальные комплексные схемы рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды разрабатываются в целях подготовки долгосрочных прогнозов в области охраны окружающей среды, которые определяют комплекс мероприятий по восстановлению, сохранению и улучшению качества окружающей среды, рациональному использованию природных ресурсов и сохранению биологического разнообразия.

Территориальные комплексные схемы рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды разрабатываются для конкретных территорий с учетом генеральной схемы расселения, схем развития производительных сил и социальной сферы.

Разработка программ рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды осуществляется в целом по республике, в пределах административно-территориальных единиц, а также по отраслям экономики в целях обеспечения благоприятной окружающей среды и выбора способов природопользования, обеспечивающих минимально возможный уровень вредного воздействия на окружающую среду, сохранение и воспроизводство природных ресурсов. Разработка отраслевых программ рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды осуществляется соответствующими республиканскими органами государственного управления и объединениями (учреждениями), подчиненными Совету Министров Республики Беларусь, по согласованию с Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. Так, Приказом Министерства архитектуры и

строительства Республики Беларусь в 2006 году утверждена Программа по выполнению «Национального плана действий по рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей среды Республики Беларусь на 2006 – 2010 годы» в системе Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь на 2006 – 2010 годы.

Разработка мероприятий по рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей среды осуществляется на основе утвержденных государственных программ социально-экономического развития Республики Беларусь, государственных и отраслевых программ рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды, республиканских, областных и иных комплексных схем охраны окружающей среды. Указанные программы и схемы согласовываются с Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь или его территориальными органами. Разработка природоохранных программ и мероприятий в пределах административно-территориальных единиц осуществляется соответствующими местными Советами депутатов, исполнительными и распорядительными органами по согласованию с территориальными органами Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. Мероприятия по охране окружающей среды также обязаны планировать, разрабатывать и осуществлять юридические лица и индивидуальные предприниматели, ведущие хозяйственную и иную деятельность, оказывающую вредное воздействие на окружающую среду.

## **Стандартизация в области охраны окружающей среды и использования природных ресурсов.**

Стандартизация – деятельность по установлению технических требований в целях их всеобщего и многократного применения в отношении постоянно повторяющихся задач, направленная на достижение оптимальной степени упорядочения в области разработки, производства, эксплуатации (использования), хранения, перевозки, реализации и утилизации продукции или оказания услуг.

Стандартизация в области охраны окружающей среды – это разработка и внедрение в практику научно обоснованных, обязательных для выполнения технических требований и норм (стандартов), регламентирующих хозяйственную деятельность человека по отношению к окружающей среде и основывается на принципах:

- системного подхода и соблюдения единого порядка разработки, согласования и утверждения государственных стандартов в области охраны окружающей среды;

- предположении об экологической опасности планируемой хозяйственной или иной деятельности;

- научно обоснованного сочетания экологических, экономических, социальных интересов граждан, общества и государства в целях обеспечения благоприятной окружающей среды.

Государственные стандарты в области охраны окружающей среды разрабатываются с учетом действующего законодательства Республики Беларусь об охране окружающей среды, научно-технических достижений и требований международных правил.

Стандарты в области охраны окружающей среды направлены на обеспечение:

- сохранения благоприятной окружающей среды и экологической безопасности;

- сохранения равновесия между развитием производства и устойчивостью окружающей среды;

- рационального использования природных ресурсов;

- сохранения и восстановления биологического разнообразия;

- совершенствования правил поведения хозяйственной и иной деятельности в части минимизации вредного воздействия на окружающую среду;

– гармонизация с принятыми в мировом сообществе методами и практикой стандартизации в области охраны окружающей среды;

– выполнения принятых в Республике Беларусь обязательств по природоохранным конвенциям и соглашениям, иным международным договорам Республики Беларусь;

– предупреждения действий, вводящих в заблуждение потребителей продукции, а также выполняемых работ и услуг в области охраны окружающей среды относительно экологической безопасности;

– защиты жизни, здоровья, имущества и наследственности человека и охраны окружающей среды;

– устранения технических барьеров в торговле;

– повышения конкурентоспособности продукции и услуг в области охраны окружающей среды.

Система стандартов в области охраны окружающей среды:

– охватывает все компоненты природной среды, природоохранную деятельность, гидрометеорологическую деятельность и деятельность по геологическому изучению недр;

– состоит из взаимосвязанных стандартов, направленных на охрану окружающей среды, сохранение, восстановление и рациональное использование природных ресурсов, систематизированных по блокам.

Каждый блок включает в себя стандарты, устанавливающие требования к различным объектам стандартизации в области охраны окружающей среды.

Основными задачами системы стандартов в области охраны природы являются:

– установление единой терминологии в области охраны окружающей среды

– совершенствование организационной структуры стандартизации в области охраны окружающей среды;

– обеспечение сохранности природных комплексов;

– содействие восстановлению и рациональному использованию природных ресурсов;

– содействие сохранению равновесия между развитием производства и устойчивостью окружающей природной среды;

– совершенствование управления качеством окружающей природной среды в интересах человечества.

Со стандарта СТБ 17.00.00-01-2008 в республике начался пересмотр государственных стандартов в области охраны природы 17-й серии, утвержденных в 70 - 80-е годы прошлого столетия.

При формировании предложений по разработке государственных стандартов в области охраны окружающей среды и природопользования предпочтение отдается тем, которые основаны на применении международных и национальных стандартов Российской Федерации и стран Европейского союза. При этом разработка оригинальных стандартов возможна лишь в случае отсутствия аналогичных международных документов.

СТБ 17.00.00-01-2008 устанавливает основные положения системы стандартов в области охраны окружающей среды, природопользования и гидрометеорологической деятельности, направленных на охрану окружающей среды и улучшение использования природных ресурсов, определяет объекты стандартизации в области охраны окружающей среды и классификацию стандартов в данной сфере.

Система стандартов в области охраны окружающей среды охватывает все компоненты природной среды, природоохранную деятельность, гидрометеорологическую деятельность, деятельность по геологическому изучению недр и состоит из взаимосвязанных стандартов, направленных на охрану окружающей среды, сохранение, восстановление и рациональное использование природных ресурсов, систематизированных по блокам:

- общие природоохранные требования;
- общие технические требования;
- физические факторы;
- земли (в том числе почвы);
- недра;
- растительный мир;
- гидросфера;
- животный мир;
- атмосферный воздух;
- воздействие на климат;
- гидрометеорологическая деятельность;
- отходы;
- территории;
- аналитический контроль и мониторинг;



- продукция, процессы ее жизненного цикла или услуги;
- базы данных;
- генетически измененные организмы;
- другие объекты.

В зависимости от характера стандартизуемого объекта стандарты, входящие в один блок ТНПА в области охраны окружающей среды и природопользования, подразделяются на группы, в которые в свою очередь входят стандарты, устанавливающие технические требования по компонентам природной среды. Необходимо отметить, что при разработке ТНПА на основе стандартов международных и региональных организаций по стандартизации их обозначение и наименование должны приводиться с учетом требований существующей системы государственных стандартов в области охраны окружающей среды и природопользования согласно СТБ 17.00.00-01-2008 «Охрана окружающей среды и природопользование. Система стандартов в области окружающей среды и природопользования. Основные положения» и ТКП 1.9-2007 «Система технического нормирования и стандартизации Республики Беларусь. Правила принятия международных, региональных и национальных стандартов других государств в качестве государственных стандартов».

К настоящему времени созданы стандарты качества воздушной среды по 1080 загрязнителям, для защиты питьевой воды – по 1373 соединениям, для ведения рыбного хозяйства – по 972 соединениям и для защиты рекреационных водных источников – по 14 соединениям. Количество же одновременно присутствующих веществ и сочетаний только в атмосфере достигает величины 110<sup>60</sup>, что реально не может быть охвачено традиционной системой контроля. Кроме того, разработка экологических стандартов представляет собой длительный и дорогостоящий процесс. Представляется возможным и эффективным использование в странах СНГ нормативов, принятых в Европейском сообществе.

## **Международная система стандартов ИСО серии 14000 «Системы управления окружающей средой»**

Особое место в системе стандартизации Беларуси занимает международный стандарт ISO 14000.

Международный стандарт ISO 14000 устанавливает требования к системе экологического менеджмента в организации (предприятий или компаний), чтобы дать возможность организации разработать и реализовать политику и достичь целей, которые учитывают законодательные и нормативные требования, а также информацию о значительных экологических аспектах. Он предназначен для применения организациями всех типов и размеров, независимо от различий в географических, культурных и социальных условиях. Основным предметом ISO 14000 является система экологического менеджмента, которая служит для организаций «*to do as you would be done by*» (способом действий), необходимым для достижения целей экологической деятельности и поэтапного решения конкретных задач.

Ключевым понятием серии ISO 14000 является система менеджмента окружающей среды (СМОС) в организации (на предприятии или в компании).

Философия стандарта ISO 14000 - «через организацию высокого уровня качества собственного производства и вовлечение в этот круг все большего числа партнеров повышать качество жизни общества в целом».

Стандарты ISO 14000 являются «добровольными». Они не заменяют законодательных требований, а обеспечивают систему определения того, каким образом компания влияет на окружающую среду и как выполняются требования законодательства.

Организация может использовать стандарты ISO 14000 для внутренних нужд, как формат внутреннего аудита системы экологического менеджмента. Создание такой системы дает организации эффективный инструмент, с помощью которого она может управлять всей совокупностью своих воздействий на окружающую среду и приводить свою деятельность в соответствие с разнообразными требованиями. Стандарты могут использоваться и для внешних нужд, чтобы продемонстрировать клиентам и общественности соответствие системы экологического менеджмента современным требованиям.

## **Мониторинг в сфере природопользования и охраны окружающей среды**

Экологический мониторинг – это комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды (ОС), включающая в себя также оценку и прогноз изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов (ОВОС).

Мониторинг – система постоянного наблюдения за явлениями и процессами, проходящими в окружающей среде и обществе, результаты которого служат для обоснования управленческих решений по обеспечению безопасности людей и объектов экономики.

Принято выделять следующие уровни мониторинга:

- детальный;
- локальный;
- региональный;
- национальный;
- глобальный.

*Локальный мониторинг окружающей среды* – система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды в районе осуществления хозяйственной и иной деятельности, которая оказывает вредное воздействие на окружающую среду, в том числе экологически опасной деятельности, и воздействием этой деятельности на окружающую среду.

Локальный мониторинг проводится юридическими лицами за счет собственных средств.

Объектами наблюдений при проведении локального мониторинга окружающей среды являются, в том числе и земли в районе расположения выявленных или потенциальных источников их загрязнения.

В соответствии с требованиями Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь предприятия, включенные в систему локального мониторинга, осуществляют наблюдения за состоянием земель в зоне воздействия крупнейших источников загрязнения с 2008 г.

В настоящее время в соответствии с Постановлением Минприроды от 11.01.2017 №5 локальный мониторинг земель на территории

Могилевской области проводят 11 природопользователей с периодичностью 1 раз в 3 года.

В связи со спецификой производств, особенностями технологических процессов перечень параметров наблюдения земель (25 показателей: кадмий, медь, мышьяк, никель, свинец, хром, цинк, ртуть, ПАУ (16 параметров), нефтепродукты) включает наиболее опасные химические вещества, такие как тяжелые металлы, полициклические ароматические углеводороды, нефтепродукты и др. вещества.

Количество и местонахождение пунктов наблюдений локального мониторинга окружающей среды, перечень параметров, периодичность наблюдений и перечень юридических лиц, осуществляющих проведение локального мониторинга земель.

*Региональный мониторинг* – это состояние окружающей среды в пределах того или иного региона. Региональный мониторинг — система наблюдений на региональном уровне за изменениями окружающей среды в процессе природопользования, особенно в интенсивно осваиваемых районах (его часто называют хозяйственным).

На региональном уровне экологический мониторинг и контроль обычно вменяется в обязанность:

- Комитету по экологии (наблюдения и контроль за выбросами и сбросами действующих предобязанность);

- Комитету по гидрометеорологии и мониторингу (импактный, региональный и отчасти фоновый мониторинг);

- Санитарно-эпидемиологической службе Минздрава (состояние рабочих, селитебных и рекреационных зон, качество питьевой воды и продуктов питания);

- Министерству природных ресурсов (прежде всего, геологические и гидрогеологические наблюдения);

- предприятиям, осуществляющим выбросы и сбросы в окружающую среду (наблюдение и контроль за собственными выбросами и сбросами);

- различным ведомственным структурам (подразделениям Минсельхозпрода, МЧС, Минтопэнерго, предприятиям водно-канализационного хозяйства и прочие).

Региональный мониторинг осуществляют работники гидрометеорологической, гидрохимической, агрохимической, лесоустроительной, сейсмологической и других служб. Объектами мониторинга служат исчезающие виды растений и животных, агро- и природные

экосистемы. Характеризуемыми показателями регионального мониторинга являются – радиационный баланс, тепловой перегрев, глобальные балансы  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$  загрязнение атмосферы, больших рек и водоемов, загрязнения почв, функциональная структура природных экосистем и ее нарушения, популяционное состояние растений и животных, урожайность сельскохозяйственных культур.

При разработке проекта регионального экологического мониторинга необходима следующая информация:

Источники поступления загрязняющих веществ в окружающую природную среду – выбросы загрязняющих веществ в атмосферу промышленными, энергетическими, транспортными и другими объектами; сбросы сточных вод в водные объекты; поверхностные смывы загрязняющих и биогенных веществ в поверхностные воды суши и моря; внесение на земную поверхность и (или) в почвенный слой загрязняющих и биогенных веществ вместе с удобрениями и ядохимикатами при сельскохозяйственной деятельности; места захоронения и складирования промышленных и коммунальных отходов; техногенные аварии, приводящие к выбросу в атмосферу опасных веществ и (или) разливу жидких загрязняющих и опасных веществ и т. д.

Переносы загрязняющих веществ – процессы атмосферного переноса; процессы переноса и миграции в водной среде;

Процессы ландшафтно-геохимического перераспределения загрязняющих веществ – миграция загрязняющих веществ по почвенному профилю до уровня грунтовых вод; миграция загрязняющих веществ по ландшафтно-геохимическому сопряжению с учетом геохимических барьеров и биохимических круговоротов; биохимический круговорот и т. д.;

Данные о состоянии антропогенных источников эмиссии – мощность источника эмиссии и месторасположение его, гидродинамические условия поступления эмиссии в окружающую среду.

В зоне влияния источников эмиссии организуется систематическое наблюдение за следующими объектами и параметрами окружающей природной среды.

Атмосфера: химический и радионуклидный состав газовой и аэрозольной фазы воздушной сферы; твердые и жидкие осадки (снег, дождь) и их химический и радионуклидный состав; тепловое и влажностное загрязнение атмосферы.

Гидросфера: химический и радионуклидный состав среды поверхностных вод (реки, озера, водохранилища и т. Д.), грунтовых вод, взвесей и данных отложений в природных водостоках и водоемах; тепловое загрязнение поверхностных и грунтовых вод.

Почва: химический и радионуклидный состав деятельного слоя почвы.

Биота: химическое и радиоактивное загрязнение сельскохозяйственных угодий, растительного покрова, почвенных зооценозов, наземных сообществ, домашних и диких животных, птиц, насекомых, водных растений, планктона, рыб.

Урбанизованная среда: химический и радиационный фон воздушной среды населенных пунктов; химический и радионуклидный состав продуктов питания, питьевой воды и т.д.

Целесообразна и эффективна методология регионального экологического мониторинга, включающая использование данных, собранных на земле (сбор образцов, анализ химическими, спектральными, хроматографическими и другими методами), с воздуха (систематические разведывательные полеты на легких самолетах) и из космоса (передача визуальных, цифровых материалов спутниковыми системами). Для контроля за состоянием природной среды используют оптическую и радиолокационную аппаратуру, с помощью которой можно определить содержание в атмосфере на разных высотах CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> и др. Для исследования содержания аэрозолей в воздухе используют и лазерные устройства дифференцированного сканирования.

В рамках многоуровневой системы эффективно дифференцировать анализируемые показатели на подсистемы.

Классификация систем мониторинга по методам наблюдения:

– эколого-аналитического мониторинга: мониторинга за содержанием загрязняющих веществ в воздухе, воде, почве с применением физических, химических и физико-химических методов Анализа;

– химический мониторинг – наблюдения за химическим составом (природного и антропогенного происхождения) атмосферы, осадков, поверхностных и подземных вод, вод океанов и морей, почв, донных отложений, растительности, животных;

– физический мониторинг – система наблюдений за влиянием физических процессов и явлений на окружающую среду;

– биологический мониторинг – осуществляемый с помощью биоиндикаторов;

– экобиохимический мониторинг – мониторинг, базирующийся на оценке двух составляющих окружающей среды (химической и Биологической).

Виды и подсистемы экологического мониторинга:

– геофизический мониторинг (анализ данных по загрязнению, мутности атмосферы, исследует метеорологические и гидрологические данные среды, а также изучает элементы неживой составляющей биосферы, в том числе и объектов, созданных человеком);

– климатический мониторинг (служба контроля и прогноза колебаний климатической системы. Охватывает ту часть биосферы, которая влияет на формирование климата: атмосферу, океан, ледяной покров и др. Климатический мониторинг тесно смыкается с гидрометеорологическими наблюдениями.);

– биологический мониторинг (основанный на наблюдении за реакцией живых организмов на загрязнение окружающей среды);

– мониторинг здоровья населения (система мероприятий по наблюдению, анализу, оценке и прогнозу состояния физического здоровья населения) и др.

Информация о состоянии окружающей среды, полученная в системе экологического мониторинга, используется системой управления для предотвращения или устранения негативной экологической ситуации, для оценки неблагоприятных последствий изменения состояния окружающей среды, а также для разработки прогнозов социально-экономического развития, разработки программ в области экологического развития и охраны окружающей среды.

В системе управления можно также выделить три подсистемы:

– принятие решения (специально уполномоченный государственный орган),

– управление выполнением решения (например, администрация предприятий),

– выполнение решения с помощью различных технических или иных средств.

Подсистемы экологического мониторинга различаются по объектам наблюдения. Поскольку компонентами окружающей среды являются воздух, вода, минерально-сырьевые и энергетические ресурсы, биоресурсы, почвы и др., то выделяют соответствующие им

подсистемы мониторинга. Однако, подсистемы мониторинга не имеют единой системы показателей, единого районирования территорий, единства в периодичности отслеживая и др., что делает невозможным принятие адекватных мер при управлении развитием и экологическим состоянием территорий. Поэтому при принятии решений важно ориентироваться не только на данные «частных систем» мониторинга (гидрометеослужбы, мониторинга ресурсов, социально-гигиенического, биоты и др.), а создавать на их основе комплексные системы экологического мониторинга.

В настоящий момент данные для экомониторинга получают при помощи систем наземного и просто дистанционного зондирования.

Мониторинг проводят, руководствуясь некой программой, в которую входят следующие ключевые элементы:

- собственно объекты, находящиеся под контролем;
- перечень контрольных показателей и их допустимых значений;
- временные масштабы.

Экологический мониторинг необходим для того, чтобы осуществлять контроль за экологическим состоянием окружающей среды в тех областях, где на нее оказывают воздействие какие-либо объекты в процессе строительства или непосредственной эксплуатации. Задачей мониторинга является не только определение текущей ситуации, но также прогноз дальнейших изменений и разработка мер, необходимых для улучшения показателей и выявления чрезвычайных ситуаций по загрязнению окружающей природной среды.

Системы наземного дистанционного наблюдения. В настоящее время в программах мониторинга помимо традиционного «ручного» пробоотбора сделан упор на сбор данных с использованием электронных измерительных устройств дистанционного наблюдения в режиме реального времени.

Использование электронных измерительных устройств дистанционного наблюдения проводят, используя подключения к базовой станции либо через телеметрической сети, либо через наземные линии, сотовые телефонные сети или другие телеметрические системы.



Преимуществом дистанционного наблюдения является то, что в одной базовой станции для хранения и анализа могут использоваться многие каналы данных. Это резко повышает оперативность мониторинга при достижении пороговых уровней контролируемых показателей, например, на отдельных участках контроля. Такой подход позволяет по данным мониторинга предпринять немедленные действия, если пороговый уровень превышен.

Использование систем дистанционного наблюдения требует установки специального оборудования (датчиков мониторинга), которые обычно маскируются для снижения вандализма и воровства, когда мониторинг проводится в легко доступных местах.

В программах мониторинга широко задействовано дистанционное зондирование окружающей среды с использованием самолетов или спутников, снабженных многоканальными датчиками. Пассивное обнаружение земного излучения, испускаемого или отраженного от объекта или в окрестностях наблюдения. Наиболее распространенным источником излучения является отраженный солнечный свет, интенсивность которого измеряется пассивными датчиками. Датчики дистанционного зондирования окружающей среды настроены на конкретные длины волн – от далекого инфракрасного, до далекого ультрафиолета, включая и частоты видимого света. Громадные объемы данных, которые собираются при дистанционном зондировании окружающей среды требуют мощной вычислительной поддержки. Это позволяет проводить анализ слабоотличающихся различий в радиационных характеристиках среды в данных дистанционного зондирования, успешно исключать шумы и «ложные цветные изображения». При нескольких спектральных каналах удается усилить контрасты, которые незаметны для человеческого глаза. В частности, при задачах мониторинга биоресурсов можно различать тонкие отличия изменения концентрации в растениях хлорофилла, обнаружив области с различием питательных режимов.

При активном дистанционном зондировании со спутника или самолёта излучается поток энергии и используется пассивный датчик для обнаружения и измерения излучения, отраженного или рассеянного объектом изучения. Для получения информации о топографических характеристиках исследуемой области часто используется ЛИДАР, что особенно эффективно, когда территория велика и ручная съемка будет дорогостояща.

Дистанционное зондирование позволяет собирать данные об опасных или труднодоступных районах. Применение дистанционного зондирования включают мониторинг лесов, последствия действия изменения климата на ледники Арктики и Антарктики, исследованиях прибрежных и океанских глубин.

Данные с орбитальных платформ, полученные из различных частей электромагнитного спектра в сочетании с наземными данными, представляет информацию для контроля тенденций проявления долгосрочных и краткосрочных явлений, природных и антропогенных. Другие области применения включают управление природными ресурсами, планирование использования земли, а также различные области наук о Земле.

Интерпретации данных экологических мониторинга, даже полученных от хорошо продуманной программы, является часто неоднозначной. Часто имеются результаты анализа или «предвзятых результатов» мониторинга, или достаточно спорное использование статистики, чтобы продемонстрировать правильность той или иной точки зрения. Это хорошо видно, например, в трактовке глобального потепления, где сторонники утверждают, что  $\text{CO}_2$  уровни увеличились на 25 % за последние сто лет, в то время как противники утверждают, что уровень  $\text{CO}_2$  только поднялся на один процент.

В программах мониторинга окружающей среды разработан ряд показателей качества, чтобы интегрировать значительные объемы обрабатываемых данных, классифицировать их и интерпретировать смысл интегральных оценок. Так, например, в Великобритании используется система GQA. Эти общие оценки качества классифицируют реки на шесть групп по химическим критериям и биологическим критериям.

Для принятия решений пользоваться оценкой в системе GQA более удобно, чем множеством частных показателей.

Научно обоснованный мониторинг среды осуществляется в соответствии с Программой, включающей цели организации, конкретные стратегии его проведения и механизмы реализации, которыми являются:

- перечень объектов, находящихся под контролем с их строгой территориальной привязкой (хорологическая организация мониторинга);

– перечень показателей контроля и допустимых областей их изменения (параметрическая организация мониторинга);

– временные масштабы – периодичность отбора проб, частота и время представления данных (хронологическая организация мониторинга).

Кроме того, в приложении в Программе мониторинга должны присутствовать схемы, карты, таблицы с указанием места, даты и методы отбора проб и представления данных.

### **Учет в области охраны окружающей среды и использования природных ресурсов**

Порядок государственного учета в области охраны окружающей среды утвержден постановлением Совета Министров Республики Беларусь. Государственный учет ведется Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды и его территориальными органами посредством учета природопользователей в базе данных государственного учета. База данных формируется в виде электронного документа, содержащего информацию о природопользователях, месте нахождения, проектировании, строительстве, реконструкции, эксплуатации и выводе из эксплуатации объектов природопользователей, их количественной и качественной характеристике, об оценке вредного воздействия деятельности на окружающую среду и другие сведения, предусмотренные в структуре базы данных. При постановке на государственный учет каждому природопользователю присваивается учетный номер. Включение природопользователей в базу данных осуществляется:

– при согласовании акта выбора места размещения земельного участка;

– выдаче положительного заключения государственной экологической экспертизы проектов;

– выдаче разрешений на выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, на специальное водопользование, на хранение и захоронение отходов производства, комплексных природоохранных разрешений;

– выдаче специальных разрешений (лицензии) на осуществление деятельности, связанной с воздействием на окружающую среду;

– осуществлении государственного контроля в области охраны окружающей среды.

Государственный учет используемых природных ресурсов ведется в форме кадастров. В соответствии со ст. 1 Закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» государственный кадастр природных ресурсов представляет собой систематизированный свод данных о количественных и качественных характеристиках природных ресурсов, их экономической оценке и использовании, т. е. является источником информации о природных ресурсах. Данные кадастров учитываются органами государственного управления в процессе принятия решений, касающихся использования природных ресурсов, прогнозирования их изменения под влиянием деятельности человека и осуществления необходимых мер охраны.

В соответствии со ст. 72 Закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» в республике ведутся следующие государственные кадастры природных ресурсов:

- государственный земельный кадастр;
- государственный кадастр недр;
- государственный водный кадастр;
- государственный кадастр атмосферного воздуха;
- государственный лесной кадастр;
- государственный кадастр растительного мира;
- государственный кадастр животного мира;
- государственный климатический кадастр;
- государственный кадастр отходов.

Порядок ведения каждого вида государственного кадастра природных ресурсов и иных названных выше кадастров определяется соответствующим положением, утвержденным Советом Министров Республики Беларусь.

Учету в области охраны окружающей среды и использования природных ресурсов подлежат действия загрязняющих веществ на используемые природные ресурсы. Также учету подлежат предприятия, юридические лица, индивидуальные предприниматели, хозяйственная и иная деятельность которых оказывает вредное воздействие на окружающую среду, в том числе осуществляющие экологически опасную деятельность.

К видам вредных воздействий на окружающую среду, подлежащим государственному учету, относятся как воздействия, непосредственно оказываемые хозяйственной и иной деятельностью в районе размещения объекта (выбросы, сбросы загрязняющих веществ в окружающую среду, вредные физические воздействия на компоненты природной среды и др.), так и косвенные воздействия, т.е. вызываемые опосредованными (вторичными) факторами, возникающими вследствие эксплуатации объекта (изменение биологического разнообразия, переход загрязняющих веществ из одного компонента природной среды в другие компоненты и т. д.).

Законодательством предусмотрено, что в области охраны окружающей среды осуществляется как государственный учет, так и учет, проводимый юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями при осуществлении хозяйственной и иной деятельности.

### **Лицензирование в области использования природных ресурсов и охраны окружающей среды**

Лицензирование в рассматриваемой области представляет собой разрешительный порядок осуществления определенных законодательством видов деятельности в сфере экологических правоотношений, комплекс реализуемых государством мер, связанных с выдачей лицензий, их дубликатов, внесением изменений и (или) дополнений в лицензии, приостановлением, возобновлением, продлением срока действия лицензий, прекращением их действия, контролем за соблюдением лицензиатами при осуществлении лицензируемых видов деятельности соответствующих лицензионных требований и условий. Лицензирование можно рассматривать как форму контроля за рациональным использованием природных ресурсов и охраной окружающей среды в процессе хозяйственной деятельности.

В соответствии с Декретом Президента Республики Беларусь от 14 июля 2003 г., № 17 «О лицензировании отдельных видов деятельности» в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов лицензированию подлежат следующие виды деятельности:

- ведение рыболовного хозяйства;
- ведение охотничьего хозяйства;

- деятельность по заготовке и переработке древесины;
- деятельность, связанная с осуществлением контроля радиоактивного загрязнения;
- деятельность в области промышленной безопасности;
- деятельность, связанная с использованием природных ресурсов и воздействием на окружающую среду.

Выдача специальных разрешений (лицензий) на указанные виды деятельности производится в соответствии с Декретом Президента Республики Беларусь от 14 июля 2003 г., № 17 и Положениями, утвержденными Советом Министров Республики Беларусь по каждому из указанных видов деятельности.

Лицензирование ведения рыболовного хозяйства осуществляется Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. Лицензия может быть выдана только юридическому лицу сроком на 10 лет.

Для получения лицензии соискатель лицензии дополнительно к документам, указанным в Положении о лицензировании отдельных видов деятельности, утвержденном Декретом Президента Республики Беларусь от 14 июля 2003 г., № 17, должен представить в Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь копию договора аренды рыболовных угодий, заключенного соискателем лицензий с местными исполнительными и распорядительными органами. Следует отметить, что выдача лицензии на ведение рыболовного хозяйства согласовывается с Государственной инспекцией охраны животного и растительного мира при Президенте Республики Беларусь.

Лицензирование ведения охотничьего хозяйства осуществляется Министерством лесного хозяйства Республики Беларусь. Лицензия выдается только юридическому лицу сроком на 10 лет.

Для получения лицензии соискатель лицензии наряду с документами, определенными Положением о лицензировании отдельных видов деятельности, утвержденным Декретом Президента Республики Беларусь от 14 июля 2005 г., № 17, представляет в Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь копию решения местного Совета депутатов о передаче в аренду охотничьих угодий, карту-схему охотничьих угодий и копию договора аренды охотничьих угодий, заключенного в установленном порядке соискателем лицензии с местным исполнительным и распорядительным органом,

а также копию штатного расписания. Следует отметить, что выдача лицензии на ведение охотничьего хозяйства согласовывается с Государственной инспекцией охраны животного и растительного мира при Президенте Республики Беларусь.

Лицензирование деятельности по заготовке и переработке древесины осуществляется Министерством лесного хозяйства Республики Беларусь. Лицензия выдается только юридическим лицам сроком на 5 лет.

Лицензионными требованиями и условиями, предъявляемыми к соискателю лицензии, является наличие технических средств, а также квалифицированных работников. При осуществлении деятельности по заготовке древесины необходимо также:

- применение техники и технологий, обеспечивающих максимальное сохранение верхнего плодородного (перегнойного) слоя почвы, биологического разнообразия и своевременное воспроизводство лесов;

- соблюдение правил пожарной безопасности, проведение в местах работ противопожарных мероприятий, а в случае возникновения лесного пожара – оповещение о нем государственной лесной охраны и оказание содействия в его тушении;

- обеспечение сохранности семенных групп и других, не подлежащих рубке деревьев, подроста, сохранение которых предусмотрено в лесорубочном билете (ордере);

- оказание услуг по заготовке древесины юридическим лицам, ведущим лесное хозяйство, и другим лесопользователям;

- недопущение действий, повлекших возникновение непосредственной угрозы жизни и здоровью граждан, проживающих в зоне ведения лесозаготовительных работ (нарушение сооружений нефтегазопроводов, линий электропередачи);

- предоставление Министерству лесного хозяйства Республики Беларусь достоверных первичных статистических данных о заготовке древесины.

Лицензирование деятельности, связанной с осуществлением контроля радиоактивного загрязнения, проводится Министерством по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь.

Под лицензируемой деятельностью понимается радиационное обследование территорий, лесных и водных массивов, зданий и со-

оружений, оборудования, транспорта, промышленных, сельскохозяйственных, гражданских и других объектов, определение содержания радионуклидов в сельскохозяйственной и промышленной продукции, продукции лесного хозяйства, строительных материалах, пищевых продуктах, питьевой воде, лекарственно-техническом сырье, коммунальных отходах, поверхностного загрязнения, мощности дозы гамма-излучения. Лицензия может быть выдана как юридическому лицу, так и индивидуальному предпринимателю сроком на 5 лет.

Лицензирование деятельности в области промышленной безопасности осуществляется Министерством по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. Лицензия может быть выдана как юридическому лицу, так и индивидуальному предпринимателю сроком на 5 лет. Следует отметить, что деятельность в области промышленной безопасности включает в себя достаточно широкий перечень работ и услуг. К лицензированию в области использования природных ресурсов и охраны окружающей среды относятся следующие работы и услуги:

- утилизация (переработка), хранение и захоронение радиоактивных отходов, отработавшего ядерного топлива;
- добыча полезных ископаемых (кроме торфа и сапропелей).

Лицензионные требования и условия, предъявляемые к соискателю лицензии при ее выдаче, лицензиату при осуществлении им лицензируемой деятельности:

- наличие в штате соответствующих специалистов, прошедших подготовку и проверку знаний в установленном порядке;
- наличие производственного контроля за соблюдением промышленной безопасности, организованного в установленном порядке;
- наличие организационных и технических возможностей осуществлять лицензируемую деятельность в соответствии с требованиями актов законодательства и др.

Лицензирование деятельности, связанной с использованием природных ресурсов и воздействием на окружающую среду, осуществляет Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. Лицензия может быть выдана как юридическому лицу, так и индивидуальному предпринимателю сроком на 5 лет.



Данный вид лицензируемой деятельности включает следующие составляющие работы и услуги:

- обращение с озоноразрушающими веществами (производство, купля (продажа), хранение, утилизация, рециклинг, обезвреживание и т. п.);

- геологическое изучение недр (комплекс исследовательских и прикладных работ, проводимых в целях уяснения строения земной коры и протекающих в ней процессов, поиска и разведки полезных ископаемых, строительства и (или) эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых);

- добыча торфа или сапропелей;

- бурение скважин на воду глубиной более 20 метров;

- использование отходов 1–3-го классов опасности, обезвреживание отходов;

- экологический аудит.

Общим требованием, предъявляемым к лицензиату, является требование об осуществлении деятельности в соответствии с нормативными правовыми актами, а также техническими нормативными правовыми актами. К лицензиату предъявляются также лицензионные требования и условия, которые зависят от вида работ или услуг, входящих в рассматриваемый вид деятельности.

## **Оценка воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной и иной деятельности**

*Оценка воздействия на окружающую среду* – это определение при разработке предпроектной (предынвестиционной), проектной документации возможного воздействия на окружающую среду при реализации проектных решений, предполагаемых изменений окружающей среды, прогнозирование ее состояния в будущем в целях принятия решения о возможности или невозможности реализации проектных решений, а также определение необходимых мероприятий по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов.

Основу нормативно-правового обеспечения оценки воздействия на окружающую среду в Республике Беларусь составляют:

- Конституция Республики Беларусь;
- Конвенция «Об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте» (Конвенция Эспо);
- Конвенция «О доступе к информации, участии общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды» (Орхусская Конвенция);
- Закон Республики Беларусь «Об охране окружающей среды»;
- Закон Республики Беларусь «О государственной экологической экспертизе, стратегической экологической оценке и оценке воздействия на окружающую среду» от 18 июля 2016 г. № 399-З;
- Положение о порядке проведения государственной экологической экспертизы, в том числе требованиях к составу документации, представляемой на государственную экологическую экспертизу, заключению государственной экологической экспертизы, порядку его утверждения и (или) отмены, особых условиях реализации проектных решений, а также требованиях к специалистам, осуществляющим проведение государственной экологической экспертизы. Утв. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19.01.2017 №47;
- Положение о порядке проведения оценки воздействия на окружающую среду, требованиях к составу отчета об оценке воздействия на окружающую среду, требованиях к специалистам, осуществляющим проведение оценки воздействия на окружающую

среду. Утв. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19.01.2017 №47;

- Положение о порядке организации и проведения общественных обсуждений проектов экологически значимых решений, отчетов об оценке воздействия на окружающую среду, учета принятых экологически значимых решений. Утв. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 14.06.2016 №458;

- ТКП 17.02-08-2012 (02120) «Охрана окружающей среды и природопользование. Правила проведения оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) и подготовки отчета».

Оценка воздействия на окружающую среду проводится при разработке предпроектной (предынвестиционной), проектной документации по планируемой хозяйственной и иной деятельности в отношении объектов, перечень которых приведен в ст. 7 Закона Республики Беларусь *«О государственной экологической экспертизе, стратегической экологической оценке и оценке воздействия на окружающую среду»*.

К таким объектам относятся:

1. объекты, у которых базовый размер санитарно-защитной зоны составляет 300 метров и более, за исключением объектов сельскохозяйственного назначения, на которых не планируется осуществлять экологически опасную деятельность;

2. объекты промышленности, у которых базовый размер санитарно-защитной зоны не установлен;

3. объекты производства энергии (например, атомные электростанции; тепловые электростанции и другие установки для сжигания топлива установленной суммарной (тепловой и электрической) мощностью 100 мегаватт и более; другие);

4. объекты водохозяйственной деятельности (искусственные водоемы с площадью поверхности более 50 гектаров; водозаборы подземных вод производительностью 5 тысяч кубических метров в сутки и более и другие объекты);

5. объекты добычи полезных ископаемых (например, объекты добычи торфа; объекты добычи нефти объемом 5 тысяч тонн в год и более из одной скважины; объекты добычи полезных ископаемых подземным способом при общем объеме извлекаемой горной породы 250 тысяч кубических метров в год и более);

6. объекты обращения с отходами (например, объекты, на которых осуществляются обезвреживание, переработка, хранение и (или) захоронение радиоактивных отходов; объекты, на которых осуществляются хранение, использование, обезвреживание и захоронение отходов);

7. объекты развития инфраструктуры (например, республиканские автомобильные дороги, железнодорожные линии, аэродромы и аэропорты с основной взлетно-посадочной полосой 1500 метров и более; магистральный трубопроводный транспорт с диаметром трубопроводов 500 миллиметров и более).

ОВОС проводится заказчиками, проектными организациями в целях:

1. всестороннего рассмотрения возможных последствий в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов и связанных с ними социально-экономических последствий планируемой деятельности для окружающей среды до принятия решения о ее реализации;

2. поиска обоснованных с учетом экологических и экономических факторов проектных решений, способствующих предотвращению или минимизации возможного воздействия планируемой деятельности на окружающую среду и здоровье человека;

3. принятия эффективных мер по минимизации вредного воздействия планируемой деятельности на окружающую среду и здоровье человека;

4. определения возможности (невозможности) реализации планируемой деятельности на конкретном земельном участке.

Основными условиями ОВОС являются:

- превентивность, означающая проведение ОВОС до принятия решения о реализации планируемой деятельности и использование результатов этой оценки при разработке проектных решений для обеспечения экологической безопасности;

- презумпция потенциальной экологической опасности планируемой деятельности;

- альтернативность вариантов размещения и (или) реализации планируемой деятельности, включая отказ от ее реализации (нулевая альтернатива);

- учет суммарного воздействия на окружающую среду осуществляемой деятельности и планируемой деятельности;

- своевременность и эффективность информирования общественности, гласность и учет общественного мнения по вопросам воздействия планируемой деятельности на окружающую среду;

- объективность и научная обоснованность при подготовке отчета об ОВОС;

- достоверность и полнота информации, используемой для принятия обоснованных решений с учетом экологической и экономической эффективности и принципов устойчивого развития.

*Основными этапами ОВОС являются (Рисунок 3.2.1):*

– разработка и утверждение программы проведения оценки воздействия на окружающую среду;

– проведение международных процедур в случае возможного значительного вредного трансграничного воздействия планируемой деятельности;

– разработка отчета об оценке воздействия на окружающую среду;

– проведение общественных обсуждений отчета об ОВОС, в том числе в случае возможного трансграничного воздействия планируемой деятельности с участием затрагиваемых сторон (при подтверждении участия);

– в случае возможного трансграничного воздействия планируемой деятельности проведение консультаций с затрагиваемыми сторонами по полученным от них замечаниям и предложениям по отчету об ОВОС;

– доработка отчета об ОВОС по замечаниям и предложениям общественности и затрагиваемых сторон;

– представление доработанной проектной документации по планируемой деятельности, включая отчет об ОВОС, на государственную экологическую экспертизу;

– проведение государственной экологической экспертизы проектной документации, включая отчет об ОВОС, по планируемой деятельности;

– утверждение проектной документации по планируемой деятельности, в том числе отчета об ОВОС, в установленном законодательством порядке;

– представление в случае возможного значительного вредного трансграничного воздействия планируемой деятельности утвержденного отчета об ОВОС и принятого в отношении планируемой

деятельности решения в Минприроды для информирования затрагиваемых сторон.



Рисунок 3.2.1 – Основные этапы процедуры проведения ОВОС

По результатам проведения оценки воздействия на окружающую среду разрабатывается отчет. Структура отчета об ОВОС, объем и степень детализации информации, представляемой в отчете об ОВОС, определяются в программе проведения ОВОС и должны отражать полноту проведенной ОВОС.

Отчет об ОВОС должен включать:

- резюме нетехнического характера (в виде отдельного раздела), содержащее краткую информацию о планируемой деятельности и воздействии на окружающую среду;
- сведения о заказчике планируемой деятельности;
- информацию о целях и необходимости реализации планируемой деятельности;
- описание альтернативных вариантов размещения и (или) реализации планируемой деятельности, включая отказ от ее реализации (нулевая альтернатива);
- результаты изучения существующего состояния окружающей среды, социально-экономических и иных условий на территории Республики Беларусь и затрагиваемых сторон в случае возможного значительного вредного трансграничного воздействия планируемой деятельности;
- описание основных источников и возможных видов воздействия на окружающую среду каждого из альтернативных вариантов размещения и (или) реализации планируемой деятельности;
- прогноз и оценку изменения состояния окружающей среды и социально-экономических условий в результате реализации каждого из альтернативных вариантов планируемой деятельности;
- описание мер по улучшению социально-экономических условий и предотвращению, минимизации или компенсации значительного вредного воздействия на окружающую среду в результате реализации альтернативных вариантов размещения и (или) реализации планируемой деятельности;
- прогноз возникновения вероятных чрезвычайных и запроектных аварийных ситуаций и оценку их последствий, описание мер по предупреждению таких ситуаций, реагированию на них, ликвидации их последствий;
- обоснование выбора приоритетного варианта размещения и (или) реализации планируемой деятельности из всех рассмотренных альтернативных вариантов;
- информацию об оценке возможного значительного вредного трансграничного воздействия каждого из альтернативных вариантов размещения и (или) реализации планируемой деятельности на окружающую среду каждой из затрагиваемых сторон и о предполагаемых мерах по его предотвращению, минимизации или компенсации;
- описание программ локального мониторинга окружающей

среды и послепроектного анализа при его необходимости;

– основные выводы по результатам проведения оценки воздействия;

– оценку достоверности прогнозируемых последствий реализации планируемой деятельности с указанием выявленных при проведении оценки воздействия неопределенностей.

### Экологическая экспертиза

*Государственная экологическая экспертиза* – установление соответствия планируемых проектных и иных решений, содержащихся в предпроектной (предынвестиционной), проектной и (или) иной документации, требованиям законодательства об охране окружающей среды и рациональном использовании природных ресурсов.

Государственная экологическая экспертиза проводится государственным учреждением образования «*Республиканский центр государственной экологической экспертизы и повышения квалификации руководящих работников и специалистов*» Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь на платной основе в соответствии с заключенными договорами на проведение государственной экологической экспертизы.

*Объектами государственной экологической экспертизы* являются:

- градостроительные проекты, а также изменения или дополнения, вносимые в них;

- предпроектная (предынвестиционная) документация, архитектурные и при одностадийном проектировании строительные проекты на возведение и реконструкцию объектов, для которых проводится ОВОС;

- архитектурные и при одностадийном проектировании строительные проекты на возведение, реконструкцию объектов, для которых требуется предоставление горного отвода;

- проектная документация на пользование недрами (за исключением проектной документации на геологическое изучение недр и проектной документации по объектам, для которых не требуется предоставление горного отвода), а также изменения или дополнения, вносимые в нее;



- документация на мобильные установки по использованию и (или) обезвреживанию отходов и (или) подготовке отходов к использованию, а также на мобильные установки для производства продукции;

- проекты водоохраных зон и прибрежных полос, а также изменения и (или) дополнения, вносимые в них;

- проекты охотоустройства, рыбоводно-биологические обоснования, биологические обоснования зарыбления рыболовных угодий, биологические обоснования на заготовку и (или) закупку диких животных, не относящихся к объектам охоты и рыболовства, биологические обоснования вселения диких животных в угодья, а также изменения и (или) дополнения, вносимые в них;

- лесоустроительные проекты, а также изменения и (или) дополнения, вносимые в них;

- схемы землеустройства районов, проекты внутрихозяйственного землеустройства, а также изменения и (или) дополнения, вносимые в них;

- проекты технических условий на продукцию, изготовленную из коммунальных отходов, отходов производства, а также изменения и (или) дополнения, вносимые в них (за исключением проектов технических условий, изменений и (или) дополнений, вносимых в них, когда требования безопасности и охраны окружающей среды установлены в соответствующем разделе государственного стандарта Республики Беларусь).

На государственную экологическую экспертизу по обоснованиям инвестиций в строительство, архитектурным и строительным проектам представляются заявление, общая пояснительная записка, графические материалы (генеральный план, ситуационный план размещения объекта на топографической основе с отображением ситуации в радиусе не менее 2 км (при наличии источника выбросов высотой более 40 м – в радиусе не менее 50 м), на котором указываются подлежащие изъятию земли, границы промышленной и жилой застройки, санитарно-защитных зон, прибрежных полос и водоохраных зон, особо охраняемых природных территорий, места обитания диких животных и места произрастания дикорастущих растений, относящихся к видам, включенным в Красную книгу Республики Беларусь), сводный план инженерных сетей, карта-схема источников выбросов, таксационный план, план благоустройства, план озеленения,

план покрытий, план организации рельефа и иные материалы, приложения (задание на проектирование, утвержденное установленном законодательством порядке, акт выбора месторазмещения земельного участка и акт технического обследования земельного участка, испрашиваемого к отводу из состава земель лесного фонда, утвержденные в установленном законодательством порядке, копия заключения по проектной документации органов и учреждений, осуществляющих государственный санитарный надзор в случаях, установленных законодательством, копии технических и экологических условий на проектирование, раздел проектной документации «Охрана окружающей среды», включающий все необходимые расчеты и сведения), отчет об ОВОС с материалами согласования отчета об ОВОС с затрагиваемыми сторонами, технологическая часть проекта, экологический паспорт проекта.

Срок проведения государственной экологической экспертизы не должен превышать одного месяца со дня регистрации заявления и представления всех документов.

По результатам проведенной государственной экологической экспертизы составляется заключение государственной экологической экспертизы с учетом:

- заключения общественной экологической экспертизы (при наличии);
- результатов общественных обсуждений отчета об оценке воздействия на окружающую среду по объектам, по которым требуется их проведение;
- материалов согласования отчета об оценке воздействия на окружающую среду затрагиваемыми сторонами (для планируемой на территории Республики Беларусь хозяйственной и иной деятельности, которая может оказывать трансграничное воздействие);
- экологического доклада по стратегической экологической оценке;
- условий для проектирования объекта в целях обеспечения экологической безопасности планируемой хозяйственной и иной деятельности, определенных при проведении оценки воздействия на окружающую среду.

В заключении приводятся следующие сведения:

- о заказчике и проектной организации;
- характеристика объекта;

- о согласованиях и разрешительной документации, представленных для проведения государственной экологической экспертизы;
- описание площадки, выбранной для осуществления планируемой хозяйственной и иной деятельности, место ее расположения;
- описание проектных решений, включая проектные решения по видам и объемам используемых природных ресурсов;
- описание возможного воздействия планируемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду, включая количественные и качественные показатели, а также предполагаемых изменений окружающей среды;
- описание проектных решений, направленных на предотвращение (снижение) вредного воздействия на окружающую среду;
- результаты оценки воздействия на окружающую среду;
- результаты общественных обсуждений;
- соответствие наилучшим доступным техническим методам;
- результаты научно-исследовательских работ;
- сроки реализации проектных решений;
- соблюдение режимов охраны и использования природных территорий, подлежащих особой или специальной охране;
- выполнение требований экологической безопасности при выделении очередей, пусковых комплексов, этапов в проектной документации;
- выводы о соответствии или несоответствии документации требованиям законодательства об охране окружающей среды и рациональном использовании природных ресурсов;
- особые условия реализации проектных решений (при необходимости).

Заключение подписывается уполномоченными должностными лицами, проводившими государственную экологическую экспертизу, и утверждается приказом организации, проводившей государственную экологическую экспертизу. Дата регистрации приказа об утверждении заключения является датой начала действия заключения.

Заключение может быть положительным либо отрицательным. Положительное заключение может содержать особые условия реализации проектных решений.

При получении отрицательного заключения заказчик или проектная организация обязаны при доработке документации учесть выводы, указанные в данном заключении, и представить документацию повторно для проведения государственной экологической экспертизы, в случае если заказчик планируемой хозяйственной и иной деятельности не отказался от ее реализации.

**Общественная экологическая экспертиза** – установление соответствия или несоответствия градостроительной, предпроектной (предынвестиционной), проектной документации требованиям законодательства об охране окружающей среды и рациональном использовании природных ресурсов, а проектных решений, содержащихся в предпроектной (предынвестиционной) документации, градостроительных проектах, – регламентам градостроительного развития и использования территорий.

**Инициаторы общественной экологической экспертизы** – зарегистрированные в Республике Беларусь общественные объединения, осуществляющие деятельность в области охраны окружающей среды, и (или) граждане Республики Беларусь, вносящие предложения о проведении общественной экологической экспертизы.

Порядок проведения общественной экологической экспертизы определяется *«Положением о порядке проведения общественной экологической экспертизы»*.

Общественная экологическая экспертиза проводится специалистами, обладающими специальными знаниями в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов, а также в определенных областях науки, техники и иных сферах деятельности.

**Объектами** общественной экологической экспертизы являются:

- градостроительные проекты, а также изменения и (или) дополнения, вносимые в них;
- предпроектная (предынвестиционная) документация, архитектурные и при одностадийном проектировании строительные проекты на возведение, реконструкцию объектов, для которых проводится оценка воздействия на окружающую среду.

**Субъектами** общественной экологической экспертизы являются:

- ее инициаторы;

- специалисты, которые ее проводят;
- заказчики планируемой хозяйственной и иной деятельности.

Для проведения общественной экологической экспертизы проектной документации инициаторы в течение 10 рабочих дней с даты начала общественных обсуждений, указанной в уведомлении об общественных обсуждениях, опубликованном в печатных средствах массовой информации и размещенном их организатором на своем официальном сайте в глобальной компьютерной сети Интернет в разделе «Общественные обсуждения», направляют заказчику заявление о намерении проведения общественной экологической экспертизы.

Заказчик в течение пяти рабочих дней после завершения общественных обсуждений информирует всех инициаторов о дате, времени и условиях представления проектной документации. Проектная документация передается заказчиком инициатору не менее чем за 35 календарных дней до направления ее на государственную экологическую экспертизу. В случае необходимости доработки проектной документации по результатам общественных обсуждений заказчик информирует об этом всех инициаторов с указанием планируемых сроков ее доработки.

Заказчик обеспечивает представление инициаторам проектной документации на общественную экологическую экспертизу в том же составе, что и для проведения государственной экологической экспертизы, за исключением информации, распространение и (или) представление которой ограничено законодательством. Для проведения общественной экологической экспертизы инициаторами привлекаются специалисты, имеющие соответствующую квалификацию и опыт работы в той области знаний, в которой будет проводиться экспертиза. В заседаниях экспертов при проведении общественной экологической экспертизы могут принимать участие инициаторы.

Инициатор в течение семи рабочих дней после получения от заказчика проектной документации обязан опубликовать в печатных средствах массовой информации, в которых было опубликовано уведомление об общественных обсуждениях, сообщение о проведении общественной экологической экспертизы, а также уведомить организатора общественных обсуждений о необходимости размещения на его официальном сайте в сети Интернет в разделе «Общественные обсуждения» сообщения о проведении общественной экологической экспертизы, которое должно содержать:

- название объекта общественной экологической экспертизы, его планируемое местоположение и предполагаемые сроки реализации;

- наименование (фамилию, собственное имя, отчество (при его наличии), адрес электронной почты инициатора;

- предполагаемые сроки проведения общественной экологической экспертизы;

- сведения об экспертах, привлеченных к участию в проведении общественной экологической экспертизы;

- почтовый адрес, адрес электронной почты и контактный телефон для направления общественностью замечаний и предложений по объекту общественной экологической экспертизы.

Заказчик может предоставлять инициатору и специалистам разъяснения по вопросам, возникающим при проведении общественной экологической экспертизы, и предоставлять для работы специалистов, помещение и компьютеры в течение рабочего времени на весь период проведения общественной экологической экспертизы.

Срок проведения общественной экологической экспертизы не должен превышать одного месяца со дня представления заказчиком инициаторам проектной документации.

Результаты общественной экологической экспертизы оформляются специалистами в виде заключения общественной экологической экспертизы по проектной документации. Заключение состоит из вступительной, констатирующей и заключительной частей.

*Во вступительной части заключения* излагаются данные о наименовании и местоположении объекта общественной экологической экспертизы, сведения об инициаторе, информация о квалификации, стаже работы каждого специалиста в той области знаний, по которой он проводил экспертизу, и указывается период проведения общественной экологической экспертизы.

*В констатирующей части заключения* дается краткая характеристика планируемой деятельности, оценка ее вредного воздействия на окружающую среду (по компонентам), мер, направленных на предотвращение и уменьшение этого вредного воздействия, с учетом обеспечения требований экологической безопасности, охраны окружающей среды, рационального использования природных ресурсов.

*В заключительной части заключения* дается обобщенная

оценка объекта общественной экологической экспертизы, описываются выявленные при общественной экологической экспертизе неопределенности и пробелы в проектной документации, рекомендации, замечания и предложения о совершенствовании мер по снижению возможного вредного воздействия объекта общественной экологической экспертизы на окружающую среду (при их наличии). Приводятся аргументированные выводы о соответствии (несоответствии) проектных решений по объекту общественной экологической экспертизы требованиям законодательства об охране окружающей среды и рациональном использовании природных ресурсов.

В случае выявления специалистами при проведении общественной экологической экспертизы несоответствия проектной документации требованиям законодательства об охране окружающей среды и рациональном использовании природных ресурсов, а проектных решений, содержащихся в предпроектной (предынвестиционной) документации, градостроительных проектах, – регламентам градостроительного развития и использования территорий в выводах заключения указываются положения (требования) НПА, которым не соответствуют проектные решения, и дается разъяснение по каждому выявленному несоответствию.

Заключение подписывается специалистами, проводившими общественную экологическую экспертизу проектной документации, и оформляется в количестве экземпляров, определенном инициатором, но не менее чем в трех экземплярах. Заключение направляется инициатором заказчику, специально уполномоченному органу, проводящему государственную экологическую экспертизу проектной документации, местным исполнительным и распорядительным органам, а также копии заключения могут направляться иным заинтересованным лицам.

При наличии замечаний, предложений и рекомендаций по намечаемой деятельности, содержащихся в заключении, заказчик готовит аргументированный ответ по всем замечаниям с учетом при необходимости результатов и выводов общественной экологической экспертизы при доработке проектной документации до представления ее на государственную экологическую экспертизу.

Заключение носит рекомендательный характер, прилагается к проектной документации, представляемой на государственную эко-

логическую экспертизу, и рассматривается органом, уполномоченным ее проводить, при подготовке заключения государственной экологической экспертизы.

### Экологический аудит

В соответствии с Законом Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» экологический аудит – это независимая комплексная документированная проверка соблюдения юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, осуществляющими хозяйственную и иную деятельность, требований, в том числе нормативов и технических нормативных правовых актов, в области охраны окружающей среды, требований международных стандартов и подготовка рекомендаций по снижению (предотвращению) вредного воздействия такой деятельности на окружающую среду.

Согласно постановлению Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды от 27 марта 2006 г. № 19, экологический аудит проводится в виде «оценки вреда, нанесенного окружающей среде», которую нельзя отнести ни к проверке соблюдения соответствующих требований, ни к подготовке соответствующих рекомендаций.

Экологический аудит проводится в целях обеспечения экологической безопасности, определения путей и способов уменьшения риска вредного воздействия на окружающую среду хозяйственной и иной деятельности путем независимой проверки такой деятельности на соответствие требованиям в области охраны окружающей среды и иным показателям, установленным законодательством Республики Беларусь. Экологический аудит не является формой контроля в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов и не включает в себя проведение государственной экологической экспертизы проектной или иной документации по планируемой хозяйственной и иной деятельности.

Основными принципами экологического аудита являются:

- поддержка экологического аудита и реагирование на его результаты со стороны руководства предприятия;
- независимость функций экологического аудита от проверяемой деятельности;
- обоснованный подбор аудиторов;



- определенность целей, сроков, ресурсов и периодичность проведения экологического аудита;
- адекватность сбора, анализа, интерпретации и документирования результатов экологического аудита целям аудирования;
- наличие процедур, обеспечивающих беспристрастное, четкое и ясное изложение результатов экологического аудита в заключении;

Экологическое аудирование проводится на уровне:

- государственных структур;
- транснациональных корпораций;
- отрасли (структурные - оценивается соответствие общему экологическому курсу отрасли; проблемные – аудит состояния решения конкретной экологической проблемы отрасли);
- территории (региона);
- предприятия.

Объектами экологического аудита являются хозяйственная и иная деятельность аудируемого субъекта, в процессе которой используются природные ресурсы и оказывается вредное воздействие на окружающую среду, в том числе:

- состояние окружающей среды в границах зоны воздействия объектов аудируемого субъекта, в процессе деятельности которого, оказывается вредное воздействие на окружающую среду;

- документация аудируемого субъекта (проектная, техническая, технологическая, эксплуатационная и другая), за исключением бухгалтерской (финансовой) отчетности;

- иные объекты аудируемого субъекта, при проектировании, строительстве, реконструкции, вводе в эксплуатацию, эксплуатации и выводе из эксплуатации которых используются природные ресурсы, и оказывается вредное воздействие на окружающую среду.

Экологический аудит проводится по следующим направлениям: использование и охрана вод, использование и охрана земель включая почвы, охрана атмосферного воздуха и озонового слоя, обращение с отходами, обращение с опасными химическими веществами, обращение с объектами растительного мира, обращение с объектами животного мира, использование и охрана недр.

По виду проведения и цели экологический аудит подразделяется на внутренние и внешние аудиты. Внутренний аудит проводится служебными организациями или предприятием самостоятельно, на

добровольной основе с целью получения информации для принятия оптимальных решений по вопросам, связанным с природоохранными технологиями, снижением загрязнения, обращением с отходами, соблюдением природоохранных нормативов. Главная задача – заблаговременно информировать руководство предприятия относительно любой потенциальной проблемы, связанной с состоянием окружающей среды.

Внешний аудит – независимая форма экологического аудита, проводится внешней аккредитованной организацией или специалистами по направлению деятельности предприятия.

Весь процесс экологического аудирования включает три стадии и может быть разбит на семь этапов:

- планирование и принятие решения о проведении экологического аудирования на конкретном предприятии;
- ознакомление с внутренними системами и процедурами управления охраной окружающей среды;
- оценка сильных и слабых сторон внутреннего аудита;
- сбор данных в процессе экологического аудита, их систематизация, возможное создание собственной базы данных по загрязняющим веществам и отходам для составления перспективных моделей и прогнозов воздействия данного предприятия, фирмы, организации на окружающую среду;
- оценка результатов экологического аудирования;
- отчет о результатах аудита и принятие решений по природоохранной деятельности на предприятии, фирме, организации;
- разработка методов и средств, которые позволили бы составлять экологическую отчетность на относительно единообразной основе.

Законодательством Беларуси предусмотрены два типа экологического аудита: добровольный и обязательный. Добровольно процедура проводится по инициативе руководства предприятия или его владельца. Обязательные – делаются по заказу государственных органов.

Обязательный аудит в области охраны окружающей среды производится в таких ситуациях, как:

- переход предприятия в государственную собственность;
- банкротство компании;
- приватизационные процедуры;

- с целью передачи объектов из государственной собственности;
- при передаче в аренду на длительный срок;
- при оформлении страхования;
- во время оформления договоров о перераспределении продукции.

## РАЗДЕЛ IV. ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОЛИТИКА В СФЕРЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

### Тема 4.1. Организация управления энергосбережением в Республике Беларусь. Нормативно-законодательная база в сфере энергосбережения

Энергосбережение является одной из важных задач XXI века, так как потребление тепловой и электрической энергии — необходимое условие жизнедеятельности человека и создания благоприятных условий труда и быта. Повышение конкурентоспособности, финансовой устойчивости, энергетической и экологической безопасности экономики, а также роста уровня и качества жизни населения невозможно без реализации потенциала энергосбережения и повышения энергетической эффективности на основе модернизации, технологического развития и перехода к рациональному и экологически ответственному использованию энергетических ресурсов. От результатов решения этой проблемы зависит и место страны и нашего общества в ряду развитых в экономическом отношении стран.

Энергетика, энергосбережение и энергетические ресурсы (основные понятия). Энергетическая эффективность. Показатель энергоэффективности. Показатель энергосбережения (целевой показатель по энергосбережению). Энергоемкость ВВП.

Энергетика – область народного хозяйства, науки и техники, охватывающая топливно-энергетические ресурсы, производство, передачу, преобразование, аккумулирование, распределение и потребление энергии различных видов.

Энергосбережение – организационная, практическая, научная, информационная и другая деятельность субъектов отношений в сфере энергосбережения, направленная на более эффективное и рациональное использование топливно-энергетических ресурсов.

Энергетические ресурсы – носители энергии, которые при данном уровне техники или в предвидимой перспективе ее развития используются либо могут быть использованы для получения необходи-

мой энергии. Различают природные (первичные) и побочные (вторичные) энергетические ресурсы.

Энергетическая эффективность – характеристика, отражающая отношение полученного эффекта от использования топливно-энергетических ресурсов к затратам топливно-энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта.

Показатель энергетической эффективности – абсолютная или удельная величина потребления или распределения топливно-энергетических ресурсов экономически оправданными, прогрессивными способами при современном развитии науки и технологии, а также соблюдении законодательства Республики Беларусь об энергосбережении.

В сфере энергосбережения устанавливаются целевой показатель энергосбережения, показатели по использованию местных топливно-энергетических ресурсов и вторичных энергетических ресурсов, а также другие показатели в сфере энергосбережения в соответствии с законодательством об энергосбережении.

Нормирование расхода топливно-энергетических ресурсов осуществляется в целях обеспечения применения при планировании производства продукции (работ, услуг) технически и экономически обоснованного расхода топливно-энергетических ресурсов.

Нормированию расхода топливно-энергетических ресурсов подлежат расходуемые на основные и вспомогательные производственно-эксплуатационные нужды юридическими лицами топливо, тепловая и электрическая энергия независимо от источников энергообеспечения.

Нормирование расхода топливно-энергетических ресурсов должно основываться на современных достижениях науки и техники в сфере энергосбережения, единых методических и организационных принципах, учитывать требования по эффективному и рациональному использованию топливно-энергетических ресурсов.

Энергоемкость производства продукции – количество израсходованных топлива и (или) энергии на технологические процессы изготовления продукции, работы и оказание услуг.

Энергоемкость ВВП рассчитывается как отношение общего количества поставляемой первичной энергии/объема конечного энергопотребления к объему ВВП, рассчитанного в постоянных це-

нах. Данный показатель характеризует уровень эффективности энергопотребления в стране и является одним из ключевых показателей устойчивого развития. Повышение эффективности энергопотребления (снижение энергоемкости) приводит к уменьшению негативных последствий на окружающую среду.

Организация управления энергосбережением в Беларуси. Задачи Департамента по энергоэффективности. Организация проведения Государственной политики в сфере энергосбережения.

Государственное регулирование в сфере энергосбережения осуществляют Президент Республики Беларусь, Совет Министров Республики Беларусь, республиканские органы государственного управления, иные государственные организации, подчиненные Совету Министров Республики Беларусь, местные исполнительные и распорядительные органы в пределах компетенции, определенной законодательством.

Государственное регулирование в сфере энергосбережения основывается на принципах:

- роста энергетической безопасности, в том числе повышения энергетической независимости Республики Беларусь;
- эффективного и рационального использования топливно-энергетических ресурсов;
- приоритетности внедрения энергоэффективного оборудования, технологий и материалов;
- научно-технической обоснованности реализуемых мероприятий;
- системности и иерархичности управления.

Государственное регулирование в сфере энергосбережения осуществляется путем:

- разработки, утверждения и реализации республиканской, отраслевых, региональных программ энергосбережения и других программ в сфере энергосбережения;
- технического нормирования, стандартизации, оценки соответствия требованиям технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации;
- установления показателей в сфере энергосбережения;
- нормирования расхода топливно-энергетических ресурсов;

- проведения энергетических обследований (энергоаудитов);
- стимулирования энергосбережения;
- проведения государственной экспертизы энергетической эффективности;
- надзора в сфере энергосбережения.

Департамент по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь является структурным подразделением центрального аппарата Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь, осуществляющим специальные функции уполномоченного республиканского органа государственного управления в сфере энергосбережения.

Уполномоченный республиканский орган государственного управления в сфере энергосбережения:

- проводит единую государственную политику;
- обеспечивает проведение государственной экспертизы энергетической эффективности;
- разрабатывает республиканские программы в сфере энергосбережения и осуществляет контроль за их реализацией;
- согласовывает отраслевые и региональные программы энергосбережения и осуществляет в пределах своей компетенции контроль за их реализацией;
- организует информационное обеспечение и пропаганду энергосбережения;
- в пределах своей компетенции участвует в разработке и реализации мер по стимулированию энергосбережения;
- осуществляет иные полномочия в соответствии с актами законодательства.

Департамент по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь в соответствии с возложенными на него задачами:

- регулирует в соответствии с законодательством деятельность юридических и физических лиц по эффективному использованию топливно-энергетических ресурсов и энергосбережению;
- подготавливает совместно с заинтересованными республиканскими органами государственного управления, иными государственными организациями, подчиненными Правительству Республики Беларусь, местными исполнительными и распорядительными

органами предложения по формированию государственной политики в сфере энергосбережения;

– организует разработку и реализацию концепций и республиканских программ по энергосбережению;

– разрабатывает критерии оценки эффективности использования топливно-энергетических ресурсов на территориальном и отраслевом уровнях;

– способствует созданию экономических условий для повышения заинтересованности юридических и физических лиц в эффективном использовании топливно-энергетических ресурсов;

– разрабатывает и вносит в установленном порядке предложения по:

1) совершенствованию экономических механизмов стимулирования эффективного использования научно-технического, промышленного, энергетического и трудового потенциала при реализации государственной политики в сфере энергосбережения;

2) показателям в сфере энергосбережения и методологии их расчета для республиканских органов государственного управления, иных государственных организаций, подчиненных Правительству Республики Беларусь, облисполкомов и Минского горисполкома на основе важнейших параметров прогноза социально-экономического развития республики, поручений Президента Республики Беларусь;

3) повышению энергоэффективности народного хозяйства страны.

Структура топливного баланса белорусской энергосистемы. Энергетическая безопасность. Связь энергетической безопасности с национальной безопасностью. Факторы, негативно влияющие на энергетическую безопасность Беларуси. Пути повышения энергетической безопасности

Наибольшую долю в выработке электрической и тепловой энергии в Республике Беларусь занимает природный газ. Также в балансе присутствует ядерное топливо, топочный мазут, уголь и возобновляемые источники энергии (далее – ВИЭ). Доли различных топлив в выработке электрической и тепловой энергии в период 2015-2020 гг. представлены в таблицах 4.1.1 и 4.1.2 соответственно.



Таблица 4.1.1 – Динамика структуры топливного баланса электроэнергетики, %

Год	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Газ природный	98,81	98,14	99,34	99,23	99,42	94,13
Ядерное топливо	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,88
Мазут топочный	1,07	1,76	0,58	0,70	0,50	5,79
Уголь	0,11	0,10	0,08	0,07	0,08	0,08
ВИЭ	0,82	1,17	2,19	2,02	2,51	3,50

Таблица 4.1.2 – Динамика структуры топливного баланса теплоэнергетики, %

Год	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Газ природный	96,21	95,52	95,78	95,98	96,61	95,45
Мазут топочный	2,42	3,07	2,85	2,62	1,96	3,18
Уголь	1,37	1,41	1,36	1,39	1,44	1,37
ВИЭ	8,48	8,61	8,81	9,18	10,67	11,07

Более подробно выработка за счет возобновляемых источников энергии представлена на рисунках 4.1.1 и 4.1.2.

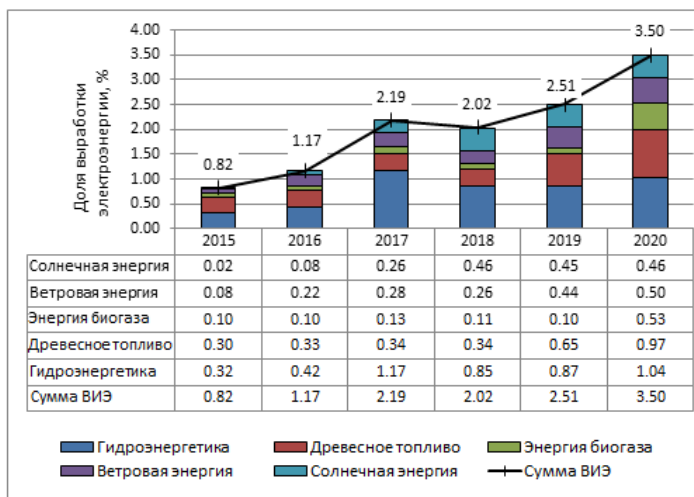


Рисунок 4.1.1 – Доля выработки электроэнергии за счет ВИЭ, %

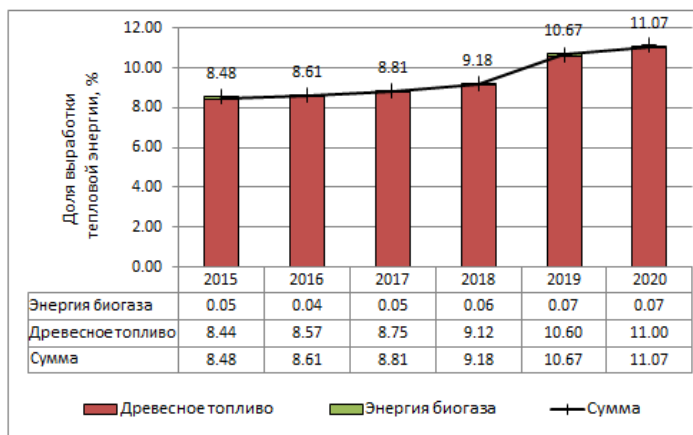


Рисунок 4.1.2 – Доля выработки тепловой энергии за счет ВИЭ, %

Энергетическая безопасность – состояние защищенности граждан, общества, государства, экономики от угроз дефицита в обеспечении их потребностей в энергии экономически доступными энергетическими ресурсами приемлемого качества, от угроз бесперебойного энергоснабжения.

Основными угрозами энергетической безопасности при добыче топливно-энергетических ресурсов (далее – ТЭР) являются:

- низкий уровень энергетической самостоятельности;
- истощение базы нефтяных месторождений.

При добыче за рубежом и импорте недостающих объемов ТЭР энергетическая безопасность подвергается действию следующих угроз:

- низкая диверсификация импорта ТЭР;
- противодействие участию белорусских компаний в освоении месторождений, приобретении либо строительстве энергетических объектов за рубежом;

– противодействие иностранных государств (в том числе через контролируемые этими государствами коммерческие компании) диверсификации поставок энергоносителей в Республику Беларусь;

– ограничение поставок импортируемых энергоносителей от доминирующего поставщика по экономическим и другим причинам;

– ограничение поставок энергоресурсов коммерческими компаниями (подконтрольными иностранным государствам), контролирующими объекты ТЭК в Республике Беларусь;

– повышение цен на импортируемые топливные и материальные ресурсы;

– возникновение на территории Республики Беларусь либо вблизи ее границ масштабных чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, приводящих к ограничению объемов поставок энергоресурсов;

– ограничение поставок энергоресурсов вследствие несвоевременности заключения контрактов с их поставщиками, образование просроченной задолженности за импортируемые ТЭР.

При транспортировке импортируемых ТЭР (включая транзитные объемы ТЭР) по территории Республики Беларусь и сопредельных государств возникают следующие угрозы энергетической безопасности:

– аварии техногенного характера на энергетическом оборудовании;

– развитие транзитных коридоров, систем транспортировки энергоресурсов, альтернативных имеющимся в Республике Беларусь, создание возможности ограничения транзитных путей Республики Беларусь.

При переработке и распределении ТЭР энергетическая безопасность подвержена следующим угрозам:

– высокая доля природного газа в производстве тепловой и электрической энергии;

– недостаточные объемы стратегических резервов ТЭР для обеспечения бесперебойного функционирования ТЭК в условиях сокращения импортируемых объемов ТЭР;

– эксплуатация низкоэффективного оборудования, снижающего конкурентоспособность производимой продукции;

– сверхнормативный износ технологического оборудования;

– аварии техногенного характера на энергетических объектах;

- прекращение электроснабжения потребителей из-за последствий стихийных природных явлений;
- недостаточный уровень автоматизации процессов управления распределительными сетями;
- дестабилизация социально-политической обстановки вокруг существующих и строящихся энергетических объектов;
- снижение конкурентоспособности белорусских нефтепродуктов из-за повышения объемов и глубины переработки нефти в сопредельных государствах.

При потреблении ТЭР внутри страны угрозами энергетической безопасности являются:

- использование устаревших технологий и основных средств, обуславливающее высокую энерго- и материалоемкость производства;
- структурная деформированность экономики, преобладание материало- и энергоемких производств, недостаточное развитие сферы услуг, незначительный удельный вес высокотехнологичной наукоемкой продукции и медленное обновление продукции;
- высокие цены на энергоресурсы для отдельных организаций, снижающие конкурентоспособность выпускаемой ими продукции на мировых рынках;
- отсутствие взаимосвязи между издержками и ценой на энергоносители для отдельных групп потребителей;
- низкое удельное потребление электроэнергии на душу населения по сравнению с развитыми странами со сходными климатическими условиями;
- дисбаланс электрических мощностей в ночные часы, обусловленный неравномерностью суточного графика электропотребления республики и работой энергоблоков атомной электростанции (далее – АЭС) в базовом режиме с постоянной нагрузкой.

При экспорте энергоресурсов основными экономическими факторами, влияющими на развитие ТЭК, являются:

- низкая диверсификация экспорта;
- дискриминационные действия на внешних рынках по отношению к экспортируемым товарам и услугам отраслей ТЭК;
- отказ от импорта или его ограничение (включая блокирование развития необходимой инфраструктуры) сопредельными странами;

- планируемый странами Балтии выход из параллельной работы с энергосистемами Беларуси и России;
- дезинтеграция межгосударственных связей электроэнергетических систем.

Общими угрозами энергетической безопасности на всех стадиях энергетической цепочки являются:

- диверсии и террористические акты (в том числе с использованием информационных технологий) на объектах энергетики;
- снижение уровня подготовки высококвалифицированных кадров для ТЭК;
- низкая заработная плата и как следствие недостаток квалифицированного персонала на энергетических производствах;
- дефицит инвестиций в модернизацию основных производственных фондов ТЭК;
- ограниченные возможности для привлечения финансирования организациями ТЭК, в том числе внешнего.

Обеспечение энергетической безопасности основывается на следующих принципах:

- максимальное использование собственных ресурсов, обеспечение экономически и экологически оправданного использования потенциала местных энергоресурсов;
- повышение уровня диверсифицированности и резервирования, позволяющего бесперебойно функционировать организациям ТЭК продолжительный период при ограничении поставок доминирующим поставщиком ТЭР;
- сотрудничество с сопредельными странами, основными торгово-экономическими партнерами и международными организациями и принятие коллективных мер по укреплению энергетической безопасности;
- обеспечение государственного контроля и управления отношениями между субъектами ТЭК;
- обеспечение равных условий для функционирования, доступа к инфраструктуре частных и государственных компаний;
- снижение энергоемкости валового внутреннего продукта (далее – ВВП) и повышение энергоэффективности.

Энергетическая безопасность является составляющей национальной безопасности, рассматривается в рамках экономической безопасности и имеет большое влияние на защиту национальных интересов в экологической сфере. В Концепции национальной безопасности Республики Беларусь энергетической безопасности уделяется значимое внимание, что обусловлено низкой обеспеченностью страны запасами топливных полезных ископаемых: так одним из национальных интересов названо достижение уровня энергетической безопасности, достаточного для нейтрализации внешней зависимости от поступления энергоносителей.

### Стимулирование внедрения энергосберегающих мероприятий и энергосбережения

Стимулирование энергосбережения может осуществляться в соответствии с законодательством в виде:

- государственной поддержки производителей и потребителей топливно-энергетических ресурсов, в том числе посредством предоставления из республиканского бюджета финансовой помощи, возмещения части процентов за пользование банковскими кредитами, в случаях и порядке, установленных законодательными актами;

- финансирования программ в сфере энергосбережения за счет средств республиканского и местных бюджетов;

- гарантированного подключения к государственным энергетическим сетям источников электрической энергии (в том числе объектов малой энергетики), использующих невозобновляемые топливно-энергетические ресурсы с более низким их расходом за счет работы на тепловом потреблении, а также работающих на местных топливно-энергетических ресурсах или использующих вторичные энергетические ресурсы;

- приобретения производимой источниками электрической энергии (в том числе объектами малой энергетики), работающими на местных топливно-энергетических ресурсах или использующими вторичные энергетические ресурсы, электрической энергии государственными энергоснабжающими организациями на условиях, стимулирующих создание и эксплуатацию таких объектов;

- проведения гибкой тарифной политики платежей за топ-

ливно-энергетические ресурсы, стимулирующей реализацию мероприятий по их экономии;

- установления тарифов на электрическую энергию, дифференцированных по временным периодам или иным критериям, отражающим эффективность использования топливно-энергетических ресурсов;

- предоставления налоговых, таможенных (с учетом международных обязательств Республики Беларусь) и иных льгот в отношении ввозимых на территорию Республики Беларусь технологического оборудования и запасных частей к нему при осуществлении инвестиционных проектов в сфере энергосбережения, а также при реализации иных энергосберегающих мероприятий;

- предоставления права на аккумулярование средств, образующихся в результате отнесения на себестоимость продукции (работ, услуг) в течение года после реализации энергосберегающих мероприятий стоимости сэкономленных топливно-энергетических ресурсов относительно фактического уровня их расходования на единицу продукции (работ, услуг) за год, предшествующий внедрению энергосберегающих мероприятий, и направление их в дальнейшем на финансирование энергосберегающих мероприятий;

- проведения ежегодного соревнования за достижение наилучших показателей по экономии топливно-энергетических ресурсов среди организаций и регионов республики с занесением победителей соревнования на Республиканскую доску Почета и выплатой предусмотренных законодательством денежных премий победителям соревнования;

- создания условий для распространения идей учащих и передового опыта учреждений образования по формированию активной социальной позиции в отношении эффективного и рационального использования топливно-энергетических ресурсов, проведения ежегодного республиканского конкурса проектов по экономии и бережливости с поощрением победителей;

- создания необходимых условий для функционирования системы мотивации руководителей и работников организаций к ведению работы по энергосбережению.

В сфере энергосбережения могут применяться иные виды стимулирования энергосбережения в соответствии с законодательством.

Эффективность использования и потребления энергии в различных странах и Республике Беларусь. Сравнительные характеристики энергоёмкости валового национального продукта в мире и Республике Беларусь

Динамика энергоёмкости ВВП в Республике Беларусь за 1990-2019 годы (тонн нефтяного эквивалента на миллион долларов США в постоянных ценах 2017 года) приведена на рисунке 4.1.3.

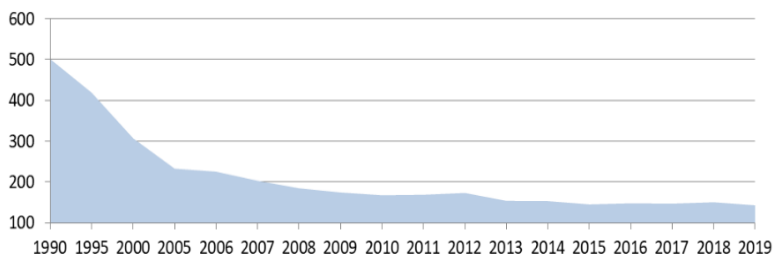


Рисунок 4.1.3 – Динамика энергоёмкости ВВП в Республике Беларусь

По состоянию на 2019 год энергоёмкость ВВП в Республике Беларусь составила 146,2 т н.э. / млн. долларов США.

В период до 2025 года прогнозируется дальнейшее повышение ВВП во всех государствах и мире в целом на 109,3 % (среднегодовое 3,1%), суммарное потребление энергии на 58,4% (среднегодовое 1,9%), электроэнергии на 77,1 % (среднегодовое 2,4%). За этот же период прогнозируется снижение энергоёмкости ВВП в мире на 21,1%, электроёмкости на 14,2%. Среднегодовые темпы роста ВВП для государств бывшего СССР составляют 3,8 %, суммарной энергии – 2,7%, электроэнергии – 2,1 %.

Самые низкие среднегодовые темпы роста ВВП прогнозируются в Японии – 1,8 % (суммарный прирост с 2001 по 2025 год 52,6%), потребление суммарной энергии в Германии – 0,6% (суммарный прирост 14,6%), потребление электроэнергии в Великобритании – 1,3 % (суммарный прирост 35,5%). Самые высокие темпы роста ВВП, суммарной энергии и электроэнергии прогнозируются в Китае: соответственно 6,2 %, 4,2% и 5,7 %, или за период с 2001 по 2025 год увеличатся в 4,2, 2,6 и 3,1 раза.



В перспективе прогнозируется увеличение мирового потребления энергоресурсов на 58 % с 2001 года (14544 млн. т у.т.) по 2025 (23040 млн. т у.т.).

Законодательство Республики Беларусь в области энергосбережения. Республиканская программа энергосбережения

Нормативно-правовая база энергосбережения является одним из основных механизмов повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов, и в Республике Беларусь она основывается на следующих документах:

– Закон Республики Беларусь «Об энергосбережении» (от 24.05.2021 №111-3).

– Закон Республики Беларусь «О возобновляемых источниках энергии» (от 27 декабря 2010 г. № 204-3).

– Директива Президента Республики Беларусь от 4 марта 2019 г. № 8 О приоритетных направлениях развития строительной отрасли.

– Директива Президента Республики Беларусь от 4 марта 2019 г. № 7 О совершенствовании и развитии жилищно-коммунального хозяйства страны.

– Директива Президента Республики Беларусь от 4 марта 2019 г. № 6 О развитии села и повышении эффективности аграрной отрасли.

– Директива Президента Республики Беларусь от 14.06.2007 № 3 "О приоритетных направлениях укрепления экономической безопасности государства " (с учетом изменений, внесенных Указом от 14.01.2016 №26).

– Директива Президента РБ от 14.06.2007 №3 «Экономия и бережливость – главные факторы экономической безопасности государства».

– Указ Президента Республики Беларусь от 29.07.2021 № 292 «Об утверждении Программы социально-экономического развития Беларуси на 2021–2025 годы».

– Указ Президента РБ от 18.05.2015 №209 «Об использовании возобновляемых источников энергии».

В сфере энергосбережения разрабатываются, утверждаются и

реализовываются республиканская, отраслевые, региональные программы энергосбережения, программы энергосбережения отдельных юридических лиц, а также другие программы в сфере энергосбережения. Мероприятиями программ в сфере энергосбережения могут являться мероприятия, в результате реализации которых достигаются экономия топливно-энергетических ресурсов, замещение импортируемых топливно-энергетических ресурсов местными топливно-энергетическими ресурсами и вторичными энергетическими ресурсами, пропагандирующие и стимулирующие энергосбережение, а также направленные на информационное, техническое и научное обеспечение энергосбережения.

Республиканская программа энергосбережения разрабатывается уполномоченным республиканским органом государственного управления в сфере энергосбережения, являющимся заказчиком-координатором этой программы, на 5 лет и утверждается Советом Министров Республики Беларусь.

Республиканская программа энергосбережения должна содержать:

- цель и задачи программы, возможные способы их реализации;
- технико-экономическое обоснование;
- информацию о ее научном обеспечении (при необходимости);
- мероприятия, обеспечивающие достижение целей и решение поставленных задач;
- перечень крупных проектов в рамках реализации ее мероприятий;
- ресурсное обеспечение реализации мероприятий с указанием источников финансирования;
- оценку эффективности и возможных результатов ее выполнения, выраженных в конкретных экономических показателях;
- ожидаемые результаты от реализации программы.

Во исполнение республиканской программы энергосбережения республиканские органы государственного управления, иные государственные организации, подчиненные Совету Министров Республики Беларусь, областные и Минский городской исполнительные комитеты в пределах своей компетенции ежегодно разрабатывают и утверждают краткосрочные отраслевые и региональные программы

энергосбережения (на 1 год) по согласованию с уполномоченным республиканским органом государственного управления в сфере энергосбережения.

Государственные организации с годовым потреблением топливно-энергетических ресурсов 100 тонн условного топлива и более, иные юридические лица с годовым потреблением топливно-энергетических ресурсов 1,5 тысячи тонн условного топлива и более также ежегодно разрабатывают краткосрочные программы энергосбережения. Краткосрочные программы энергосбережения юридических лиц разрабатываются на 1 год, согласовываются и утверждаются в порядке, определенном Советом Министров Республики Беларусь.

Краткосрочные отраслевые и региональные программы энергосбережения, а также краткосрочные программы энергосбережения юридических лиц должны содержать:

- показатели в сфере энергосбережения;
- основные направления энергосбережения;
- мероприятия по реализации основных направлений энергосбережения с указанием ожидаемых результатов и их экономической эффективности, в том числе условной годовой экономии и экономии, полученной после внедрения до конца года, окупаемости, планируемых затрат и источников финансирования.

## Тема 4.2. Способы получения, транспортирования и использования энергии

### Энергия и ее виды. Назначение и использование. Преимущество электрической энергии

Энергия – (от греч. *energeia*- действие, деятельность, интенсивность, работа) представляет собой общую количественную меру движения и взаимодействия различных видов материи.

Энергии присущи следующие основные свойства:

- способность переходить из одной формы в другую;
- способность производить полезную для человека работу;
- энергию можно объективно определить и количественно измерить.

В настоящее время человечество использует следующие виды энергии:

– Механическая энергия – характеризует взаимное расположение тел или частей тела. В энергетике на электростанциях первичная механическая энергия вырабатывается на паровых, газовых и гидротурбинах, поршневых двигателях внутреннего сгорания. У потребителя вторичная механическая энергия вырабатывается преимущественно асинхронными электродвигателями.

– Тепловая энергия – характеризуется хаотическим движением молекул и атомов веществ. Чем выше скорость такого движения, тем выше температура тела. В энергетике тепловую энергию получают преимущественно путем сжигания органического топлива, концентрацией солнечного излучения, использованием теплоты земных недр или путем распада тяжелых ядер (урана, плутония и т.д.). Тепловая энергия вырабатывается в виде энергии пара, горячей воды, воздуха или продуктов сгорания топлива.

– Электрическая энергия – энергия движущихся по электрической цепи электронов или ионов. В энергетике электрическая энергия в виде трехфазного переменного тока промышленной частоты вырабатывается на синхронных, асинхронных генераторах, частотных преобразователях.

– Химическая энергия – энергия, проявляющаяся при химических реакциях. В энергетике используются экзотермические реакции окисления топлива, протекающие с выделением теплоты.

– Электромагнитная энергия – энергия взаимно порождающих друг друга электрических и магнитных составляющих электромагнитного поля, проявляющаяся в виде электромагнитных волн.

– Атомная (ядерная) энергия – энергия, выделяющаяся при распаде тяжелых ядер или при синтезе легких ядер веществ. В энергетике пока используется только первый вариант, т.е. распад в атомных реакторах тяжелых ядер урана, плутония.

– Гравитационная энергия – энергия взаимодействия (притяжения) массивных тел. В энергетике гравитационная энергия используется в гидроэнергетике путем притяжения масс воды к Земле, Луне и Солнцу.

Единицей измерения энергии является 1 Дж (Джоуль) (СИ).

В то же время для измерения определенных видов энергии используются следующие единицы:

– для измерения тепловой энергии допускается использование калории (СГС),  $1 \text{ кал} = 4,189 \text{ Дж}$ ;

– для измерения электрической энергии используется  $1 \text{ кВт}\cdot\text{ч} = 3,6 \text{ МДж}$ ;

– для измерения механической энергии используется  $1 \text{ кгм} = 9,8 \text{ Дж}$ .

На протяжении всей истории человечества происходило совершенствование и развитие источников и видов энергии, используемой в производстве и в быту. От использования мускульной силы людей и животных, дополненной силой воды и ветра, до тепловой - энергии горячей воды и пара. Создание паровой машины позволило отделить производство энергии от ее потенциального источника и определило последующий технический прогресс производства, и рост производительности труда.

Энергетической основой развития современного общества является следующий этап использования энергии – электрическая энергия. Применение электроэнергии позволило разделить рабочие машины и первичные двигатели, отделить место производства энергии от ее потребителей. В результате производство электроэнергии превратилось в самостоятельную отрасль производства - электроэнергетику. Источниками электроснабжения стали электрические станции.

Широкое использование электроэнергии обусловлено следующими факторами:

- возможностью выработки электроэнергии в больших количествах при близости к месторождениям и водным источникам;
- возможностью транспортировки на дальние расстояния с относительно небольшими потерями;
- возможностью трансформации электроэнергии в другие виды энергии: механическую, химическую, тепловую, световую;
- отсутствием загрязнения окружающей среды;
- возможностью применения на основе электроэнергии принципиально новых прогрессивных технологических процессов с высокой степенью автоматизации.

Тепловые и атомные электрические станции (ТЭС и АЭС). Котельные. Типовые схемы ТЭС и АЭС. Паротурбинные конденсационные электростанции (ГРЭС) и теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) с комбинированной выработкой тепла и электрической энергии. Электростанции с газотурбинными и парогазовыми установками, мини-ТЭЦ - как наиболее экономичные и перспективные способы получения энергии. Когенерация. Графики электрических и тепловых нагрузок

ТЭС (тепловые электрические станции) – станции с использованием тепловых двигателей которые производят электрическую и тепловую энергию на основе сжигания органического топлива.

Тепловой двигатель предназначен для превращения теплоты в механическую работу. Тепловые двигатели разделяются по способу подвода теплоты (сжигания топлива) на двигатели внутреннего сгорания и двигатели внешнего сгорания.

В двигателях внешнего сгорания топливо сжигается вне теплового двигателя в специальных устройствах (паровом котле), а превращение теплоты пара в работу происходит:

- в паротурбинной установке (ПТУ) – турбины водяного пара;
- в парогазовой установке (ПГУ) – комбинированный цикл.

В двигателях внутреннего сгорания рабочими телами являются газообразные продукты сгорания топлива. К двигателям внутреннего сгорания относятся:

- газотурбинные установки (ГТУ);
- поршневые двигатели внутреннего сгорания (ПДВС).

Тепловые электрические станции по организации производственного цикла подразделяют на:

– КЭС (конденсационные электрические станции) или ГрЭС – (государственные районные электростанции), производящие только электроэнергию;

– ТЭЦ (теплоэлектроцентрали) – станции с комбинированной выработкой электрической и тепловой энергии;

– АЭС (атомные электрические станции) – использующих энергию ядерного распада для выработки электрической энергии.

*Районные котельные* предназначены для централизованного теплоснабжения промышленности и жилищно-коммунального хозяйства, а также для покрытия пиковых тепловых нагрузок в теплофикационных системах. Сооружение районных котельных требует меньших капиталовложений и может быть проведено в более короткие сроки, чем сооружение ТЭЦ той же тепловой мощности.

В районных котельных устанавливают водогрейные котлы или паровые котлы низкого давления (1,2-2,4 МПа). При работе на газе предпочтительны водогрейные котлы, при работе на мазуте или на твердом топливе – паровые котлы низкого давления. В случае отпуски теплоты в виде пара на технологические нужды и горячей воды на теплофикацию следует сравнить между собой варианты установки в котельной как паровых, так и водогрейных котлов.

Современные энергетические котлы высокого давления производят пар давлением 10 и 14 МПа с температурой 540°C и 550°C (рисунки 4.2.1), а котлы сверхкритического давления – пар с давлением 25,5 МПа с температурой 565°C. Паропроизводительность котла определяется количеством пара, вырабатываемого паровым котлом в единицу времени (т/час).

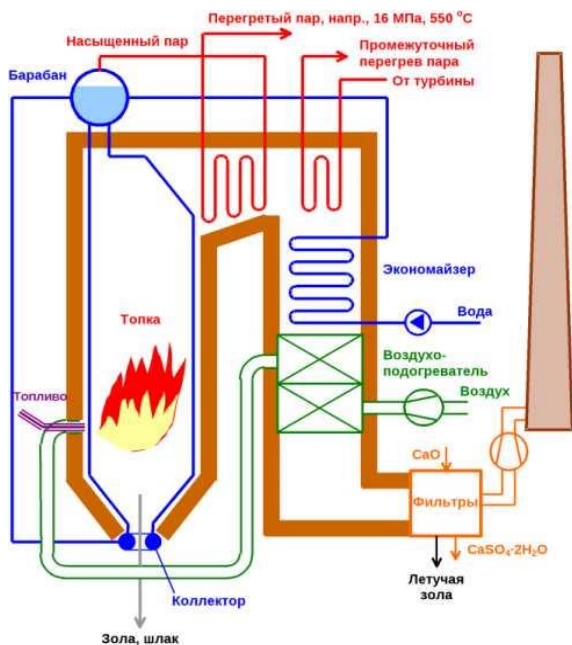


Рисунок 4.2.1 – Принципиальная схема барабанного парового котла

Общая схема ТЭС представлена на рисунке 4.2.2. Энергия пара из котла приводит во вращение ротор паровой турбины. Турбина представляет собой ротационный тепловой двигатель лопаточного типа. На одном валу с турбиной находится электрогенератор, в котором в результате вращения его турбиной вырабатывается электроэнергия. Отработанный пар поступает в конденсатор, в котором расширяется, отдает скрытую теплоту парообразования охлаждающей его воде и превращается в конденсат. Далее насосом конденсат подается в котел-парогенератор и цикл замыкается. Термический КПД цикла ПТУ КЭС – 40-43%.



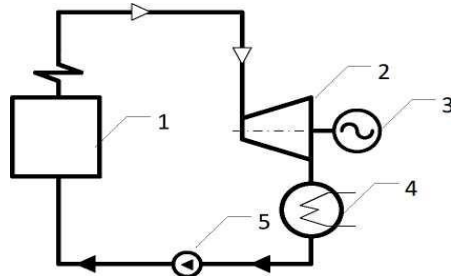


Рисунок 4.2.2 – Упрощенная схема тепловой электростанции:  
 1 - котел-парогенератор; 2 - турбина; 3 - электрогенератор; 4 - конденсатор; 5 - конденсатный насос

На рисунке 4.2.3 показана схема ТЭЦ с отбором пара из турбины. В этой схеме часть пара достаточно высоких параметров отбирается из промежуточных ступеней турбины. Отобранный пар может быть либо направлен на производство (так называемый производственный отбор), откуда в установку возвращается конденсат, либо в специальные подогреватели-теплообменники, в которых этот пар нагревает воду, используемую для отопительных целей (так называемый теплофикационный отбор). На современных ТЭЦ наиболее распространены турбины с отбором пара.

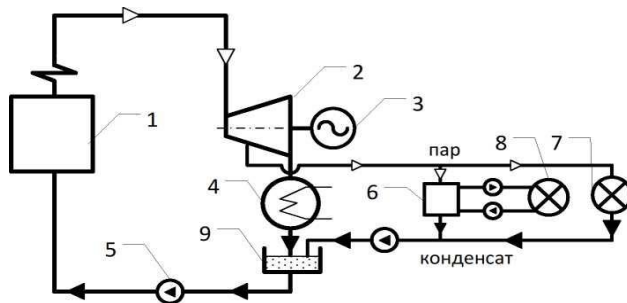


Рисунок 4.2.3– Упрощенная схема ТЭЦ с теплофикационным отбором:

1 - котел-парогенератор; 2 - турбина; 3 - генератор; 4 - конденсатор; 5 - конденсатный насос; 6 - подогреватель теплообменник; 7 - потребители пара; 8 - потребители горячей воды; 9 - конденсатосборник.

При такой комбинированной (когенерация) выработке электроэнергии и тепла достигается значительная экономия топлива по сравнению с раздельным электроснабжением от КЭС и выработкой тепла от местных котельных.

Атомные электрические станции и их типовые схемы. На АЭС приходится около 17% мирового производства электроэнергии. Это третье место после угольной энергетики и гидроэнергетики.

Во всем мире самая дешевая энергия вырабатывается на атомных электростанциях. Мировыми лидерами в производстве ядерной электроэнергии на 2020 год являлись: США, Франция, Китай, Россия.

Работа АЭС по технологическим условиям отличается от работы тепловой электростанции. Основным различием является то, что роль источника теплоты на АЭС выполняет ядерный реактор, теплота в котором выделяется в результате деления ядерного топлива. Ядерное топливо обладает высокой теплотворной способностью (в миллионы раз выше, чем органическое). При делении одного грамма урана выделяется энергия, равная 2000 кВт·ч. Для получения такого количества энергии нужно сжечь более 2000 кг угля.

При эксплуатации АЭС расходы по доставке и транспортировке топлива сведены к минимуму. В процессе работы ядерного реактора образуется большое количество радиоактивных веществ в топливе, конструкционных материалах, теплоносителе. Поэтому АЭС является потенциальным источником радиационной опасности для обслуживающего персонала, а также окружающего населения, что повышает требования к надежности и безопасности эксплуатации АЭС.

Тепловые схемы атомных электростанций зависят от типа реактора, вида теплоносителя, состава оборудования. Тепловые схемы могут быть одно-, двух- и трехконтурными (рисунок 4.2.4).

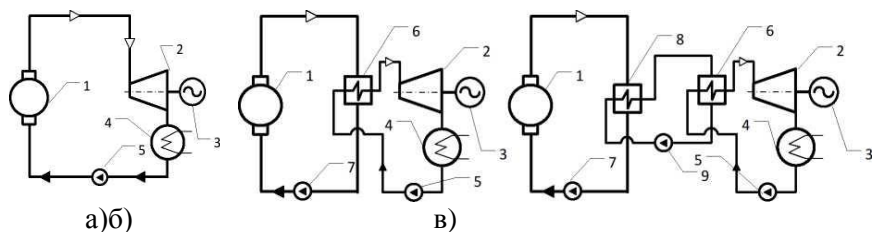


Рисунок 4.2.4 – Упрощенные тепловые схемы одноконтурной (а), двухконтурной (б) и трехконтурной (в) АЭС: 1 - реактор; 2 - паровая турбина; 3 - электрогенератор; 4 - конденсатор; 5 - конденсатный насос; 6 - парогенератор; 8 - промежуточный теплообменник; 7, 9- питательные насосы.

В одноконтурных схемах (рисунок 4.2.4а) пар вырабатывается непосредственно в реакторе. Полученная пароводяная смесь (паросодержанием до 15 %) подается в барабан-сепаратор, отсепарированный насыщенный пар поступает в паровую турбину. Отработавший в турбине пар конденсируется, и конденсат циркуляционным насосом подается в реактор. Одноконтурная схема наиболее проста в конструктивном отношении и достаточно экономична. Однако рабочее тело на выходе из реактора становится радиоактивным, что предъявляет повышенные требования к биологической защите и затрудняет проведение контроля и ремонта оборудования.

В двухконтурных схемах (рисунок 4.2.4б) существует два самостоятельных контура. Контур теплоносителя – первый; контур рабочего тела – второй. Общее оборудование обоих контуров – парогенератор. Нагретый в реакторе теплоноситель поступает в парогенератор, где отдает свою теплоту рабочему телу и при помощи главного циркуляционного насоса возвращается в реактор. В первом контуре находится компенсатор объема, который регулирует поддержание давления в контуре при изменении температуры. Давление в первом контуре значительно выше, чем во втором. Полученный в парогенераторе пар подается в турбину, совершает в ней работу, конденсируется, конденсат питательным насосом подается в парогенератор. Наличие парогенератора хотя и усложняет установку и уменьшает ее экономичность, но препятствует появлению радиоактивности во втором контуре.

В трехконтурной схеме (рисунок 4.2.4в) в качестве теплоносителей первого и второго контура служат жидкие металлы, например, натрий. Радиоактивный натрий первого контура из реактора направляется в теплообменник, где отдает теплоту натрию промежуточного контура, циркуляционным насосом возвращается в реактор. Давление натрия в промежуточном контуре выше, чем в первом, для исключения утечек радиоактивного натрия. Натрий промежуточного контура отдает теплоту в парогенераторе рабочему телу (воде) третьего контура. Образующийся в парогенераторе пар поступает в турбину, совершает работу, конденсируется и питательным насосом подается в парогенератор. Трехконтурная схема требует больших затрат, но обеспечивает безопасную эксплуатацию реактора.

Газотурбинные установки (ГТУ). Газотурбинные установки (рисунок 4.2.5) достаточно компактны, маневренны, используются в теплоэнергетике как пиковые и резервные установки. Основу современных газотурбинных электростанций составляют газовые турбины мощностью 25-100 МВт. Воздушный компрессор сжимает воздух адиабатно (без подвода теплоты), повышая его давление и температуру, и подает его в камеру сгорания, в которую топливный насос дозированно впрыскивает горючее. В камере сгорания осуществляется подвод теплоты при постоянном давлении (сжигание топлива), температура при этом растет.

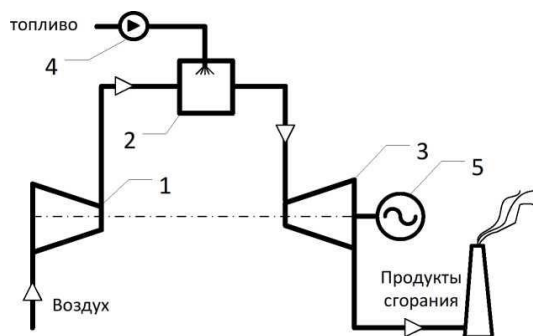


Рисунок 4.2.5 – Упрощенная схема газотурбинной установки ГТУ: 1 - воздушный компрессор; 2 - камера сгорания; 3 - газовая турбина; 4 - топливный насос; 5 – электрогенератор.

Образующиеся продукты сгорания топлива подаются в газовую турбину. В газовой турбине продукты сгорания расширяются адиабатно (без подвода теплоты) и совершают техническую работу. При этом давление и температура падают. Далее продукты сгорания выбрасываются в атмосферу. Значительная часть технической работы газовой турбины расходуется на привод компрессора, расположенного на том же валу. Остальная часть технической работы (полезная работа) идет на выработку электроэнергии в электрогенераторе. Температура газов перед турбиной  $800-900\text{ }^{\circ}\text{C}$  (а для авиационных турбин до  $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), поэтому необходимо использование жаропрочных материалов. Термический КПД цикла ГТУ порядка 36-38%.

Парогазовые установки (ПГТУ). В газовом цикле ГТУ температура газов перед турбиной составляет  $800-900^{\circ}\text{C}$ , а после турбины примерно  $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а в цикле паросиловой установки температура перегретого пара перед турбиной  $540-565\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Для повышения эффективности предлагается комбинированный цикл, в котором работают два рабочих тела (бинарный цикл): газ – в верхней части цикла, пар – в нижней. Такой цикл называется циклом парогазовой установки (рисунки 4.2.6). Термический КПД таких установок свыше 60 %.

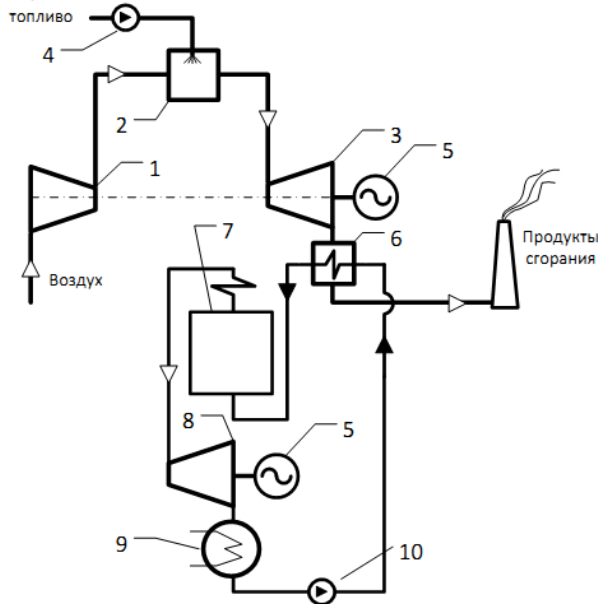


Рисунок 4.2.6 – Упрощенная схема парогазовой установки ПГТУ: 1 - воздушный компрессор; 2 - камера сгорания; 3 - газовая турбина; 4 - топливный насос; 5 - электрогенератор; 6 - подогреватель; 7 - котел; 8 - паровая турбина; 9 - конденсатор; 10 - питательный насос

Когенерация (комбинированная генерация электроэнергии и тепла) – процесс совместной выработки электрической и тепловой энергии. Суть когенерации в увеличении доли использования энергии топлива, применяемого в установке, снижении потерь. Вырабатываемое при производстве электрической энергии тепло не выбрасывается в атмосферу, а направляется на снабжение потребителей тепловой энергией.

Дальнейшим развитием когенерации является тригенерация, в которой тепло также используется для создания холода, например для использования в системах кондиционирования воздуха.

Потребление электрической энергии неравномерно по времени и сезонам года. Зимний график имеет два пика (Рисунок 4.2.7а), летний – три (рисунок 4.2.7б), что обусловлено более длинным, световым днем (освещение включается после окончания работы на односменных предприятиях и снижения транспортных перевозок). Летние нагрузки меньше по абсолютной величине.

Для определения годовой потребности в электроэнергии используются годовой график продолжительности нагрузок (рисунок 4.2.8) и годовой график месячных максимумов (рисунок 4.2.9).

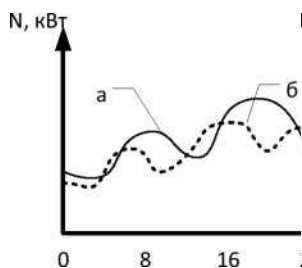


Рисунок 4.2.7 – Суммарный график

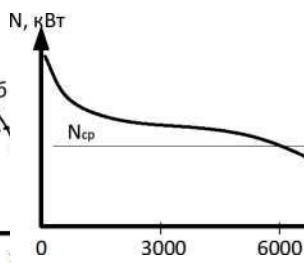


Рисунок 4.2.8 – Годовой график продолжительности нагрузок

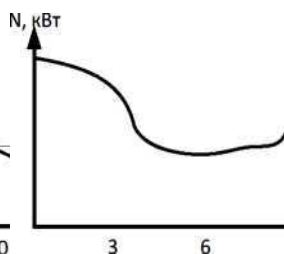


Рисунок 4.2.9 – Годовой график месячных максимумов

<p>электрической нагрузки по сезонам:  <i>a</i> - зимние сутки; <i>б</i> - летние сутки</p>	<p>довой график электрической нагрузки</p>	<p>довой график месячных максимумов электрической нагрузки</p>
---	--	--

Для облегчения прохождения пиков электрической нагрузки можно использовать выравнивание графиков нагрузки, под которым понимают активное воздействие на режим потребления, приводящее к уменьшению максимумов нагрузки. Для достижения этих целей служат увеличение сменности работы предприятий при использовании поощрительных ночных тарифов на электроэнергию, наличие потребителей-регуляторов, часы, работы которых определяет энергосистема.

В связи со значительной неравномерностью электрической нагрузки в течение суток важной задачей является рациональное покрытие относительно кратковременных, но значительных пиков нагрузки.

Большое значение для определения режимов работы источников тепловой энергии (ТЭЦ и РК) при проектировании систем теплоснабжения имеет годовой график продолжительности коммунально-бытовой нагрузки и годовой график с разбивкой по месяцам. Эти графики показывают изменение теплофикационной нагрузки, включающей в себя отпуск тепла на отопление и горячее водоснабжение от ее максимального значения до минимального в течение в году с температурой приходящего и отходящего теплоносителя.

**Транспортирование и потребление тепловой и электрической энергии. Тепловые сети. Электрические сети. Тепловая и электрическая изоляция. Потери энергии при передаче. Структура энергопотребления в Республике Беларусь.**

Тепловая сеть – совокупность устройств (включая центральные тепловые пункты, насосные станции), предназначенных для передачи тепловой энергии, теплоносителя от источников тепловой энергии до теплопотребляющих установок.

Теплоноситель – среда, которая передает теплоту от источника теплоты к нагревательным приборам систем отопления, вентиляции

и горячего водоснабжения.

По роду теплоносителя системы теплоснабжения бывают водяные, паровые и с другим теплоносителем (этиленгликоль, R-122 и т.д.).

По способу присоединения системы горячего водоснабжения к системе теплоснабжения:

– открытая – вода на горячее водоснабжение забирается непосредственно из тепловой сети.

– закрытая – вода на горячее водоснабжение забирается из водопровода и нагревается в теплообменнике сетевой водой.

Основными элементами тепловых сетей являются трубопровод, состоящий из стальных или пластиковых труб, соединенных между собой с помощью сварки, опоры – несущая конструкция, воспринимающая вес трубопровода и теплоносителя, а также усилия, возникающие при его эксплуатации, изоляционная конструкция, предназначенная для защиты трубопровода от наружной коррозии и тепловых потерь.

Тепловая изоляция накладывается на трубопроводы для снижения потерь теплоты при транспортировке теплоносителя. Потери теплоты снижаются при надземной прокладке в 10-15 раз, а при подземной – в 3-5 раз по сравнению с неизолированными трубопроводами.

Прокладка трубопроводов инженерных сетей производится:

– над землей и на земле – применяется при высоком уровне грунтовых и внешних вод, на территории промышленных предприятий, при пересечении оврагов, рек, многоколейных железнодорожных путей;

– под землей – трубопроводы размещаются либо непосредственно в грунте (бесканальная прокладка), либо в непроходных, полупроходных и проходных каналах.

Максимальный диаметр теплопровода при бесканальной прокладке в грунте не превышает 800-900 мм.

В канальных трубопроводах каналы сооружаются из сборных железобетонных элементов.

Непроходные каналы изготавливают из унифицированных железобетонных элементов – представляют собой корытообразный лоток с перекрытием из сборных железобетонных плит. Наружная поверхность стен лотка покрывается рубероидом на битумной мастике.



Полупроходные каналы применяются при прокладке небольшого числа труб (2-4) в тех местах, где по условиям эксплуатации недопустимо вскрытие грунта, и при прокладке трубопроводов больших диаметров (800–1400 мм).

Проходные каналы – возможности доступа к трубопроводу, его ревизии и ремонта без вскрытия грунта. Проходные каналы (коллекторы) сооружаются при наличии большого числа трубопроводов. Оборудуются другими подземными коммуникациями – электрокабелями, водопроводом, газопроводом, телефонными кабелями, вентиляцией, электроосвещением низкого напряжения.

Получение качественной тепловой энергии потребителем в настоящее время решается с помощью применения предварительно-изолированных труб (ПИ-труб). Преимущества использования ПИ-труб:

- изготавливаются в условиях производства, что обеспечивает высокое качество изоляции, точность размеров, производительность труда и снижает стоимость;
- к трубам изготавливаются на производстве угловые фитинги, переходники и т. д., что упрощает монтаж в полевых условиях;
- пластмассовые предварительно изолированные трубы могут монтироваться прямо в траншею, нет необходимости использования каналов, угловых соединений, это снижает стоимость и увеличивает производительность монтажных работ.

Динамика конечного потребления тепловой энергии представлена на рисунке 4 2 10.



Рисунок 4 2 10 – Динамика конечного потребления тепловой энергии, млн. Гкал

По состоянию на 2022 год технологический расход тепловой энергии на транспорт в тепловых сетях составил 7,36%.

Электрическая сеть – это совокупность электроустановок для распределения электрической энергии, состоящая из подстанций, распределительных устройств, воздушных и кабельных линий электропередачи. По электрической сети осуществляется распределение электроэнергии от электростанций к потребителям.

Линия электропередачи (воздушная или кабельная) — электроустановка, предназначенная для передачи электроэнергии.

Электрическая подстанция — это электроустановка, предназначенная для преобразования и распределения электрической энергии. Электрические подстанции применяются для преобразования электроэнергии одного напряжения в электроэнергию другого напряжения.

Классификация электрических сетей может осуществляться по роду тока, номинальному напряжению, выполняемым функциям, характеру потребителя, конфигурации схемы сети и т. д.

По роду тока различаются сети переменного и постоянного тока.

По напряжению:

- сверхвысокого напряжения;
- высокого напряжения;
- низкого напряжения.

По выполняемым функциям различаются:

– системообразующие сети – напряжением 330-1150 кВ осуществляют функции формирования объединенных энергосистем, объединяя мощные электростанции и обеспечивая их функционирование как единого объекта управления, и одновременно обеспечивают передачу электроэнергии от мощных электростанций;

– питающие сети – предназначены для передачи электроэнергии от подстанций системообразующей сети и частично от электростанций к центрам питания распределительных сетей – районным подстанциям. Питающие сети обычно замкнутые, как правило, напряжение этих сетей ранее было 110-220 кВ, по мере роста плотности нагрузок, мощности станций и протяженности электрических сетей напряжение иногда бывает 330-500 кВ;

– распределительные сети — предназначены для передачи

электроэнергии на небольшие расстояния от районных подстанций к промышленным, городским, сельским потребителям, распределительные сети обычно разомкнутые.

По характеру потребителя распределительные сети подразделяются на сети: промышленного, городского и сельскохозяйственного назначения.

Преимущественное распространение в распределительных сетях имеет напряжение 10 кВ. Напряжение 35 кВ широко используется для создания центров питания в основном в сельской местности. Сети сельскохозяйственного назначения в настоящее время рассчитаны на напряжение 0,4-110 кВ

Потери электроэнергии в электрических сетях – важнейший показатель экономичности их работы, наглядный индикатор состояния системы учета электроэнергии, эффективности деятельности энергоснабжающих организаций.

Транспортирование электрической энергии от источника к потребителю осуществляется по линиям электропередач. Для уменьшения тепловых потерь необходимо уменьшить сопротивление проводов или силу тока в них. Уменьшение сопротивления возможно при увеличении площади поперечного сечения провода, однако это утяжеляет провод и увеличит затраты на материалы для его изготовления. При передаче электрической энергии на большие расстояния используют высокие и сверхвысокие напряжения.

Потери электроэнергии при ее передаче и распределении в электрических сетях можно считать удовлетворительными, если они не превышают 4-5 %. Потери электроэнергии на уровне 10 % считаются максимально допустимыми.

Динамика конечного потребления электрической энергии представлена на рисунке 4.2.11.

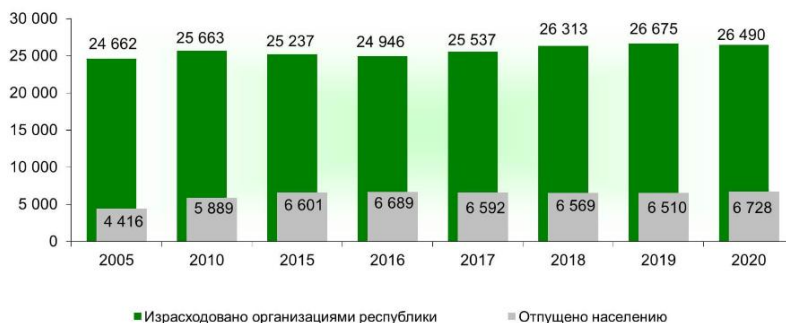


Рисунок 4.2.11 – Динамика конечного потребления электрической энергии, млн. кВт·ч

По состоянию на 2022 год технологический расход тепловой энергии на транспорт в тепловых сетях составил 8,03%.

## Раздел V. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

### Тема 5.1. Возобновляемые источники энергии

#### Потенциал возобновляемых источников энергии в Республике Беларусь.

Оценка потенциала энергии солнца. По мнению многих экспертов, в группе возобновляемых источников энергии солнечная энергетика обладает наибольшим, в разы превышающим иные ВИЭ, потенциалом в Республике Беларусь. Согласно метеорологическим наблюдениям, среднегодовое поступление солнечной радиации на территорию Республики Беларусь составляет 2,8 кВт·ч/м<sup>2</sup>. Интенсивность поступления радиации неравномерна и зависит от географической широты и средней облачности. Согласно количеству поступающей от солнца энергии, территорию страны можно подразделить на радиационно-климатические пояса, примеры карты можно видеть на рисунке 5.1.1.

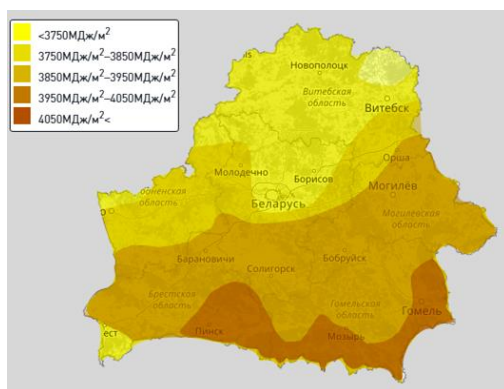


Рисунок 5.1.1 – Годовая суммарная солнечная радиация, МДж/м<sup>2</sup>

Теоретический потенциал солнечной энергетики, который учитывает всю поступающую на территорию страны солнечную энергию, составляет 215,9-231,0 трлн кВт·ч/год, что эквивалентно 26,5-28,4 млрд т у.т./год.

Реализовать весь теоретический потенциал не представляется возможным, так как для установки преобразователей солнечной энергии в таком случае потребуется использовать всю территорию страны. Под солнечные установки можно использовать от 1 до 10% неиспользуемых земель, площадь которых в Республике Беларусь составляет 2,0% территории страны и равна 415,5 тыс. га. Исходя из принятых ограничений, технически возможный потенциал может быть оценен как 173-277 млрд кВт·ч. С учетом коэффициента преобразования солнечной энергии в электрическую в размере 20%, с использованием солнечной энергии в Республике Беларусь может быть выработано 34,5-55,4 млрд кВт·ч электрической энергии.

Оценка потенциала энергии ветра. Согласно прогнозам Международного энергетического агентства, предполагается значительный прирост мощностей ветроэнергетики в мире на протяжении текущего десятилетия. Однако движущей силой этого роста станут не экологические или идейные факторы, а потенциальные экономические эффекты.

На территории Республики Беларусь выявлено 1840 площадок, где скорость ветра позволяет реализовать проекты ветроэнергетики. Как известно, скорость ветра повышается с увеличением высоты над уровнем земли. Кроме этого средние скорости ветра изменяются в зависимости от рассматриваемого сезона года, имея на территории Республики Беларусь минимум в летний и максимум в зимний период.

Согласно результатам наблюдений, наиболее благоприятные территории для размещения ветроэнергетических установок расположены в восточной части Могилевской области, восточной и западной частях Гродненской области и центральной части Минской области. Теоретический потенциал может быть оценен в 218,7-262,4 млрд кВт·ч.

С учетом достижений в области ветроэнергетики, минимальная скорость ветра, при которой целесообразно строительство ветроустановок средней и большой мощности, составляет 3-3,5 м/с. При выборе конкретных площадок следует учитывать, что на высотах 80-100 м от поверхности земли скорость ветра в Республике Беларусь достигает средних значений от 5,2 до 5,7 м/с, а местами – 6,0-6,5 м/с и более. Для промышленной выработки электроэнергии в Респуб-

лике Беларусь наиболее целесообразно использование ветроустановок с мачтой высотой не менее 70-80 м с целью получения доступа к более высоким скоростям ветра и, как следствие, более эффективной работы. Учитывая ограничения по скорости ветра, технически возможный потенциал энергии ветра в стране составит 32,0-46,0 млрд кВт·ч. В случае полной реализации технически возможного потенциала, ветроустановки позволят произвести 8,0-12,3 млрд. кВт·ч ежегодно.

Оценка потенциала древесной биомассы. Леса в Республике Беларусь являются одним из важнейших возобновляемых природных ресурсов. Лесистость по состоянию на 2020 год составляла 40,1%, лесной фонд занимал 9696,8 тыс. га или 46,7% территории страны. Концепцией Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2035 года предусмотрено формирование экологичного и эффективного лесного хозяйства, что включает в себя сохранение биоразнообразия экосистем леса и повышение уровня интенсивности использования лесных ресурсов, в особенности древесины. Последнее включает в себя, в том числе, и увеличение объемов биомассы, направляемой на использование в качестве топлива, преимущественно в виде щепы. Лесистость различных районов Республики Беларусь по состоянию на 01.01.2020 г. представлена на рисунке 5.1.2.

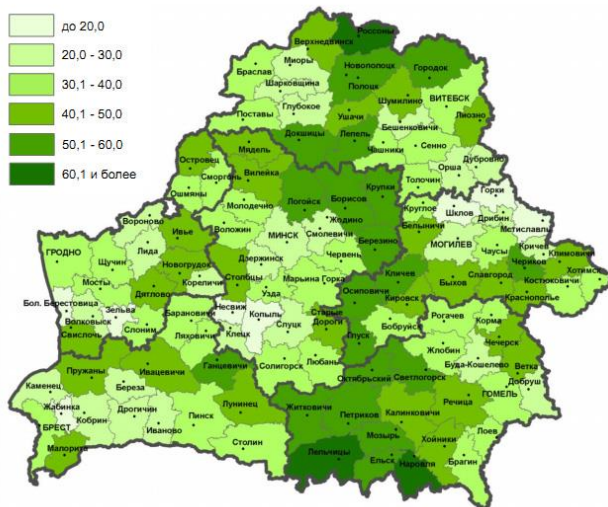


Рисунок 5.1.2 – Лесистость территории Республики Беларусь по районам, %

Теоретический потенциал возобновляемой древесной биомассы в стране ограничен лишь приростом древесины. По состоянию на 2021 г. теоретический потенциал составляет 36,1-38,1 млн. м<sup>3</sup> или 9,6-10,1 млн. т у.т..

Нерациональное распределение потоков биомассы и направление ее преимущественно на энергетические нужды может оказать негативное влияние на ряд отраслей промышленности и сделать использование биомассы неустойчивым. Для энергетических целей может быть использована древесина низких потребительских свойств, а также отходы, непригодные для целей, отличных от энергетических. Таким образом, при расчете технически возможного потенциала древесной биомассы следует исключить древесину, которая преобразуется в продукцию, не относящуюся к топливу и находящуюся на более высоких уровнях ценности.

Важно отметить, что часть территории Республики Беларусь загрязнена радионуклидами, и леса, находящиеся в зонах радиоактивного загрязнения с плотностью <sup>137</sup>Cs свыше 15 Ки/км<sup>2</sup> относятся к резервным ресурсам для заготовки древесины. Прирост древесины на таких территориях не будет включаться в технически возможный



потенциал. Некоторые площади страны относятся к особо охраняемым природным территориям. Леса, произрастающие в таких местах, также должны быть исключены из технического возможного потенциала, так как недоступны для заготовки древесины ввиду особого статуса территории.

Технически возможный потенциал на 2021 год составит 13,5–16,6 млн. м<sup>3</sup>, что эквивалентно 3,6–4,4 млн. т у.т./год и позволит ежегодно заместить 3,1–3,8 млрд. м<sup>3</sup> природного газа.

Оценка потенциала производства биогаза. Производство электроэнергии из биогаза в мире за десять лет возросло почти в два раза: с 46,3 тыс. ГВт·ч в 2010 году до 88,4 тыс. ГВт·ч в 2018 году, в то время как мировое потребление электроэнергии за аналогичный период увеличилось на четверть и к 2018 году составило 24,7 млн. ГВт·ч. На территории Республики Беларусь находится большое число животноводческих комплексов, что позволяет рассматривать отходы жизнедеятельности содержащихся там животных и птиц в качестве надежной сырьевой базы для получения биогаза.

По состоянию на начало 2020 года численность крупного рогатого скота в хозяйствах всех категорий в Республике Беларусь составила 4295 тыс. голов, свиней – 2882 тыс. голов, овец и коз – 149 тыс. голов, лошадей – 38 тыс. голов, птицы – 53 млн. голов. Теоретический потенциал на начало 2020 года составил 1668–1938 млн. м<sup>3</sup>/год, что эквивалентно 1318–1531 тыс. т у.т./год и позволяет заместить 1146–1332 млн. м<sup>3</sup> природного газа ежегодно; технически возможный потенциал оценивается в 1178–1367 млн. м<sup>3</sup>/год, что эквивалентно 930–1080 тыс. т у.т./год и позволяет ежегодно заместить 809–939 млн. м<sup>3</sup> природного газа [5].

Оценка потенциала энергии движения водных потоков. В Республике Беларусь преобладает равнинный рельеф, что не позволяет рассматривать крупную гидроэнергетику как источник энергии по причинам низкого напора водных потоков, а также риска затопления и подтопления значительных территорий. Однако развитие малой гидроэнергетики имеет перспективы.

Теоретический потенциал энергии движения водных потоков в Республике Беларусь был оценен в 5446–5553 млн. кВт·ч.

На территории страны существует большое количество потенциальных точек для размещения малых гидроэлектростанций. В последнее время был проведен ряд достаточно тщательных научных

исследований по оценке мощности водотоков в таких точках. Было определено 1170 перспективных площадок, на возможно установить гидроэлектростанции. Мощность водотоков, технически возможную для использования в проектах гидроэнергетики, можно оценить в 339-441 МВт. С учетом коэффициента использования установленной мощности уже существующих на территории страны гидроэлектростанций, составляющем 0,37, при полной реализации технически возможного потенциала, возможно произвести 1113-1447 млн кВт·ч электрической энергии ежегодно или заместить 265-345 тыс. т у.т.

Прямое преобразование солнечной энергии в тепловую (гелио-водоподогреватели, коллекторы, солнечные пруды и солнечные электростанции). Прямое преобразование солнечной энергии в электрическую энергию (фотоэлектрические преобразователи)

Каждую секунду на Солнце примерно  $6 \cdot 10^{11}$  кг водорода превращается в гелий в результате проходящей термоядерной реакции, являющейся источником энергии солнечного излучения.

Мощность общего излучения Солнца  $3,83 \cdot 10^{26}$  Вт, из которой на Землю попадает  $2 \cdot 10^{17}$  Вт. Основная часть солнечной энергии испускается в виде коротковолнового электромагнитного излучения в диапазоне длин волн 0,2- 3,0 мкм.

Часть излучения приходящего к Земле поглощается атмосферой – 47 %, остальное отражается в космическое пространство. Поглощаемая Землей энергия в 35 тыс. раз превышает энергопотребление человечества.

Развитие солнечной энергетики в Республике Беларусь. Солнечная энергетика имеет самый высокий темп развития по сравнению с другими видами возобновляемой энергетики. Так за десятилетний период в мире установленная мощность электрогенерирующих установок на солнечной энергии выросла более чем в 8 раз. За тот же период мощность ветроэнергетических установок увеличилась более чем в 3 раза, рост мощности по направлениям биоэнергетики, геотермальной энергетики и гидроэнергетики составил 90, 60 и 25% соответственно. В Республике Беларусь солнечная энергетика также является наиболее быстро развивающимся направлением возобновляемой энергетики. По состоянию на 2021 год доля солнечной

энергетики в балансе электроустановок на возобновляемых источниках энергии в стране составила 33%, в то время как доли остальных видов сопоставимы и равны 25% для биоэнергетики, 23% для ветроэнергетики и 20% для возобновляемой гидроэнергетики.

Преобразование солнечной энергии в тепловую обеспечивается за счет способности атомов вещества поглощать электромагнитное излучение. При этом энергия электромагнитного излучения преобразуется в кинетическую энергию атомов и молекул вещества, то есть в тепловую энергию. Результатом этого является повышение температуры тела.

Преобразование солнечной энергии в тепловую обеспечивается системами солнечного отопления или горячего водоснабжения. Их характерным отличием от других систем является применение специального элемента – гелиоприемника, предназначенного для улавливания солнечной радиации и преобразования ее в тепловую энергию. По способу использования солнечного излучения системы отопления подразделяют как пассивные и активные.

Пассивными называются системы солнечного отопления, в которых элементом, воспринимающим солнечное излучение, является само здание или его отдельные ограждения (здание-коллектор, стена - коллектор, кровля-коллектор).

Важным с точки зрения пассивного использования солнечной энергии является учет следующих факторов:

- ориентация строения на юг;
- его максимальная теплоизоляция;
- распределение жилых помещений на солнечной стороне;
- минимизация внешних затеняющих элементов;
- отсутствие затенения зданий при квартальной застройке;
- использование внутри помещений элементов его отделки и материалов, максимально поглощающих солнечную энергию и имеющих повышенную теплоемкость (плитка темных оттенков, мраморные подоконники, отсутствие обоев и т. п.).

Преимущества солнечной архитектуры:

- летом отсутствует перегрев, вызванный солнечным излучением, и поэтому уменьшается необходимость охлаждения;
- зимой солнечное излучение используется максимально, уменьшая необходимость отопления;

– при планировании домов используются только пассивные решения, такие как расположение и величина окон, расположение здания по отношению к сторонам света и т. д., поэтому не происходит дополнительного энергопотребления и загрязнения окружающей среды;

– является экономически целесообразным, так как пассивные, являющиеся частью здания компоненты служат столько же, сколько само здание;

– поскольку используются традиционные архитектурные элементы, это не влияет на внешний облик здания;

– уменьшает использование углеводородного топлива;

– препятствует дальнейшему развитию климатических изменений.

Недостатки солнечной архитектуры:

– архитектуру пассивной солнечной энергии следует учитывать при проектировании здания;

– здание может иметь невыгодное для максимального использования солнечного излучения местоположение;

– в случае зданий, находящихся под защитой (исторические), могут возникнуть препятствия при изменении их внешнего вида.

Активными называются системы солнечного отопления, в которых гелиоприемник – гелиоколлектор – является самостоятельным отдельным устройством, заполненным теплоносителем.

Основные отличительные признаки коллекторов заключены в конструкции абсорбера и изоляции коллектора от окружающей среды. Физика процесса преобразования солнечного излучения в тепловую энергию одинакова для всех коллекторов: солнечная энергия в абсорбере преобразуется в тепловую энергию.

В плоских коллекторах абсорбер, как правило, защищен корпусом из высококачественной листовой стали или алюминия, а с фронтальной поверхности закрыт гелиостеклом с низким содержанием железа, которое обеспечивает долговременную защиту от неблагоприятных погодных условий. Антиотражающее покрытие стекла дополнительно уменьшает отражение. Тепловая изоляция корпуса снижает тепловые потери.

Преобразование солнечного излучения в тепловую энергию в абсорбере, как в плоских, так и в трубчатых коллекторах, происхо-

дит, в принципе, идентично. Значительные отличия состоят в тепловой изоляции: в трубчатом коллекторе абсорбер, как в термосе, встроен в вакуумированную стеклянную трубку. Вакуум обладает хорошими теплоизоляционными свойствами, поэтому тепловые потери будут более низкими, чем в плоских коллекторах, особенно при высоких температурах, то есть в условиях эксплуатации, которые ожидаются при замещении тепловой нагрузки на отопление или кондиционирование воздуха.

Условием надежности и длительной эксплуатации вакуумированных трубчатых коллекторов является долгосрочное сохранение вакуума благодаря надежной герметизации.

Существует два типа конструкции вакуумированных трубчатых коллекторов: прямоточные и с тепловой трубой. В прямоточных вакуумированных трубчатых коллекторах теплоноситель циркулирует непосредственно в трубках абсорбера. Поэтому они могут монтироваться в любом положении.

В конструкции с тепловыми трубами в закрытой трубке абсорбера происходит испарение вторичного теплоносителя (как правило, воды). В верхней части трубок пар конденсируется в так называемом конденсаторе – где теплота передается теплоносителю. Этот процесс требует определенного угла наклона коллектора для обеспечения передачи теплоты от испарителя к конденсатору тепловой трубы (рисунок 5.1.3).

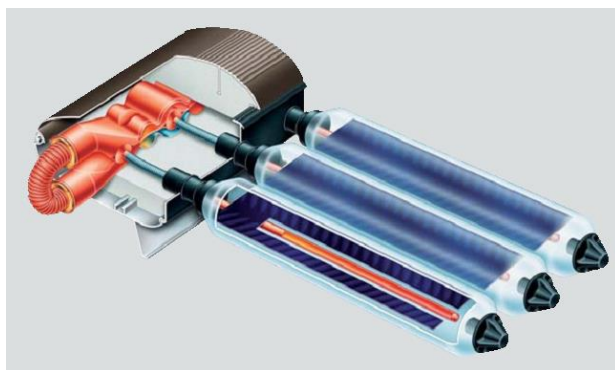


Рисунок 5.1.3 – Вакуумированный трубчатый коллектор с тепловой трубой

Для получения более высоких температур, чем те, которые можно получить с помощью плоских коллекторов, используются концентрирующие коллекторы. Концентрирующий коллектор включает в себя приемник, поглощающий излучение и преобразующий его в какой-либо другой вид энергии, и концентратор, который является оптической системой, собирающей солнечное излучение с большой поверхности и направляющей его на приемник. Концентратор представляет собой параболическое вогнутое зеркало, выполненное из полированного металла. Также могут использоваться линзы, которые концентрируют проходящее через них излучение (рисунок 5.1.4).



Рисунок 5.1.4 – Концентрирующий коллектор

Концентраторы в основном поглощают прямое солнечное излучение. Для обеспечения высокой эффективности процесса улавливания и преобразования солнечной радиации концентрирующий коллектор снабжают системой слежения за Солнцем.

Активные гелиосистемы по виду используемого теплоносителя делятся на жидкостные (вода, антифриз) и воздушные.

Циркуляция теплоносителя может осуществляться естественно (естественной конвекцией) или принудительно (насосом). При естественной циркуляции нагреватель должен находиться ниже накопителя нагретой воды так как циркуляция осуществляется вследствие различия плотностей холодной (плотной) и горячей (менее плотной воды).

Активные гелиосистемы по техническому решению схем делятся на одно-, двух- и многоконтурные, а по продолжительности работы - на сезонные и круглогодичные (рисунок 5.1.5).

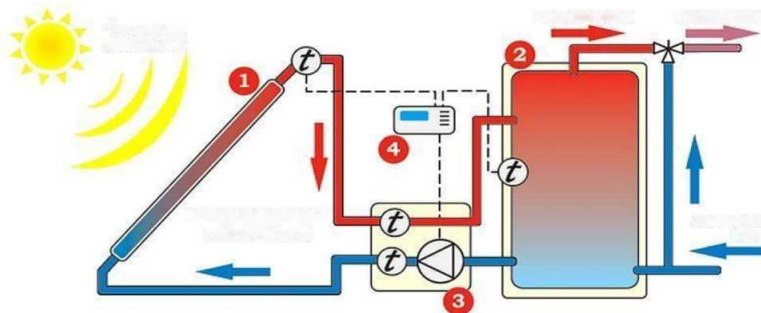


Рисунок 5.1.5 – Двухконтурная круглогодичная гелиосистема с принудительной циркуляцией теплоносителя

Фотоэлектрическая генерация – процесс прямого преобразования солнечного излучения в электрическую энергию. Данный процесс становится возможным при использовании фотоэффекта – явления, происходящего в веществах при их освещении (т.е. воздействием электромагнитным излучением). Фотоэффект делится на два вида:

- фотоэлектрическая эмиссия (внешний фотоэффект) – выход электронов из металлов;
- вентильный фотоэффект (внутренний фотоэффект) – перемещение зарядов через границу раздела проводников с различными типами проводимости.

Для прямого преобразования энергии солнечного излучения в электроэнергию используются фотоэлементы, изготовленные из полупроводниковых материалов. Наиболее распространенным полупроводником, используемым для создания солнечных элементов, является кремний (поликристаллический, аморфный, пленочный). Более эффективными являются сложные полупроводники (фосфид индия, арсенид галлия и др.)

В основе действия фотоэлементов лежит явление возникнове-

ния электрического тока при попадании излучения на пластину, состоящую из двух полупроводников с различными электрическими свойствами, находящимися в контакте друг с другом.

Фотоэлементы последовательно соединяют в солнечные модули, а те, в свою очередь, параллельно соединяются друг с другом в батареи. Таким образом, можно строить крупные фотоэлектрические станции.

Солнечные элементы характеризуются коэффициентом преобразования солнечной энергии в электрическую, который представляет собой отношение максимальной мощности вырабатываемой элементом электрической энергии к энергии потока излучения, падающей на элемент. Кремниевые солнечные элементы имеют коэффициент преобразования 20-25%.

Выработка электрической энергии за счет солнечной энергии в Республике Беларусь и средний за год коэффициент использования установленной мощности (далее – КИУМ) представлены на рисунках 5.1.6 и 5.1.7 соответственно.

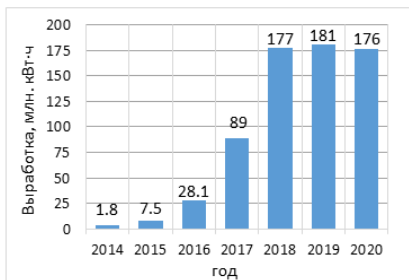


Рисунок 5.1.6 – Выработка электроэнергии солнечными электростанциями в Республике Беларусь

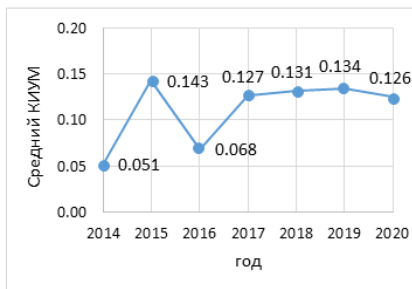


Рисунок 5.1.7 – Средний КИУМ солнечных электростанций в Республике Беларусь

Как видно из рисунка 5.1.6, наиболее интенсивное развитие солнечной энергетики происходило с 2014 по 2018 год, что соответствует периоду существования максимальных повышающих коэффициентов для тарифов на закупку электроэнергии государством от производителей энергии из возобновляемых источников энергии.



Коэффициент использования установленной мощности построенных на территории Республики Беларусь солнечных электростанций невелик и в среднем составляет 12-13% (провалы 2014 и 2016 годов обусловлены вводом крупных электростанций в конце учетного периода). Данный показатель в странах с более благоприятными для развития солнечной энергетики климатом и большим числом солнечных дней, таких как, например, Узбекистан, Турция, Афганистан, по данным Международной ассоциации возобновляемой энергетики, достигает 20% и выше. В то же время среднегодовые значения КИУМ в области солнечной электроэнергетики по миру в целом составляют аналогичные для белорусских солнечных электростанций значения 12-13%.

Ветроэнергетика и малая гидроэнергетика (потенциал и возможности использования в Беларуси). Энергия других природных явлений (приливов и отливов, волн, геотермальных процессов). Аккумуляирование тепловой и электрической энергии.

Ветер давно используется человеком. Примером тому, первые парусники, первые ветряные мельницы. В Голландии энергия ветра использовалась не только для помола зерна, но и для перекачивания воды для осушения затопляемой морем территории страны.

В середине девятнадцатого века ряд небольших машин, известных как американские ветряные мельницы, были разработаны как насосы для водопоя скота, орошения земель и подачи воды для паровых двигателей на американских железных дорогах. С многолопастными стальными роторами, установленными на решетчатых башнях, они оснащались саморегулирующимися механизмами для поворота от разрушительного сильного ветра.

Вообще, ветры возникают в результате крупномасштабных перемещений воздушных масс в атмосфере. Эти движения воздуха создаются в глобальном масштабе в основном за счет дифференциального солнечного нагрева земной атмосферы, поэтому энергия ветра, как и гидроэнергия, является косвенной формой солнечной энергии. Воздух в экваториальных областях нагревается сильнее, чем в других широтах, в результате чего он становится более легким и менее

плотным. Этот теплый воздух поднимается на большие высоты и затем течет на север и на юг к полюсам, где воздух у поверхности более холодный.

Это движение прекращается примерно на  $30^\circ$  северной широты и  $30^\circ$  южной широты, где воздух начинает охлаждаться и опускаться, а обратный поток этого более холодного воздуха происходит в самых нижних слоях атмосферы.

Области земного шара, где воздух опускается, являются зонами высокого давления, и наоборот, там, где воздух поднимается, образуются зоны низкого давления. Этот горизонтальный градиент давления приводит в движение поток воздуха от высокого давления к низкому, что определяет скорость и первоначальное направление движения ветра. Чем больше градиент давления, тем больше сила, действующая на воздух, и тем выше скорость ветра. Поскольку направление силы направлено от более высокого давления к более низкому, первоначальная тенденция ветра направлена перпендикулярно изобарам (линиям равного давления). Однако, как только движение ветра устанавливается, возникает отклоняющая сила, обусловленная вращением Земли, которая изменяет направление движения ветра. Эта сила известна как сила Кориолиса.

Она важна во многих ветреных районах мира, но не играет большой роли вблизи экватора. В дополнение к основным глобальным системам ветра существует также целый ряд местных эффектов. Дифференциальный нагрев моря и суши также вызывает изменения в общем потоке. Характер рельефа местности, начиная от гор и долин и заканчивая более локальными препятствиями, такими как здания и деревья.

Пограничный слой относится к нижней области атмосферы, где скорость ветра задерживается силами трения на поверхности Земли. В результате скорость ветра увеличивается с увеличением высоты над поверхностью Земли. Отсюда ясно, что доступный ветровой ресурс зависит от высоты мачты ветроэнергостановки (ВЭУ) и, соответственно, от диаметра ветроколеса. В последние годы этот показатель увеличился, что отражает рост масштабов технологии ветряных турбин, высота оси вращения ветроколеса многомегаваттных ВЭУ теперь составляет более 100 м.

Для Беларуси по данным многолетних наблюдений (Рисунок 5.1.8) среднегодовые скорости ветра составляют от 2,5 до 4,2

м/с, а среднемесячная максимальная - до 4,9 м/с. Максимальные среднемесячные скорости ветра достигаются зимой, а минимальные - летом. В соответствии с другими источниками среднегодовая скорость ветра в отдельных регионах Беларуси предполагается более высокой и может составлять выше 5 м/с. Скорость ветра в целом зависит как от времени года, так и от времени суток. Для принятия решения об использовании энергии ветра необходим тщательный анализ о ее располагаемом потенциале.

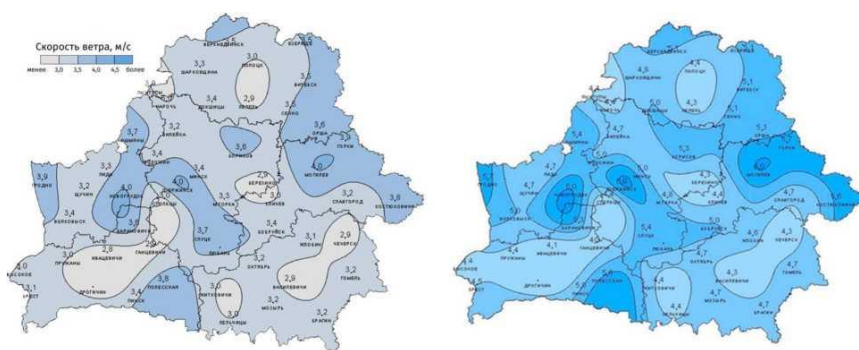


Рисунок 5.1.8– Фоновая скорость ветра на территории Республики Беларусь: слева – высота 10м, справа – расчетные значения на высоте 60 м.

Европейский доступный ресурс наземного ветра оценивается в 4800 ТВт ч/год с учетом типичных коэффициентов преобразования ветряных турбин, а европейские ресурсы оффшорного ветра ресурс в районе 3000 ТВт ч/год, хотя это сильно зависит от предполагаемого допустимого расстояния от берега. По прогнозам к 2030 году страны ЕС смогут генерировать 965 ТВтч электроэнергии, получаемой от ветропарков наземного и морского базирования, что составит около 23% от потребности этих стран в электроэнергии.

ВЭУ классифицируются по ориентации оси вращения ветроколеса. Они бывают ветрикальноосевыми и горизонтальноосевыми (рисунок 5.1.9).

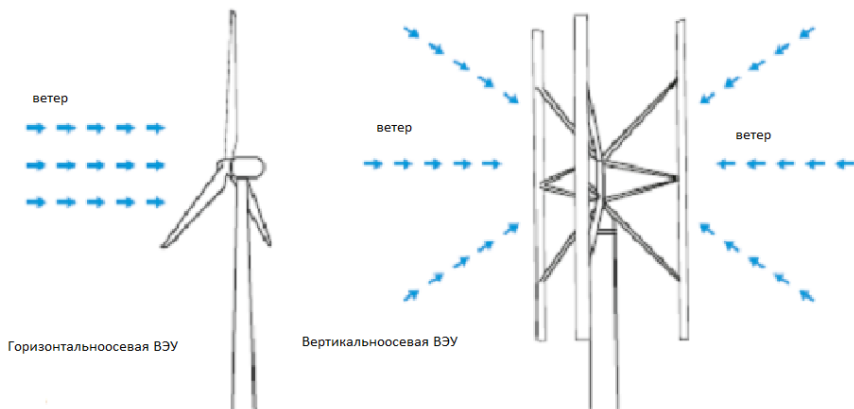


Рисунок 5.1.9– ВЭУ с различной ориентацией оси вращения

В большой энергетике преимущественно используются горизонтальноосевые ВЭУ, за счет большего коэффициента использования установленной мощности – КИУМ. Хотя и у вертикальноосевых ВЭУ есть свои преимущества. В частности, это отсутствие механизмов для ориентации ветроколеса на ветер. Ветроколеса с вертикальной осью вращения называются роторами. Конструкция горизонтальноосевой ветроэнергостанции мегаваттной мощности имеет вид, показанный на рисунке 5.1.10.

Каждое ветроколесо ВЭУ характеризуется следующими параметрами:

- *ометаемой площадью  $S$* , то есть площадью, покрываемой его лопастями при вращении и равной  $S=3.14 D^2/4$ , где  $D$ - диаметр ветроколеса;

- *геометрическим заполнением  $G_z$* , равным отношению площади проекции лопастей на плоскость, перпендикулярную потоку, к ометаемой площади (так, например, при одинаковых лопастях четырехлопастное колесо имеет вдвое большее геометрическое заполнение, чем двухлопастное);

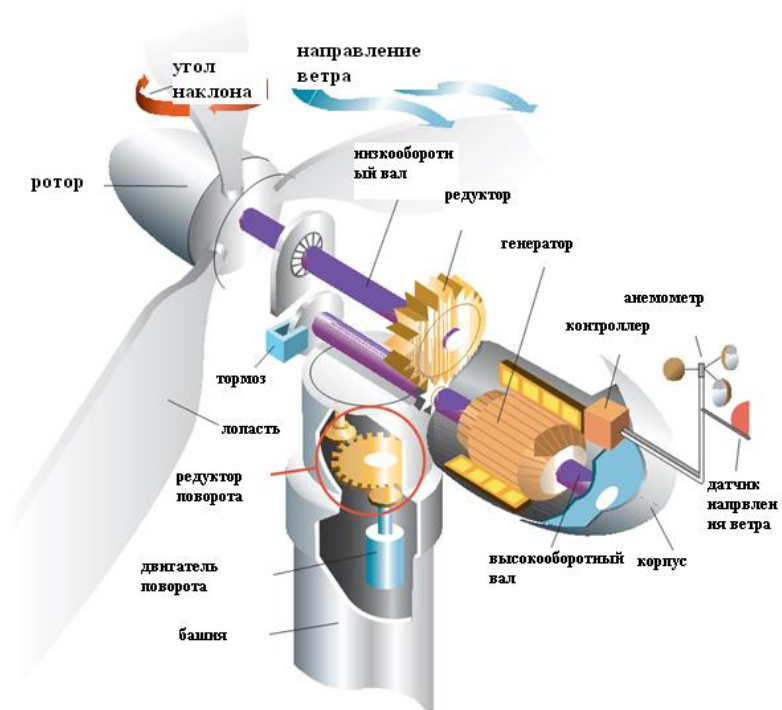


Рисунок 5.1.10– Конструкция ВЭУ большой мощности

-коэффициентом мощности  $C_p$ , характеризующим эффективность использования ветроколесом энергии ветрового потока и зависящим от конструкции ветроколеса;

-коэффициентом быстроходности  $Z$ , представляющим собой отношение скорости конца лопасти к скорости ветра.

При скорости ветра  $V$  и плотности воздуха  $\rho$  ветроколесо с коэффициентом мощности  $C_p$  и ометаемой площадью  $S$  развивает мощность  $N$ :

$$N = C_p S \rho V^3 / 2.$$

Гидравлическая электрическая станция (ГЭС) – это электростанция, преобразующая механическую энергию потока воды в элек-

трическую энергию посредством гидравлических турбин, приводящих во вращение электрические генераторы. ГЭС является как традиционным источником электроэнергии, так и возобновляемым. В настоящее время гидроэнергия составляет около 4% от общего мирового потребления энергии. Мощность крупнейшей ГЭС – «Три ущелья» в Китае составляет 22,5 ГВт.

В состав гидроэлектростанции входят водохранилище, подводящий водовод, регулятор расхода воды, гидротурбина (рисунок 5.1.11), электрогенератор, система контроля и управления.

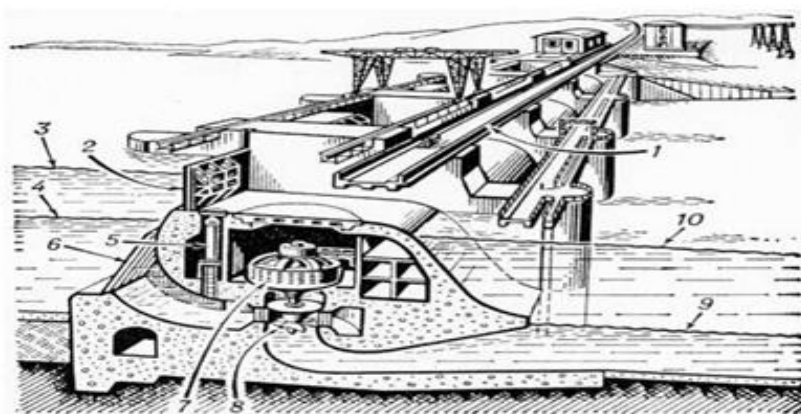


Рисунок 5.1.11—Схема плотинной ГЭС:

1 - плотина; 2 - затворы; 3 - максимальный уровень верхнего бьефа; 4 - минимальный уровень верхнего бьефа; 5 - гидравлический подъемник; 6 - сороудерживающая решетка; 7 - гидрогенератор; 8 - гидравлическая турбина; 9 - минимальный уровень нижнего бьефа; 10 - максимальный паводковый уровень

Мощность водного потока  $P$ , действующего, на лопасть гидротурбины может быть определена как:

$$P = Q\rho gH,$$

где  $Q$  — объем воды, поступающей в рабочий орган гидроэнергетической установки в единицу времени (расход, измеряемый в  $\text{м}^3/\text{с}$ ),  $H$  — высота падения жидкости (напор, измеряемый в метрах),  $\rho$  — плотность воды ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ),  $g$  — ускорение силы тяжести ( $9,8 \text{ м}/\text{с}^2$ ).

По схеме использования водных ресурсов ГЭС делятся на *плотинные, деривационные и комбинированные* (использование этих сооружений в одной схеме).

Плотинная схема создания напора предусматривает поднятие уровня воды в реке (в верхнем бьефе) путем возведения плотины. Образующееся при этом водохранилище позволяет перераспределить сток реки во времени. При этом неизбежно некоторое затопление долины реки. В случае сооружения нескольких плотин (каскада) на том же участке реки площадь затопления уменьшается. На равнинных реках высота плотины ограничивается наибольшей экономически допустимой площадью затопления. Плотинные ГЭС строят на равнинных многоводных реках.

Плотинные ГЭС подразделяют на:

- русловые;
- приплотинные;
- на обводном канале.

У русловой ГЭС здание с размещенными в нем гидроагрегатами служит продолжением плотины и вместе с ней создает напорный фронт (Рисунок 5.1.12 а, б). При этом с одной стороны к зданию ГЭС примыкает верхний бьеф, а с другой - нижний бьеф. Подводящие спиральные камеры гидротурбин своими входными сечениями закладываются под уровнем верхнего бьефа, выходные же сечения отсасывающих труб погружены под уровнем нижнего бьефа. При расположении здания ГЭС в русле реки (Рисунок 5.1.12 а) оно входит в состав подпорных сооружений и воспринимает давление воды со стороны верхнего бьефа. Высота здания определяется напором, поэтому такие компоновки ГЭС используют, как правило, при напорах до 4-6 м. Обстоятельствами, увеличивающими капиталовложения в строительство малых ГЭС с расположением здания в русле реки, являются необходимость возведения перемычек, обеспечение постоянного на время строительства водоотлива из котлована, сложность пропуска строительных расходов и перекрытия русла реки.

В состав сооружений русловой ГЭС, кроме глухой плотины, входят здание ГЭС и водосбросные сооружения (водосливная плотина, судоходный шлюз или судоподъемник, рыбопропускное сооружение, водозаборное сооружение для водоснабжения). В русловых ГЭС иногда единственным сооружением, пропускающим воду, явля-

ется здание ГЭС. В этих случаях полезно используемая вода последовательно проходит входное сечение с мусорозадерживающими решетками, спиральную камеру, гидротурбину, отсасывающую трубу, а по специальным водоводам между соседними турбинными камерами производится сброс паводковых расходов реки. На крупных равнинных реках основное русло перекрывается земляной и бетонной водосливной плотиной, к которой примыкает здание ГЭС (Рисунок 5.1.15 б).

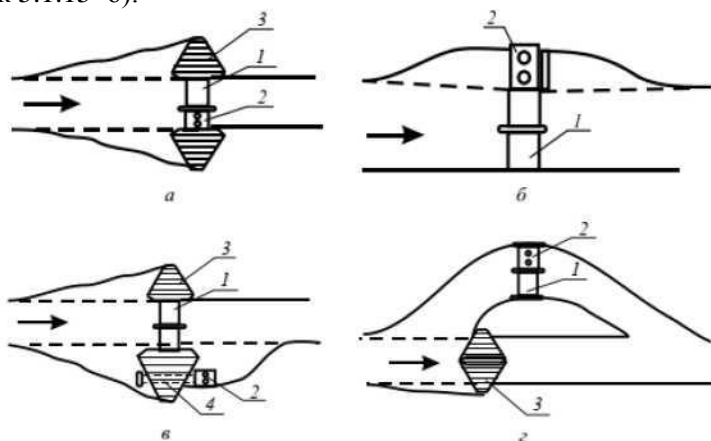


Рисунок 5.1.12 - Принципиальные схемы малых ГЭС:  
*а, б* - русловая; *в* - приплотинная; *г* - здание ГЭС расположено на обводном канале; *1* - водосливная плотина; *2* - здание ГЭС, *3* - глухая плотина; *4* - турбинный водовод.

При более высоких напорах оказывается нецелесообразным передавать на здание ГЭС гидростатическое давление воды. В этом случае применяется тип приплотиной ГЭС, у которой напорный фронт на всем протяжении перекрывается плотиной, а здание ГЭС располагается за плотиной, примыкает к нижнему бьефу (рисунок 5.1.11 в). В состав гидравлической трассы между верхним и нижним бьефом ГЭС такого типа входит глубокий водоприемник с мусорозадерживающей решеткой, турбинный водовод, спиральная камера, гидротурбина, отсасывающая труба. В качестве дополнительных сооружений в состав узла могут входить судоходные сооружения и рыбоходы, а также дополнительные водосбросы. При подводе воды к гидротурбинам по специальным напорным водоводам машинное



здание не воспринимает давления воды со стороны верхнего бьефа. Подобная схема является обычной для малых ГЭС с напорами до 15-20 м.

Расположение здания ГЭС на обводном канале, вне русла реки (Рисунок 5.1.11з), позволяет возводить основные сооружения (здание ГЭС, водосливную плотину) «насухо», что в значительной мере упрощает производство строительных работ, облегчает условия перекрытия русла реки и уменьшает в итоге общую стоимость гидроузла. При этом подвод воды к зданию может осуществляться напорным бассейном; трубопроводом, размещенным под телом грунтовой плотины, туннелем. Расположение здания малой ГЭС на обводном канале характерно для напоров до 6-8 м.

Деривационная схема позволяет получить сосредоточенный перепад путем отвода воды из естественного русла по искусственному водоводу, имеющему меньший продольный уклон. Благодаря этому уровень воды в конце водовода оказывается выше уровня воды в реке. Этой разностью уровней и создается напор ГЭС, который обычно превышает 15-20 м.

В зависимости от типа деривационного водовода различают малые ГЭС с безнапорной и напорной (Рисунок 5.1.12) деривацией.

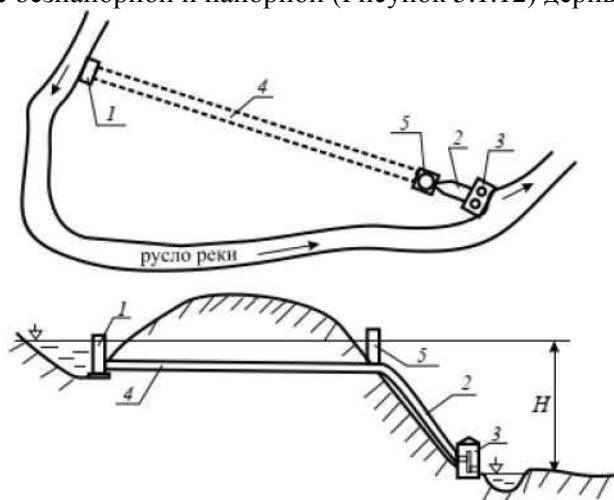


Рисунок 5.1.12 - Малая ГЭС с напорной деривацией:  
1 - водоприемник; 2 - турбинные водоводы; 3 - здание ГЭС; 4

- деривационный напорный тоннель (трубопровод); 5 - уравнильный резервуар

В малых ГЭС с безнапорной деривацией вода из естественного русла отводится по безнапорным водоводам, чаще всего по открытым каналам, реже по лоткам, и безнапорными туннелями. В этом случае деривация трассируется на отметках, близких к уровню верхнего бьефа, колебания которого обычно незначительны. Открытые безнапорные деривационные водоводы применяют при относительно ровной и слабопересеченной местности, а также при достаточной устойчивости склонов речной долины. Протяженность безнапорной деривации, определяемая топографическими условиями и технико-экономической эффективностью малой ГЭС, может достигать нескольких километров.

В настоящее время нет общепринятого для всех стран понятия малой гидроэлектростанции, однако во многих странах в качестве основной характеристики такой ГЭС принята ее установленная мощность. По принятой в СССР классификации к малым формам гидроэнергетики относят:

- микро - (до 0,1 МВт);
- мини - (до 1 МВт) ;
- малые ГЭС (до 25 МВт).

По сравнению с тепловыми электростанциями ГЭС обладают следующими преимуществами:

- возобновляемостью(неистощаемостью) энергоресурсов рек;
- низкой себестоимостью вырабатываемой на ГЭС электроэнергии;
- срок службы механического оборудования на гидроэлектростанциях более чем в три раза больше, по сравнению с оборудованием на ТЭС (около 50 лет, за счет равномерностью режима работы и отсутствием экстремальных температур и других нагрузок);
- отсутствием выбросов вредных веществ в атмосферу;
- высокой энергетической маневренностью ГЭС .

Потенциальные гидроэнергетические ресурсы Республики Беларусь обусловлены расположением в середине ее равнинной территории водораздела между бассейнами Балтийского и Черного морей, который делит страну на две почти равные части, вследствие чего вытекающие отсюда реки не могут достигнуть значительной мощно-

сти прежде, чем оставляют ее границы. Это предопределяет строительство в республике главным образом малых гидроэлектростанций.

Запасы гидроэнергоресурсов Республики Беларусь составляет теоретический потенциал ее рек - около 7,5 млрд. кВтч в средний по водности год, а его часть, которая путем выработки электроэнергии на ГЭС или иными техническими средствами может быть использована (технический потенциал), - 2,5-3,0 млрд. кВтч/год. В настоящее время экономический гидроэнергopotенциал в Республике Беларусь составляет 1,3 млрд. кВтч/год, или 325 МВт общей установленной мощности возможных ГЭС в условиях Беларуси.

Всего в республике в начале 60-х годов прошлого столетия действовало около 180 ГЭС общей мощностью 21 МВт с годовой выработкой электроэнергии в средний по водности год 88 млн. кВтч. Сельское хозяйство Беларуси в 1959 г. получало от ГЭС около 20% всей потребляемой им электроэнергии. Однако дальнейшее развитие малой гидроэнергетики прекратилось в начале 60-х годов в основном из-за представившейся возможности подключения сельских потребителей электроэнергии к государственным энергосистемам, а большинство построенных малых ГЭС затем было выведено из эксплуатации или разрушено, в основном из числа мелких мощностью до 100 кВт, принадлежавших колхозам.

В настоящее время в Республике Беларусь действует 24 гидроэлектростанций установленной мощностью 88,11 МВт. Из них более двадцати восстановленных и вновь построенных малых ГЭС, с 1992 года, (более 10 МВт). В период с 2012 по 2019 год ведены русловые каскадные ГЭС на Западной Двине - Витебская (40 МВт) Полоцкая (27 МВт), и на Немане - Гродненская (17 МВт).

Энергия других природных явлений (приливов и отливов, волн, геотермальных процессов).

Водная среда морей и океанов дает два вида энергии:

- механическую энергию волн и приливов (отливов), генерируется приливными потоками (действие гравитационных сил Луны) и волновыми процессами (вызываются ветрами).

- термическую (энергию нагретой солнцем воды).

Водная поверхность (океаны, моря) составляет более 71 % земной поверхности. Так как водная поверхность океанов нагревается

до более высокой температуры, то полученный температурный градиент может быть использован для получения энергии. Источниками возобновляемой энергии океанов являются:

- 1) волновые процессы в морях и океанах
- 2) изменения уровня воды во время приливов и отливов;
- 3) течения, возникающие во время приливов и отливов;
- 4) течения, существующие в морях и океанах;
- 5) использование термической энергии океанов;
- 6) изменение градиента солености воды;
- 7) энергия морской биомассы.

Среднюю для океанических волн энергию оценивают величиной 50 кВт на погонный метр. Подсчитано, что с учетом неизбежных потерь использование энергии волн у побережья Англии дало бы 120 ГВт энергии, что превышает суммарную мощность электростанций страны. Суммарная мощность волн Мирового океана оценивается в 2700 ГВт.

**Использование энергии волн.** Существуют следующие методы преобразования энергии волн в электрическую энергию:

1. *«Осциллирующий водяной столб»* - осуществление толчковых движений, заполняющих камеры с воздушными массами. При сжатии воздуха создается избыточное давление, подающее его на турбину и вращающее лопасти. Турбина вращается и передает воз-дух на генератор, вырабатывающий электроток;

2. *«Колблющееся тело»* - рабочие секции объединяются в конвертер, а между ними на подвижных платформах устанавливаются гидравлические поршни, на которые подсоединен гидравлический двигатель, он заставляет вращаться электрогенератор. Раскачивающееся действие волн заставляет двигаться поршни, а они запускают двигатель и генератор. При этом объем вырабатываемой энергии волн зависит от их частоты, высоты, силы - на основе этих параметров вручную адаптируется ход штока, чтобы добиться рационального режима работы оборудования.

3. *«Искусственный атолл»* - бетонное сооружение, на корпусе которого размещена поверхность для наката волн, в середине находится бассейн, в него вода поднимается «набеганием волны» на наклонную поверхность, а потом через приемное отверстие поступает на гидротурбину.

## **Использование энергии приливов и отливов, морских течений.**

*Генератор приливного потока* - генератор электроэнергии, который использует кинетическую энергию воды, подобно тому, как ветряные генераторы используют энергию ветра. Некоторые из приливных генераторов могут быть встроены в опоры мостов, не создавая эстетических проблем. Целесообразна установка таких турбин в проливах, где скорость потока воды увеличивается. Приливные турбины могут быть вертикальные и горизонтальные, открытые или в обтекателе.

*Приливные плотины* - технология использует потенциальную энергию разности уровней воды во время приливов и отливов. Плотины захватывают воду во время приливов и удерживают её. Во время отлива, вода возвращается в океан, приводя в движения турбины генераторов и вырабатывая электроэнергию.

Практически все приливные электростанции отличаются следующими положительными качествами:

- Экологическая чистота, отсутствие каких-либо вредных выбросов.
- Достаточно продолжительный срок эксплуатации.
- Возможность предварительных расчетов по количеству выработанной электроэнергии, независимость объема используемой воды от времени года.
- Более мягкий ледовый режим, отсутствие торосов в водохранилище и предпосылок их появления.
- Аварийное разрушение плотины не приводит к катастрофе, как это может случиться на обычной ГЭС.
- Энергия приливов и отливов действует постоянно, независимо от времени года.
- Невысокая стоимость получаемой электроэнергии.
- Берега дополнительно защищены от воздействия штормов, турбины расположены на дне и не несут угрозы морскому транспорту.
- Меньший объем документации, отсутствует необходимость в отчуждении земель для устройства бассейна.

- Большинство изменений и вмешательств в природу имеют местное значение и не наносят существенного вреда.

- На приливных плотинах при необходимости прокладываются железные или автомобильные дороги.

Недостатки:

- Нерегулярное действие, которое связано с цикличностью приливов и отливов, находящихся в активной фазе всего лишь 4-5 часов.

- Также существует пассивная фаза перед началом прилива и сразу после отлива, продолжительностью 1-2 часа.

- Установки окупаются в течение длительного времени, поскольку они недостаточно эффективны.

- Побережье, занятое приливными электростанциями, оказывается непригодным для отдыха и туризма, которые нередко бывают более выгодными, чем производство электричества.

- Поэтому такие объекты строятся преимущественно в северных регионах.

- Специфические трудности строительства, поскольку наиболее подходящие места расположены на побережьях с изрезанной береговой линией.

Достоинства этих электростанций дали серьезный толчок к их дальнейшему развитию и совершенствованию. В настоящее время разрабатываются два новых способа получения энергии:

*Динамическая приливная электростанция*- новая технология, которая использует взаимодействие кинетической и потенциальной энергии потока. Для реализации предполагается строить плотины прямо в открытом море, длиной около 30-50 км. В результате вся масса воды будет ускоряться в одном направлении. Генерировать электроэнергию будут обычные низконапорные гидротурбины.

*Приливные лагуны* - технология предполагает строительство круговых плотин с турбинами. Созданные водоемы аналогичны тем, которые образуются приливными плотинами. Разница в том, что приливные лагуны являются полностью искусственными объектами, и не будут содержать экосистему океана.

## **Использование геотермальных процессов.**

Геотермальная энергетика - направление энергетике, основанное на производстве электрической и тепловой энергии на геотермальных станциях за счет тепловой энергии, содержащейся в недрах земли. Источниками тепловой энергии Земли являются процессы, протекающие в ее недрах.

Источниками тепла в недрах земли относят радиогенное тепло, которое создается благодаря распаду рассеянных в горных породах изотопов урана, тория, калия и иных радиоактивных элементов. А также тепло, обусловленное различными процессами, протекающими в Земле (гравитационной дифференциацией, плавлением, химическими реакциями с выделением или поглощением тепла, деформацией за счет приливов под действием Луны и Солнца и некоторыми другими).

В земной коре существует энергоноситель - вода, играющий важную роль в тепловом балансе верхних геосфер. Вода насыщает все породы осадочного чехла коры земли. Вода в жидком состоянии существует только до глубин 10-15 км, ниже при температуре около 700°C вода находится исключительно в газообразном состоянии. Температура вглубь земли возрастает на 1°C каждые 36 метров. На глубине 50-60 км при давлениях около  $3 \cdot 10^3$  Мпа исчезает граница фазового состояния, т. е. водяной пар (газ) приобретает ту же плотность, что и вода в жидком состоянии.

В любой точке земной поверхности на определенной глубине, зависящей от геотермических особенностей района, залегают пласты горных пород, содержащие термальные воды (гидротермы). Поэтому в земной коре выделяем еще одну зону, условно называемую «гидротермальной оболочкой», которая прослеживается повсеместно по всему земному шару на разной глубине. В районах современного вулканизма гидротермальная оболочка находится максимально близко к поверхности и даже выходит на нее. Это не только горячие источники, кипящие грифоны и гейзеры, но и парогазовые струи с температурой 180-200 °C и выше.

Аккумуляция тепловой и электрической энергии

Аккумуляция энергии необходимо для разделения по времени процессов генерации энергии и ее потребления. Устройства для аккумуляции энергии – накопители, должны воспринимать,

сохранять и выделять энергию для использования без преобразования ее вида. Всегда существовала проблема накопления и сохранения различных форм энергии, хотя для практического использования требовалось преобразовывать накопленную энергию либо в электричество, либо в тепло. Накопители энергии характеризуются объемом запаасаемой энергии, скоростью ее накопления и отдачи (зарядки и разрядки), удельной энергоемкостью (плотностью накопленной энергии), возможными сроками ее хранения и другими параметрами, включая надежность и стоимость изготовления и обслуживания.

Существует несколько основных направлений использования накопителей.

Первое заключается в аккумуляции избыточной энергии в зоне провала графика нагрузки с целью последующего использования накопленной энергии в периоды пиков нагрузки. Примером такого накопления является гидроаккумулирующая электростанция (ГАЭС). В этой станции в ночные часы избыточная энергия из энергосистемы направляется в гидротурбинные агрегаты, работающие в обратном режиме, т.е. генератор переходит в режим электродвигателя, вращающего гидротурбину, которая играет роль насоса, который подает воду в верхний бассейн. Это соответствует накоплению потенциальной энергии воды, поднятой на некоторую высоту. В дневные часы вода из верхнего бассейна естественным образом перетекает в нижний бассейн при этом вращая гидротурбины и генерируя энергию в сеть. Накопители энергии в этом случае являются демпфирующими элементами между генерирующими установками и потребителями.

Вторым направлением применения накопителей энергии является преобразование энергии различных видов. Так, например, энергоустановка космического аппарата с топливными элементами на стадии накопления энергии преобразует электроэнергию от солнечных батарей за счет электролиза воды в соответствующие компоненты (кислород и водород). Затем на стадии выдачи энергии реакция взаимодействия этих элементов создает электроэнергию.

Третьим направлением применения накопителей является преобразование необходимых показателей определенного вида энергии. Например, емкостной накопитель энергии, который позволяет выводить на нагрузку токи, во много раз большие чем при его зарядке, а



в индуктивном накопителе за счет ЭДС самоиндукции при коммутации цепи можно получить напряжение, значительно превышающее напряжение источника питания. В настоящее время известны следующие основные типы накопителей энергии: электрохимические, электрические, индуктивные, емкостные, механические, электромеханические, электродинамические, тепловые, гравитационные и др.

Тепловые накопители энергии представляют жидкое или твердое тело с достаточной теплоемкостью, способное воспринимать, хранить и затем отдавать накопленную тепловую энергию. Одним из вариантов применения теплового накопителя можно рассмотреть суточное накопление солнечного излучения в виде теплового потенциала расплавленной соли для солнечной электрической станции, работающей по термодинамическому циклу.

Существуют технологии сезонного накопления тепловой энергии для отопления дома индивидуальной застройки.

Использование энергии биомассы, твердых бытовых отходов. Виды биомассы. Способы использования энергии биомассы. Выращивание быстрорастущей древесины. Энергетическое использование древесных отходов: пиролиз и газификация биомассы. Анаэробная переработка биомассы. Производство биогаза. Принципиальная схема биогазовой установки. Использование биогаза. Свалочный газ. Использование бытовых отходов в энергетических целях

Биотопливом называют вещества растительного или животного происхождения, а также отходы, получаемые в результате их переработки.

Основа биотоплива – органические соединения углерода, которые в процессе соединения с кислородом при сгорании или в результате естественного метаболизма выделяют тепло.

Первоначальная энергия биотоплива возникает в процессе фотосинтеза, являющегося естественным вариантом преобразования солнечной энергии.

Фотосинтез – это процесс образования органических веществ (биомассы) и аккумуляции химической энергии под действием солнечного излучения. При фотосинтезе происходят химические реакции, в которых в основном участвуют углерод, водород, кислород,

минеральные вещества и солнечное излучение.

Источники биотоплива, характерные для Республики Беларусь, могут быть сгруппированы следующим образом:

- древесная биомасса (деревья, кустарник и продукты их переработки);
- отходы от возделывания зерновых культур (солома, стебли, ботва, шелуха от зерен и др.);
- отходы животноводства (навоз, помет);
- отходы промышленности и бытовые отходы (мусор);
- энергетическая биомасса (растения, выращиваемые с целью получения топлива).

Отходы от возделывания зерновых культур, животноводства, промышленные и бытовые отходы, по сути, являются вторичными энергетическими ресурсами.

Древесина в зависимости от ее вида имеет различный состав. Она состоит из клетчатки 50-70% (содержащей углерод, водород и кислород), межклеточного вещества 30-50% (лигнина), азота, смолистых веществ, древесного сока в виде раствора в воде органических и минеральных веществ.

Леса в Республике Беларусь являются одним из важнейших возобновляемых природных ресурсов. Лесистость по состоянию на 2020 год составляла 40,1%, лесной фонд занимал 9696,8 тыс. га или 46,7% территории страны. Концепцией Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2035 года предусмотрено формирование экологичного и эффективного лесного хозяйства, что включает в себя сохранение биоразнообразия экосистем леса и повышение уровня интенсивности использования лесных ресурсов, в особенности древесины. К примеру, Государственной программой «Белорусский лес» на 2021-2025 годы запланировано увеличение производства щепы топливной с 1,9 млн. м<sup>3</sup> в 2021 г. до 2,1 млн. м<sup>3</sup> в 2025 г..

Теоретический потенциал возобновляемой древесной биомассы ограничен лишь приростом древесины. Под приростом будем понимать всю древесную биомассу, которая образовалась в лесах страны за календарный год. За последние несколько десятилетий наблюдается увеличение лесистости и среднего запаса насаждений в связи с превышением прироста над объемом заготовки древесины (рисунок 5.1.14).

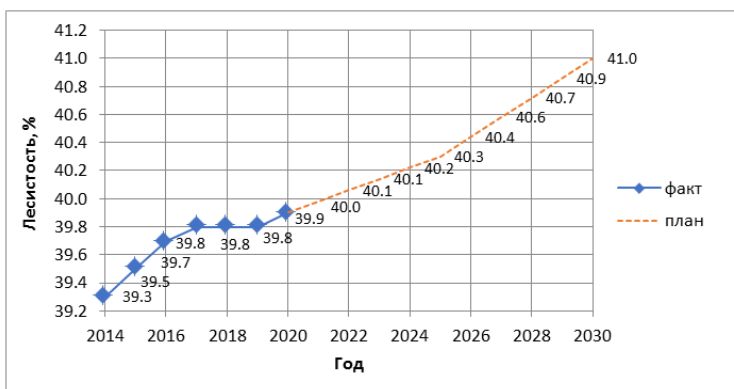


Рисунок 5.1.14 – Фактическая и ожидаемая лесистость Республики Беларусь в период 2014-2030 гг.

Древесная биомасса является важным и ценным сырьевым ресурсом для создания широкого перечня продукции, нерациональное распределение потоков биомассы и направление ее преимущественно на энергетические цели может оказать негативное влияние на ряд отраслей промышленности. В соответствии с принципами устойчивого развития и циркулярной экономики, рациональным является использование биомассы, начиная с верхних уровней (рисунок 5.1.15). Описанным выше образом изолируются компоненты с более высокой добавленной стоимостью, максимально глубоко используется потенциал биомассы. Таким образом, при расчете технически возможного потенциала древесной биомассы необходимо исключить древесину, которая преобразуется в продукцию, не относящуюся к топливной и находящуюся на более высоких уровнях ценности.



Рисунок 5.1.15 – Пирамида устойчивого использования биомассы

Сохранение существующего темпа роста выпуска продукции предприятиями деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности будет способствовать снижению технического возможного потенциала топливной древесной биомассы, что необходимо учитывать при строительстве новых энергетических объектов или переводе существующих на древесное топливо.

К органическим отходам животноводства и сельскохозяйственного производства относятся: экскременты животных и растительные материалы (солома, свекольная и картофельная ботва и другие растительные остатки, если они не используются непосредственно в качестве корма). Например, при производстве зерновых на каждую тонну продукта получается около 1,4-1,6 т соломы. Одна свинья в год выдает около 1,5 т экскрементов, корова - 11 т. Энергия растений, идущих на корм животным, используются последними лишь на 30-40%, остальная же часть органического вещества идет в навоз. Внесенная в почву 1 т свежего навоза под воздействием солнца, воздуха и воды, разлагается в аэробных условиях и отдает в атмосферу до 1600 МДж тепла.

Отходы сельского хозяйства, имеющие влажность менее 15%, можно утилизировать путем сжигания, как и древесную массу. Однако некоторые отходы сельского хозяйства и все отходы животноводства имеют достаточно высокую влажность (более 50%). Такие отходы целесообразно подвергать анаэробному брожению или ферментации. Однако следует учитывать, что некоторые органические

соединения растений (например, лигнин) и все не органические составляющие не поддаются сбраживанию.

Энергетическая биомасса – топливо, производимое из быстрорастущих деревьев и кустарников, которые выращиваются специально для энергетических целей (например, быстрорастущая ива, топинамбур). Предприятие, занимающееся производством топливной биомассы, называют энергетической фермой (плантацией).

Весьма перспективным для Беларуси является создание энергетических плантаций на основе быстрорастущих и высокоурожайных растений древесных и кустарниковых пород. По данным Ботанического сада, с 1 га земли возможно получение 100-150 т растительной массы типа топинамбур, следовательно, энергетический потенциал 1 га составляет 10 т у. т. в год.

Типы энергетических процессов, связанных с переработкой биомассы:

а) Термохимические

1. Прямое сжигание для получения теплоты.

2. Пиролиз. Биомассу нагревают либо в отсутствие воздуха, либо за счет сгорания некоторой ее части при ограниченном доступе воздуха или кислорода. Состав получающихся при этом продуктов чрезвычайно разнообразен. Здесь и газы, и жидкости, и масла, и древесный уголь. Изменение состава продуктов пиролиза зависит от температурных условий, типа вводимого в процесс сырья, способов ведения процесса. Если основным продуктом пиролиза является горючий газ, то процесс называется газификацией, а устройства для его получения называются газогенераторами.

Топлива, получаемого в результате пиролиза, обладают несколько меньшей по сравнению с исходной биомассой суммарной энергией сгорания, но обладают большей универсальностью применения.

3. Гидрогенизация. Измельченную, разложившуюся или переваренную биомассу, например, навоз, нагревают в атмосфере водорода до температуры около 600 °С при давлении около 5 МПа (50 атм). Получаемые при этом горючие газы.

б) Биохимические

1. Анаэробная переработка. В отсутствие кислорода некоторые микроорганизмы способны получать энергию, непосредственно перерабатывая углеродосодержащие составляющие, производя при

этом углекислый газ  $\text{CO}_2$  и метан  $\text{CH}_4$ . Получаемая смесь  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  и попутных газов называется биогазом.

2. Спиртовая ферментация. Этиловый спирт – летучее жидкое топливо, которое можно использовать вместо бензина. Он вырабатывается микроорганизмами в процессе ферментации. Обычно для ферментации в качестве сырья используют сахара.

в) Агрохимические

Экстракция топлив. В некоторых случаях жидкие или твердые разновидности топлив могут быть получены прямо от животных или растений. Например, сок живых растений собирают надрезая кожуру стеблей или стволов, из свежесрезанных растений его выдавливают под прессом. Хорошо известный подобный процесс – получение каучука. Родственное каучуконосам растение герея производит углеводороды с более низкой, чем у каучука, молекулярной массой, которые могут быть использованы в качестве заменителей бензина.

На территории Республики Беларусь находится большое число животноводческих комплексов, что позволяет рассматривать отходы жизнедеятельности содержащихся там животных и птиц в качестве надежной сырьевой базы для получения биогаза.

Получение биогаза. Биогаз получают путем микробиологического анаэробного разложения органических веществ растительного и животного происхождения. Он состоит из 50 – 80 % метана и 50 – 20 % углекислого газа. Теплотворная способность его составляет 5 500 – 6 000 ккал/м<sup>3</sup>. По содержанию энергии 1 м<sup>3</sup> биогаза эквивалентен: 2 кВтч электроэнергии, 0,6 кг керосина, 15,5 кг каменного угля, 3,5 кг дров, 0,4 кг бутана, 12 кг навозных брикетов, 0,5 м<sup>3</sup> очищенного природного газа, 0,5 кг дизельного топлива, 0,76 кг условного топлива.

Биоэнергоустановку рассматривают, в первую очередь, как установку для производства органических удобрений и, попутно, – для получения биотоплива, позволяющего получить тепловую и электрическую энергию. Применение биоэнергетических установок по переработке отходов животноводства позволит существенно улучшить экологическую обстановку вблизи крупных животноводческих комплексов. Кроме того, можно рассчитывать на получение высококачественных органических удобрений. Использование только для получения биогаза экономически неконкурентоспособно с другими видами топлива.

Проблема утилизации отходов с каждым годом становится все масштабнее. В Беларуси в настоящее время основным способом утилизации мусора является его захоронение на полигонах. На данный момент уже скопилось около 1 млрд. тонн отходов, включая отвалы Беларуськалия и Гомельского химического завода. Ежегодно в стране образуется почти 50 млн. тонн отходов, 10% от которых составляют твердые коммунальные отходы (ТКО). Динамика образования твердых коммунальных отходов и отходов производства представлена на рисунках 5.1.16 и 5.1.17 соответственно. Как видно из рисунков, производство промышленных отходов в рассматриваемом временном диапазоне всегда значительно превышало производство ТКО, однако объем образования отходов вне зависимости от их происхождения имеет тенденцию к росту, что, с одной стороны, можно считать положительным фактором, так как он является следствием роста экономики и уровня жизни населения страны, но, с другой стороны, он требует принятия срочных мер по активному внедрению процессов повторного использования и переработки отходов, финансированию и поддержке проектов более глубокой переработки сырья на производстве, реализации выпуска новой продукции из отходов производства, освещению вопросов снижения образования отходов и ответственного отношения к окружающей среде среди населения.

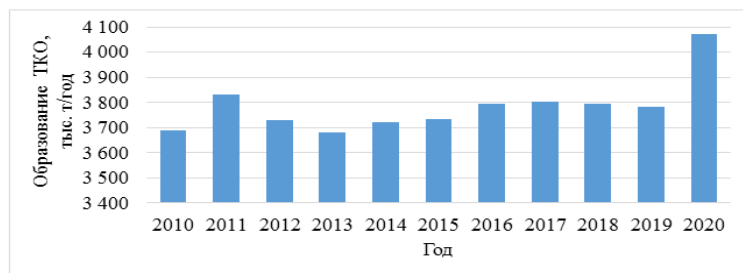


Рисунок 5.1.16 – Динамика образования твердых коммунальных отходов в Республике Беларусь

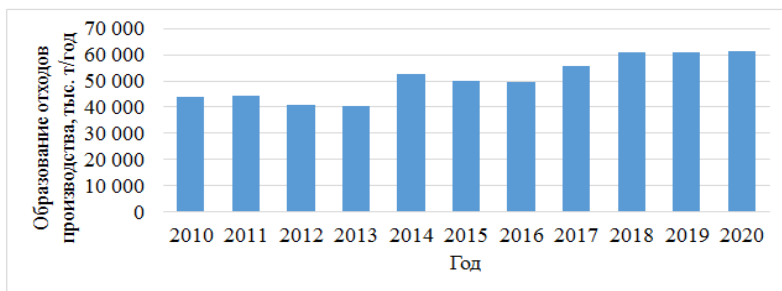


Рисунок 5.1.17 – Динамика образования отходов производства в Республике Беларусь

Полигоны для отходов занимают большие площади и загрязняют подземные воды, почву и атмосферу. Над полигонами происходит выделение токсичных газов, а также дыма при возгораниях. Газы разносятся ветром на километры, что является проблемой для проживания и использования земли рядом с полигонами твердых отходов.

Свалочный газ является побочным продуктом анаэробного разложения органических веществ муниципальных отходов. Основными компонентами свалочного газа, как и биогаза, являются метан и диоксид углерода, их соотношение может меняться от 40-70% до 30-60% соответственно. Свободное распространение свалочного газа приводит к загрязнению атмосферы прилегающих территорий токсичными соединениями. По этой причине во многих развитых странах мира осуществляются специальные мероприятия по минимизации эмиссии свалочного газа. Добыча и утилизация свалочного газа на полигоне может решить экологические проблемы и дать возможность заместить ископаемое топливо.

Важной особенностью функционирования полигонов является продолжительность естественного процесса разложения отходов. Так срок разложения отходов из бумаги составляет около двух лет, из резины – десять, из пластика – до двухсот, а из стекла – более тысячи лет, что подтверждается хорошо сохранившимися археологическими находками начала нашей эры. Также не стоит забывать о фактах попадания ядосодержащих предметов и веществ в ТКО: ртутные



термометры, краски, лаки, батарейки и многие другие опасные предметы и вещества оказываются захороненными на полигонах. Способ захоронения отходов не позволяет избежать проблемы загрязнения и является весьма устаревшим.

Каждая страна нацелена уменьшить количество отходов и отправить как можно больший их объем на переработку. В мире в обращении с отходами набирает популярность принцип, основанный на трех «R»: «reduce – reuse – recycle», что в переводе означает «уменьшать (количество отходов) – использовать вторично – перерабатывать». Следующие по приоритетности этапы обращения с отходами – энергетическое использование и захоронение. Все, что не смогло быть переработано, перед захоронением при устойчивом обращении с отходами должно быть рассмотрено как потенциальное топливо для получения тепловой и электрической энергии путем непосредственного сжигания либо сбраживания с последующим получением газа.

На сегодняшний день в Беларуси имеется несколько мусороперерабатывающих предприятий, однако почти все из них нацелены лишь на сортировку отходов и выделение из общего объема мусора пригодного для переработки сырья. На рисунке 5.1.18 приведена динамика переработки ТКО и промышленных отходов.



Рисунок 5.1.18 – Доля использования твердых коммунальных отходов и отходов производства

Если говорить о компостировании, то в Республике Беларусь наибольшее внимание на текущий момент уделяется переработке отходов, возникающих при уборке и обслуживании озелененных территорий.

Направление использования отходов для получения энергии пока почти не развито. Энергетическое направление представлено получением биогаза при сбраживании органических отходов с дальнейшей выработкой электроэнергии при помощи газопоршневых агрегатов. Как показывает опыт работы зарубежных мусоросжигающих заводов, объем отходов после сжигания уменьшается в 10 раз, большая часть сгоревшего материала представляет собой инертный шлак и золу, которые могут быть безопасно использованы, например, в дорожном строительстве, либо захоронены без потенциального вреда для окружающей среды. Кроме того после сжигания удастся получить металл, который ранее отделить от отходов было сложно или невозможно, и направить его для вторичного использования.

Экономическое стимулирование использования возобновляемых источников энергии. Преференции для производителей энергии из возобновляемых источников. Применение повышающих коэффициентов на покупку электрической энергии, полученной при использовании возобновляемых источников

Стремление к популяризации возобновляемых источников энергии (далее – ВИЭ) можно объяснить теми экологическими преимуществами, которые дают ВИЭ по сравнению с традиционными источниками энергии, особенно ископаемыми горючими топливами. Растущая обеспокоенность изменениями климата требует сокращения выбросов парниковых газов в атмосферу и содействия развитию возобновляемых источников энергии. Правильно подобранные подходы поддержки здесь играют важную роль.

Введение экологического налога и норматива на выбросы могли бы сделать итоговую стоимость энергии из ВИЭ ниже произведенной, например, на тепловой электростанции. Для этого достаточно внедрить систему количественной оценки нанесенного окружающей среде ущерба. Однако введение дополнительных сборов всегда болезненно воспринимается обществом, к тому же этой меры может быть недостаточно для стимулирования развития отрасли. В любом случае возобновляемой энергетике необходима целенаправленная поддержка государства, как минимум, на начальном этапе,

чтобы она смогла конкурировать с уже устоявшимися способами производства энергии из газа, угля и прочих ископаемых источников энергии.

Обычно поддержка со стороны государства выражается одним из трех способов:

- гарантированная закупка произведенной из ВИЭ энергии сетевыми организациями по повышенному тарифу,

- проведение торгов между потенциальными производителями чистой энергии с определением объема энергии из ВИЭ, которое должно быть потреблено в стране и

- торговля зелеными сертификатами.

#### 1 Повышенный (льготный) тариф

Повышенный закупочный тариф (его же называют льготным тарифом) – наиболее старая и популярная схема поддержки производителей энергии из ВИЭ. Практику его использования можно наблюдать на примере Дании, Германии, Испании, Италии, Японии. Такая система обязывает электроэнергетические сетевые компании покупать на протяжении определенного времени (обычно 10-15 лет) электроэнергию из ВИЭ по установленному на государственном уровне повышенному тарифу. Разница между базовым и повышенным тарифом может быть оплачена конечным потребителем, за счет налогов или с применением перекрестного субсидирования.

Повышенный тариф считается наиболее эффективной для инвестора схемой: рассчитанный на годы вперед, он обеспечивает инвесторам долгосрочную финансовую стабильность, а стране – рост мощностей, генерирующих энергию из возобновляемых источников энергии. Вложение средств в технологии возобновляемой энергетики становится экономически привлекательным: имеет хорошо прогнозируемый доход и лимитированные риски.

В Республике Беларусь после принятия в декабре 2010 года Закона «О возобновляемых источниках энергии», был установлен повышающий, а позже – стимулирующий, коэффициент на закупку энергии из ВИЭ. Он применяется к индексированному согласно формулам, указанным в Постановлении Министерства антимонопольного регулирования и торговли Республики Беларусь «О порядке индексации цен на природный газ и тарифов на электрическую и тепловую энергию» или позже «Об изменении порядка индексации цен на природный газ и тарифов на электрическую и тепловую энергию»

тарифу. К рассчитанному таким путем тарифу применяются коэффициенты, действующие на момент введения установки в эксплуатацию. Государство также гарантирует приобрести всю предложенную энергию из ВИЭ.

Фиксированный повышенный тариф, с одной стороны, способствует росту установленной мощности, что можно видеть, в том числе, на примере белорусской энергетики (рисунок 5.1.20), но с другой стороны, никак ее не ограничивает, что может оказать сильное влияние на итоговый тариф на электроэнергию для потребителя, который часто не готов платить больше. В результате дополнительная финансовая нагрузка ложится на государство, что в определенных обстоятельствах может привести к прекращению поддержки ВИЭ. Так, например, Испания прекратила поддержку в виде повышенного тарифа еще в 2012 году из-за избыточности мощностей и дефицита средств на покупку электроэнергии по повышенной цене. В других странах Европейского союза тарифная политика также претерпела изменения по финансовым причинам. Одним из путей решения стало введение динамического повышенного тарифа, который снижается по мере прогресса в сфере возобновляемой энергетики (Германия, Франция). Установление невысокой доходности также способствует снижению финансовой нагрузки на государство или потребителей, но обеспечивает прибыль производителю энергии.

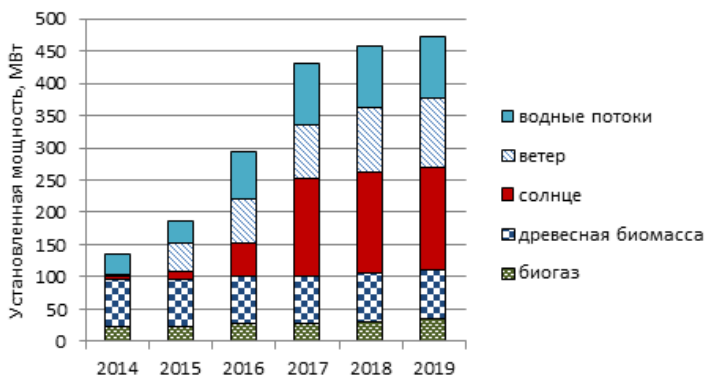


Рисунок 5.1.20 – Установленная мощность возобновляемых источников энергии по видам в Республике Беларусь

Беларусь также применила комплекс мер: с 2018 года повышающие коэффициенты были резко снижены до 1,3 для солнца, 1,2 для биогаза, 1,1 для ветра; с конца 2019 года повышающие коэффициенты заменили стимулирующими, равными менее единицы. Кроме того с середины 2015 года введены квоты и отдельный коэффициент для тех, кто производит энергию для себя вне квот и имеет излишки для продажи в сеть. Государство определяет объем энергии, который должен быть произведен из ВИЭ посредством выделения квот. Потенциальные производители подают заявки, и по набору параметров квоты распределяются между ними, что дает право продажи выработанной энергии в сеть по повышенному коэффициенту. Система с квотами похожа на торги, которые будут рассмотрены далее, и имеет общий с ними недостаток: ограничение максимального объема производимой энергии в рамках повышенного тарифа. Производимая вне квот для собственных нужд энергия также может быть продана в сеть, однако коэффициент будет ниже. Подход с квотами и постепенным снижением повышающего коэффициента позволяет оказывать влияние на рост мощностей возобновляемой энергетики, стимулировать развитие одних ее направлений и ограничивать других. Повышающий коэффициент фиксируется для конкретного производителя энергии и не зависит от дальнейших колебаний, что обеспечивает стабильность на годы вперед.

Постепенное снижение поддержки государства закономерно и может быть связано с двумя важными факторами: развитие технологий и как следствие, снижение цен на оборудование и соответствующее снижение себестоимости производства энергии, и рост установленных мощностей, способствующий наработке опыта эксплуатации и обслуживания, что в конечном итоге снижает затраты.

По опыту некоторых стран (Дания, Германия) было замечено, что при описанном способе поддержки в виде специальных тарифов производители зеленой энергии имеют тенденцию вкладывать больше денежных средств в исследования и разработки, что при правильном подходе позволяет организовать качественное местное производство, обеспечить новые рабочие места и наладить экспорт оборудования.

В системе с повышенным тарифом могут быть дополнительные опции. Так гарантия покупки энергии обязывает сетевые компании приобретать энергию из ВИЭ, что обеспечивает производителю

энергии полный сбыт произведенного товара – энергии. Наличие ступенчатого тарифа дает возможность учитывать разные затраты на производство энергии в рамках одной технологии и в соответствии с этим регулировать тариф. Тариф на ВИЭ может быть не фиксированной величиной, а складываться из средней рыночной стоимости энергии и дополнительной надбавки. Дополнительно производитель энергии из ВИЭ может быть обязан участвовать в регулировании точного графика покрытия электрической нагрузки, предоставлять прогноз на выработку энергии для лучшей диспетчеризации и нести установленную ответственность за предоставленные данные.

2 Торги (портфель ВИЭ, обязательства по возобновляемой энергетике)

Механизм проведения торгов обязывает энергоснабжающие компании поставлять определенную часть энергии из ВИЭ. Схема гарантирует покупку произведенной энергии, но не всегда всей, так как ограничивает итоговый объем зеленой энергии на рынке. Потенциальные производители энергии из возобновляемых источников участвуют в тендере, предлагая свою цену за единицу выработанной электроэнергии и количество энергии, которое они планируют произвести. Все предложения располагаются по увеличению цены, и, начиная с низшей цены, происходит отбор кандидатов до тех пор, когда не будет набран зарезервированный государством для ВИЭ объем выработки.

Далее производителям зеленой энергии выдаются сертификаты на каждую единицу вырабатываемой энергии. Позже эти сертификаты передаются вместе с энергией энергоснабжающей организации. Последняя предъявляет полученные сертификаты в контролирующий орган для подтверждения выполнения своих обязательств. Если энергии из ВИЭ в стране не хватает для выполнения поставленной цели, то поставщики энергии могут закупить ее в другой стране, но поставить обязаны потребителям своей страны. Если наблюдалось увеличение тарифа за электроэнергию из ВИЭ, то разница покрывается аналогично варианту с повышенным закупочным тарифом.

Описанный способ поддержки имел место в Великобритании и Франции.

Проведение торгов позволяет государству контролировать произведенный из ВИЭ объем энергии и оценивать дополнительные

для общества и страны затраты, возникающие с потенциально более дорогой возобновляемой энергией. Такая система поддержки стимулирует развитие технологий и предложение со стороны производителей наименее возможной стоимости на энергию, которая будет снижаться по мере прогресса в отрасли.

Несмотря на то, что проведение торгов стимулирует конкуренцию в области возобновляемых источников энергии, цена за единицу выработанной энергии при системе торгов может оказаться выше той, что имеет место при повышенном тарифе. Также проведение торгов способствуют развитию наиболее экономичных технологий, в то время как более затратным, таким как фотовольтаика, сложно получить выход на рынок. С одной стороны, работает рыночное регулирование, с другой стороны наблюдается ситуация, которая плохо влияет на энергосистему в целом, принимая во внимание непредсказуемость и непостоянство потоков возобновляемой энергии.

Важная особенность подхода с торгами – наличие рынка энергии. Рынок должен существовать не только между странами, но и внутри страны. Наличие центрального регулирования в области энергетики, которое существует в Беларуси и многих других странах, блокирует механизм торгов, тем не менее, некоторые элементы рассматриваемой системы могут быть внедрены.

Применяемая в Беларуси система квот напоминает проведение торгов, но не учитывает экономическую составляющую ввиду существования четко определенного повышенного тарифа. Введение нефиксированного тарифа на энергию от ВИЭ могло бы снизить финансовую нагрузку на государство. На данный момент тариф рассчитывается путем умножения стимулирующего коэффициента для определенной технологии на один общий тариф, определяемый исходя из стоимости электроэнергии, произведенной традиционным способом. Такой общий тариф может служить максимумом. Если к сложившейся ситуации подключить элемент торгов, то каждый заявитель должен будет определить свой базовый тариф, к которому будет применен повышающий коэффициент, но не более максимально установленного. Производители с наименьшим базовым тарифом будут иметь возможность получить квоты. Для сохранения разнообразия ВИЭ квоты могут выделяться на каждую технологию отдельно.

Несмотря на свои экономические плюсы, подход с торгами

слабо способствует приросту мощностей, и в мире все реже применяется в связи со сложностью реализации.

### 3 Зеленые сертификаты

При торговле зелеными сертификатами со стороны государства также определяется, какой объем энергии должен быть произведен за счет ВИЭ. Производители энергии могут получать прибыль как от продажи выработанной электроэнергии, так и от продажи сертификатов. Такая схема была реализована в Нидерландах, Дании, Швеции, Италии и Великобритании. Отличительной особенностью подхода является продажа и покупка «права» на генерацию энергии. Если один поставщик оценивает, что в сложившихся условиях ему невыгодно генерировать энергию, то он может попытаться найти другого поставщика, себестоимость генерации энергии у которого ниже и который готов выработать больший объем электроэнергии. Первый продает второму свои зеленые сертификаты или их часть, чтобы снять с себя обязанность выработки определенного количества энергии по невыгодной для себя цене. Второй вырабатывая больше энергии при меньших затратах получает большую прибыль.

Недостижение установленных национальных показателей по производству энергии из возобновляемых источников ведет, как правило, к применению санкций. Например, поставщики энергии из ВИЭ могут компенсировать недостающее количество производства энергии посредством покупки «зеленых» сертификатов по рыночной цене или выплаты штрафа за каждую недопоставленную единицу энергии из ВИЭ.

Для реализации поддержки путем внедрения зеленых сертификатов в Беларуси, как и в любой другой стране с централизованным регулированием цен на энергию, необходим рынок энергии, а также открытая электронная база производителей энергии из ВИЭ, через которую может происходить взаимодействие между участниками рынка, в том числе покупка и продажа сертификатов.

Исключение повышенного тарифа как меры стимулирования, и применение торгов или системы зеленых сертификатов снижает финансовую нагрузку на государство или потребителя. С другой стороны, торги и зеленые сертификаты могут снижать прибыль энергетического сектора или отдельных компаний и, вследствие чего, оказаться недостаточной мерой поддержки, особенно при высоких капитальных затратах.



Рассмотрим некоторые другие способы поддержки производителей энергии из возобновляемых источников.

#### 4 Экологическая ответственность потребителя

Схема подразумевает формирование ответственности потребителя и его заинтересованности в охране окружающей среды, а также доступность выбора производителя энергии и соответствующего ему тарифа. Эта система похожа на повышенный тариф, но разница в тарифах на энергию разного происхождения оплачивается не всеми потребителями, а только теми, кто выбирает дорогой тариф, поддерживающий ВИЭ. Такой подход был опробован в Германии, США, Нидерландах. Несмотря на растущую популярность зеленой энергии, как показала практика, количество потребителей, готовых платить больше за чистоту воздуха и сохранение климата, невелико, около 2-3%, за исключением тех случаев, когда параллельно предлагаются значительные налоговые льготы. Большинство потребителей считает нерациональным доплачивать за отсутствие выбросов в окружающую среду. С другой стороны, такого рода подход помогает оценить предпочтения потребителей и их готовность к более высокой стоимости экологически чистого продукта.

Введение особого тарифа для потребителей чистой энергии в Беларуси может иметь место в связи с незначительной выработкой энергии из ВИЭ. Для определения эффективности работы такого метода имеет смысл проводить отдельное исследование для выявления потребителей, готовых к покупке чистой энергии по повышенной цене, а также вычисления количества энергии, которое может быть приобретено такими потребителями.

#### 5 Налоговая политика и прочие меры поддержки

В налоговое законодательство могут быть внесены изменения с целью стимулирования развития отрасли возобновляемой энергетики. Положительный результат могут дать отсутствие подоходного налога в течение определенного периода времени или снижение ставки НДС. При достижении хорошего уровня эффективности, позволяющего получать прибыль, налоговые льготы заменяются иными стимулирующими мерами.

Среди прочих мер, способствующих развитию ВИЭ, можно назвать финансово доступное и лишенное бюрократии выделение площадей для строительства объектов возобновляемой энергетики, упрощение процесса перевода земель из одного назначения в другое,

уменьшение ставок по кредитам на строительство объектов возобновляемой энергетики, снижение или ликвидация пошлин и прочих таможенных платежей для оборудования, задействованного в возобновляемой энергетике, выделение средств государством на исследования и обучение специалистов.

Возобновляемая энергетика – относительно молодое направление, которое пока не всегда способно конкурировать с традиционными способами производства энергии из природного газа, угля, нефтепродуктов. В таких условиях тарифная политика способна значительно повлиять на развитие возобновляемой энергетики и поддерживать ее развитие в целом или ее отдельных направлений.

Выбор метода зависит от существующего регулирования цен на энергию в стране, а также намеченной цели. Из трех наиболее популярных способов торги и зеленые сертификаты могут применяться только при наличии рынка энергии. Повышенный тариф, как и дополнительные подходы, такие как экологическая ответственность потребителя или налоговые льготы, могут иметь место и при централизованном формировании цены на энергию. На начальных этапах с целью интенсификации роста установленной мощности наиболее эффективно показывает себя повышенный тариф. Далее для снижения финансовой нагрузки на государство и потребителей имеет смысл рассмотреть переход на иной способ поддержки.

## **Тема 5.2 Вторичные энергетические ресурсы**

Эффективность использования и потребления энергии в Республике Беларусь и других странах. Потенциал энергосбережения по различным отраслям народного хозяйства: энергетика, промышленность, сельское хозяйство, транспорт и т.д. Вторичные энергетические ресурсы (ВЭР): классификация и использование. Экономия топлива за счет использования ВЭР.

Стратегическими задачами в сфере энергосбережения являются:

– снижение зависимости Республики Беларусь от импортируемых энергоресурсов за счет максимально возможного вовлечения в топливно-энергетический баланс страны собственных топливно-энергетических ресурсов, включая возобновляемые источники энергии;

– сдерживание роста валового потребления ТЭР при экономическом развитии страны и сближение энергоемкости валового внутреннего продукта Республики Беларусь по паритету покупательной способности со среднемировым значением этого показателя.

Энергоемкость ВВП Республики Беларусь по отношению к уровню энергоемкости ВВП развитых стран со сходными климатическими условиями улучшилась по сравнению с Канадой (0,18 т нефтяного эквивалента на 1 тыс. долларов США ВВП по паритету покупательной способности в ценах 2015 года) и приблизилась к аналогичному показателю Финляндии (0,14 т нефтяного эквивалента на 1 тыс. долларов США ВВП по паритету покупательной способности в ценах 2015 года). Среди промышленно развитых соседних стран СНГ энергоемкость ВВП Беларуси ниже на 30 процентов по отношению к аналогичному показателю Российской Федерации и на 40 процентов – Украины.

Реализация подпрограммы 1 «Повышение энергоэффективности» Государственной программы «Энергосбережение» на 2016–2020 годы позволила в 2016–2019 годах получить экономию ТЭР в целом по республике в объеме около 4,1 млн. т у.т., что эквивалентно экономии потребления импортируемого топлива в объеме около 3,5 млрд. куб. метров.

При этом основной объем экономии ТЭР получен за счет внедрения новых современных энергоэффективных технологий, процессов, оборудования и материалов, повышения эффективности действующих и строительства новых высокоэффективных энергоисточников, оптимизации схем теплоснабжения.

По итогам периода 2021-2025 гг. ожидается экономия ТЭР на уровне 5 млн. т у.т.

Дальнейшее повышение энергоэффективности будет обеспечиваться в первую очередь за счет осуществления дальнейшей модернизации и технического переоснащения производств с внедрением современных наукоемких, ресурсо-, энергосберегающих техно-

логий, оборудования и материалов, в том числе повышения эффективности технологических процессов с углублением автоматизации и электрификации промышленного производства, активизации работы с населением по популяризации энергосбережения и рационального использования ТЭР в жилом секторе.

Выявление резервов экономии ТЭР будет осуществляться в том числе путем проведения энергетических обследований (аудитов), мониторинга потребления ТЭР в организациях республики.

Значительный потенциал экономии ТЭР может быть выявлен также по результатам внедрения на предприятиях системы энергосбережения, представляющей собой комплекс взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, направленных на формирование энергетической политики, постановку целей и разработку мероприятий по их достижению. Данная система позволяет принимать оперативные управленческие решения для обеспечения потребления минимально необходимого количества ТЭР.

Ниже перечислены некоторые из наиболее важных направлений энергосбережения по различным отраслям промышленности:

- повышение энергетической эффективности действующих энергетических мощностей Белорусской энергетической системы на основе использования инновационных энергоэффективных технологий с внедрением с учетом технической и экономической целесообразности систем утилизации теплоты уходящих дымовых газов и вывод из эксплуатации неэффективных энергоисточников;

- реализация мероприятий по увеличению доли электрической энергии в конечном потреблении энергоресурсов с уменьшением потребления первичного импортируемого углеводородного топлива;

- максимальное увеличение использования низкопотенциальных вторичных энергетических ресурсов, в том числе за счет внедрения с учетом экономической целесообразности абсорбционных бромисто-литиевых тепловых насосов, компрессионных электрических для нужд отопления и горячего водоснабжения;

- максимальное увеличение использования вторичных энергетических ресурсов;

- модернизация систем наружного (уличного) освещения населенных пунктов с внедрением энергоэффективных светодиодных осветительных устройств и систем диспетчеризации;

- поэтапное оснащение эксплуатируемых многоквартирных

жилых домов приборами индивидуального (поквартирного) учета и регулирования расхода тепловой энергии, автоматизированными системами комплексного контроля и учета энергоресурсов (тепловой энергии, электроэнергии, газа), холодной и горячей воды.

Общие энергетические отходы – это энергетический потенциал всех материальных потоков на выходе из технологического агрегата (установки, аппарата) и все потери энергии в агрегате, они подразделяют на три потока:

- неизбежные потери энергии в технологическом агрегате (установке);

- энергетические отходы внутреннего использования – энергетические отходы, которые возвращаются обратно в технологический агрегат (установку) за счет регенерации или рециркуляции;

- энергетические отходы внешнего использования – энергетические отходы, представляющие собой вторичные энергетические ресурсы.

Вторичные энергетические ресурсы (ВЭР) – это энергия побочных и промежуточных продуктов, отходов производства (потерь), получаемых в технологических агрегатах и установках, технологических процессах, функциональное назначение которых не связано с ее производством, не используемая в самих агрегатах, установках, процессах.

Рациональное использование ВЭР является одним из крупнейших резервов экономии топлива, способствующим снижению топлива и энергоемкости промышленной продукции. ВЭР могут использоваться непосредственно без изменения вида энергоносителя для удовлетворения потребности в топливе и теплоте или с изменением энергоносителя путем выработки теплоты, электроэнергии, холода или механической работы в утилизационных установках.

ВЭР можно использовать непосредственно (без изменения вида энергоносителя) либо за счет выработки более высокопотенциального или другого типа теплоносителя в специальных энергопроизводящих (утилизационных) установках.

Утилизационная установка – устройство для выработки энергоносителей (водяного пара, горячей или охлажденной воды, электроэнергии, механической работы) за счет снижения энергетического потенциала носителя ВЭР.

Около одной трети всей используемой в республике энергии

приходится на промышленность, которая располагает значительным количеством тепловых ВЭР. Основные направления повышения энергоэффективности на промышленных предприятиях ориентированы на снижение энергопотребления технологического оборудования (котлоагрегатов, печей, сушильных установок, сепараторов, двигателей и насосов) и совершенствования технологий производства. Один из путей повышения эффективности энергопотребляющего оборудования является сбор и повторное использование тепловых отходов.

Накопленное и повторно использованное тепло позволяет замещать дорогостоящее топливо или электрическую энергию, не создавая при этом дополнительных выбросов вредных веществ в атмосферу. Существует ряд технологий, позволяющих эффективно преобразовывать тепловые отходы в продукт конечного использования. Тем не менее, значительное количество тепловых ВЭР все еще остается не использованным.

В первую очередь утилизируются высокотемпературные тепловые ресурсы, затем средне- и низкотемпературные тепловые ВЭР – это отходящие газы с температурой ниже 250 °С, охлаждающая вода и конденсат температурой ниже 70 °С и др. Целесообразность их утилизации на промышленных предприятиях, их использование (в системах отопления, вентиляции, горячего водоснабжения и т.п.) очевидны и их использование особенно рекомендовано в ГП «Энергосбережение».

Анализ источников тепловых отходов показывает, что около 60% сбросного тепла является низкотемпературным (232°С и ниже). Утилизация такого тепла является менее эффективной с технической и экономической точки зрения, но именно этот вид тепловых отходов имеется на предприятиях в больших количествах. Поэтому утилизация низкопотенциальных отходов на данный момент основное направления в работе на предприятиях по использованию тепловых ВЭР. Современные технологии предоставляют различные возможности её рекуперации и применения в целях отопления и горячего водоснабжения, технологических целях.

Различают три вида вторичных энергетических ресурсов:

1) Тепловые ВЭР – тепловая энергия, образующая в результате технологического процесса или работы оборудования, которая не может быть в дальнейшем использована в данном технологическом

процессе или агрегате, но может быть использована для производства тепловой энергии в виде горячей воды или пара, в другом процессе или агрегате. Тепловые ВЭР могут быть использованы для целей отопления и горячего водоснабжения. К тепловым ВЭР также относят и низкопотенциальное тепло, которое не может быть напрямую использовано без специальных устройств для целей теплоснабжения.

2) Горючие ВЭР – отходы одного технологического процесса, агрегата, которые могут быть использованы в качестве топлива в другом процессе, агрегате.

3) ВЭР избыточного давления – ресурсы, обладающие потенциальной энергией (как правило, газы и жидкости, покидающие технологические агрегаты под избыточным давлением), которое позволяет использовать их для производства механической или электрической энергии.

Экономия топлива – количество первичного твердого, жидкого или газообразного топлива, которое может быть сэкономлено при использовании теплоты вторичных энергетических ресурсов.

При тепловом использовании ВЭР экономия топлива определяется его расходом в основных или замещаемых установках на выработку такого же количества и тех же параметров теплоты, которые получены за счет ВЭР.

Экономия топлива при использовании ВЭР избыточного давления определяется его затратами на производство в основных энергетических установках количества электроэнергии, равного выработке ее в утилизационных установках.

Использование тепла отходящих газов, вторичного пара, вентиляционных выбросов, сточных вод. Тепловые насосы и трансформаторы тепла. Теплоиспользующие устройства на тепловых трубах.

Для целей утилизации теплоты широко используются следующие теплообменные аппараты (ТА): рекуператоры, печные регенераторы, вращающиеся регенераторы, воздухоподогреватели.

Рекуператоры. Рекуператоры применяют для утилизации теплоты уходящих газов для средне- и высокотемпературного применения. Их работа основана на излучении, конвекции или радиационно-

конвективном теплообмене. Рекуператоры выполняют из металлических и керамических материалов. Металлические рекуператоры используют при температурах ниже 1100°C, тогда как при более высоких температурах лучше подходят керамические трубчатые рекуператоры. Они выдерживают температуры выше 1500°C на горячей стороне и около 980°C на холодной стороне.

Регенераторы. Регенеративные печи включают две камеры с кирпичными кладками, через которые поочередно проходит горячий и холодный поток. При прохождении продуктов сгорания через камеру, кирпичная насадка забирает у них теплоту и нагревается. Затем, поток воздуха подается таким образом, что поступающий для процесса горения воздух проходит через горячую насадку, которая передает ему теплоту. Камеры используются таким образом, что в то время как одна насадка забирает теплоту уходящих газов, другая нагревает воздух. Направление воздушного потока меняется примерно каждые 20 минут.

Регенераторы могут быть эффективно использованы для высокотемпературного применения загрязненных газов. Их основным недостатком являются достаточно большие размеры и высокая стоимость по сравнению с рекуператорами.

Принцип действия вращающихся регенераторов заключается в аккумулировании теплоты с помощью пористой насадки, которая поочередно омывается то горячим, то холодным газом, проходящим через регенератор. Вращающиеся регенераторы часто используются в качестве воздухоподогревателей и представляют собой вращающийся барабан, содержащий насадку и соединяющий прилегающие каналы, по одному из которых движется горячие отработавшие газы, а по другому – холодный воздух.

Преимуществом вращающихся регенераторов является то, что они могут быть использованы и для передачи влаги, также как и теплоты от незагрязненных газов. При использовании гигроскопических материалов влага может передаваться от одного канала другому. Это дает возможность использовать регенераторы в системах кондиционирования воздуха, когда входной горячий влажный воздух передает теплоту и влагу холодному выходному воздуху. Кроме основного применения в системах отопления помещений и кондиционирования воздуха, вращающиеся регенераторы также используются в ограниченном масштабе и в среднетемпературных системах. Регенераторы



разработаны и для высокотемпературных печей, хотя такие системы не нашли широкого распространения в связи с их стоимостью.

Теплообменники на тепловых трубах.

Теплообменник на тепловых трубах представляет собой пучок труб, запаянных с двух сторон. Каждая труба содержит фитиль, который обеспечивает перемещение рабочей жидкости между горячим и холодным концами трубы. Горячие газы проходят через испарительную зону тепловой трубы, вызывая кипение рабочей жидкости внутри нее. Образующийся в результате пар направляется к «холодному» концу трубы, где конденсируется, отдавая теплоту холодному газу, омывающему конденсационную зону тепловой трубы. Под действием капиллярных сил конденсат возвращается в испарительную зону и цикл возобновляется (рисунок 5.2.1).

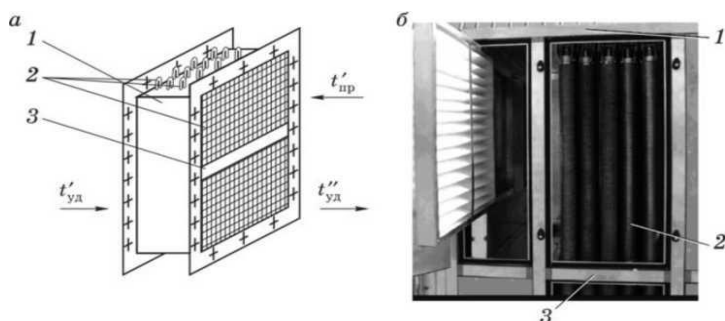


Рисунок 5.2.1 – Теплообменник - утилизатор теплоты на тепловых трубах:

а — принципиальная схема; б — размещение тепловых труб в корпусе теплообменника; 1 — корпус теплообменника; 2 — оребренные тепловые трубы; 3 — трубная доска

Теплообменник на тепловых трубах нашли применение в следующих направлениях:

- системы отопления, горячего водоснабжения, вентиляции и кондиционирования, хладоснабжения;
- подогрев участвующих в технологическом процессе компонентов горения.

Использование теплового насоса, позволяет повысить темпе-

ратурный уровень тепловых отходов до нужной температуры конечного потребителя. Тепловые насосы используют внешние источники энергии, в них реализуется цикл, в котором энергия от низкотемпературных источников передается источнику с более высокой температурой.

Низкопотенциальное тепло можно условно разделить на два диапазона:

- Тепло с температурой от 40 до 150°C, которое может быть непосредственно использовано для отопительных целей. В данном случае при утилизации теплоты осуществляется перенос теплоты от источников с более высокой температурой к источникам с более низкой температурой.

- Тепло с температурой ниже 40°C, которое не может быть напрямую использовано для отопления и горячего водоснабжения, так как его температура ниже требуемой у потребителя. Это тепло обычно сбрасывается в окружающую среду. В таких случаях может быть использован тепловой насос, который позволяет повысить температурный уровень тепла в соответствии с требованиями потребителей. Для привода теплового насоса требуются затраты внешней энергии.

Парокомпрессионный тепловой насос включает в себя испаритель, компрессор, конденсатор и расширительный вентиль (рисунок 5.2.2)

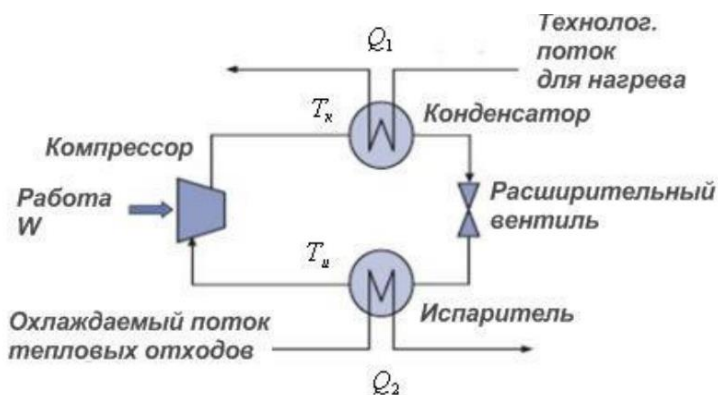


Рисунок 5.2.2 – Принципиальная схема компрессионного теплового насоса

В испарителе энергия тепловых отходов передается рабочему веществу – хладагенту. Затем хладагент направляется в компрессор, где повышается его температура, после чего перегретые пары хладагента проходят через конденсатор, где отдают теплоту нагреваемой среде. Проходя через расширительный вентиль, рабочее вещество дросселируется и возвращается в испаритель, и цикл замыкается.

Абсорбционные трансформаторы теплоты. Принцип действия абсорбционных трансформаторов теплоты аналогичен работе замкнутого компрессионного цикла, за исключением того, что компрессор заменяется более сложным механизмом, приводящимся в действие тепловой энергией.

### **Тема 5.3 Учет и регулирование энергоресурсов**

Учет электрической энергии, системы учета. Учет тепловой энергии и типы приборов, используемых в Республике Беларусь.

Основные методы и приборы регулирования потребления тепловой энергии, автоматизация этих процессов. Учет расхода холодной и горячей воды, учет расхода газа.

Промышленные предприятия различных отраслей, потребляют топливно-энергетические ресурсы (ТЭР). Поэтому возникает вопрос учета энергоресурсов, задачей которого становится получение достоверной информации о количестве произведенной или потребленной энергии её мощности, количестве, переданной или принятой энергии, распределении и потреблении и стоимости. То есть о затратах, энергии для решения технико-экономических задач функционирования предприятия. Поэтому основная цель учета энергоресурсов:

- финансовые расчеты за энергоресурсы;
- управления режимами электропотребления;
- определения и прогнозирования всех составляющих энергобаланса предприятия;
- определения стоимости и себестоимости энергоресурсов и их мощности;
- контроля технического состояния.

Эта задача решается систем технического учета энергоресурсов предприятия. Системы технического учета топливно-энергетических ресурсов позволяют решить следующие задачи:

1. Учет энергоресурсов на уровне отдельных производственных подразделений (переделов, участков, цехов, производственных линий), агрегатов и технологических установок;

2. Предоставление объективной информации для контроля и управления распределением энергоресурсов. Ведение схем распределения энергии, расчет согласованных балансов по видам энергоресурсов;

3. Предоставление объективной информации по поставкам ТЭР субабонентам;

4. Формирование оперативной и сводной отчетности заданных форм с различной периодичностью (смена, сутки, месяц и т.д.);

5. Непрерывный мониторинг исправности датчиков, счетчиков, каналов связи;

6. Хранение и предоставление пользователям ретроспективной информации о распределении и потреблении энергоресурсов в формате графиков, таблиц, диаграмм, панелей показателей и т.д.

Порядок расчетов за электрическую, тепловую энергию Республики Беларусь определен следующими основными нормативно правовыми документами:

- Правилами электроснабжения, утвержденными постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 17 октября 2011 г. № 1394;

- Постановление Министерства энергетики Республики Беларусь от 29.01.2016 № 5 Инструкция о порядке расчетов за потребленную (потребляемую) электрическую энергию (мощность) в случаях ее самовольного (бездоговорного), безучетного потребления и при иных нарушениях в работе средств расчетного учета электрической энергии (мощности)

- Положением о порядке расчетов и внесения платы за жилищно-коммунальные услуги и платы за пользование жилыми помещениями государственного жилищного фонда, утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 12 июня 2014 г. № 571;

- Правилами теплоснабжения, утвержденными Постановлением Совета Министров Республики Беларусь 11.09.2019 № 609.

- ТКП 355-2011 (02230/03220). Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Порядок метрологического обеспечения автоматизированных систем контроля и учета электрической энергии.

- ТКП 411-2021 (33240) «Правила учета тепловой энергии и теплоносителя», утверждены постановлением Министерства энергетики Республики Беларусь от 30 июля 2021 г. № 44.

- СТБ 2096-2010 Автоматизированные системы контроля и учета электрической энергии. Общие технические требования

- ТКП 308-2022 (33240) «Автоматизированные системы контроля и учета электрической энергии (мощности). Приемка в эксплуатацию», утверждены постановлением Минэнерго от 27.10.2022 № 31

Деятельность по сбыту электрической и тепловой энергии потребителям республики осуществляется концерном РУП «Белэнерго» и его подразделениями, входящими в состав областных энергоснабжающих организаций РУП-облэнерго. Сбытовые подразделения РУП-облэнерго осуществляют:

- реализацию электрической и тепловой энергии потребителям республики;

- сбор средств за отпущенную электрическую и тепловую энергию;

- контроль за соблюдением потребителями условий договоров электро- и теплоснабжения, а также величин и режимов потребления электрической и тепловой энергии;

- организацию и совершенствование учета отпускаемой потребителями электрической и тепловой энергии и мощности;

- проведение работы по предупреждению и выявлению фактов безучетного потребления энергии.

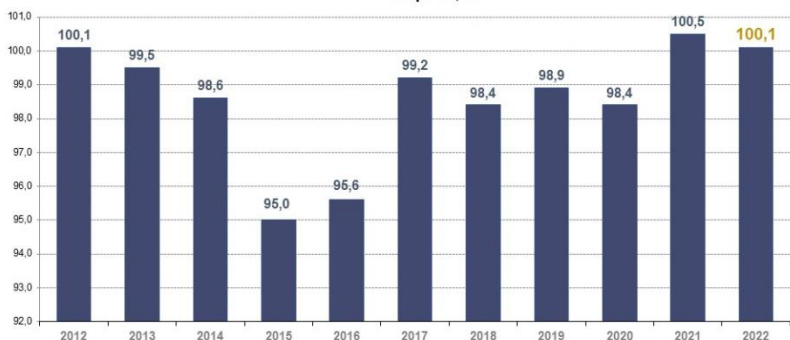


Рисунок 5.3.1. Уровень сбора средств РУП «Белэнерго» за отпущенную электрическую и тепловую энергию, %.

Использование систем технического учета энергоресурсов в РБ обеспечивает 100-процентный уровень оплаты за отпущенную электрическую и тепловую энергию, динамика сбора средств за десять лет представлена на рисунке 5.3.1.

Такой уровень сбора обеспечивают автоматизированные системы технического контроля и учета энергетических ресурсов (АС-КУЭ), они позволяют на непрерывной основе получать, накапливать и предоставлять специалистам информацию о распределении и потреблении энергоресурсов по производственным подразделениям предприятий и районов энергоснабжения. Они обеспечивают:

- непрерывный приборный учет потребления энергоресурсов на уровне отдельных цехов, производственных линий и отдельных установок;
- предоставление специалистам оперативного доступа к информации по фактическому энергопотреблению;
- предоставление смежным информационным системам данных для контроля расчетов с субабонентами, мониторинга индикаторов энергетической эффективности, прогнозирования потребностей в ТЭР и планирования закупок;
- снижение трудозатрат на получение и обработку данных; упрощение и повышение эффективности анализа и планирования и режимов энергоснабжения;
- автоматизацию формирования отчетности по распределению и потреблению энергоресурсов.

**Автоматизированные системы контроля и учета энергоресурсов (АСКУЭ).** Представляет собой совокупность программно-аппаратного комплекса с первичными преобразователями информации (Рисунок 5.3.2.).

Такие системы строят по трехуровневому принципу (Рисунок 5.3.3). Как видно из рисунка на первом уровне находятся измерительные датчики, на втором - контроллеры сбора и обработки первичной информации, на третьем - компьютер для комплексной обработки и отображения информации.

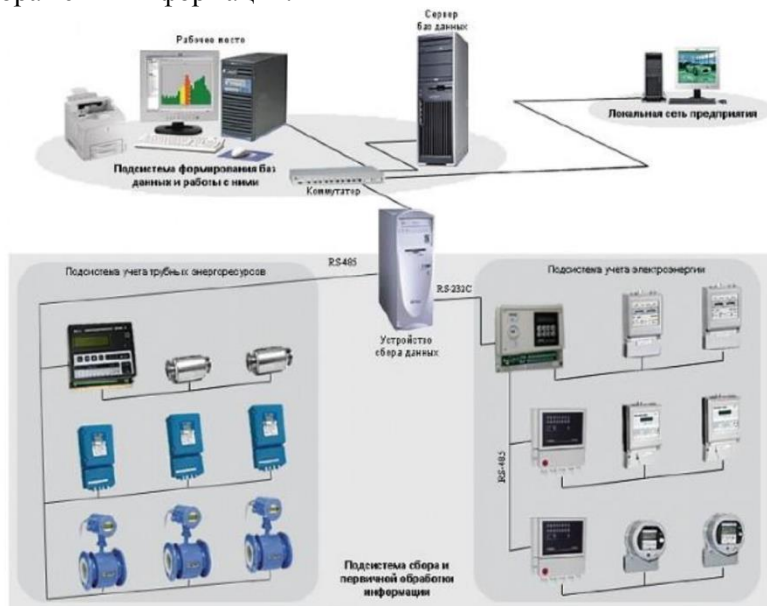


Рисунок 5.3.2. Структурная схема АСКУЭ



Рисунок 5.3.3. Трехуровневая схема построения АСКУЭ  
 АСКУЭ объединяет в себе:

- первичные приборы и датчики (счетчики энергоносителей различных типов от различных производителей);
- устройство сбора и передачи данных (УСПД);
- сервер БД, АРМы пользователей;
- развитые средства сбора и доставки данных.

Система АСКУЭ поддерживает сбор данных по различным системам связи, в том числе, сеть Интернет, мобильные сети (GSM/GPRS).

К решаемым АСКУЭ задачам относятся:

- автоматизированный коммерческий и технический учет энергоносителей всех видов вторичных энергоресурсов по предприятию в целом, элементам его структуры;
- контроль энергопотребления относительно установленных норм расхода и ограничений по безопасности энергоснабжения;
- фиксация и сигнализация отклонений контролируемых параметров энергоучета;
- прогнозирование параметров энергоучета для планирования энергопотребления и автоматическое управление им, в том



числе посредством потребителей-регуляторов;

- обеспечение внутреннего хозрасчета по энергоресурсам между цехами и подразделениями предприятия.

Функционирование АСКУЭ происходит в реальном масштабе времени в рамках структур предприятия (завод - цех - участок - установка). На его энергоисточниках (подстанция, котельная) и потребляющих объектах производственной и непромышленной сферы (участок, цех, общежития и т. д.), а также коммерчески самостоятельных структур (субабонентов), связанных с данным предприятием по энергопотреблению (Рисунок 5.3.4).

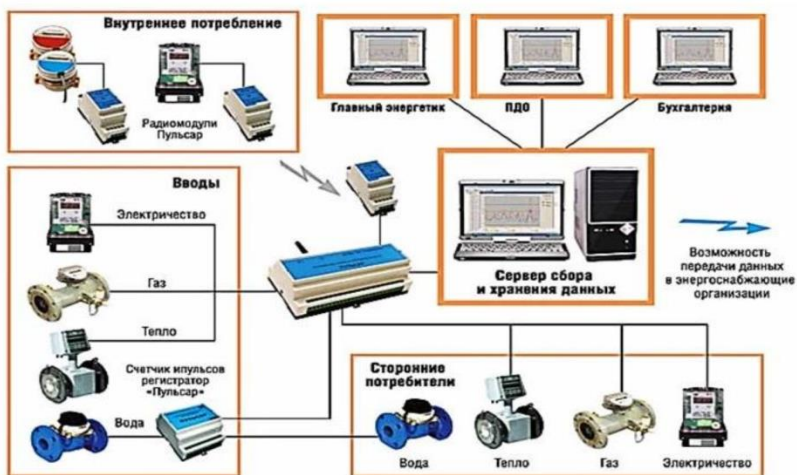


Рисунок 5.3.4. Организационная структура АСКУЭ предприятий

По организации работы различают централизованные и децентрализованные АСКУЭ. Централизованная АСКУЭ, обеспечивая всю полноту информации на уровне главного энергетика и руководства предприятия, ограничивает получение информации, возможности управления энергопотоками на низших уровнях, а также организацию обратных связей в контурах управления.

При децентрализованной структуре АСКУЭ используются контроллеры учета со встроенными табло и клавиатурой, подключенные через среду связи к ПЭВМ главного энергетика, местные

ПЭВМ, что позволяет в реальном времени решать задачи учета, контроля управления энергопотреблением на уровне отдельных цехов, производств и объектов предприятия.

Динамика внедрения АСКУЭ на промышленных предприятиях с присоединенной мощностью 750 кВА и выше по учету электрической энергии приведена на рисунке 5.3.5 (по состоянию на конец 2022 года).

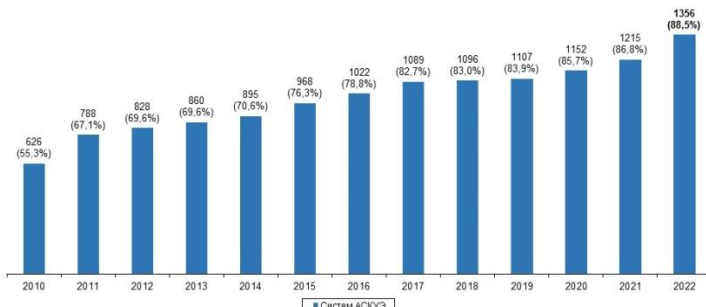


Рисунок 5.3.5. АСКУЭ на промышленных предприятиях Республики Беларусь с присоединенной мощностью 750 кВА и выше

Из него видно, что по состоянию на 31.12.2010 системой АСКУЭ были оснащены 55,3% промышленных предприятий, на 31.12.2022 количество таких предприятий увеличилось до 88,5%.

В жилищно-коммунальном хозяйстве внедрение здесь АСКУЭ дает возможность автоматизировать сбор данных с приборов учета в жилых домах, организовать учетно-управленческую деятельность городских коммунальных служб, упорядочить коммерческие отношения между поставщиками и коммунальными потребителями на основе реальных энергозатрат, наладить технический учет и регулирование потребления всех видов энергоресурсов, и прежде всего тепловой энергии, превалирующей в общих затратах энергии (Рисунок 5.3.6).

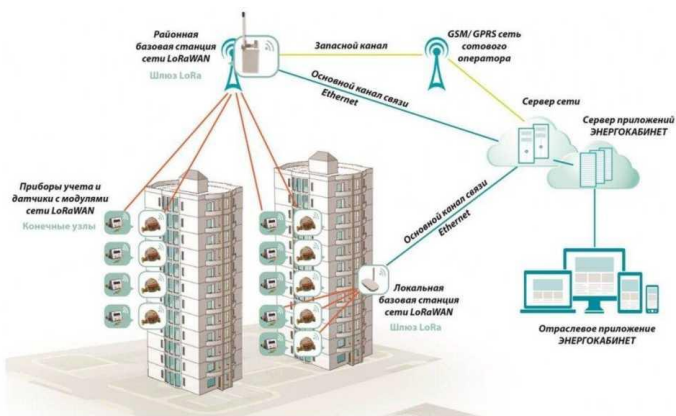


Рисунок 5.3.6. АСКУЭ жилищно-коммунального сектора

Основная проблема в практической реализации АСКУЭ в ЖКХ - оснащение каждой квартиры индивидуальными счетчиками тепловой и электрической энергии, воды. Динамика внедрения АСКУЭ-быт в многоквартирных жилых домах (по состоянию на конец 2022 года) на рисунке 5.3.7. Количество АСКУЭ-быт в многоквартирных домах за период с 2010 по 2022 годы увеличилось в 13,4 раза (с 1980 до 26526).

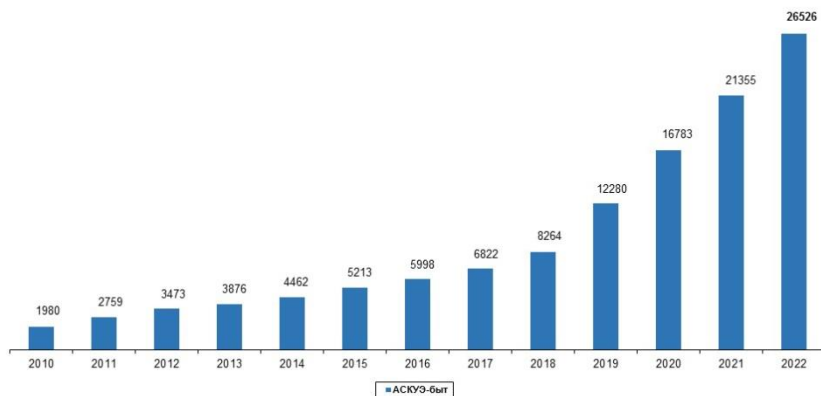


Рисунок 5.3.7. Динамика внедрения АСКУЭ-быт в многоквартирных жилых домах в Республике Беларусь

**Приборы для контроля, учета и регулирования тепловой энергии.** Тепловая энергия в стандартной системе измерения СИ

определяется в Джоулях (Дж). В качестве внесистемной единицы измерения применяется калория (кал) (1 кал равна 4,187 Дж).

Для приборов учета тепловой энергии и теплоносителя принято краткое название - теплосчетчики (счетчики тепловой энергии) - это устройства, которые измеряют количества тепла, потребленное абонентом (квартирой, предприятием, заводом и т. п.) за определенный период. Теплосчетчик представляет собой прибор, измеряющий разность температур и расход теплоносителя на входе и выходе объекта теплоснабжения (Рисунок 5.3.8). Формула расчета тепловой энергии

$$Q = G c_p(t_1-t_2),$$

где  $t_1$  - температура теплоносителя в подающем трубопроводе, °С;  $t_2$  - температура теплоносителя в обратном трубопроводе, °С;  $G$  - расход теплоносителя на объект теплоснабжения, тонн/час;  $c_p$  - теплоемкость теплоносителя, (кДж/кг·°С).

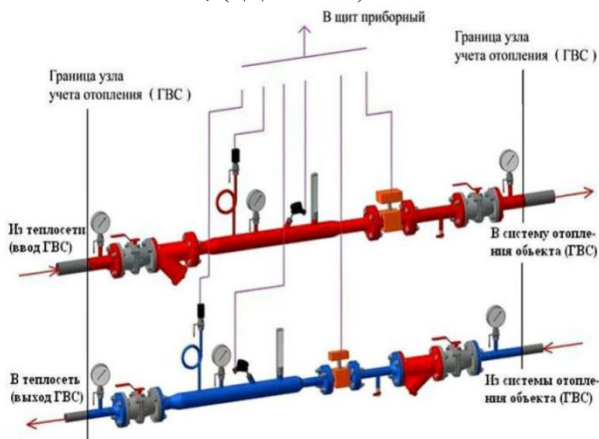


Рисунок 5.3.8. Принципиальная схема установки теплосчетчика

В состав теплосчетчиков входит тепловычислитель, термометры и датчик расхода жидкости (расходомер). Датчики расхода - наиболее важный элемент теплосчетчика который оказывает важное влияние на его техничскиеи потребительские характеристики.

**Приборы для контроля и учета электрической энергии.** В 20 веке наибольшее распространение получили индукционные и

ферродинамические счетчики. Первые применяют в цепях переменного тока, вторые - в цепях постоянного тока. Сейчас на смену им приходят электронный счетчики (Рисунок 5.3.9)



Рисунок 5.3.9. Общий вид счетчиков электроэнергии

Принцип действия электронного счетчика электроэнергии основан на измерении силы тока и величины напряжения приложенного к подключенной нагрузке. Фиксация показаний осуществляется за счет датчиков и передается на электронный преобразователь, который рассчитывает величину мощности и преобразует единицу измеряемой величины в счетный импульс.

Принципиальная схема работы простого прибора учета с выходными преобразователями показана на рисунке 5.3.10., в ней для замера мощности используются простые датчики:

- тока на основе обычного шунта, через который пропускается фаза цепи;
- напряжения, работающего по схеме широко известного делителя.



### Рисунок 5.3.10. Принципиальная схема электронного счетчика электроэнергии

Сигнал, снимаемый таким датчиками, мал и его увеличивают с помощью электронных усилителей тока и напряжения, после которых происходит аналогово-цифровая обработка для дальнейшего преобразования сигналов и их перемножения с целью получения величины, пропорциональной значению потребляемой мощности.

Далее производится фильтрация оцифрованного сигнала и вывод на устройства:

- индикации;
- интегрирования;
- передачи измерений;
- дальнейшего преобразования.

Применяемые в этом схеме входные датчики электрических величин не обеспечивают измерения с высоким классом точности векторов тока и напряжения, а, соответственно, и расчет мощности. Эта функция реализуется измерительными трансформаторами. Сигналы с обоих трансформаторов не нуждаются в усилении и направляются по своим каналам на блок АЦП, осуществляющий преобразование их в цифровой код мощности и частоты. Дальнейшие преобразования выполняет микроконтроллер, осуществляющий управление:

- дисплеем;
- электронным реле;
- ОЗУ — оперативным запоминающим устройством.

Через ОЗУ выходной сигнал может передаваться дальше в канал информации, например, с помощью оптического порта.

*Функциональные возможности электронных счетчиков.* Низкая погрешность измерения мощности, оцениваемая классом точности 0,5 S или 0,2 S разрешает эксплуатировать эти приборы в целях коммерческого учета использованной электроэнергии.

**Учет расхода холодной и горячей воды, учет расхода газа.** Количество израсходованной пользователем воды определяется по показаниям счетчиков воды (водосчетчиков). Аналогично тепловой энергии для учета расхода холодной и горячей воды применяются тахометрические, вихревые, ультразвуковые и электромагнитные расходомеры (рис 5.3.11).



Рисунок 5.3.11. Общий вид счетчиков холодной и горячей воды а) тахометрические расходомеры; б) расходомер электромагнитный Взлет ЭМ Профи-112МО; в) расходомер ультразвуковой StreamLux SLS-720A; г) расходомер вихревой,

При невозможности такого учета по причинам, не зависящим от пользователя (неисправности прибора, коррозия циферблата и др.) количество использованной воды определяется по среднему суточному расходу за предыдущие два месяца, когда прибор учета находился в рабочем состоянии, или нормам, установленным решением органами местной власти.

При определении объема потребленной жильцами воды в квартирах, не оборудованных приборами индивидуального учета расхода воды, из показаний прибора группового учета расхода воды исключаются суммарные показания индивидуальных приборов учета расхода горячей и холодной воды в данном жилом доме. Определяемый таким образом объем потребленной воды в квартирах, не оборудованных приборами индивидуального учета расхода воды, распределяется по-квартирно пропорционально количеству проживающих в каждой квартире.

**Учет расхода газа осуществляется с помощью счетчиков газа (газовый счетчик).** Счетчик газа - это прибор учета, предназначенный для измерения количества (объема), реже - массы прошедшего по газопроводу газа.

Соответственно, количество газа, как правило, измеряют в кубических метрах ( $\text{м}^3$ ).

Приборы, позволяющие измерять или вычислять проходящее количество газа за единицу времени (расход газа), называются расходомерами или расходомерами-счетчиками. Чаще всего расход газа измеряют в кубических метрах в час ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ).

Применяется прямой и косвенный методы измерения расхода

га за. При прямом методе одна или чаще несколько измерительных камер известного объема попеременно заполняются проходящим потоком газа со стороны входа и опорожняются на выход. Прошедший через устройство объем газа пропорционален количеству циклов наполнения-опорожнения. Этот метод используется в барабанных, мембранных (камерных), ротационных счетчиках газа.

При косвенном методе измеряется расход газа через прибор, путем измерения, например, скорости потока газа через известную площадь сечения. Для измерения скорости потока применяются как механические устройства (различные крыльчатки, турбинки и т. д.), так и иные, более совершенные (ультразвуковые, детектирования вихрей на теле обтекания, измерения перепада давления на сужающем устройстве, измерения скоростного напора потока газа и т. д.)

Учет расхода газа на предприятиях (Рисунок 5.3.13) газового хозяйства возложен на службы режимов газоснабжения и учета расхода газа, которые подчиняются непосредственно руководителю предприятия.



Рисунок 5.3.3. Общий вид шкафа для регулирования газа (ГРП)

На расход холодной и горячей воды, газа, электрической энергии установлены определенные нормы и тарифы.



## **Тема 5.4 Энергосбережение в промышленности. Энергосбережение в зданиях и сооружениях. Энергосбережение в быту**

Перечень основных направлений энергосбережения и примеры энергосберегающих мероприятий в промышленности.

Экономичные источники света. Энергоэффективные осветительные приборы. Электробытовые приборы и их эффективное использование. Бытовые приборы регулирования, учета и контроля тепла. Учет холодной и горячей воды, учет газа. Повышение эффективности систем отопления. Тепловые потери в зданиях и сооружениях. Тепловая изоляция зданий и сооружений. Изоляционные характеристики остекления, стеклопакеты, Суточное и сезонное регулирование теплового режима зданий и сооружений. Пофасадное регулирование теплового режима зданий. Тепловые завесы.

Способы энергосбережения и энергообеспечения в быту.

Постоянный рост стоимости энергоносителей, стал для предприятий и организаций одной из самых актуальных проблем которых решают энергосбережением.

Энергосберегающие мероприятия на предприятии позволяют значительно сократить затраты на энергоносители и тем самым положительно влиять на технико-экономические показатели работы предприятия или организации, это дает увеличение рентабельности и повышение конкурентоспособности выпускаемой продукции за счет снижения себестоимости выпускаемой продукции или оказанных услуг.

Энергосбережение на предприятиях и организациях ведётся по следующим направлениям:

- увеличение эффективности производственного процесса;
- экономия энергоресурсов.

Все технологические процессы на предприятиях происходят с использованием энергоносителей различного вида и назначения, различных параметров. В качестве энергоресурсов на предприятии используются:

- тепловая энергия (пар, горячая вода);
- электроэнергия;
- холодная вода;
- сжатый воздух;

- технические атмосферы.

На обеспечение производственного процесса и содержание зданий затрачивается до 30% а в некоторых случаях 55 % покупаемых энергетических ресурсов. Эти суммарные затраты складываются из затрат на отопление и наружного и внутреннего освещение зданий, хозяйственно-питьевое водоснабжение и других энергоресурсов необходимых для функционирования инженерно-технических систем.

На сегодняшний день используется ряд эффективных подходов для снижения потребления энергоресурсов, основные из них:

- модернизация оборудования;
- применение энергосберегающих технологий;
- уменьшение потерь энергии (тепловой или электрической) в приемниках и системах потребления;
- регулирование режимов работы оборудования;
- улучшение качества энергии (тепловой или электрической).

Мероприятия по экономии энергии на предприятиях и организациях должны носить комплексный характер. Эффективность принятых мер зависит от качества проведенного энергетического обследования предприятия или организации и скрупулезного выполнения предписаний энергоаудиторов по вопросам экономии энергии на производстве.

### **Энергоэффективные источники света.**

*Освещение* - применение света в конкретной обстановке, рядом с объектами или в их окружении, с целью сделать их видимыми.

*Видимое излучение* - электромагнитное излучение с длиной волны от 380 до 780 нм.

Освещение может быть естественным или искусственным. При естественном освещении источником света является солнце, искусственные системы освещения для получения света используют электрическую энергию. Электромагнитное излучение от источника характеризуется следующими параметрами:

*Поток излучения,  $Q$* , Дж/с или Вт, – величина, равная энергии, переносимой электромагнитными волнами за одну секунду через произвольную поверхность.

*Плотность потока излучения,  $E$* , Вт/м<sup>2</sup>, – интегральный поток излучения, переносимый через единицу поверхности:

$$E=dQ/dS$$

*Интенсивность излучения, I*, Вт/(м<sup>2</sup>·мкм), – плотность потока излучения тела для рассматриваемого интервала длин волн  $d\lambda$ :

$$dI = dE/d\lambda$$

*Облученность, H*, Дж/м<sup>2</sup>, – поток излучения, падающий на единицу поверхности за определенный промежуток времени  $dt$ :

$$H = \int E dt .$$

*Световой поток,  $\Phi$* , лм – часть потока излучения, воспринимаемый человеческим глазом (т. е. поток излучения, относимый к видимому диапазону длин волн  $0,38 \text{ мкм} < \lambda < 0,78 \text{ мкм}$ ). Единицей измерения светового потока является люмен (лм). Световой поток в 1 лм белого света равен  $4,6 \times 10^{-3}$  Вт (1 Вт = 217 лм).

*Освещенность (плотность светового потока),  $E_c$* – световой поток, падающий на единицу поверхности. Освещенность измеряется в люксах (лк). 1 лк = 1 лм/м<sup>2</sup>.

Для белого света 1 лк =  $4,6 \times 10^{-3}$  Вт/м<sup>2</sup> (1 Вт/м<sup>2</sup> = 217 лк).

Для потока света от лампы накаливания 1 лк =  $10,7 \times 10^{-3}$  Вт/м<sup>2</sup>.

*Световая отдача  $\eta$* , лм/Вт – отношение излучаемого светового потока  $\Phi$ , лм к потребляемой мощности  $W$ , Вт.

$$\eta = \Phi/W$$

*Сила света  $I_v$* , кд – пространственная плотность светового потока в заданном направлении, или отношение светового потока  $Q$ , направленного от источника в пределах телесного угла  $\Omega$ , охватывающего данное направление, к этому углу.

$$I_v = dQ/d\Omega$$

*Яркость  $B$* , кд/м<sup>2</sup>– отношение силы излучения в заданном направлении от участка поверхности к проекции излучающей поверхности на плоскость, перпендикулярную этому направлению.

$$B = dI_v/dS$$

*Цветовая температура  $T_K$* – температура черного тела, при которой оно испускает излучение с той же хроматичностью, что и рассматриваемое измерение. Эта мера объективного впечатления от

цвета данного источника света.

- 2700K - *сверхтеплый белый*;
- 3000K - *теплый белый*;
- 4000K - *естественный белый*;
- 5000K - *холодный белый (дневной)*.

*Потребляемая мощность W,Вт* – количество электрической энергии, потребленное источником света для получения видимого электромагнитного излучения.

$$W = U \times I$$

где  $U$  – электрическое напряжение, В,  $I$  – электрический ток, А.

В настоящее время около 40 % генерируемой в мире электрической энергии и 37 % всех электрических ресурсов используется в жилых и общественных зданиях. Существенную долю 40—60% в энергопотреблении зданий составляют затраты электрической энергии на освещение, внутреннее и наружное. В состав системы освещения в входят:

- светильники (лампы, пускорегулирующие устройства и оптические устройства формирующие требуемый световой поток);
- устройства управления светильниками (выключатели, диммеры, автоматические устройства и т.п);
- электрические распределительные сети;
- системы мониторинга и управления осветительными системами.

Сокращение расхода электроэнергии на эти цели возможно следующими путями:

использование местного освещения (увеличение площади и прозрачности окон, повышение отражающей способности стен и потолка ит.д.);

—снижением номинальной мощности освещения (формирования направленного потока, использование светильников с лампами увеличенной светоотдачей, регулирование количества используемых светильников);

—уменьшением времени использования светильников;

—использование автоматических устройств управления освещением

шением (датчики движения, датчики освещенности, программируемые таймеры);

—использование интеллектуальных систем управления освещением.

Снижение номинальной (установленной) мощности освещения в первую очередь означает переход на эффективные источники света, дающим нужные потоки при существенно меньшем энергопотреблении.

Современные светильники подразделяются на четыре группы:

1. светильники люминесцентные;
2. светильники галогенные и накаивания;
3. светильники специального назначения;
4. светодиодные светильники.

Эффективность электроосвещения оценивается расходом электроэнергии на освещение 1 м<sup>2</sup> площади помещения. Введенный с 1 января 1995 года федеральный стандарт США Ashrae/IES 90.1-90R устанавливает расход электроэнергии на освещение 1 м<sup>2</sup> помещения в размере 1,4-20,4 Вт при норме освещенности 500 лк. Во многих странах мира данная величина взята за основу при построении концепции энергосбережения в освещении.

*Индекс энергоэффективности лампы(EEI)* – отношение потребляемой электрической мощности  $W$ , Вт на расчетную мощность светового потока  $E$ , Вт/м<sup>2</sup>.

$$EEI=W/ E$$

Величина индекса *энергоэффективности лампы* сверяется с таблицей классов энергоэффективности (таблица 5.4.1). В соответствии с ней светодиодные лампы получают индекс энергоэффективности  $EEI \leq 0,11$  и классы энергоэффективности  $A, A+, A++$ . Люминесцентные лампы индекс энергоэффективности  $0,17 < EEI \leq 0,24$  и  $0,24 < EEI \leq 0,60$ , классы энергоэффективности соответственно  $A$  и  $B$ , а галогенными класс энергоэффективности  $D$  и лампы накаивания класс энергоэффективности  $E$ , у них на нагрев тратится значительная часть электрической энергии.

Таблица 5.4.1. Класс энергоэффективности ламп.

Класс энергоэффективности	Индекс энергоэффективности ( <i>EEI</i> )
<i>A++</i>	$EEI \leq 0,11$
<i>A+</i>	$0,11 < EEI \leq 0,17$
<i>A</i>	$0,17 < EEI \leq 0,24$
<i>B</i>	$0,24 < EEI \leq 0,60$
<i>C</i>	$0,60 < EEI \leq 0,80$
<i>D</i>	$0,80 < EEI \leq 0,95$
<i>E</i>	$EEI > 0,95$

**Энергосбережение в зданиях и сооружениях** – одно из основных направлений энергосбережения. Более 30% всех энергоресурсов в мире тратится для поддержания оптимальных условий жизнедеятельности человека.

Во всем мире здания являются самыми активными потребителями энергии. На долю строительной отрасли приходится более 40% потребления первичной энергии. В международном масштабе потребление подведенной энергии в этом секторе за период с 1971 по 2010 год увеличилось вдвое, в первую очередь в связи с увеличением численности населения и экономическим ростом. Количество зданий и дальше будет увеличиваться, что еще больше повысит спрос на энергию во всем мире. Согласно прогнозам специалистов, к 2035 году общая потребность зданий в энергии вырастет еще на 30%.

Согласно данным Белстата с 2000 года жилищный фонд Республики Беларусь вырос на 16,7%., городской жилищный фонд составляет 70 %. Жилищный фонд Республики Беларусь в городах и поселках городского типа более чем на 90% оборудован инженерными системами - водопроводом, канализацией, центральным отоплением, горячим водоснабжением. В сельских населенных пунктах оборудованность инженерными коммуникациями жилищного фонда значительно ниже.

В связи с ростом цен на энергоносители в Республике Беларусь проблема энергоэффективного строительства на данный момент является весьма актуальной. Сейчас плата за коммунальные услуги в нашей стране невелика и составляет менее 35% от реальной стоимости, но так как она постоянно повышается, то к 2022 году население

будет оплачивать энергоресурсы по их себестоимости.

В Республике Беларусь установлены (ТКП 45-2.04-43-2006) требования к обеспечению энергоэффективности вновь строящихся и реконструируемых зданий, включая значения их энергетических характеристик:

- нормативное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций не менее: наружные стены из всех видов строительных материалов -  $3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ ;
- совмещенные покрытия, чердачные перекрытия -  $6 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ ;
- окна, балконные двери -  $1 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ .

При проектировании наружных ограждающих конструкций вновь строящихся зданий должен быть обеспечен годовой удельный расход тепловой энергии на отопление, вентиляцию зданий многоэтажных, средней этажности не более  $60 \text{ кВтч}/\text{м}^2$  год при естественной вентиляции и не более  $40 \text{ кВтч}/\text{м}^2$  год при механической с рекуперацией тепла вентиляционных выбросов.

Типовой жилищный фонд представлен многоэтажными зданиями от 5 до 16 этажей с относительно низкими показателями сопротивления теплопередаче.

Как видно из данных Рисунок 5.4.1 в Республике Беларусь наибольший удельный вес занимают дома этажностью от 6 до 9 этажей. Вновь построенные многоэтажные (17 и выше этажность) здания занимают примерно такой же удельный вес, как и двухэтажные здания.

Структура жилищного фонда, находящегося на техническом обслуживании организаций МЖКХ, представлена на Рисунок 5.4.1. В таблице 5.4.2 и 5.4.3 приведены характеристики жилых многоэтажных зданий различных лет постройки и новых построенных энергоэффективных зданий.

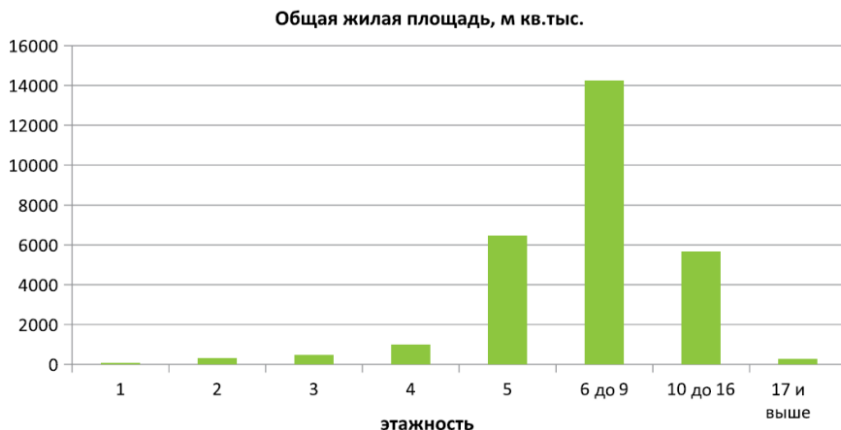


Рисунок 5.4.1. Структура жилищного фонда, находящегося на техническом обслуживании жилищно-эксплуатационных организаций системы МЖКХ Республики Беларусь

Построенные в 2007-2010 годах энергоэффективные здания имеют нормативное сопротивление теплопередаче в три раза ниже, чем стандартные здания.

Тип вентиляции в многоэтажных домах, построенных как до 1993 так и после 2009 года - естественный. В энергоэффективных домах используется принудительная вентиляция с рекуперацией тепла. Соответственно удельное потребление тепла в домах постройки до 1993 года составляет 130, а в энергоэффективных домах 40.

В настоящее время одной из наиболее актуальных проблем является поиск и создание энергосберегающих мероприятий и инженерных решений по созданию ограждающих конструкций зданий и сооружений с минимальными тепловыми потерями.

При разработке мероприятий по энергосбережению или проведения энергоаудита из проекта здания определяют параметры всех элементов систем отопления, вентиляции и кондиционирования и их расчетные характеристики.

Необходимо также уточнение годового режима работы систем управления и измерения параметров воздуха.



Таблица 5.4.2. Характеристики многоэтажных зданий Республики Беларусь

Характеристики многоэтажных зданий по году постройки	Сопротивление теплопередачи, $m^2 \cdot K / Вт$				Тип вентиляции	Удельное потребление тепла, $кВтч/м^2$
	стен	окон	перекрытий	покрытий		
до 1993	0,8 1	0,38	1	1	Естественная	130
1993-2009	2 2,5	0,6	3	1,5	Естественная	85
после 2009	3,2	1	6	2,5	Естественная	60
Энергоэффективные	3,2	1	6	2,5	с принудительной рекуперацией тепла	40

Таблица 5.4.3. Характеристики построенных энергоэффективных зданий.

Город	Конструкция стен	Год строительства	Этажность	Кол-во квартир	Отапливаемая площадь	Удельное потребление тепла, $кВт \cdot ч/м^2$	
						стандарт	Энергоэффективные
Витебск	мелкоштучные	2010	10	120	6726	94,81	32,4
		2009	10	40	2119		31,6
Гомель	мелкоштучные	2009	10	36	2629	87,10	29,3
Гродно	материал	2009	9-11	68	4456	82,52	30,4
Минск	железобетонные панели	2007	9	144	9491	85,91	31,7

Нормативное сопротивление теплопередачи ( $m^2K/Вт$ ) для стен 3,2; перекрытия верхнего этажа 6; над подвалом 2,5; оконные проемы 1

## Основные понятия и теплотехнические характеристики ограждающих конструкций.

*Здание* - строительная система, состоящая из несущих и ограждающих конструкций, образующих наземный замкнутый объем, предназначенная для пребывания или проживания людей, функционирования технологических систем и проведения технологических процессов.

*Сооружения* - постройки или конструкции, выполняющие технические функции и не связанные с постоянным пребыванием людей.

По назначению здания и сооружения делятся:

- 1) промышленные;
- 2) на гражданские (жилые, культурные, административные);
- 3) сельскохозяйственного назначения.

К конструктивным элементам здания относятся крыша, окна, стены, двери, перекрытия, перегородки, фундамент. При этом потери теплоты через конструктивные элементы (Рисунок 5.4.2) составляют: крыша - 15-25%, стены - 20-30%, окна - 15-25%, пол - 3-6%.



Рисунок 5.4.2. Потери теплоты через конструктивные элементы здания

Различают *несущие* и *ограждающие* конструкции здания. *Несущие конструкции* воспринимают все нагрузки, действующие на здания, к ним относятся фундамент, стены, крыша, опоры, перегородки. Главными задачами ограждающих конструкций являются

изоляция помещения от шума, атмосферных воздействий и обеспечение нормальных условий эксплуатации зданий. *Ограждающие конструкции* - полы, перегородки, окна, двери, покрытия, кровли и т. п.

*Фундамент* - строительная несущая конструкция, часть здания, сооружения, которая воспринимает все нагрузки от вышележащих конструкций и распределяет их по основанию.

*Стена* - вертикальная ограждающая конструкция, отделяющая помещение от окружающего пространства или соседнего помещения. Стена здания является несущим и ограждающим элементом здания.

*Перекрытие* - несущая строительная конструкция, разделяющая смежные по высоте этажи в здании или сооружении или отделяющая этаж от подвала, подпола, чердака либо крыши. Перекрытие воспринимает нагрузки (постоянные и временные) и воздействия (технологические, климатические, температурные и прочие) и передает их на другие строительные конструкции (стены, колонны, ригели, балки и т. п.), с которыми перекрытие связано.

*Крыша* - верхняя конструкция здания, которая служит для защиты от атмосферных осадков, дождевой и талой воды. Другой основной ее функцией является теплоизоляционная функция (сохранение тепла и защита от перегрева).

*Перегородки* разделяют внутреннее пространство здания на отдельные помещения.

*Дверь* - проем в стене для входа и выхода из помещения, а также створ или несколько створов, закрывающих этот проем.

*Окна* - проем в стене, служащий для поступления света в помещение и вентиляции.

**Потери теплоты в зданиях и сооружениях.** Потери теплоты в зданиях обусловлены:

- теплопередачей  $Q_t$ ;
- инфильтрацией  $Q_{и}$ .

Теплота может передаваться тремя способами: **теплопроводностью, конвекцией и излучением**. Эти формы теплообмена различаются по своей природе и описываются разными законами.

**Теплопроводность** - это молекулярный процесс передачи теплоты. Частицы более нагретой области тела, сталкиваясь при своем

беспорядочном движении с соседними частицами тела, сообщают им часть своей кинетической энергии. Этот процесс постепенно распространяется по всему телу.

**Конвекция** происходит только в газах и жидкостях. Этот вид переноса теплоты осуществляется при перемещении всей массы неравномерно нагретых жидкости или газа.

**Передача теплоты излучением** между двумя телами происходит в три стадии: 1 - превращение части внутренней энергии одного из тел в энергию электромагнитных волн; 2 - распространение электромагнитных волн в пространстве; 3 - поглощение энергии излучения другим телом.

В реальности процессы передачи теплоты теплопроводностью, конвекцией и излучением протекают одновременно и влияют друг на друга, так как конвекция сопровождается излучением, излучение - теплопроводностью и конвекцией. Однако в практических расчетах их разделение на элементарные явления не всегда возможно и целесообразно. Обычно результат одновременного действия отдельных элементарных процессов приписывается одному из них, который считается главным. Влияние же остальных (второстепенных) явлений сказывается лишь на количественной характеристике основного процесса.

**Теплопередачей** называется перенос теплоты от одной подвижной среды (горячей) к другой (холодной) через твердую стенку. Теплопередача представляет собой сложный процесс, в котором теплота передается всеми способами: теплопроводностью, конвекцией и излучением.

Интенсивность теплопередачи характеризуется коэффициентом теплопередачи, численная величина которого определяется количеством теплоты, проходящим через единицу поверхности стенки в единицу времени от горячего к холодному теплоносителю при разности температур между ними в один градус.

Тепловая энергия распространяется от более нагретого тела к менее нагретому. Количество переносимого тепла, проходящее в единицу времени через произвольную площадку, называют **тепловым потоком**  $Q$ , Дж/с (Вт). Тепловой поток, отнесенный к единице площади поверхности, называют **плотностью теплового потока**, Вт/м<sup>2</sup>

$$q = Q/F$$

где  $Q$  - тепловой поток, Дж/с (Вт);  $F$  - площадь поверхности, м<sup>2</sup>  
**Теплопередача через однослойную и многослойную плоскую стенку.** Уравнение теплопроводности через *однослойную плоскую стенку* (Рисунок 5.4.3) имеет вид

$$Q = \delta / \lambda (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) F = R^{-1} (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) F$$

где  $t_{\text{в}}$  и  $t_{\text{н}}$  - температура внутренней и наружной поверхности стенки, °С;  $\lambda$  - коэффициент теплопроводности стенки (зависит от материала и характеризует его способность проводить тепло, Вт/(м·К);  $\delta$  - толщина стенки, м;  $R = \delta/\lambda$  - термическое сопротивление стенки, (м<sup>2</sup>·К)/Вт;  $F$  - площадь стенки, м<sup>2</sup>.

Уравнение теплопередачи через *многослойную плоскую стенку* (Рисунок 5.4.4) имеет вид

$$Q = k \Delta t F = (1 / \alpha_{\text{в}} + R + 1 / \alpha_{\text{н}})^{-1} (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) F$$

где  $k$  - коэффициент теплопередачи, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $\Delta t$  - температурный напор;  $t_{\text{н}}$  - температура наружного воздуха, °С;  $t_{\text{в}}$  - температура воздуха внутри помещения, °С;  $F$  - площадь поверхности стенки, м<sup>2</sup>;  $\alpha_{\text{в}}$  - коэффициент теплоотдачи воздуха со стороны помещения;  $\alpha_{\text{н}}$  - коэффициент теплоотдачи наружного воздуха, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $R$  - термическое сопротивление многослойного ограждения, (м<sup>2</sup>·К)/Вт.

Для многослойной стенки термическое сопротивление вычисляется по формуле

$$R = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}$$

где  $\lambda_i$  - коэффициент теплопроводности  $i$ -того слоя, Вт/(м·К);  $\delta_i$  - толщина  $i$ -того слоя, м

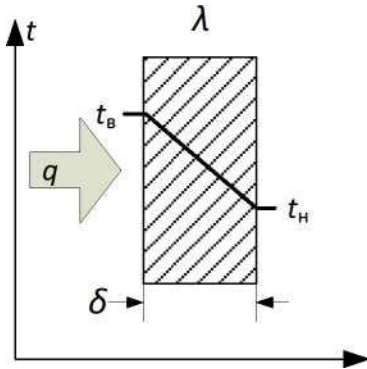


Рисунок 5.4.3. Теплопроводность через однослойную плоскую стенку

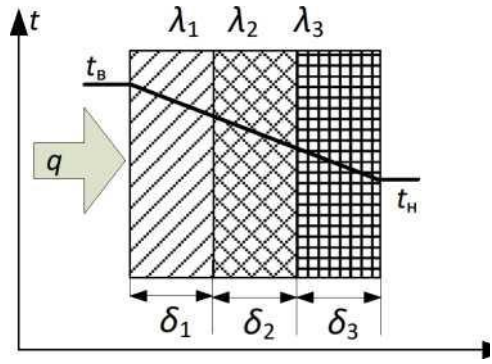


Рисунок 5.4.4. Теплопередача через многослойную плоскую стенку

**Инfiltrация** - проникновение холодного наружного воздуха в помещение через не плотности ограждения.

Тепловой поток за счет воздухообмена через не плотности в конструкции здания определяется объемным расходом воздуха  $Vв$ , м<sup>3</sup>/ч, который может быть выражен через коэффициент инfiltrации  $m$ .

**Коэффициент инfiltrации  $m$** - кратность воздухообмена помещения объемом  $Vп$  за 1 ч:

$$m = Vв / Vп$$

где  $Vп$  - объем помещения  $Vп$ , м<sup>3</sup>/ч.

Тепловой поток за счет инfiltrации в помещении рассчитывается по формуле, Вт

$$Qи = Vп cрв ρв (tв - tн) = (m Vп cрв ρв / 3600) (tв - tн) = (m Vп / 3) (tв - tн)$$

где  $ρв$  - плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;  $cрв$  - удельная массовая изобарная теплоемкость воздуха, Дж/(кгК).

Потери теплоты через стены, полы и потолки различны, и для каждой поверхности их необходимо рассчитывать отдельно. В общем случае суммарные потери теплоты в помещении составляют

$$Q = (\sum k F_i + m Vп / 3) (tв - tн)$$

где  $k_i$ - коэффициент теплопередачи  $i$ -той поверхности,

Вт/(м<sup>2</sup>·К).

**Технические системы зданий.** *Система отопления* - это совокупность конструктивных элементов со связями между ними, предназначенными для получения, переноса и передачи необходимого количества теплоты в обогреваемое помещение.

*Отопительные приборы* предназначены для теплопередачи теплоты от теплоносителя в обогреваемое помещение. Различают радиационные (излучатели, потолочные панели), конвективно радиационные (радиаторы, гладкотрубные приборы) и конвективные отопительные приборы (конвекторы, теплый пол).

*Система вентиляции воздуха* - совокупность технических средств, обеспечивающих регулируемый воздухообмен, осуществляемый с целью создания в помещениях воздушной среды, благоприятной для здоровья и трудовой деятельности человека или проведения технологических процессов.

Системы вентиляции делятся на *естественную* вентиляцию, в которой воздухообмен осуществляется из-за разницы давления снаружи и внутри здания, и *вентиляцию с механическим побуждением*, в которой воздухообмен происходит за счет разности давления, создаваемой вентилятором или эжектором. Механический способ вентиляции более эффективен, так как воздух предварительно может быть очищен от пыли и доведен до требуемой температуры и влажности. В механических системах вентиляции используются вентиляторы, электродвигатели, воздухонагреватели, шумоглушители, пылеуловители, автоматика и др., т. е. приборы, позволяющие перемещать воздух в больших пространствах.

*Система кондиционирования воздуха* - совокупность устройств, предназначенных для создания и автоматического поддержания в помещении параметров воздушной среды (температуры, влажности, состава, подвижности), наиболее благоприятных для самочувствия человека, ведения технологического процесса, обеспечения сохранности ценностей культуры и искусства, независимо от изменения параметров наружного воздуха.

*Система водоснабжения* - комплекс сооружений для обеспечения

определенной группы потребителей водой в требуемых количествах и требуемого качества. Кроме того, система водоснабжения

должна обеспечивать снабжение потребителей водой без недопустимого снижения установленных показателей своей работы в отношении количества или качества подаваемой воды (перерывы или снижение подачи воды или ухудшение ее качества недопустимы).

По назначению системы водоснабжения делятся:

- на системы водоснабжения населенных мест (городов, поселков);

- системы производственного водоснабжения;
- системы сельскохозяйственного водоснабжения;
- системы противопожарного водоснабжения;
- комбинированные системы водоснабжения.

По способу использования воды:

- системы прямоточного водоснабжения (с однократным использованием воды);

- системы оборотного водоснабжения;
- системы с повторным использованием воды.

Система водоснабжения должна обеспечивать получение воды из природных источников, ее очистку, если это вызывается требованиями потребителей, и подачу к местам потребления.

**Канализация** - составная часть системы водоснабжения и водоотведения, предназначенная для удаления твердых и жидких продуктов жизнедеятельности человека, хозяйственно-бытовых и дождевых сточных вод с целью их очистки от загрязнений и дальнейшей эксплуатации или возвращения в водоем.

**Мероприятия по энергосбережению в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха сводятся к следующему.**

Причиной высокого энергопотребления в зданиях и сооружениях нашей страны по сравнению с зарубежными странами. Является то, что большинство существующие здания были построены в соответствии с действующими на момент строительства стандартами, которыми было предусмотрено термическое сопротивление ограждающих конструкций:

- в 1954-1964 гг. -  $0,75 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;
- в 1965-1993 гг. -  $1,25 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;



- с 1994-2006 г.- 2,25 м<sup>2</sup>·К/Вт.

Поэтому основным мероприятием становится *экономически целесообразное* повышение *сопротивления теплопередачи наружных ограждений* при строительстве и дополнительного утепления наружных стен при реконструкции зданий (термоинновация).

Мероприятие предназначено для увеличения сопротивления теплопередачи наружных стен и снижения тепловых потерь здания, за счет улучшения его теплозащитных свойств и применения эффективных теплоизоляционных материалов выполняется в основном тремя способами (Рисунок 5.4.5):

- навесной вентилируемый фасад с применением теплоизоляции (Рисунок 5.4.5 а);
- тонкослойная штукатурка фасадов по теплоизоляционному материалу (Рисунок 5.4.5, б);
- трехслойная конструкция стен (трехслойная, слоистая кладка, сэндвич- панели клееные или сборные, трехслойные ж/б стеновые панели) (Рисунок 5.4.5, в).

Для устранения тепло потерь в ранее построенных зданиях разработаны технологии теплотехнической реконструкции. Одной из таких технологий является устройство термошубы, представляющей собой многослойную конструкцию (Рисунок 5.4.6):

- а) плит утеплителя, прикрепленных к подготовленной поверхности стен клеевым составом и дюбелями для укрепления утеплителя;
- б) защитного покрытия из клеящего состава, армированного слоем сетки в сочетании с защитными алюминиевыми профилями с перфорированными стенками;
- в) отделочного покрытия.

Оконные заполнения в зданиях, обладая необходимыми теплозащитными качествами, должны обеспечивать требуемый световой комфорт в помещении и иметь достаточную воздухопроницаемость для естественной вентиляции.

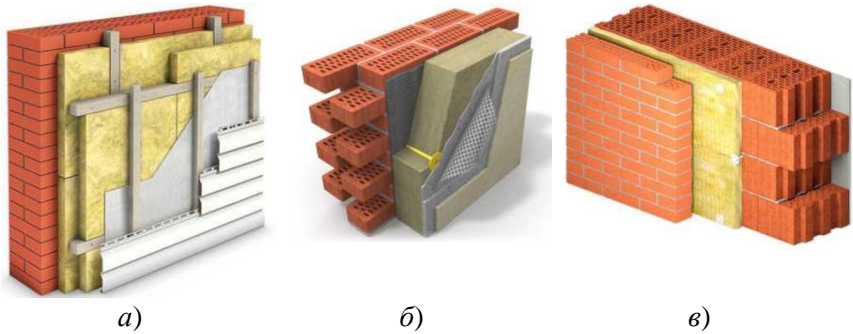


Рисунок 5.4.5. Способы теплоизоляции неутепленной стены

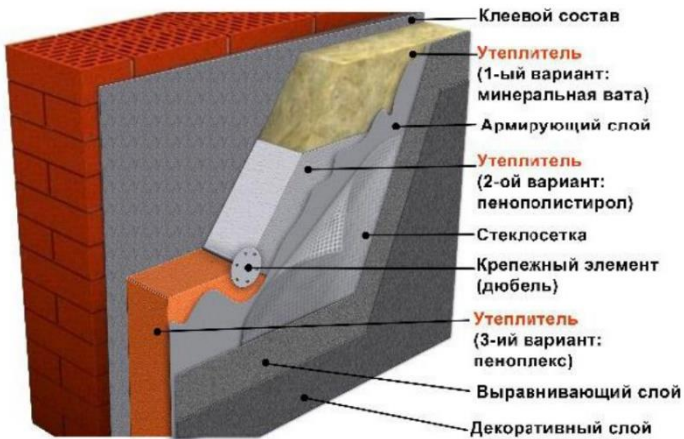


Рисунок 5.4.6. Устройство термошубы

Действующие нормативы в Республике Беларусь (ТКП 45-2.04-43- 2006) устанавливают следующие требования к окнам жилых зданий:

- сопротивление теплопередаче должно быть не менее  $1,0 \text{ (м}^2 \cdot \text{K) / Вт}$ ;
- сопротивление воздух прониканию - не менее  $10,0 \text{ кг / (м}^2 \cdot \text{ч)}$ ;
- механические показатели и другие требования - в зависимости от конструкции и материалов, из которых изготовлен оконный блок.

Применяемые в настоящее время окна (стеклопакеты) можно

условно разделить на три группы:

- деревянные окна (Рисунок 5.4.7, а);
- окна из поливинилхлоридного профиля (рис. 5.4.7, б);
- окна из алюминиевого профиля ( $R = 0,35-0,42 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}$ )

(рис. 5.4.7,в).

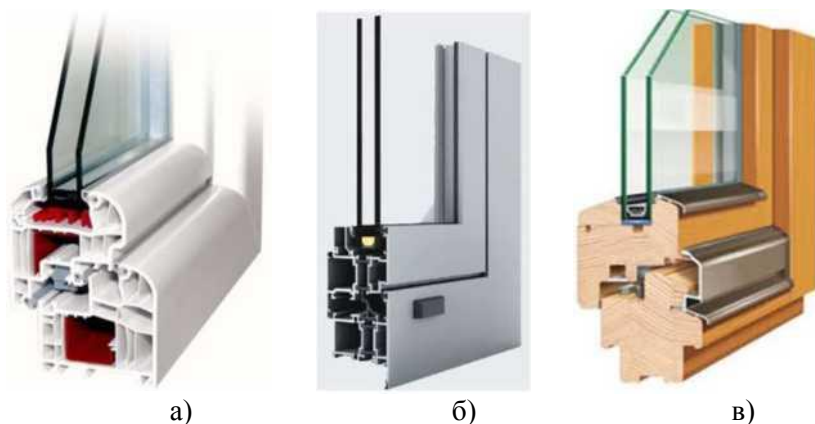


Рисунок 5.4.7. Конструктивное исполнение современных стеклопакетов на основе профилей:

а) - деревянный; б) - поливинилхлорид; в) - алюминиевый сплав

Стекла с селективной светопрозрачностью. Разработаны энергосберегающие стеклопакеты, так называемые «селективные окна» со специальным напылением на стекло (рис. 5.4.8).

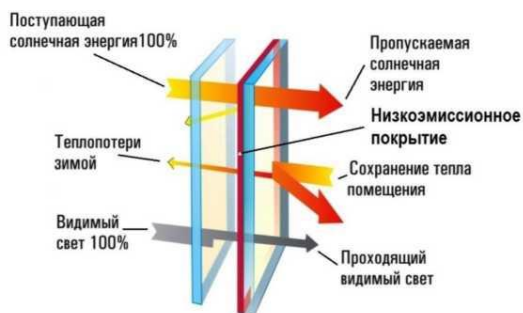


Рисунок 5.4.8. Особенности стеклопакетов с селективной светопрозрачностью

Они позволяют сохранять тепло по максимуму за счет отражения длинноволнового излучения нагревательных приборов. При этом коротковолновое солнечное излучение свободно проникает в помещение.

Теплопоглощающие стекла в структуре имеют металлическую основу, которая поглощает лучи в инфракрасном диапазоне излучения (тепловые лучи). Коэффициент пропуска оконным стеклом тепловых лучей 0,3-0,75.

Теплоотражающие стекла покрывают селективными или полимерными пленками на металлической основе, которые отражают лучи в инфракрасном диапазоне излучения (тепловые лучи). Коэффициент пропуска таких стекол тепловых лучей составляет 0,2-0,6. Стекло монтируют в одном пакете с простым стеклом так, чтобы отражающая пленка находилась внутри пакета. Теплоотражающее стекло следует устанавливать всегда снаружи, при этом внутреннее простое стекло (без пленки) нагревается меньше.

*Тепловая защита наружной стены в месте установки отопительного прибора.* Мероприятие предназначено для снижения тепловых потерь от наружных ограждений (стены) к которым прилегают отопительные приборы.

Отопительные приборы обычно устанавливаются у наружных ограждающих стен. При этом температура внутренней поверхности стены за прибором выше, чем в остальной части, что приводит к увеличению теплового потока и является причиной повышенных тепловых потерь через ограждения.

При установке отопительных приборов в нише, стенка за прибором тоньше, а ее сопротивление теплопередачи меньше чем у стены без ниш, что еще больше увеличивает потери теплоты через ограждающие конструкции.

Для снижения тепловых потерь за счет лучистого теплообмена необходимо установить защиту в виде экрана с низкой степенью черноты рисунок 5.4.9.

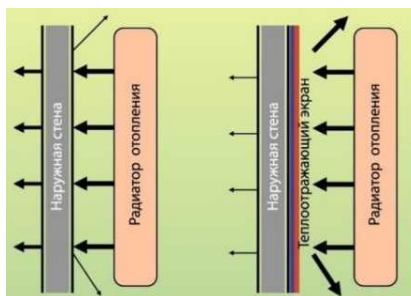


Рисунок 5.4.9. Схема установки тепловой защиты наружной стены в месте установки отопительного прибора

Для снижения тепловых потерь за счет теплопроводности необходимо установить теплоизоляционный слой с низким коэффициентом теплопроводности на участке всей ниши наружной стены. Теплоизоляцию желательно располагать ближе к поверхности стены.

*Периодический режим работы системы отопления.* Периодический режим работы системы отопления применяют в производственных, гражданских, учебных, спортивных, торговых, административных зданиях, используемых для отопления неполные сутки и дни недели в которых допускается снижение температуры внутри помещений в нерабочее время. В режиме работы системы отопления в течение суток наблюдается три характерных промежутка времени:

- основной рабочий режим, когда в помещении поддерживаются заданные параметры температуры и влажности;
- дежурный режим, когда после основного режима система отопления переводится на режим поддержания пониженной температуры в помещении;
- режим форсированного нагрева помещения, в течение которого система отопления переводится на возможно быстрый разогрев помещения после охлаждения.

В помещениях наблюдается и недельный цикл, когда в выходные и праздничные дни в течение полных суток может поддерживаться дежурный режим отопления и сниженная температура в помещении. Для поддержания дежурного режима используется водяное отопление, которое выполняет функцию поддержания минимального уровня температуры. Но в результате некоторого охлажде-

ния помещения понижается не только температура внутреннего воздуха, но и температура ограждений.

Нагрев ограждений и внутреннего воздуха к началу нового рабочего дня требует времени и дополнительной мощности. Продолжительность и темп нагрева помещения зависит от: термического сопротивления наружных ограждений, влияющего на снижение температуры в нерабочее время; тепловой активности ограждающих конструкций к тепловому воздействию; интенсивности теплоотдачи от источника системы отопления к внутреннему воздуху помещений и от воздуха к поверхности ограждений; температурного напора в дежурном и рабочем режиме, а также перепада температур наружного воздуха. Нагрев помещений должен осуществляться форсировано с высоким темпом, с большей мощностью, в отличие от отопления в рабочем режиме, так как теплота в режиме нагрева расходуется на восполнение тепловых потерь и разогрев ограждений и воздуха до требуемого уровня.

Наиболее гибким режимом эксплуатации служит комбинированная система отопления. Она состоит из базовой системы водяного отопления и дополнительной системы воздушного отопления. Воздушное отопление совмещается с приточной вентиляцией и в режиме форсированного нагрева работает в режиме полной рециркуляции воздуха.

Работа систем периодического отопления поддается автоматизации и программному управлению поддержания расчетного режима. На случай неожиданного резкого понижения температуры наружного воздуха в контрольных помещениях устанавливают датчики допустимой минимальной температуры внутреннего воздуха. По сигналу от них включается система отопления в дополнительном режиме. Экономия энергии тем больше, чем продолжительнее период охлаждения. Для уменьшения продолжительности форсированного нагрева следует увеличить теплоустойчивость ограждений, максимально интенсифицировать теплоотдачу к ограждениям, применяя, например, направленные струи воздушного отопления или используя источники лучистой энергии (излучатели), направленные на ограждения.

*Отопление помещений теплотой рециркуляционного воздуха.* Теплоту рециркуляционного воздуха рекомендуется использовать для производств, в которых допускается рециркуляция воздуха, а

также при температуре воздуха в верхней зоне более 30С° и подачи воздуха на расстояние не более 15 м. Нагретый воздух забирается из верхней зоны производственного помещения, очищается от пыли и вентилятором по воздуховодам нагнетается в приточный насадок (цилиндрической или шелевой формы). Энергосбережение обеспечивается за счет утилизации теплоты удаляемого воздуха.

*Системы воздушного отопления.* Системы воздушного отопления применяют для жилых, общественных, производственных, сельскохозяйственных зданий и сооружений, а также гостиниц, в которых функция отопления совмещается с вентиляцией. В системе воздушного отопления возможна полная или частичная рециркуляция воздуха.

Воздух для отопления нагревается в калориферах или воздухоподогревателях горячей водой, паром, горячим воздухом или другим теплоносителем. Процесс теплообмена может осуществляться двумя путями:

- 1) нагретый воздух по специальным каналам через воздухораспределительные решетки поступает в помещение и смешивается с внутренним воздухом;
- 2) нагретый воздух перемещается во внутренних каналах, окружающих помещение, нагревая при этом стенки помещения, теплота от которых передается внутреннему воздуху помещения.

Охладившийся воздух по другим каналам возвращается в калорифер для повторного нагрева или выбрасывается частично в атмосферу, когда температура воздуха в помещении высокая. То есть система воздушного отопления может быть с полной рециркуляцией, когда воздух полностью возвращается для повторного нагрева или частичной рециркуляцией, когда воздух частично выбрасывается в атмосферу и частично повторно нагревается. Системы воздушного отопления фактически являются комбинированными системами отопления и вентиляции.

Преимущества систем воздушного отопления: обеспечение равномерности температуры по объему помещения, возможность очистки и увлажнения воздуха, отсутствие отопительных приборов в помещении. Недостатки систем воздушного отопления: большие поперечные сечения воздуховодов по сравнению с трубами водяного и парового отопления, меньший радиус действия по сравнению с теми же системами, потери теплоты при недостаточной теплоизоляции

воздуховодов.

Для снижения энергетических затрат на подогрев наружного воздуха возможно использование регенеративных теплообменников, позволяющий утилизировать теплоту горячего вытяжного воздуха. В системах воздушного отопления сокращаются потери теплоты за счет отсутствия радиаторных ниш участков наружных ограждений, имеющих место в водяных и паровых системах отопления. Энергосбережение при применении воздушного отопления достигается также за счет автоматизации системы при малой теплоемкости воздуха, а также за счет возможного поддержания в нерабочее время в помещении более низкой температуры воздуха и быстром нагреве помещения перед началом рабочего дня.

*Периодический режим работы систем вентиляции и кондиционирования воздуха.* Периодические режимы работы систем вентиляции и кондиционирования воздуха применяют для стабилизации температуры, влагосодержания и газового состава воздуха. Они наиболее эффективны при обслуживании помещений большого объема в общественных зданиях с переменным заполнением (зрительные, торговые, спортивные залы, залы ожидания), где одновременно изменяются температура, влажность и состав воздуха (содержание углекислого газа и кислорода).

Снижение энергопотребления системами вентиляции и кондиционирования воздуха обеспечивается изменением расхода воздуха требуемых параметров, применением сложных и дорогостоящих воздухораспределителей, использованием совершенных методов регулирования работы вентилятора, сложной системы автоматизации. Альтернативным способом регулирования систем может служить периодическое вентилирование помещений в зависимости от состояния воздуха помещения, чем и обеспечивается экономия электрической и тепловой энергии. Продолжительность перерыва зависит от кратности воздухообмена, объема помещения, состава воздуха. Функциональные схемы автоматического управления контролируют концентрацию углекислого газа, изменения влажности и температуры воздуха.

*Устройство воздушных завес.* Воздушные завесы устанавливают при входе, у открытых проемов в общественных и промышленных зданиях и сооружениях, цехах, торговых центрах, магазинах, в многоэтажных жилых зданиях при часто открывающихся



входных дверях или со значительными по площади воротами в соответствии с ГОСТ 32512-2013 «Воздушные завесы. Общие технические условия» внешний вид на рисунке 5.4.10.

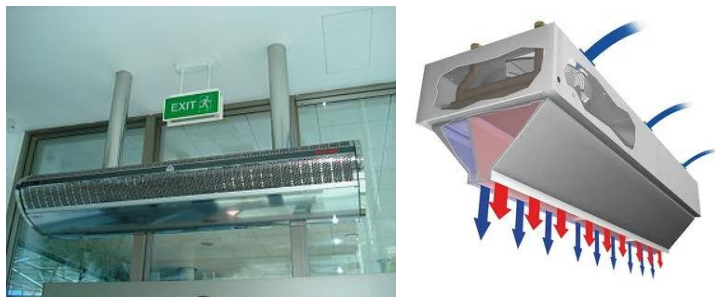


Рисунок 5.4.10. Моноблочная воздушная завеса

Завесы могут быть с электрическим, водяным, паровым, газовым нагревом, а также без нагрева. Воздушные завесы можно классифицировать по виду монтажа:

- завесы вертикального монтажа (на стену или силовую раму);
- завесы горизонтального монтажа (на стену или подвешиваемые на монтажных шпильках к потолку);
- завесы колонного монтажа (устанавливаемые на пол);
- завесы скрытого монтажа (встраиваемые в фальшь потолок).

По типу нагрева:

- завесы с нагревом (завесы с нагревом принято называть воздушно-тепловыми или же тепловыми завесами, так как экранирование дверного проема осуществляется подогретым воздухом);
- завесы без нагрева (воздушные завесы, в которых экранирование проема осуществляется потоком воздуха с температурой помещения («холодным потоком»)).

По типу корпуса:

- завесы моноблочные (все элементы находятся в одном корпусе, изделие собирается изготовителем);
- завесы наборные или бескорпусные (состоят из нескольких отдельных элементов (вентилятор, нагреватель, соединяющий канал, сопло), которые соединяются на месте установки).

Применяют комбинированные воздушно-тепловые завесы с тамбуром и без него, а забор воздуха осуществляется из помещения

или снаружи. Воздушная завеса состоит из одного или двух, симметрично расположенных вертикальных воздухораспределительных стояков, установленных внутри помещения. Внутренняя пара стояков, расположенная ближе к помещению, подает подогретый (до 60 С°) в калориферах воздух, а наружная пара стояков подает не подогретый воздух, забираемый из помещения. При закрытых воротах наружная пара стояков отключается, а внутренняя завеса работает в режиме отопления. При открывании ворот к работе подключается и наружная пара стояков.

Мероприятие по установке воздушной завесы направлено на снижение затрат теплоты на нагрев воздуха, поступающего через входы, въезды и проемы. Энергосбережение достигается за счет снижения потребности в теплоте на нагрев приточного воздуха и затрат электроэнергии на его перемещение. Применение теплонасосных установок и энергии низкого потенциала (конденсата, воздуха). Большое практическое применение тепловые трубки нашли благодаря их высокой надежности, простоте устройства, малому весу, отсутствию движущихся механических деталей и ненужности перекачки теплоносителя. Тепловые трубы практически изотермичны по всей длине. Но главным достоинством их остается сверхпроводимость теплоты при малом перепаде температур: эффективная теплопроводность в десятки тысяч раз больше, чем теплопроводность серебра и меди.

**Суточное и сезонное регулирование теплового режима зданий и сооружений.** Рассматривая тепловые нагрузки систем теплоснабжения зданий и сооружений, видна их зависимость от параметров окружающей среды - температуры и влажности наружного воздуха, температурой воды в источниках водоснабжения, скоростью и направлением ветра, радиационным воздействием - солнечной инсоляции.

Любое изменение данных параметров воздействия вызывает необходимость корректировки теплового потребления как на источнике теплоснабжения, так и непосредственно у потребителя, путем уменьшения или увеличения подачи теплоты, включения или выключения отдельных видов оборудования и приборов, установления рационального режима их работы с учетом тепловых потерь при транспортировании. Возникает необходимость управления процес-

сами отпуска и потребления тепловой энергии, т.е. теплового регулирования ими.

Превалирующим параметром для большинства тепловых нагрузок является температура наружного воздуха, она определяет и температуру воды на источнике водоснабжения, и температуру строительных материалов и изделий, и параметры внутреннего климата жилых и общественных зданий и т.п. В балансовые уравнения нагрузок входит разность температур ( $t_{вн} - t_{нар.среды}$ ), показывающая линейную зависимость их от текущей температуры наружного воздуха (уравнения прямых линий).

Если построить график отопительной тепловой нагрузки в зависимости от  $t_{нар.среды}$ , то он будет выглядеть прямой наклонной линией, аналогичные виды примут и графики вентиляционных нагрузок и графики зависимости нагрузки горячего водоснабжения от температуры исходной воды (рис. 5.4.11).

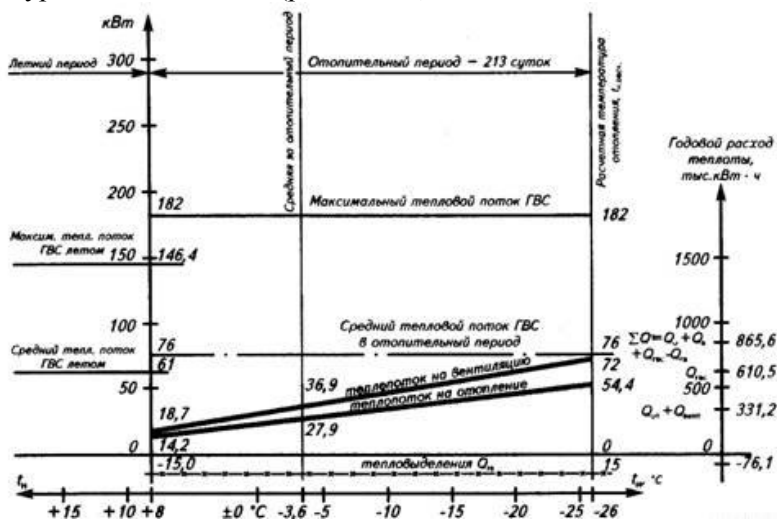


Рисунок 5.4.11. Графики изменения тепловых нагрузок отопления, вентиляции и горячего водоснабжения жилого дома в зависимости от  $t_{нар.возд.}$

На практике принято строить такие графики зависимости тепловых нагрузок  $Q$  от определяющего параметра  $t_{нар.возд.}$  (в координатах « $t_{нар.возд.} - Q$ », где  $Q = f(t_{нар.возд.})$ ). При этом учитывают их в определенном температурном диапазоне, например, в интервале начала

отопительного периода и максимальной отопительной нагрузки, называемой «расчетной»,  $t_{н.расч}$ .

За расчетную температуру  $t_{н.о}$  для проектирования отопления в каждой местности принимается средняя температура наружного воздуха, равная средней температуре наиболее холодных пятидневок, взятых из восьми наиболее холодных зим за 50-летний период наблюдений. Такие значения  $t_{н.о}$  определены для многих городов страны, они приведены в СНиП по строительной климатологии, по ним составлены карты климатологического районирования.

Были определены и введены в практику также расчетные температуры для проектирования вентиляции  $t_{н.в}$ ; продолжительность отопительного периода  $n$ , сут; средняя наружная температура отопительного периода; средняя самого холодного месяца, а также средняя самого жаркого месяца.

Для установления суммарных нагрузок строят графики суммарных тепловых нагрузок (рис. 5.4.11), они необходимы для выполнения технологических, технико-экономических подсчетов и исследований.

В планово-экономической работе предприятий (для определения расходов топлива, разработки режимов использования оборудования, графиков ремонтов и т.п.) получили применение графики расхода теплоты по месяцам года (рис. 5.4.12), графики продолжительности сезонной нагрузки (рис. 5.4.13), а также интегральные графики суммарных нагрузок (рис. 5.4.14).

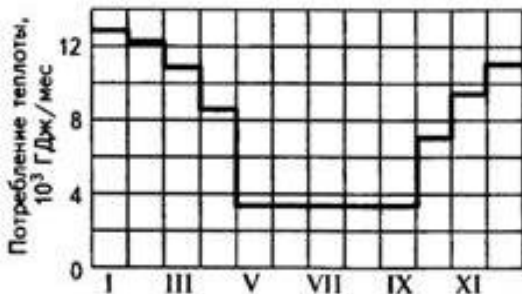


Рисунок 5.4.12. Примерный график расхода теплоты по месяцам года

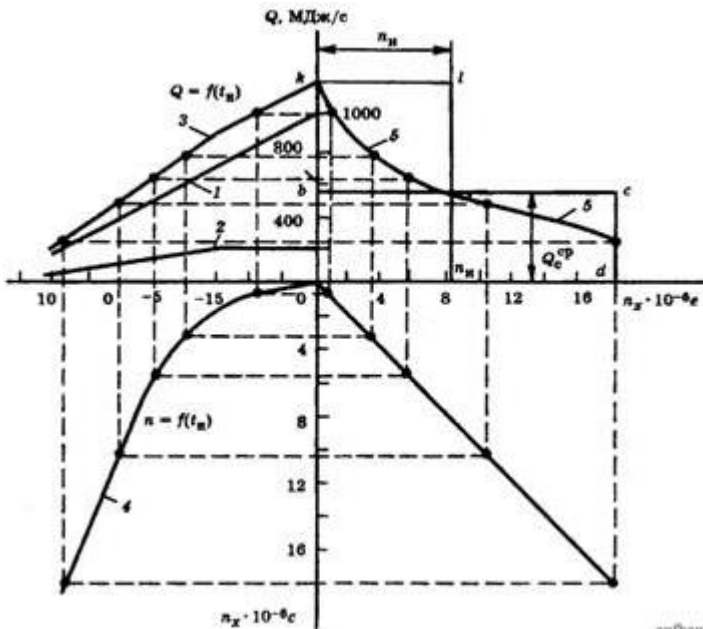


Рисунок 5.4.13. Построение графика продолжительности сезонной тепловой нагрузки

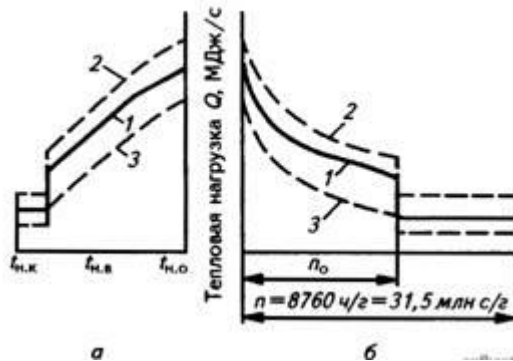


Рисунок 5.4.14. Интегральный график суммарной нагрузки района

С помощью графиков продолжительности и интегральных графиков суммарной нагрузки города/района легко устанавливают экономичные режимы работы теплофикационного оборудования, опре-

деляют необходимые параметры теплоносителя на ТЭЦ и РТС, выполняют другие технологические и планово-экономические расчеты и исследования. Такие как, установление режима работы и оперативно-диспетчерское планирование конкретной системы ЦТС производится на основании трех графиков нагрузки: суточного, годового и графика изменения тепловой нагрузки по продолжительности.

Регулирование тепловых процессов производят с помощью температурных графиков отпуска теплоты. Графики (или таблицы) устанавливают связь текущих температур воды в системах отопления  $t_1$  и  $t_2$  и в тепловых сетях в зависимости от температуры наружного воздуха. Такая зависимость устанавливается из уравнения баланса теплоты нагревательного прибора при расчетных и любых других температурных условиях:

$$Q/Q_p = G/G_p \cdot (t_1 - t_2) / (t_{1p} - t_{2p}) = k F \dot{u} / k F \dot{u}_p = \Delta t / \Delta t_p = \Delta T / \Delta T_p$$

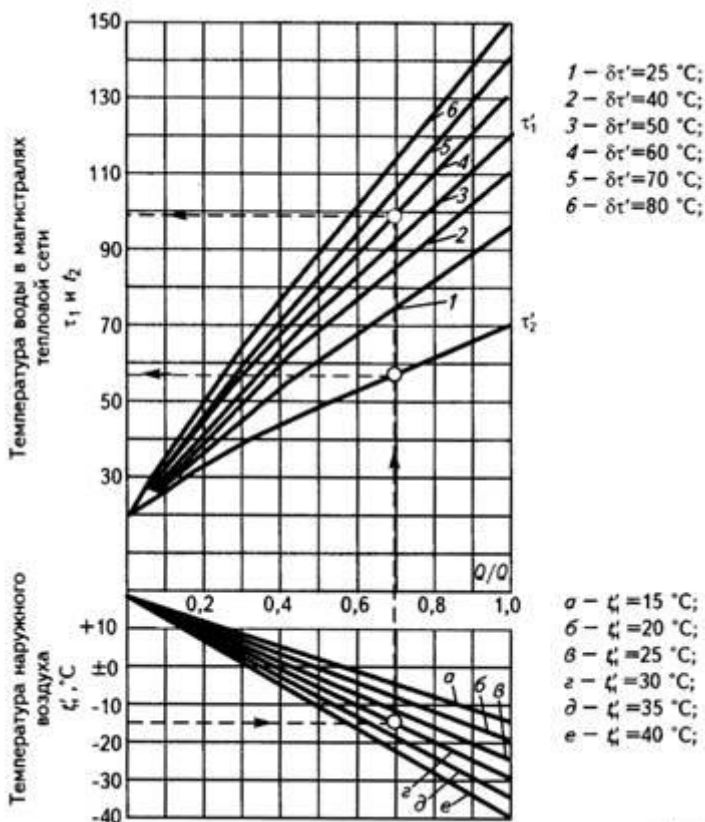
где  $Q$  и  $G$  - расходы теплоты, Вт·ч, и теплоносителя, кг/ч, при текущей и расчетной температуре наружного воздуха;  $\Delta t = t_1 - t_2$  - температурный перепад в местных нагревательных приборах при текущей и расчетной ( $\Delta t_p$ ) наружной температуре, в град;  $t_1$  и  $t_2$  - температура подаваемой и обратной воды в местных нагревательных приборах, град;  $\dot{u} = (t_1 + t_2) / 2 - T_n$  - температурный напор нагревательного прибора, град;  $\Delta T = T_b - T_n$  - температурный перепад воздуха внутри ( $T_b$ ) и снаружи помещения ( $T_n$ ) при текущей и расчетной температуре ( $\Delta T_p$ ), град;  $k$  - коэффициент теплопередачи нагревательного прибора, Вт/(м<sup>2</sup>·ч·град);  $F$  - поверхность нагревательных приборов, м<sup>2</sup>.

После ряда преобразований уравнения (1) получим следующие выражения для  $t_1$  и  $t_2$ :

$$t_1 = (T_n + 0,5 \cdot \Delta t_p \cdot \Delta T) / (\Delta T_p + \dot{u} \cdot (\Delta T / \Delta T_p)^{0,8})$$

$$t_2 = t_1 - \Delta t_p \cdot \Delta (\Delta T / \Delta T_p)$$

По этим формулам можно подсчитать температуры сетевой воды для различных систем при различных расчетных и текущих наружных температурах и построить температурные графики регулирования отпуска теплоты (рис. 5.4.15).



aufhaus.ru

Рисунок 5.4.15. График температуры воды в подающих и обратных магистралях тепловой сети при качественном регулировании отопительной нагрузки при  $T_{п.р.} = +18 ^\circ\text{C}$

**Пофасадное регулирование теплового режима зданий.** Пофасадное регулирование отопления может принести ощутимый эффект экономии тепла - на уровне 20 % от годового объема теплопотребления. Данный вид регулирования системы отопления здания исключает «регулирование открытыми окнами» обеспечивает комфортные условия и для помещений с наветренной стороны здания.

На улице на фасаде здания размещаются два термопреобразователя (ТП), на южном фасаде ТП размещается на высоте 5-7 метров в

освещенном солнцем месте. На северной стороне преобразователь устанавливается в тенистом месте. Микропроцессорный контроллер сравнивает показания ТП, если на южной стороне температура выше, значит требуется коррекция температуры теплоносителя на подаче южного контура отопления. Данное автоматикаконтролирующие температуру наружного воздухапо противоположным фасадам здания дает возможность подавать разное количество тепла на южный и северный фасад, в зависимости от освещения солнцем и ветровой нагрузки, принципиальная схема показана на рисунке 5.4.16.

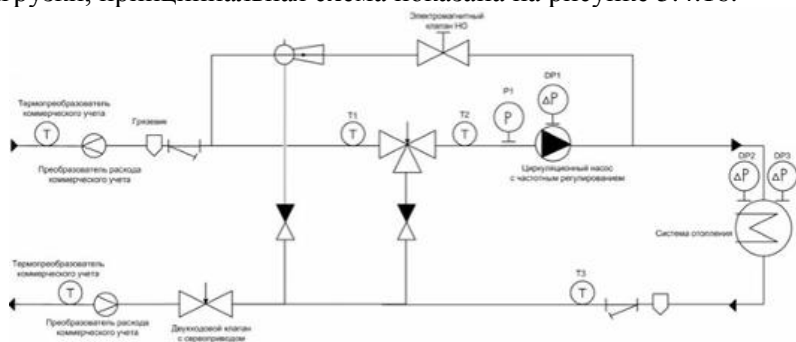


Рисунок 5.4.16. Основные элементы ИТП с пофасадным регулированием.

Регулирование происходит качественно-количественное по графику перепада температуры на подающем и обратном трубопроводах в зависимости от уличной температуры.

В случае выхода из строя насоса контура, система переключается на работу на одном насосе без регулирования по фасадам. При отключении электроэнергии или при выходе из строя обоих насосов контуров, система переходит в нерегулируемый режим работы.

При управлении теплопотреблением здания возникает необходимость регулирования параметров теплоносителя. Могут применяться следующие способы поддержания графика температур теплоносителя:

- 1. Изменение температуры подающего трубопровода;
- 2. Изменение температуры обратного трубопровода;
- 3. Изменение разницы температуры между подающим и обратным трубопроводами (самый точный).



Первый способ, наиболее распространенный за рубежом и применяемый практически во всех поставляемых в нашу страну регуляторах отопления, по данным того же источника, приводит к завышению подачи теплоты примерно на 4 % годового потребления. Современные регуляторы, имеющие функцию самонастройки, достаточно дороги и, кроме того, трудно представить себе жильцов, разрешающих устанавливать датчики температуры в своих квартирах.

Приведенная схема на рисунке 5.4.17 дает возможность осуществить регулирование третьим методом. Возможности схемы:

- 1. Поддержание заданного перепада температуры теплоносителя на входе/выходе из теплового пункта.
- 2. Поддержание разницы температуры теплоносителя в системе отопления.
- 3. Работоспособность в случае отсутствия электроэнергии или при выходе из строя циркуляционного насоса.

Преимущества схемы:

- - высокая надежность. Работоспособность сохраняется при отсутствии электроэнергии;
- - работоспособность при выходе из строя одного или двух насосов;
- - точная регулировка расхода тепла зданием.

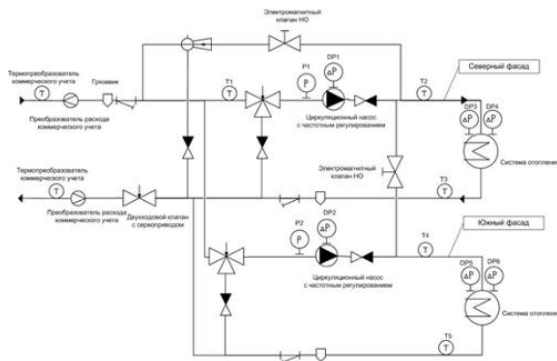


Рисунок 5.4.17. Основные элементы ИТП с пофасадным количественно-качественным регулированием

Принцип работы схемы состоит в следующем: теплоноситель подается в тепловой пункт через приборы коммерческого учета. Программируемый микропроцессорный контроллер (ПМК) с помощью

трехходового клапана устанавливает температуру подачи теплоносителя. По температуре обратного трубопровода контроллер с помощью частотного преобразователя устанавливает скорость циркуляции теплоносителя. По датчикам перепада давления DP2, DP3 контролируется перепад давления на удаленных стояках системы отопления. При получении сигнала от датчика, ПЛК увеличивает частоту преобразователя до отключения сигнала о недостаточности перепада давления на удаленных стояках.

Для поддержания перепада температур на входе (выходе) из тепlopункта, контроллер управляет двухходовым клапаном на обратном трубопроводе. В случае уменьшения разницы температуры между подающим и обратным трубопроводами, ПЛК прикрывает клапан добиваясь заданного перепада температуры.

В случае выхода из строя циркуляционного насоса (отсутствие перепада на датчике DP1) или отключении электроэнергии откроются нормально открытые электромагнитные клапаны на байпасных перемычках. Система перейдет в режим нерегулируемой работы.

Подтверждением эффективности пофасадного авторегулирования может служить практика применения его в жилых зданиях, когда при температуре наружного воздуха - 5 - 8 °С отопление освещенного солнцем фасада автоматически отключалось не только на период попадания солнечных лучей в окна, но и на такое же время после, за счет тепlopотуплений от нагретых поверхностей стен и мебели.

**Энергосбережение в быту.** С каждым годом на бытовые нужды расходуется всё большая доля электроэнергии, газа, тепла, воды; в огромных масштабах растёт применение бытовой электрифицированной техники, идет естественный износ жилищного фонда.

Сегодня потребление энергии является одним из важнейших не только экономических, но и социальных показателей, во многом предопределяющих уровень жизни людей. Как показывает практика энергопотребления, экономия при помощи разумного самоограничения может составлять значительные суммы. Тот, кто научился экономить электроэнергию, воду, тепло, газ в своей квартире, лучше понимает необходимость энергосбережения в многоквартирном доме и на работе.

**Виды классов энергоэффективности электроприборов.** На

сегодняшний день установлены 7 основных классов энергоэффективности: А, В, С, D, E, F, G (рис. 5.4.18).

Определенный класс присваивается прибору в зависимости от количества киловатт, которое он потребляет. Каждая буква маркируется на определенном фоне, цветовая гамма которого меняется от зеленого к желтому и затем к ярко-красному.



Рисунок 5.4.18. Виды классов энергоэффективности электроприборов

Буква *A*, на зеленом фоне, означает высокий показатель энергоэффективности техники.

Хотя существуют еще 2 класса: *A+* и *A++*, обозначающие более высокую энергоэффективность, чем у класса *A*.

Маркировку *B* наносят на приборы с более низким показателем энергоэффективности. Буквы *C*, *D*, *E*, *F*, *G* показывают самый низкий класс энергосбережения. Класс энергоэффективности рассчитывается для каждого вида прибора на основе разных параметров.

#### **Алгоритм экономия тепловой энергии в быту**

Главный энергетический ресурс в жилищном хозяйстве - тепло, меры по ее экономии:

1. Уплотнение притвора, заделка щелей окон и дверей;
2. Установка окон с многокамерными стеклопакетами;
3. Установка теплоотражающего экрана (или алюминиевой фольги) на стену за радиатор отопления;
4. Замена старых радиаторов на новые с большим коэффициентом теплоотдачи оборудованные регуляторами-термостатами;
5. Установка второй двери на входе (тамбур).

В многоквартирном доме, необходимо обязательно, устанавливать приборы учета тепла и автоматическую систему регулирования

теплопотребления.

#### **Алгоритм бытовой экономии электрической энергии:**

1. замена ламп на светодиодные;
2. использование местных светильников, когда нет необходимости в общем освещении;
3. вышел из комнаты - выключи свет (устанавливать датчики движения);
4. применение техники высокого класса энергоэффективности не ниже «А» (желательно «А+», «А++» и «А+++»);
5. отключение устройств, длительное время находящихся в режиме ожидания;
6. кипятить в электрическом чайнике столько воды, сколько будет использовано;
7. установка холодильников в затемнённом и прохладном месте;
8. электрическая плита самый энергоёмкий прибор в быту, необходимо, что бы конфорки небыли деформированы и плотно прилегали к днищу нагреваемой посуды, включать плиту нужно именно в момент готовки, выключать чуть раньше, чем будет готова пища.

Эти простые правила реально сокращают потребление электроэнергии на 40-50% без снижения качества жизни и ущерба для привычек.

Для сведения хотели бы отметить, что электрическая плита потребляет порядка 1000 кВт·час в год, холодильник - 400 кВт·час, телевизор - 250 кВт·час, стиральная машина - 200 кВт·час и т.д.

#### **Алгоритм бытовой экономии природного газа:**

1. пламя горелки не должно выходить за пределы посуды;
2. деформированное дно посуды приводит к перерасходу газа до 50%;
3. дверца духовки должна плотно прилегать к корпусу плиты и не выпускать раскаленный воздух;
4. экономия горячей воды также дает снижению потребления газа.

В целом, просто экономное использование газа дает сокращение его потребления в 2 раза.

#### **Алгоритм бытовой экономии воды:**

1. установка счетчиков расхода воды;
2. не оставляйте кран постоянно включенным, когда в этом

нет необходимости;

3. установка рычажных переключателей на смесители вместо поворотных кранов;
4. не включайте воду полной струей;
5. на принятие душа уходит в 10 раз меньше воды, чем на принятие ванны;
6. существенная экономия воды получается при применении двухкнопочных сливных бачков.

### **Тема 5.5 Организация энергетического менеджмента на промышленном предприятии. Энергетический аудит. Разработка программы энергосбережения для промышленного предприятия**

Цели, задачи и организация энергоменеджмента и энергоаудита на предприятии.

Энергетический баланс промышленных предприятий. Обобщенные энергетические затраты. Расчет целевого показателя энергосбережения для различных объектов: социальной сферы, промышленного предприятия, коммунально-бытового сектора. Учет сопоставимых условий.

Стратегия энергетического обследования объектов. Тарифы на тепловую и электрическую энергию. Ведение государственной статистической отчетности. Ознакомление с формами 12-тэк, 4-нормы ТЭР (Госстандарт), 4-энергосбережение (Госстандарт) и методиками заполнения.

#### **Стратегия энергетического обследования объектов.**

Стратегия энергетического обследования, другими словами – энергоаудита, необходима и проводится для повышения энергоэффективности и сокращения энергопотребления в здании или на объекте с помощью различных методов измерения и соответствующего оборудования. Это серия исследований, проводимых для повышения энергоэффективности, которые состоят из таких этапов, как сбор необходимой информации, измерения, оценка и отчетность. Энергоаудит - это контроль, наблюдение и анализ потоков энергии в системе, технологическом процессе или здании с целью снижения количества энергии, вводимой в систему

без потери или ущерба для выхода или продукции. Энергоаудит определяет, где и как энергия должна использоваться на предприятии и где ее можно сэкономить. Энергетический аудит необходим в первую очередь на объектах, которые используют чрезмерное количество энергии. Он дает возможность снизить затраты на потребляемые энергоресурсы, а значит снизить вредные выбросы и защитить окружающую среду.

Энергоаудит проводится в соответствии с процедурами и принципами, опубликованными в соответствующих документах. Он содержит такие основные процессы, как:

- сбор информации об объекте, измерение, оценка и отчетность;
- оценка потенциала энергосбережения для повышения энергоэффективности объекта;
- меры по извлечению этих потенциалов путем измерений, расчетов и позиционирования себя в условиях рынка.

### **Тарифы на тепловую и электрическую энергию.**

Электрическая и тепловая энергия реализуются потребителям по тарифам, представляющим собой разновидность цен преимущественно за оказываемые услуги с применением определенной системы ставок.

Тарифы отличаются от цен на вещественную продукцию большей устойчивостью, сложным дифференцированием ставок, и подвержены государственному регулированию.

Тарифы представляют собой денежное выражение стоимости продукции и отражают сумму всех затрат предприятия на производство и продажу продукции, обеспечивая прибыль. Тарифы устанавливаются на все виды энергоносителей (пар, горячая и хол. вода, водоотведение, электрическая энергия, газ и т.д.).

В настоящее время в Беларуси для расчетов с потребителями за электрическую энергию используется два вида тарифов - *одноставочные* и *двухставочные*.

При *одноставочном* тарифе плата за электроэнергию ( $\Pi$ ) рассчитывается как произведение цены за единицу энергии на общее количество, потребленной за данный промежуток времени энергии:  $\Pi = T_{\text{э}} * \text{Э}$ ,

где  $T\dot{\varepsilon}$  - тариф на электроэнергию, руб./кВт<sup>ч</sup>;  $\varepsilon$  - объем потребленной электроэнергии, кВт<sup>ч</sup>, определяется по счетчикам, установленным у потребителей.

Достоинством одноставочных тарифов является простота расчетов, понятность для абонентов, минимум измерительных приборов учета, счетчиков потребления энергии.

Недостаток одноставочных тарифов они не создают заинтересованности потребителей в снижении потребления электроэнергии в часы максимальной загрузки всей энергетической системы республики. Для устранения этого недостатка применяется двухставочный тариф на тепло- и электроэнергию, воду, по которому за их потребление рассчитываются крупные промышленные предприятия (с установленной мощностью 750 кВт и выше). В настоящее время двухставочный тариф установлен также и для населения. В данном случае величина тарифа зависит от времени суток:

- в ночное время - тариф минимальный;
- в пиковые часы потребления энергии - тариф максимальный.

Двухставочный тариф стимулирует потребителей энергии к снижению своей нагрузки, участвующей в максимуме энергосистемы, и смещению ее на другие часы суток, а также не превышению установленных норм ее потребления.

Недостаток двухставочного тарифа он усложняет расчеты с потребителями, а также требует более сложных приборов учета энергии (электронные счетчики).

Государственной программой развития Белорусской энергетической системы предусмотрено повышение возмещения населением затрат на оказание услуг по энергоснабжению до уровня себестоимости.

В Республике Беларусь установлены нормы (лимиты) потребления энергии для населения на 2021—2023 годы, постановление Минжилкомхоза №16. Документ 28 сентября 2020 г.

В частности, нормы накладных расходов определены для организаций, осуществляющих эксплуатацию жилищного фонда и (или) предоставляющих жилищно-коммунальные услуги, кроме организаций системы Минэнерго.

На собственное холодное водоснабжение эта норма на 2021 год определена в размере не более  $V_{r0,1663}$  на 1 куб. м реализованной

воды, на 2022 год — не более 0,1741 руб., на 2023 год — не более 0,1822 руб.

За собственное водоотведение (канализацию) определены следующие нормативы расходов: не более 0,1271 руб. на 1 куб. м отведенных стоков в канализацию в 2021 году, не более 0,1331 в 2022 году и не более 0,1393 руб. в 2023 году.

За собственное теплоснабжение и горячее водоснабжение в следующем году норма расходов составит не более 9,7811 руб. на 1 гигакалорию реализованной тепловой энергии, в 2022 году — не более 10,2408 руб., в 2023 году — не более 10,7221 руб.

Нормативы технологических потерь тепловой энергии должны составлять не более 9,8% на 2021 год, 9,6% на 2022 год и 9,4% на 2023 год. А нормы потерь и неучтенных расходов воды будут не более 12%.

Граждане, проживающие в квартире с электроплитами, оплачивают электроэнергию по обычным тарифам при потреблении до 250 кВт·ч. Если лимит превышен от 250 кВт·ч до 400 кВт·ч, к тарифу применяют коэффициент 1,3. При превышении лимита от 400 кВт, коэффициент равен полному возмещению затрат на оказание услуг энергоснабжения. Для абонентов с газовыми плитами, лимит составит 150 кВт·ч. При потреблении от газа от 3 до 5,5 тыс. кубометров применяется коэффициент 1,3, свыше 5,5 тыс. кубометров возмещаются 100-процентные расходы на газ.

Лимит на воду, установлен в размере 140 л/сутки на каждого прописанного человека. За потребление сверх нормы необходимо платить в ~5-6 раз больше за каждый м<sup>3</sup>.

Для жителей, у которых на кухне установлена электрическая плита, тариф равен 0,1778 рубля за кВт·ч, у кого установлена газовая - 0,2092 рубля за кВт·ч.

Тарифы по двум временным периодам. Двумя временными периодами считаются отрезки времени:

- с 22:00 до 17:00 - 0,1245 рубля за кВт·ч;
- с 17:00 до 22:00 - 0,3556 рубля за кВт·ч.

Тарифы по трём временным периодам (с 1 июня)

- с 23.00 до 6.00 - 0,1067 рубля за кВт·ч;
- с 17.00 до 23.00 - 0,32 рубля за кВт·ч;
- остальное время суток — 0,1245 рубля за кВт·ч.



Тарифы тепловой и электрической энергии для нужд отопления и горячего водоснабжения с присоединенной мощностью оборудования более 5 кВт:

- с 23.00 до 6.00 - 0,1109 рубля за кВт·ч;
- остальное время суток - 0,2059 рубля за кВт·ч.

Полные тарифы. Полные тарифы на электроэнергию одноставочный тариф (в том числе для нужд отопления и горячего водоснабжения составляет 0,23 рубля /кВт·ч, тарифы по временным периодам:

- с 23.00 до 17.00 — 0,1463 рубля за кВт·ч;
- с 17.00 до 23.00 — 0,4180 рубля за кВт·ч;
- остальное время суток — 0,1463 рубля за кВт·ч.

Тарифы на природный газ:

- 0,1366 рубля за кубометр (есть индивидуальные газовые отопительные приборы);
- 0,484 рубля за кубометр (нет индивидуальных газовых отопительных приборов);
- 0,140 рублей за кубометр (есть приборы индивидуального учета газового расхода);
- 3,87 рубля с одного проживающего в месяц (нет приборов индивидуального учета расхода газа, но есть газовая плита и централизованное горячее водоснабжение или индивидуальный водонагреватель).

Тарифы на сниженный газ:

- 1 января - 31 мая — 2,1884 рубля;
- 1 июня - 31 декабря — 2,3142 рубля;
- 1 кубометр — 1,3107 рубля (при отсутствии индивидуальных газовых отопительных приборов);
- 1 января - 31 мая — 7,0314 рубля (есть индивидуальные газовые отопительные приборы (и нет приборов индивидуального учета расхода газа);
- 1 июня - 31 декабря — 7,4757 рубля (есть индивидуальные газовые отопительные приборы (и нет приборов индивидуального учета расхода газа).

Тарифы на газ в баллонах — 19,5 рублей за 1 баллон (21 килограмм).

Ведение государственной статистической отчетности. Озна-

комление с формами 12-тэк, 4-нормы ТЭР (Госстандарт), 4-энергосбережение (Госстандарт) и методиками заполнения

Основная Государственная статистическая отчетность в области энергосбережения осуществляется по форме 1-энергосбережение «Отчет о выполнении мероприятий по энергосбережению и увеличению использования местных видов топлива, отходов производства, вторичных, нетрадиционных и возобновляемых энергоресурсов» в соответствии с Указаниями Министерства статистики и анализа Республики Беларусь от 27 декабря 2007 г. № 467. Указанную форму представляют юридические лица, находящиеся в подчинении республиканских органов государственного управления, местных исполнительных и распорядительных органов, входящие в состав государственных организаций, подчиненных Правительству Республики Беларусь, их обособленные подразделения; юридические лица, не имеющие ведомственной подчиненности, с суммарным годовым потреблением 1 тысяча тонн условного топлива и более.

Отчет составляется ежеквартально нарастающим итогом с начала года на основании данных первичного бухгалтерского и технического учета данных, полученных расчетно-аналитическим путем, и состоит из трех разделов и составляется на основе отчетов предприятий Республики Беларусь. Согласно законодательству, все предприятия с потреблением энергии свыше 1 т у.т. обязаны периодически подавать статистические отчеты (квартальные, месячные) в местные органы статистики, данные государственных статистических отчетов по формам: 12-тэк, 4-нормы ТЭР и 4-тэк (топливо).

В раздел I отчета включаются данные об организационно-технических мероприятиях по экономии топливно-энергетических ресурсов плана отчетного года, дополнительных мероприятиях отчетного года, мероприятиях предшествующего года внедрения.

В раздел II включаются организационно-технические мероприятия плана отчетного года, дополнительные мероприятия и мероприятия предшествующего года внедрения, направленные на увеличение использования местных видов топлива, отходов производства, вторичных, нетрадиционных и возобновляемых энергоресурсов.

Раздел III отчета состоит из двух пунктов, в которых отражается ход выполнения плана мероприятий по энергосбережению отчетного года и причины невыполнения мероприятий плана.

С 1 февраля 2023 г. вступило в силу постановление Национального статистического комитета Республики Беларусь от 12 августа 2022 г. № 69, которым утверждены новая редакция формы государственной статистической отчетности 4-энергосбережение (Госстандарт) «Отчет о выполнении мероприятий по экономии топливно-энергетических ресурсов и увеличению использования местных топливно-энергетических ресурсов» (далее – форма 4-энергосбережение (Госстандарт) и указания по ее заполнению.

В форму 4-энергосбережение (Госстандарт) внесены следующие основные изменения:

- отчет представляется респондентами только в электронном формате;
- оптимизация круга респондентов;
- раздельное формирование показателей «экономия ТЭР» и «увеличение использования местных ТЭР»;
- дополнен перечень первичных учетных документов, на основании которых заполняются данные формы об объеме экономии ТЭР;
- расширен перечень направлений энергосбережения и другие изменения.

Бланк формы 4-энергосбережение (Госстандарт), указания по ее заполнению и соответствующее постановление Белстата размещены на официальном сайте Белстата. Прием первичных отчетов респондентов, начиная с отчетов за январь–март 2023 года, будет осуществляться на принимающий центр Единой информационной системы государственной статистики Национального статистического комитета Республики Беларусь.

Представление государственной статистической отчетности в виде электронного документа доступно в двух режимах:

- офлайн посредством установки специализированного программного обеспечения «Электронный респондент»;
- онлайн посредством многофункционального веб-портала Национального статистического комитета Республики Беларусь, обеспечивающего информационную поддержку респондентов государственных статистических наблюдений.

Разработка программы энергосбережения для промышленного предприятия.

Разработка программы энергосбережения состоит из следующих этапов:

1. сбор исходных данных
2. экспресс обследование организации
3. расчет целевых показателей энергоэффективности
4. определение потенциала и резервов энергосбережения
5. формирование перечня энергосберегающих мероприятий
6. определение затрат на реализацию мероприятий
7. расчет экономии в натуральном и денежном выражении
8. расчет срока окупаемости мероприятий по энергосбережению
9. определение источников финансирования
10. назначение ответственных за реализацию энергосберегающих мероприятий
11. разработка плана реализации программы
12. заполнение, оформление и утверждение программы энергосбережения

Качественная программа энергосбережения должна:

- учитывать все индивидуальные особенности организации,
- отвечать конкретным потребностям организации в энергосбережении,
- определять точный алгоритм достижения необходимого уровня энергоэффективности,
- содержать наиболее рациональные способы снижения энергозатрат и повышения энергоэффективности,
- учитывать финансовые возможности организации,
- использовать весь энергопотенциал организации

Планирование энергосберегающих мероприятий. Структура и общий вид программы энергосбережения.

Порядок разработки и утверждение республиканской, отраслевых и региональных программ энергосбережения установлен соответствующим Положением, утвержденным Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 20.02.2008 № 229. Согласно этому документу республиканская, отраслевые и региональные программы энергосбережения - это документы, содержащие комплекс

организационных, технических, экономических и иных мероприятий, взаимоувязанных по ресурсам, исполнителям, срокам реализации и направленных на решение задач энергосбережения, с определением приоритетных направлений реализации государственной политики в этой области, а также путей максимального использования имеющихся резервов экономии топливно-энергетических ресурсов в республике, отрасли, регионе.

Задачей годового плана мероприятий по энергосбережению предприятия, организации является повышение энергоэффективности - использование всех видов энергии экономически оправданными, прогрессивными способами при существующем уровне развития техники и технологии.

Основным показателем повышения эффективности использования топлива, тепловой и электрической энергии в результате внедрения мероприятий по энергосбережению является экономия ТЭР и снижение величин действующих норм. Работа по энергосбережению должна быть направлена на удовлетворении прироста потребности в ТЭР за счет экономии.

План мероприятий (программа) по энергосбережению разрабатывается по следующим направлениям:

- совершенствование технологии и структуры производства;
- внедрение энергосберегающего оборудования, приборов, материалов;
- повышение уровня использования вторичных энергоресурсов, отходов производства;
- повышение коэффициента использования производственного оборудования;
- повышение качества сырья и использование менее энергоемких его видов;
- повышение эффективности использования топлива и энергии;
- внедрение систем регулирования, контроля и учета потребляемых энергоресурсов;
- перевод теплоисточников на местные виды топлива;
- прочие мероприятия (организационные, экономические и другие);
- использование вторичных энергоресурсов.

Система разработки и внедрения плана мероприятий по энергосбережению включает:

- правильный выбор объекта (цех, участок, рабочее место и так далее);

- пути и способы выявления внутренних резервов экономии ТЭР имеющихся в технике, технологии и организации производства;

- создание благоприятных производственных и организационных условий для реализации разработанных мероприятий по экономии ТЭР и ликвидации потерь ТЭР.

Необходимо также производить оценку экономической эффективности их внедрения с целью выбора оптимального варианта реализации мероприятий и очередности их реализации. Если на предприятии имеют место нерациональные способы потребления энергии, это в конечном итоге приведет к ухудшению показателей рентабельности, к сбою производственного процесса.

Планирование энергосберегающих мероприятий включает выбор наилучших вариантов энергосбережения. В упрощенном понимании под термином «наилучший вариант энергосбережения» подразумевается такой, который приводит к экономии максимального количества энергоресурсов при минимальном сроке окупаемости. Такой вариант является наиболее экономически состоятельным и финансово привлекательным для инвестора.

Методика выбора должна соответствовать законам развития технических систем. Законы развития технических систем (ЗРТС) - это комплексы статистически достоверных линий развития, описывающих закономерный, последовательный переход систем из одного конкретного состояния в другое. Эти законы справедливы для всех технических систем или их больших классов. Так как энергетические системы являются техническими системами, то их развитие происходит на основании ЗРТС.

Создателем и разработчиком базового списка ЗРТС является Генрих Альтшуллер.

Закономерность развития технических систем, заключающаяся в том, что в процессе их развития происходит постоянное повышение их энергоэффективности.

Выбор наилучшего варианта имеет ряд важных особенностей:

1. Особенности: Методика выбора и проектирования энергоэффективного технического решения должна основываться на системном анализе, т.е. на определении места конкретного технического решения в данной технической системе. Представление технической системы как простой суммы независимых инновационных решений нарушает принципы системности и приводит к потере энергетической эффективности проекта. Системный подход подразумевает комплексное, всестороннее рассмотрение энергосберегающего мероприятия при его исследовании, проектировании с учетом множественности его свойств и неопределенности начальной информации. Системный подход является средством преодоления логических ошибок из-за эмоциональных пристрастий проектировщиков и энергоменеджеров. Значительная экономия энергоресурсов может быть достигнута только при внедрении комплекса взаимосвязанных энергосберегающих мероприятий.

2. Особенности: Максимальный эффект от внедрения энергосберегающего мероприятия может быть достигнут только в случае его массового применения.

3. Особенности: Экономическая эффективность и финансовая привлекательность внедрения энергосберегающих мероприятий находится в прямой зависимости от стоимости энергии – стоимости одной тонны условного топлива (или производных от нее: стоимости одной Гкал теплоты, стоимости одного кВт\*ч электроэнергии):

чем выше эта стоимость, тем быстрее окупаются технические решения.

4. Особенности: При принятии окончательного решения об использовании тех или иных энергосберегающих мероприятий, наряду с оценкой экономической эффективности, необходимо учитывать и другие соображения: повышение качества микроклимата, среды обитания человека, защите окружающей среды и т. д.

В общем виде все мероприятия по энергосбережению можно разбить на следующие категории рисунок 5.5.1:

– малозатратные, при которых экономический эффект от их реализации значительно превышает затраты на энергосберегающие мероприятия (зона 1);

– средnezатратные, при которых эффект и затраты примерно равноценны (зона 2);

–высокозатратные, при которых затраты на энергосберегающие мероприятия значительно превосходят эффект, полученный от их реализации (зона 3).

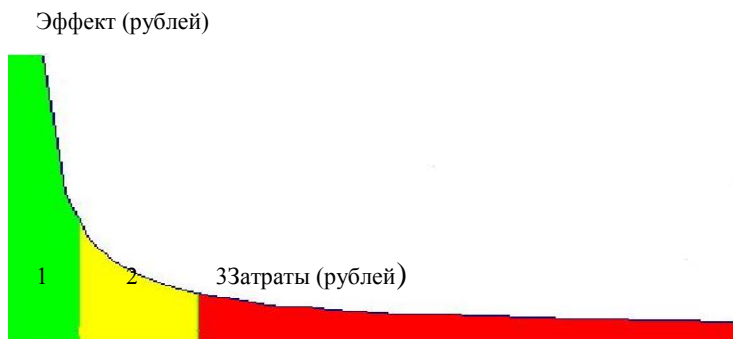


Рисунок 5.5.1– Стадии реализации потенциала энергосбережения

Обычно энергосберегающие мероприятия выполняются по приоритетам: сначала малозатратные, затем средние и только затем высокозатратные, хотя возможно и одновременное выполнение разных категорий мероприятий по энергосбережению.

Энергосберегающие мероприятия направлены на снижение расхода электрической и (или) тепловой энергии и в пересчете рассчитываются на первичный энергоресурс – условное топливо.

Тенденция развития мировой энергетики такова, что происходит неуклонное удорожание стоимости условного топлива. Таким образом, экономическая эффективность энергосберегающих процессов, которые позволяют снизить расход условного топлива, со временем возрастает. Это необходимо учитывать при составлении бизнес-плана, одной из сторон которого является расчет экономической эффективности инвестиционных вложений в энергосберегающее мероприятие.

Расчет экономической эффективности инвестиционных вложений в энергосберегающие мероприятия.



В условиях ограниченности финансовых средств, которые могут быть направлены на инвестирование как энергосберегающих, так, впрочем, и других проектов, большое значение имеет грамотный выбор:

-во-первых, наилучшего варианта энергосбережения из всего перечня возможных;

-во-вторых, определение оптимальных конструктивно-технических параметров этого варианта;

-в третьих, (это в основном касается инвестора) определение других возможных вариантов вложения денег.

Первые два пункта определяют экономические параметры бизнес-проекта и существенно влияют на его финансовую состоятельность. Инженер-энергомеджер, составляющий бизнес-план, должен владеть методикой выбора оптимальных технических решений, методами ТРИЗ (теория решения изобретательских задач). Привлекательность применения этих методов и методик для энергосберегающих технических решений состоит в том, что для достижения одной поставленной цели приходится выбирать из массы вариантов технических решений. Прозорливость инженера-энергоменеджера состоит как раз в том, чтобы выбрать наилучший вариант энергосберегающего мероприятия как с технической, так и с экономической точки зрения.

В соответствии с вышеизложенным, оценка экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия производится в **три стадии**(рис.5.5.2.):

• **Стадия 1** — сравнение различных вариантов энергосберегающих мероприятий на основе расчета и сопоставления критериев экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия; выбор наиболее эффективного в указанном смысле решения;

• **Стадия 2** — определение экономически оптимальных параметров выбранного варианта энергосберегающего мероприятия по принципу минимума приведенных затрат; Эта стадия выполняется только для конструктивно-технологических решений, параметры которых могут меняться непрерывно (например, толщина теплоизоляции, площадь используемых солнечных коллекторов, диаметр провода ЛЭП и т.д.);

• **Стадия 3** — сравнение инвестиций в энергосберегающие мероприятия с другими возможностями использования денежных средств инвестора (например, их использования в качестве «портфельных» инвестиций) .

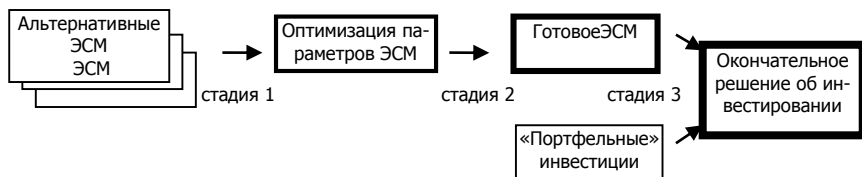


Рисунок 5.5.2. Блочная схема последовательности анализа инновационного проекта для инвестирования

Экономическая информация, отображаемая в седьмом разделе, играет доминирующую роль в принятии менеджментом/собственником и финансовым институтом решения профинансировать проект энергосбережения или нет. Для принятия инвестиционного решения очень важно общение энергоменеджеров с лицом, принимающим решение (ЛПР). Энергоменеджер должен научиться говорить на языке принимающего решение менеджмента. Энергоменеджер должен представить проект в соответствующих экономических характеристиках, чтобы помочь ЛПР сделать правильное заключение.

Рассмотрим более подробно каждую стадию оценки экономической эффективности инвестиций:

### СТАДИЯ ПЕРВАЯ

Сравнение различных вариантов энергосберегающих мероприятий на основе расчета и сопоставления критериев экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия; выбор наиболее эффективного в указанном смысле решения.

В общем виде первая стадия для сравниваемых вариантов ЭСМ может быть разбита на двенадцать этапов:

1. Определить прежние затраты до внедрения ЭСМ (существующие начальные условия).
2. Определить новые затраты (во время и после реализации ЭСМ).
3. Посчитать разницу.

4. Выбрать дисконтную ставку.
5. Выбрать период анализа.
6. Оценить остаточную стоимость оборудования и материалов в конце амортизационного срока службы.
7. Рассчитать текущую стоимость ежегодной экономии.
8. Рассчитать текущую стоимость инвестиций (**PV**).
9. Рассчитать чистую текущую стоимость (**NPV**).
10. Рассчитать норму прибыли **SIR**;
11. Рассчитать внутреннюю норму прибыли (**IRR**).
12. Выбрать наиболее эффективный вариант энергосбережения.

**Первый этап: Определить прежние затраты (существующие начальные условия):**

Этот этап складывается из следующих пунктов:

*-определить инвестиции во время эксплуатации, необходимые для поддержания оборудования в работоспособном состоянии;*

Например, инвестиции во время эксплуатации могут состоять из следующего:

\* Затраты на ремонт (в начальный год?) оборудования, необходимые для поддержания оборудования в работоспособном состоянии; (Например, ремонт компрессора каждые 3 года или замена лампочек каждые 8000 часов).

*-определить ежегодные платежи за энергоносители;*

Ежегодные платежи за энергоносители состоят из следующего:

Прежние годовые затраты на энергоносители =  
= прежнее потребление энергии • тарифы

Информация: - реальные, оплаченные счета;

- показания счетчиков • тарифы.

*-определить ежегодные расходы на эксплуатационные и ремонтные работы;*

-это данные эксплуатационных книг и счетов из бухгалтерии;

-если данные отсутствуют, то энергоменеджер вынужден давать им приблизительную оценку.

*-определить и включить в расчет (при необходимости) другие ежегодные расходы (или доходы) по прежнему проекту;*

Другие ежегодные расходы могут состоять из следующего:

- Штрафы экологические санкции из-за эксплуатации старого оборудования;

Разовый доход может состоять из следующего:

- Остаточная стоимость реализации старого оборудования.

### **Второй этап: Определить новые затраты во время и после реализации проекта:**

Они складываются из:

*-начальных инвестиций*

Начальные инвестиции состоят из:

начальные инвестиции = базовая стоимость проект+ проектные работы+ прибыль / нераспределенная + непредвиденные расходы п + налоги + другие расходы.

*-инвестиций во время эксплуатации*

Инвестиции во время эксплуатации состоят из :

затраты на замену оборудования согласно календарного плана + расходные материалы и оборудование + зарплата обслуживающего персонала.

*-ежегодных затрат на энергоносители*

Ежегодные затраты на энергоносители определяются:

новые затраты на энергоносители =

=новое потребление энергии • стоимость энергии

*-ежегодных затрат на ремонтные и эксплуатационные работы*

Состоят из затрат, необходимых на ремонт и эксплуатацию нового оборудования:

расходные материалы и оборудование +

+ зарплата обслуживающего персонала.

*-других ежегодных расходов или доходов*

Они могут состоять из следующего:

- доходов из-за повышения производительности;

- доходов из-за уменьшение штрафных санкций.

**Третий этап: Расчет разницы между суммой инвестиций за время эксплуатации и ежегодном энергосбережении, выраженном в рублях.**

**Четвертый этап: Выбор процентной ставки.**

*Процентная ставка инвестирования зависит от типа финансирования – акционерный капитал или кредит.*

**Пятый этап: выбор сроков анализа.**

Краткосрочный анализ (например, 10 лет) используется только при нестабильной экономической ситуации с высокими процентными ставками.

Экономия и затраты после 10 лет в этом случае из-за значительного дисконтирования несут незначительную нагрузку.

**Шестой этап: оценка остаточной стоимости оборудования и материалов:**

- Сколько может стоить оборудование и материалы, составляющие основу ЭСМ, в конце срока анализа?

- *Правило:* Остаточная стоимость =  
 = рыночная стоимость в конце проекта  
 или (приблизительно) = 10% от цены покупки

- остаточная стоимость – дополнительная «материальная мощь» для проекта в последнем году.

**Седьмой этап: Расчет текущей стоимости ежегодной экономии - PV:**

Пусть: $PV_{AS}$	= Текущая стоимость годовых сбережений
T	= Общее кол-во лет в анализе
$AS_t$	= Годовая экономия в год t

Принимаем для анализа T=15 лет.

- Для каждого года: Текущая стоимость (PV) экономии =  
 = величина экономии (AS) деленная на процентную ставку  $(1+r)^t$ , возведенную в степень года сбережения; r – норма дисконта (discount rate);

- Общая текущая стоимость экономии  $PV_{AS}$  за время проекта есть сумма всех значений PV:

$$PV_{AS} = \sum_{t=1}^T AS_t * \frac{1}{(1+r)^t} = AS_1 * \frac{1}{(1+r)^1} + AS_2 * \frac{1}{(1+r)^2} + \dots + AS_{15} * \frac{1}{(1+r)^{15}}$$

**Восьмой этап: расчет текущей стоимости инвестиций [32]:**

Пусть: $PV_I$	= Текущая стоимость инвестиций
$I_t$	= Инвестиции в год $t$

• Для каждого года:  $PV_I$  = ежегодные инвестиции ( $I$ ) деленные на процентную ставку  $(1+r)$  и возведенную в степень года инвестиций ( $t$ );  $r$  – норма дисконта (discount rate);

- Общая ( $PV_I$ ) инвестиций – сумма всех значений  $PV$ ;
- Инвестиции последнего года – это затраты на вывод из эксплуатации (если есть) минус остаточная стоимость оборудования.

$$PV_I = \sum_{t=0}^T I_t * \frac{1}{(1+r)^t} = I_0 * \frac{1}{(1+r)^0} + I_1 * \frac{1}{(1+r)^1} + \dots + I_{14} * \frac{1}{(1+r)^{14}} + \frac{\text{Res.Val.}}{(1+r)^{15}}$$

**Девятый этап: Расчет чистой текущей стоимости (чистого дисконтированного дохода) - NPV [32]:**

- Чистая текущая стоимость (NPV) это чистая экономия проекта за время эксплуатационного цикла;
- NPV - это денежная стоимость проекта в абсолютном виде;
- NPV показывает потенциальную прибыль проекта;
- NPV учитывает воздействие процентной ставки на будущую чистую экономию;
- NPV – главный инструмент принятия решения инвесторами и владельцами проекта;

$$NPV = PV_{AS} - PV_I$$

Если  $NPV > 0$ , то проект – рентабельный или экономически целесообразен:

- Положительное значение NPV (чистой текущей стоимости) указывает на сумму, которую заработает проект за время реализации.
- Отрицательное значение NPV указывает на потери проекта.
- NPV показывает абсолютную возможность реализации проекта в денежном выражении.

**Десятый этап: Расчет нормы прибыли (индекс доходности) (SIR) [32]:**

Норма прибыли (SIR) = текущая стоимость сбережений, деленная на текущую стоимость инвестиций:

$$SIR = PV_{AS} / PV_I$$

- Если  $SIR > 1.0$ , то проект выгодный или экономически целесообразен;

- SIR может быть важным показателем для некоторых владельцев проекта и для сравнительного анализа;

SIR (норма прибыли) – это тоже самое, что и соотношение доходов к затратам;

- Если  $SIR > 1.0$ , то проект принесет больше денег, чем на него потрачено;

- Если  $SIR < 1.0$ , проект принесет больше убытков, чем прибыли;

- SIR показывает относительную целесообразность проекта, выраженную в процентах.

**Одиннадцатый этап: Расчет внутренней нормы прибыли (внутренней нормы доходности) (IRR) [32]:**

- IRR – это гипотетическая процентная ставка, при которой  $SIR = 1.0$  или  $NPV = 0$ .

- IRR «заставляет» делать повторные вычисления на компьютере.

- Если  $IRR \geq$  процентной ставки в анализе, то инвестиции оправданы (экономически целесообразны).

- Высокое значение IRR означает большую величину прибыли на вложенный доллар, рубль;

- IRR – главный инструмент принятия решений кредиторами; **первый задаваемый ими вопрос;**

- Инвесторы могут устанавливать свое минимальное, приемлемое значение IRR, называемое как «**пороговая ставка**».

- IRR (внутренняя норма прибыли) – это выражение прибыльности проекта в процентах.

- Рассчитывается путем определения теоретической процентной ставки, при которой  $NPV = 0$  или  $SIR = 1.0$ .

- С теоретической точки зрения, любой проект, чей IRR выше стоимости капитала компании, - прибыльный (и имеет положительное значение NPV).

➤ Фирмы устанавливают свои «пороговые ставки» для *IRR* (минимальное значение *IRR*, которое приемлемо для компании).

- Как правило, пороговая ставка выше стоимости капитала компании.

- Таким образом, выбираются проекты с большей рентабельностью.

### **Двенадцатый этап: Отбор и ранжирование инвестиционных проектов.**

Отбор инвестиционных проектов является сложной проблемой при анализе вариантов энергосбережения. Анализ критериев эффективности для одного инвестиционного проекта показывает, что все критерии представляют разные версии концепции потока реальных денег и между ними наблюдаются определенные соотношения (Таблица 5.5.1).

Таблица 5.5.1

	NPV	SIR	IRR
Если	$>0$	$>1$	$>r$
	$<0$	$<1$	$<r$
	$=0$	$=1$	$=r$

Эти соотношения критериев проверяют согласованность между критериями одного проекта, но не пригодны для выбора наилучшего проекта при сопоставлении альтернативных проектов.

Влияние на результат расчета критериев оказывает структура и распределение по времени привлекаемого капитала, структура потока реальных денег, длительность горизонта планирования, наличие/отсутствие ограничений по инвестициям.

Ни один из этих критериев сам по себе недостаточен при отборе наиболее экономичного проекта из числа сравниваемых проектов.

По взаимозависимости друг от друга энергосберегающие проекты можно разбить на три группы:

-**Независимые** – проекты, каждый из которых может осуществляться отдельно без влияния и вне связи с другими. (ГЭС, котельная- покрытие разных нагрузок);

-**Зависимые** - проекты, дополняющие друг друга, один не существует без другого (электростанция и ЛЭП);



**-Взаимоисключающие** - проекты, когда реализация одного предполагает отказ от другого. (ТЭЦ и схема раздельного водоснабжения).

Решение об инвестировании проекта должно приниматься с учетом знания всех критериев и интересов всех участников инвестиционного проекта. Анализ методов оценки эффективности инвестиций и их влияние на отбор проектов показан в Таблице 5.5.2.

Таблица 5.5.2 Анализ методов оценки эффективности инвестиций в условиях рынка

Число проектов	Характер связи проектов	Ограничения по инвестициям	Критерии отбора
Один	Независим.	Нет	$IRR > r, NPV > 0, SIR > 1$
Несколько	Независим.	Нет	$IRR > r, NPV > 0, SIR > 1$
		Есть	$SIR > 1$ , ранжирование по степени снижения SIR
	Зависим.	нет	$ЧДД > 0$ , с высоким ЧДД
		Есть	$SIR > 1$ , с высоким NPV
	Взаимоисключ.	нет	$NPV > 0$ , NPV максимальный

Выбрав экономически оправданный вариант ЭСМ, можно приступить ко второй стадии:

### СТАДИЯ ВТОРАЯ

Определение экономически оптимальных параметров выбранного варианта энергосберегающего мероприятия по принципу минимума приведенных затрат.

Как было ранее отмечено, этот этап выполняется только для вариантов энергосберегающих мероприятий, параметры которых могут меняться непрерывно (например, толщина теплоизоляции, площадь используемых солнечных коллекторов, диаметр провода ЛЭП, диаметр теплотрассы и т.д.).

Приведенные затраты  $Z$ , руб./год, определяются по формуле:

$$З = K E_0 + Э,$$

где  $Э$  — ежегодные эксплуатационные издержки (затраты), руб./год, учитывающие экономию энергоресурсов за счет инвестиций  $K$ ;

$E_0$  — коэффициент эффективности инвестиций, 1/год, рассчитываемый по формуле

$$E_0 = r / [1 - \exp(-rT_{ок})],$$

где  $T_{ок}$  — назначенный инвестором срок окупаемости инвестиций, год.

Суть расчетов по второй стадии заключается в минимизации приведенных затрат за счет выбора таких параметров  $K$  и  $Э$  при которых:

$$З \rightarrow \min;$$

### СТАДИЯ 3

Сравнение инвестиций в энергосберегающие мероприятия с другимивозможностями использования денежных средств инвестора (например, их использования в качестве «портфельных» инвестиций, т.е. различные варианты помещения денежных средств под процент).

Номограммы используются следующим образом: по простому сроку окупаемости  $T_{ок}$  и заданной норме дисконта  $r$  находим на номограмме точку  $A$ , попадающую в одну из трех областей рис.5.5.3. Попаданиев область 1 свидетельствует о целесообразности инвестиций в энергосберегающие мероприятия при дисконтировании соответствующих доходов.

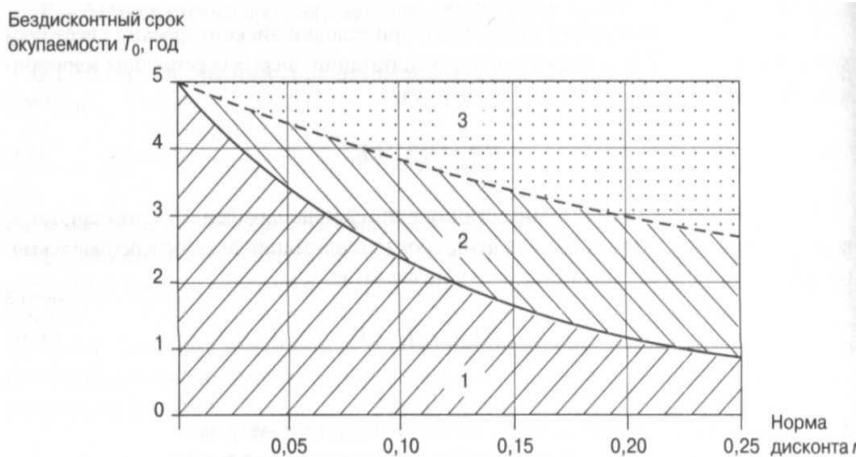


Рис. 5.5.3. Номограмма для определения предпочтительности инвестиций в энергосберегающие мероприятия со сроком окупаемости до 5 лет.

Попадание точки  $A$  в область 2 существенно расширяет зону эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия по сравнению с наращиванием получаемых доходов. Попадание точки  $A$  в область 3 означает отказ от использования свободных средств для инвестиций в энергосберегающие мероприятия и полный переход на «портфельные» инвестиции.

Нормирование потребления топливно-энергетических ресурсов. Порядок разработки норм. Общие требования к нормированию. Нормирование расходов топливно-энергетических ресурсов котельных. Нормирование расходов топливно-энергетических ресурсов на единицу продукции

Нормирование расхода топливно-энергетических ресурсов включает разработку норм их потребления на производство продукции и работ, утверждение и доведение проектных норм до производственных участков и цехов, организацию их внедрения на местах, осуществление систематического контроля за их выполнением и дальнейшим совершенствованием.

Разработку единых методических и организационных принципов нормирования расхода ТЭР осуществляет Департаментом по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации. Положением о нормировании расхода топлива, тепловой и электрической энергии в народном хозяйстве Республики Беларусь, утвержденном 19.11.2002, №9 приняты основные методические рекомендации по разработке норм расхода ТЭР.

Согласно указанному документу нормирование расхода ТЭР осуществляется в соответствии с законодательством Республики Беларусь, постановлениями республиканских органов государственного управления по вопросам энерго- и ресурсосбережения и отраслевыми (ведомственными) методиками нормирования расхода ТЭР, согласованными с Департаментом по энергоэффективности в установленном порядке.

*Норма расхода* - это максимально допустимое количество тепловой и электрической энергии для производства единицы продукции или работы установленного качества. Данное определение нормы предполагает, что это постоянно изменяющаяся в результате совершенствования условий производства величина. Нормы должны устанавливаться применительно не к достигнутому, а к планируемому уровню организации производства с учетом внедрения новой техники и технологии. Они призваны обеспечить достижение определенной экономии топлива и энергии по сравнению с удельным фактически достигнутым расходом.

Подлежат нормированию расходы ТЭР не только на выпуск основной продукции, но и на вспомогательные технологические процессы и производственно-эксплуатационные нужды (производство холода, сжатого воздуха, кислорода, водоснабжение, отопление, вентиляция, освещение, потери во внутривоздушных сетях и преобразователях).

Нормы расхода тепловой и электрической энергии в производстве классифицируются по следующим важнейшим признакам:

- по масштабу применения нормы подразделяются на *индивидуальные* и *групповые*;
- по составу расхода - на *технологические* и *общепроизводственные*;

- по времени действия в зависимости от периода, в течение

которого действуют нормы расхода, на годовые и квартальные (в отдельных случаях на предприятиях могут устанавливаться так же нормы и по месяцам).

*Индивидуальная норма расхода ТЭР* - мера планового количества потребления ТЭР на производство единицы продукции (работы, услуги), устанавливаемая по типам определенных топливо- или энергопотребляющих агрегатов, установок, машин (паровым и водогрейным котлам, печам, станкам) или по их отдельным единицам и технологическим схемам применительно к прогнозируемым объемам и условиям производства продукции (работ, услуг). Индивидуальная норма расхода ТЭР является технологической и служит для расчета групповой нормы расхода.

Индивидуальная норма расхода ТЭР определяется на базе теоретических расчетов, экспериментально подтвержденных нормативными техническими характеристиками топливо- и энергопотребляющих агрегатов и установок, с учетом достигнутых показателей энергопотребления и планируемых мероприятий по энергоэффективности.

Индивидуальная технологическая норма определяет расход ТЭР на основные и вспомогательные технологические процессы производства данного вида продукции (работ), расход на поддержание технологических агрегатов в горячем резерве, на их разогрев и пуск после текущих ремонтов и холодных простоев, а также технически неизбежные потери энергии при работе оборудования.

Нормативные характеристики и энергетические балансы разрабатывают на каждом предприятии по типам оборудования, установок и агрегатов, как правило, путем проведения энергетических испытаний.

Технологическую норму расхода по электроэнергии можно рассчитать с помощью выражения:

$$N_{mex} = (W_{пол} + A W) / П,$$

где  $W_{пол}$  - полезная составляющая расхода электроэнергии;  $A W$  - потери электроэнергии;  $П$  - количество выпускаемой продукции в натуральном выражении.

Общепроизводственная цеховая норма:

$$N_{ц} = (W_{тех} + W_{всп} + A_{Wп.с}) / П_{ц},$$

где  $W_{тех}$  - расход электроэнергии на технологические нужды;  $W_{всп}$  - расход электроэнергии на вспомогательные нужды;  $A_{Wп.с}$  - потери электроэнергии в цеховых сетях и преобразовательных установках;  $П_{ц}$  - объем выпуска продукции цехом.

Общепроизводственные заводские нормы:

$$N_{з} = (W_{ц} + W_{общ} + A_{Wп.с}) / П_{з},$$

где  $W_{ц}$  - суммарный расход электроэнергии в основных и вспомогательных цехах;  $W_{общ}$  - общезаводской расход электроэнергии на отопление, вентиляцию, освещение, горячее водоснабжение;  $A_{Wп.с}$  - потери электроэнергии в общезаводских сетях и преобразовательных установках;  $П_{з}$  - объем выпуска продукции заводом.

Технологические нормы, полученные для одной и той же продукции на разных предприятиях, различны, что объясняется отличиями в условиях производства, различиями в качестве сырья, технологическими отклонениями и др.

Рассчитанные нормы расхода приводятся к единице продукции, стоимость энергии, затрачиваемой на производство единицы продукции, составляет значительную часть ее себестоимости .

*В настоящее время существуют три формы учета энергии:*

- с помощью измерительных приборов;
- расчетным способом;
- опытно-расчетным способом.

Все формы учета предполагают:

- регистрацию первичных показателей количества и качества всех видов энергии, как вырабатываемой и отпускаемой на сторону, так и получаемой со стороны и расходуемой на предприятии;
- оперативный учет расхода энергии с помощью приборов учета в соответствии с утвержденными технически обоснованными нормами ее расхода;
- внесение на основании показаний измерительных

приборов поправок на параметры энергоносителей, полученные расчетным путем;

- определение расхода энергии расчетным способом по тем цехам и производственным участкам, где по каким-либо причинам отсутствуют приборы учета.

Регистрация первичных показателей энергоносителей и их оперативный учет, а также первичный учет нагрузок производится по показаниям измерительных приборов (самопишущих или периодической записи). Эти показатели фиксируются в первичной документации учета энергии.

*Первичная документация учета ЭР:* суточные ведомости эксплуатации агрегатов, вахтенные (оперативные) журналы, графики нагрузок, программы самопишущих приборов и др.

*Вторичные документы учета ЭР* - отражают итоговые и средние показатели работы оборудования и персонала за смену и сутки (суточные рапорты по эксплуатации установок и энергохозяйства, ведомости (рабочие тетради)). На основании данных вторичной документации составляются месячные энергобалансы, квартальные технические отчеты по эксплуатации, подводятся итоговые показатели и их анализ.

Нормирование расходов топливно-энергетических ресурсов котельных осуществляется Министерством энергетики по согласованию с Департаментом по энергоэффективности.

### **Влияние стоимости энергии на себестоимость продукции.**

Структурировать себестоимость можно по экономическому содержанию затрат и по способу отнесения затрат на себестоимость. Различие между этими методами заключается в способе разделения конкретных издержек по категориям. Однако, первичные статьи затрат зависят от фактически произведенных расходов. В себестоимости продукции практически всегда выделяют такие направления расходов как:

- оплата труда (ОТ);
- сырье, материалы, комплектующие (СМК);
- энергоносители (Э);
- коммерческие расходы – затраты на рекламу, продвижение товара, организацию продаж и послепродажное

сопровождение (КР);  
- налоги и социальные выплаты (Н).

При таком подходе формула себестоимости запишется в следующем виде:

$$C=OT+CMK+\text{Э}+КР+Н.$$

В особо энергоемких производствах в структуре себестоимости выпускаемой продукции стоимость энергии может составлять до 60 %. Таким образом, видно, что стоимость энергоносителей существенно сказывается на себестоимости выпускаемой продукции.



## ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

### Лабораторная работа № 1

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ

##### **Цель работы:**

1. Изучить влияние тяжелых металлов на компоненты экологической системы.
2. Ознакомиться с принципом проведения спектральных методов анализа.
3. Провести качественный и количественный анализ проб воды.

##### **Введение**

Среди многих негативных последствий хозяйственной деятельности человека особое место занимает загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами. Многие тяжелые металлы являются чрезвычайно токсичными даже в следовых количествах. Они способны концентрироваться в живых организмах, вызывая при этом различные патологии развития. В отличие от органических веществ, подвергающихся процессам разложения, металлы способны лишь перераспределяться между природными средами.

Роль многих химических элементов двойственна: с одной стороны, они необходимы для нормального протекания физиологических процессов, являясь катализаторами многих реакций, и при нормальной концентрации или дефиците элемент относят к микроэлементам; с другой стороны, концентрация элемента может быть избыточной и даже токсичной, тогда этот элемент называют «тяжелым металлом».

Наибольшую опасность для человека и живой природы представляют подвижные формы металлов, поскольку они характеризуются высокой биологической активностью.

**Тяжёлые металлы** — группа химических элементов со свойствами металлов (в том числе и полуметаллы) и значительным атомным весом (более 40) либо плотностью, представляющие опасность для живых организмов.

Термин *тяжелые металлы* чаще всего рассматривается не с химической, а с медицинской и природоохранной точек зрения. Таким, образом, при включении элементов в категорию «тяжелые металлы» учитываются не только химические и физические свойства элемента, но и его биологическая активность и токсичность, а также объем использования в хозяйственной деятельности.

Многие тяжелые металлы, такие как железо, медь, цинк, молибден, участвуют в биологических процессах и в определенных количествах являются необходимыми для функционирования растений, животных и человека микроэлементами. С другой стороны, тяжёлые металлы и их соединения могут оказывать вредное воздействие на организм человека, способны накапливаться в тканях, вызывая ряд заболеваний. Не имеющие полезной роли в биологических процессах металлы, такие как свинец и ртуть, определяются как токсичные металлы. Некоторые элементы, такие как ванадий или кадмий, обычно имеющие токсичное влияние на живые организмы, могут быть полезны для некоторых видов.

К тяжелым металлам относят более 40 элементов периодической системы Д.И. Менделеева.

Наиболее опасны с точки зрения токсичности и биологической активности соединения ртути, свинца, кадмия и мышьяка.

### **Источники поступления тяжелых металлов в окружающую среду и в организм человека**

Поступление тяжелых металлов в окружающую среду имеет как естественное (например, вулканические извержения: кадмий обнаружили в продуктах извержения вулкана Этна на острове Сицилия), так и техногенное происхождение.

Главными антропогенными источниками поступления тяжелых металлов в атмосферу являются промышленность (предприятия цветной металлургии, нефтепереработки, химическая промышленность и др.), автомобильный транспорт и сельское хозяйство. Часть техногенных выбросов, поступающих в природную среду в виде тонких аэрозолей, переносится на значительные расстояния и вызывает глобальное загрязнение.

В атмосферном воздухе тяжелые металлы присутствуют в форме органических и неорганических соединений в виде пыли и

аэрозолей, а ртуть – в основном в элементарном состоянии. Находящиеся в воздухе металлы и их соединения вымываются атмосферными осадками или оседают естественным путем на поверхности почв и растений.

В водных средах тяжелые металлы могут присутствовать в виде коллоидных или взвешенных частиц, а также в растворенном состоянии в виде свободных ионов или комплексных соединений. В водные среды металлы попадают с атмосферными осадками, за счет вымывания из почв (естественные процессы), а также вместе со сточными водами предприятий и ливневой канализации. Формы миграции тяжелых металлов в природных подземных и поверхностных водах определяются геохимическим типом вод, а также их кислотно-щелочными характеристиками. В кислых и нейтральных водах металлы присутствуют в основном в виде аквакомплексов, в щелочных – в виде гидроксокомплексов, карбонатов, органических комплексов.

Попадание металла-токсиканта в живые организмы может происходить и путем аэрозольного переноса, но все же более распространенный путь – с водой и пищей, особенно консервированной в металлической таре. Попав в организм, металлы-токсиканты чаще всего не подвергаются каким-либо существенным превращениям, как это происходит с органическими токсикантами, и, включившись в биохимический цикл, они крайне медленно покидают его.

### **Биологическая роль и токсикологическое влияние тяжелых металлов**

В настоящее время из 92 встречающихся в природе элементов 81 элемент обнаружен в организме человека. При этом 15 элементов (Fe, I, Cu, Zn, Co, Cr, Mo, Ni, V, Se, Mn, As, F, Si, Li) признаны жизненно необходимыми. Однако они могут оказывать отрицательное влияние на растения, животных и человека, если концентрация их доступных форм превышает определенные пределы. Cd, Pb, Sn и Rb считаются условно необходимыми, т.к. они, по всей видимости, не очень важны для растений и животных и опасны для здоровья человека даже при относительно низких концентрациях

Все тяжелые металлы можно подразделить на три класса опасности:

**I класс** – мышьяк, кадмий, ртуть, свинец, бериллий, цинк, селен, а также все радиоактивные металлы;

**II класс** – кобальт, хром, медь, молибден, никель, сурьма;

**III класс** – ванадий, барий, вольфрам, марганец, стронций.

### *Мышьяк (As)*

В природные воды мышьяк поступает из минеральных источников, районов мышьяковистого оруднения, а также из зон окисления пород полиметаллического, медно-кобальтового и вольфрамового типов. Некоторое количество мышьяка поступает из почв, а также в результате разложения растительных и животных организмов. Потребление мышьяка водными организмами является одной из причин понижения концентрации его в воде, наиболее отчетливо проявляющегося в период интенсивного развития планктона.

Значительные количества мышьяка поступают в водные объекты со сточными водами обогатительных фабрик, отходами производства красителей, кожевенных заводов и предприятий, производящих пестициды, а также с сельскохозяйственных угодий, на которых применяются пестициды.

Соединения мышьяка в повышенных концентрациях являются токсичными для организма животных и человека: они тормозят окислительные процессы, угнетают снабжение кислородом органов и тканей.

### *Ртуть (Hg)*

В поверхностные воды соединения ртути могут поступать в результате выщелачивания пород в районе ртутных месторождений, в процессе разложения водных организмов, накапливающих ртуть. Значительные количества поступают в водные объекты со сточными водами предприятий, производящих красители, пестициды, фармацевтические препараты, некоторые взрывчатые вещества. Тепловые электростанции, работающие на угле, выбрасывают в атмосферу значительные количества соединений ртути, которые в результате мокрых и сухих выпадений попадают в водные объекты. В водных объектах в результате бактериальных процессов происходит метилирование ртути с образованием метилртутных соединений, которые во много раз токсичнее минеральных солей ртути. Метилртутные соединения накапливаются в планктоне, рыбе и могут попадать в организм человека.

Соединения ртути высоко токсичны. Они поражают нервную систему человека, вызывают изменения со стороны слизистой оболочки, нарушение двигательной функции и секреции желудочно-кишечного тракта, изменения в крови и др.

#### *Свинец (Pb)*

Естественными источниками поступления свинца в поверхностные воды являются процессы растворения эндогенных (галенит) и экзогенных (англезит, церуссит и др.) минералов. 75 % свинца поступают в окружающую среду с выхлопами автотранспорта. Значительное повышение содержания свинца в окружающей среде (в том числе и в поверхностных водах) связано со сжиганием угля, применением тетраэтилсвинца в качестве антидетонатора в моторном топливе, с выносом руд обогатительных фабрик, металлургических заводов, химических производств, шахт и т. д.

Свинец – промышленный яд, способный при неблагоприятных условиях оказаться причиной отравления. В организм человека проникает главным образом через органы дыхания и пищеварения. Удаляется из организма очень медленно, вследствие чего накапливается в костях, печени и почках, влияет на нервную систему и органы кровообращения. Пожилые люди и дети особенно чувствительны даже к низким дозам свинца, при этом у них может развиваться слабоумие, выражающееся в снижении памяти, концентрации внимания, восприятия нового материала.

#### *Кадмий (Cd)*

В природные воды поступает при выщелачивании почв, полиметаллических и медных руд, в результате разложения водных организмов, способных накапливать кадмий. Соединения кадмия выносятся в поверхностные воды со сточными водами свинцово-цинковых заводов, рудообогатительных фабрик, ряда химических предприятий (производство серной кислоты), гальванического производства, а также с шахтными водами. В последнее время количество кадмия в окружающей среде увеличилось, что связано с увеличением парка дизельных автомобилей.

Хроническое воздействие кадмия на человека приводит к нарушениям почечной функции, легочной недостаточности, остеопорозу, анемии и потере обоняния. Существуют данные о возможном канцерогенном эффекте кадмия и о вероятном участии его в развитии сердечно-сосудистых заболеваний. Наиболее тяжелой формой

хронического отравления кадмием является болезнь итай-итай, характеризующаяся деформацией скелета с заметным уменьшением роста, поясничными болями, болезненными явлениями в мышцах ног. Кроме того, отмечаются частые переломы размягченных костей даже при кашле, а также нарушение функции поджелудочной железы, изменения в желудочно-кишечном тракте, гипохромная анемия, дисфункция почек и др.

#### *Цинк (Zn)*

Попадает в природные воды в результате протекающих в природе процессов разрушения и растворения горных пород и минералов, а также со сточными водами рудобогатительных фабрик и гальванических цехов, производств пергаментной бумаги, минеральных красок, вязкого волокна и др.

Цинк относится к числу активных микроэлементов, влияющих на рост и нормальное развитие организмов. В то же время многие соединения цинка токсичны, прежде всего его сульфат и хлорид. Повышенные концентрации цинка оказывают токсическое влияние на живые организмы. У человека они вызывают тошноту, рвоту, дыхательную недостаточность, фиброз легких.

Является канцерогеном.

Определение тяжелых металлов в природных средах осуществляют с помощью методов спектрометрии.

### **Спектральные методы анализа**

Спектральные методы анализа являются наиболее распространенными способами исследования качественного и количественного состава загрязненной воды.

Инфракрасная, ультрафиолетовая, рентгенофлуоресцентная спектроскопия, лазерные методы и другие позволяют определить множество микропримесей в воде. Эти методы основаны на избирательном поглощении излучений конкретной длины волны определенными атомами и молекулами или возбуждении атомов с целью получения их характеристики излучений. К числу наиболее чувствительных методов определения примесей относится люминесцентный, который основан на возбуждении атомов контролируемых растворов с помощью рентгеновского или лазерного облучения и последующем измерении длины волны, излучаемой возбужденными компонентами.

### ***Электромагнитный спектр***

Спектры электромагнитного излучения, испускаемого, поглощаемого и рассеиваемого веществом, изучает раздел физики – *спектроскопия*. Квант поглощаемой или испускаемой веществом энергии соответствует изменению энергии при каком-либо единичном акте атомного или молекулярного процесса.

### ***Рентгеновская спектроскопия***

Рентгеновское излучение возникает за счет квантовых переходов внутренних электронов атомов на более высокий энергетический уровень. Последнее становится возможным в результате дополнительного облучения вещества потоком электронов высокой энергии или жестким рентгеновским излучением. На освободившиеся орбитали переходят электроны из более далеких от ядра слоев, что и сопровождается выделением квантов рентгеновского излучения.

Поскольку квантовые переходы электронов в атомах разных элементов отличаются от энергии, рентгеновское излучение зависит от строения атома. Эту зависимость выражает закон Мозли.

Английский физик Мозли в 1913 г. установил связь длины волны линий рентгеновского спектра с атомным номером возбуждаемого элемента.

Закон Мозли позволяет установить однозначную связь между измеренными длинами волн (энергиями) линий и атомными номерами элементов, и поэтому он лежит в основе качественного рентгенофлуоресцентного анализа (РФА).

Открытие этой зависимости сыграло важную роль при выяснении строения атома (в частности, подтвердило его слоистое строение), позволило определить экспериментально атомный номер элемента и подтвердило правильность расположения элементов в периодической системе Д.И. Менделеева.

### **Основной принцип рентгено-флуоресцентного анализа (РФА)**

#### **Рентгено-флуоресцентный анализ**

При РФА первичное рентгеновское излучение, чаще всего получаемое с помощью рентгеновской трубки  $R$ , падает на анализируемый образец  $P$  (рисунок 1.1)

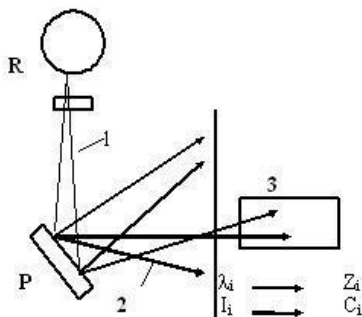


Рисунок 1.1 – Принципиальная схема РФА:

1 – первичное рентгеновское излучение; 2 – вторичное рентгеновское излучение ( $\lambda_i, I_i$ ); 3 – спектрометр

В результате этого взаимодействия образец излучает вторичное рентгеновское излучение, которое является характерным для химического состава образца. Содержащиеся в образце атомы типа  $Z_i$  ( $Z$  – порядковый номер элемента) излучают компоненты с типичными для них длинами волн  $\lambda_i$ . Атомы  $Z_i$  в концентрации  $C_i$  оказывают пропорциональное влияние на интенсивность  $I_i$  этих компонентов во втором излучении. Величины  $\lambda_i$  и  $I_i$  фиксируют с помощью спектрометра и затем проводят качественный ( $Z_i$ ) и количественный ( $C_i$ ) элементный анализ.

Термин «рентгено - флуоресцентный анализ» для описанного метода физически обоснован, так как используемое для анализа образца и излучаемое им характеристическое рентгеновское излучение возбуждается другим, внешним рентгеновским излучением (явление флуоресценции).

### ***Спектрометр рентгеновский сканирующий кристалл-дифракционный портативный «Спектроскан»***

«Спектроскан» – современный спектрометр с широкими аналитическими возможностями, предназначенный для определения содержания химических элементов в диапазоне от  $\text{Sc}^{21}$  до  $\text{U}^{92}$  в порошковых и монолитных пробах, жидкостях, а также для определения состава и толщин покрытий.



Принцип действия спектрометра основан на возбуждении рентгеновской флуоресценции контролируемых элементов излучением рентгеновской трубки малой мощности с последующим анализом вторичного характеристического излучения. По интенсивности аналитических линий путем пересчета может быть определена концентрация содержащихся в образце химических элементов.

Диапазон определения концентраций химических элементов составляет от сотых долей % до 100 %.

Спектрометр функционирует в комплексе с персональным компьютером. Программное обеспечение позволяет производить качественный и количественный анализ разнообразных материалов.

Спектрометр может быть использован в различных областях народного хозяйства:

- в промышленности для определения элементного состава различных продуктов производства, для управления технологическими процессами;

- черной и цветной металлургии для контроля состава сплавов;

- горнодобывающей и горнообогачительной промышленности для управления процессом добычи и обогащения руд;

- геологии и геохимии для поиска и разведки полезных ископаемых;

- в машиностроении и авиации для контроля ресурсов двигателей;

- в сельском хозяйстве для определения содержания микроэлементов в кормах и почвах;

- в экологических исследованиях промышленных выбросов, определения содержания тяжелых металлов в атмосфере, почвах и водоемах;

- в искусствоведении для датировки и определения подлинности произведения искусства;

- в прикладных научных исследованиях для целей спектрального анализа образцов и т. д.

### **Порядок подготовки проб и изготовления контрольных образцов**

При рентгеноспектральном анализе растворов интенсивность аналитических линий можно регистрировать или непосредственно от

жидкой пробы, или от приготовленного из нее сухого излучателя. Первый способ наиболее простой.

Анализируемые пробы наливаются в кюветы из коррозионно-стойкой стали или пластмассы. Для предохранения кювет от разрушения их внутренние стенки покрывают парафином или воском. Кюветы закрываются специальной тонкой органической пленкой (устойчивые к рентгеновскому излучению материалы). Допускается перенос растворов на фильтровальную бумагу, которая после высушивания служит излучателем.

При определении малых концентраций растворов выпаривают и затем проводят анализ получаемой выпарки.

В качестве анализируемых растворов используют пробы воды, где концентрации тяжелых элементов достаточно высоки для проведения эксперимента непосредственно в жидкой фазе.

### **Анализ спектрограмм**

В результате работы «Спектроскана» получают спектрограммы, с помощью которых определяются элементный состав и концентрация тяжелых металлов в пробах.

### ***Качественный анализ***

Качественный анализ заключается в определении элементного состава пробы. Параметр, который характеризует наличие элемента в пробе, - длина волны  $\lambda$  основного и вспомогательного пиков.

На рисунке 1.2 приведен пример спектрограммы. На спектрограмме три химических элемента представлены шестью пиками. Каждый элемент имеет два пика: вспомогательный (малый) и основной (большой).

Проецируя вершину пика на ось абсцисс, определяются длины волн для каждого пика  $\lambda$ : 1060 мÅ (вспомогательный пик), 1180 мÅ (основной пик), 1390 мÅ, 1540 мÅ, 1760 мÅ и 1940 мÅ.

Для определения возможных элементов используют стандартную шкалу характеристических линий в диапазоне  $\pm 20$  мÅ (таблица 1.1). Методом исключения определяется, что данные длины волн соответствуют трем элементам: As (мышьяк), Cu (медь), Fe (железо).

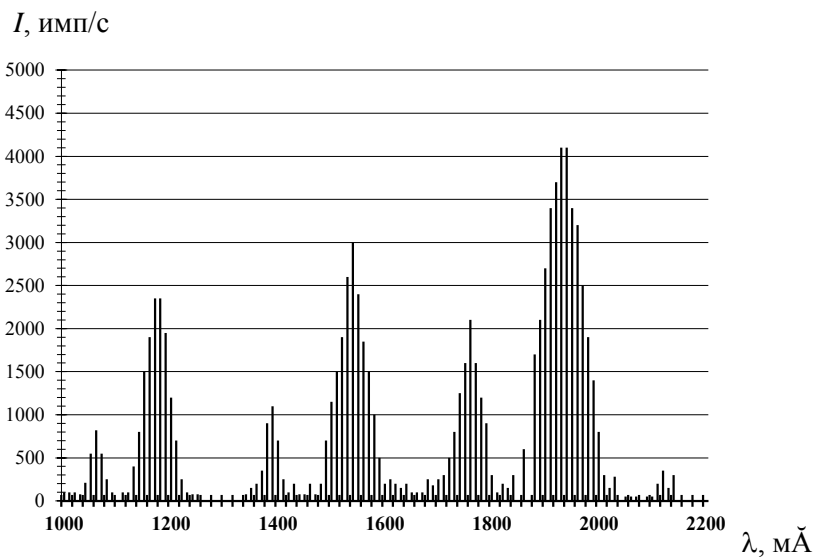


Рисунок 1.2 – Пример спектрограммы

Таблица 1.1 – Стандартная шкала характеристических линий

Длина волны $\lambda$ , мÅ	Пики		Длина волны $\lambda$ , мÅ	Пики		Длина волны $\lambda$ , мÅ	Пики	
	основной	вспом.		основной	вспом.		основной	вспом.
2514		<b>Ti</b>	1521	<b>Ta</b>		1128		<b>Ge</b>
2503	<b>V</b>		1500		<b>Ni</b>	1120		<b>Pt</b>
2463	<b>Pr</b>		1476	<b>W</b>		1113	<b>Po</b>	

2370	<b>Nd</b>		1475		<b>Yb</b>	1105	<b>Ge</b>	
2290	<b>Cr</b>		1435	<b>Zn</b>		1085	<b>At</b>	
2284		<b>V</b>	1432	<b>Re</b>		1083		<b>Au</b>
2282	<b>Pm</b>		1423		<b>Lu</b>	1057	<b>Rn</b>	
2197	<b>Sm</b>		1392		<b>Cu</b>	1056		<b>As</b>
2120	<b>Eu</b>		1391	<b>Os</b>		1048		<b>Hg</b>
2102	<b>Mn</b>		1374		<b>Hf</b>	1040	<b>Br</b>	
2085		<b>Cr</b>	1351	<b>Ir</b>		1030	<b>Fr</b>	
2046	<b>Gd</b>		1340	<b>Ga</b>		1015		<b>Ti</b>
1976	<b>Tb</b>		1327		<b>Ta</b>	992		<b>Se</b>
1936	<b>Fe</b>		1313	<b>Pt</b>		983		<b>Pb</b>
1910		<b>Mn</b>	1295		<b>Zn</b>	980	<b>Ac</b>	
1909	<b>Dv</b>		1282		<b>W</b>	976	<b>Kr</b>	
1845	<b>Ho</b>		1276	<b>Au</b>		956	<b>Th</b>	
1788	<b>Co</b>		1254	<b>Ge</b>		952		<b>Bi</b>
1784	<b>Er</b>		1241	<b>Hg</b>		932		<b>Br</b>
1757		<b>Fe</b>	1238		<b>Ra</b>	839		<b>Fr</b>
1726	<b>Tm</b>		1208		<b>Ga</b>	829	<b>Y</b>	
1672	<b>Yb</b>		1207	<b>Tl</b>		828		<b>Rb</b>
1657	<b>Ni</b>		1197		<b>Os</b>	814		<b>Ra</b>
1621		<b>Co</b>	1176	<b>As</b>		790		<b>Ac</b>
1619	<b>Lu</b>		1175	<b>Pb</b>		786	<b>Zr</b>	
1569	<b>Hr</b>		1158		<b>Ir</b>	783		<b>Sr</b>
1540	<b>Cu</b>		1144	<b>Bi</b>		765		<b>Th</b>

### *Количественный анализ*

Количественный анализ заключается в определении концентрации, массы или количества вещества

Параметром, характеризующим концентрацию элемента в пробе, является интенсивность линий основного пика  $I^{оч}$ , имп/с.

Для определения концентрации тяжелых металлов используется метод абсолютной калибровки.

Используя данные таблицы 1.2, на миллиметровой бумаге строится калибровочный график для каждого определяемого элемента  $I^{осн}=f(C_{ст})$ . (Калибровочный график – график, построенный на основании экспериментальных данных стандартных растворов.)

Данные для построения графиков приведены в таблице 1.2. Через полученные точки (а при необходимости – между ними) **проводят прямую линию**.

Таблица 1.2 – Данные зависимости интенсивности линий  $I$  элементов на спектрограмме от стандартных концентраций  $C$  для построения калибровочных графиков

Элемент	Стандартные концентрации $C_{ст}$ , мг/л												
	0,025	0,05	0,075	0,1	0,125	0,15	0,175	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5
	Интенсивность линии $I^{осн}$ , имп/с												
As	1750	3500	5050	7100	8200	-	-	-	-	-	-	-	-
Hg	3500	5450	7500	9750	11400	-	-	-	-	-	-	-	-
Pb	4100	5250	6700	8100	9700	-	-	-	-	-	-	-	-
V	-	1000	1950	2800	3600	4500	5300	-	-	-	-	-	-
Mn	-	500	1700	2900	4000	5250	6400	-	-	-	-	-	-
Ni	-	1150	2400	3600	4900	6000	7300	-	-	-	-	-	-
Bi	-	1750	2050	2950	3500	4400	5000	-	-	-	-	-	-

Элемент	Стандартные концентрации $C_{ст}$ , мг/л												
	0,025	0,05	0,075	0,1	0,125	0,15	0,175	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5
	Интенсивность линии $I^{осн}$ , имп/с												
<b>Co</b>	-	3000	4000	5200	6250	7500	8750	-	-	-	-	-	-
<b>Mo</b>	-	-	1250	1750	2300	2700	3500	4500	-	-	-	-	-
<b>Cu</b>	-	-	-	-	-	-	-	2800	3250	3600	4100	4500	4900
<b>Fe</b>	-	-	-	-	-	-	-	2000	2750	3400	4150	4800	5600
<b>Cr</b>	-	-	-	-	-	-	-	3550	3750	3950	4100	4300	4600
<b>Zn</b>	-	-	-	-	-	-	-	2500	3550	4600	5450	6550	7600
<b>Sr</b>	-	-	-	-	-	-	-	1350	1600	1800	2050	2250	2500

По интенсивности основного пика каждого элемента  $I^{осн}$  исследуемой пробы с помощью калибровочного графика определяются концентрации тяжелых металлов.

После проведения количественного анализа химических элементов в воде сравниваются значения фактических концентраций с их ПДК, приведенными в таблице 1.3, и делается вывод о степени загрязнения воды и необходимых мерах по снижению концентраций до требуемого уровня.

Таблица 1.3 – Предельно допустимые концентрации (ПДК) тяжелых металлов для водоёмов

Элемент		Элемент	
---------	--	---------	--

Название	Обозначение	ПДК, мг/л	Название	Обозначение	ПДК, мг/л
Ванадий	V	0,1	Цинк	Zn	1,0
Хром	Cr	0,5	Мышьяк	As	0,05
Марганец	Mn	0,1	Стронций	Sr	7,0
Железо	Fe	0,3	Молибден	Mo	0,25
Кобальт	Co	0,1	Ртуть	Hg	0,0005
Никель	Ni	0,1	Свинец	Pb	0,03
Медь	Cu	1,0	Висмут	Bi	0,1

Таблица 1.4 – Результаты анализа спектрограммы

№ пика	Длина волны $\lambda$ , мÅ	Возможные элементы	Элемент	Интенсивность линий основного пика $I^{осн}$ , имп/с	Концентрация С, мг/л	ПДК, мг/л
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

### Структура и содержание отчета

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Заполнить таблицу:

Металл	Источники поступления в окружающую среду	Влияние тяжелых металлов на компоненты биосферы

4. Основной принцип РФА (включая рисунок 1.1).
5. Результаты количественного и качественного анализа спектрограммы в виде таблицы 1.4.
6. Вывод.

### Контрольные вопросы

1. Что такое тяжелые металлы?
2. Источники поступления тяжелых металлов в окружающую среду и их влияние на компоненты биосферы.
3. Принцип метода РФА.
4. Область применения спектральных методов анализа.
5. Принцип качественного и количественного определения тяжелых металлов.



## Лабораторная работа № 2

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ОРГАНИЧЕСКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ МЕТОДОМ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

**Цель работы:** определить летучие органические вещества и их концентрацию в воздухе рабочей зоны методом газовой хроматографии.

#### Введение

В настоящее время в промышленности интенсивно развиваются производства органического (нефтехимического) синтеза, создаются новые отрасли химической и перерабатывающей промышленности. Синтез и переработка полимерных материалов, производство металлорганических соединений, синтетического каучука и резины, эпоксидных, полиуретановых, фенолоформальдегидных смол, синтетического волокна, высокомолекулярных аминосоединений, антиоксидантов, теплоносителей, смазочно-охлаждающих жидкостей, технологических смазок, новых видов топлива, производство растворителей и другие процессы основной химии и нефтехимических производств, а также текстильная, пищевая, металлургическая промышленность, машиностроение, производство удобрений и ядохимикатов приводят к значительному загрязнению воздуха рабочей зоны<sup>1</sup> токсичными летучими органическими соединениями.

Степень загрязнения воздуха производственных помещений зависит от типа производства и отрасли промышленности (цех завода, шахта, рудник и т. п.), особенностей технологического процесса, оборудования и планировки помещения, системы вентиляции и свойств используемого сырья. Количества токсичных химических соединений, попадающих в зону дыхания работающего, примерно на порядок (а часто и значительно больше) превосходят концентрации загрязнителей атмосферы.

---

<sup>1</sup>Рабочая зона – пространство высотой до 2 м в местах постоянного или временного пребывания работающих.

При вдыхании летучие органические соединения оказывают наркотическое воздействие и отрицательно влияют на нервную систему, кровеносные органы, слизистую оболочку глаз и верхние дыхательные пути.

Существует несколько возможностей сокращения или предотвращения выбросов органических соединений:

- замена органических соединений, например, использование водяных ванн для обезжиривания и применение красок, клея с низким содержанием ЛОС или без них;

- сокращение выбросов путем рационального ведения хозяйства, своевременного ремонтно-технического обслуживания и др.;

- рециркуляция и рекуперация ЛОС с применением методик адсорбции, абсорбции и мембранных методов сбора.

Повышенные концентрации летучих органических соединений в воздухе предприятий могут вызвать не только отклонения в состоянии здоровья, а при определенной длительности и интенсивности воздействия привести к развитию профессиональных заболеваний (интоксикаций) и увеличению профессионально обусловленной заболеваемости. Следовательно, мониторинг воздуха рабочей зоны является актуальной задачей.

Наиболее эффективным методом анализа содержания летучих органических соединений в воздухе рабочей зоны в настоящее время является газовая хроматография.

### **Газовая хроматография**

**Хроматография** – это физико-химический метод анализа, который основан на разделении и различном распределении смеси между двумя несмешивающимися фазами – неподвижной и подвижной.

В зависимости от типа взаимодействия, оформления и агрегатного состояния различают следующие типы хроматографии: газовая хроматография, жидкостная хроматография, тонкослойная хроматография и др.

Разделение в газовой хроматографии основано на различном распределении молекул разделяемых компонентов между движущейся *газовой* и неподвижной *твердой* фазами. Между этими фа-

зами для каждого компонента анализируемой смеси в колонке устанавливается динамическое равновесие. Разделение сложных веществ происходит в газовой или паровой фазе.

Среди всех методов хроматографического анализа газовая хроматография пользуется наибольшей популярностью. Это связано с универсальностью применяемых методов анализа в отношении многих классов летучих и термически устойчивых веществ, высокой разделительной способностью хроматографических колонок, малой продолжительностью анализа в расчете на один компонент, высокой чувствительностью, малой величиной анализируемой пробы и высокой точностью.

В то же время метод имеет и недостатки, связанные, прежде всего с техническими трудностями при анализе высококипящих жидкостей, твердых и нелетучих веществ.

В качестве подвижной фазы используется газ (как правило, инертный), неподвижная фаза представляет собой либо пористый твердый сорбент, либо жидкость, нанесенную тонким слоем на твердый носитель или на стенки длинной капиллярной трубки.

Принцип разделения веществ в газовой хроматографии – неодинаковое сродство веществ к летучей подвижной фазе и стационарной фазе в колонке. После прохождения колонки вещества последовательно выходят из нее и регистрируются детектором. Сигнал детектора записывается в виде хроматограммы автоматическим потенциометром (самописцем) или же регистрируется компьютером.

### **Принципиальная схема газового хроматографа**

Газовый хроматограф представляет собой прибор, использующий принцип хроматографии в системах газ–адсорбент или газ–жидкость. В аппаратном оформлении это совокупность нескольких самостоятельных, параллельно функционирующих систем: источник газа-носителя и блок подготовки газов, испаритель, термостат колонок и сами хроматографические колонки, детектор, система регистрации и обработки данных.

Типичная блок-схема газового хроматографа изображена на рисунке 2.1.

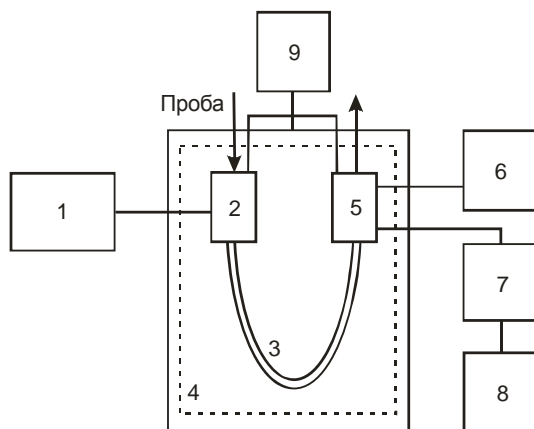


Рисунок 2.1 – Принципиальная схема газового хроматографа: 1 – система подготовки газов; 2 – система дозирования; 3 – колонка; 4 – система термостатирования; 5 – система детектирования; 6 – блок питания детектора; 7 – усилитель сигнала детектора; 8 – регистратор (самописец, компьютер); 9 – измерители режима хроматографа (расход газов, стабилизация температур и электрического питания детекторов)

Газовые функциональные связи показаны стрелками, электрические – одинарной линией, термостатируемые элементы заключены в пунктирный контур.

Система подготовки газов служит для установки, стабилизации и очистки потоков газа-носителя и дополнительных газов. Она включает блок регулировки расходов газов, обеспечивающий очистку, подачу и стабилизацию скорости и расхода газа-носителя в колонку, а также других газов, необходимых для работы детектора, например, воздуха и водорода для пламенно-ионизационного детектора.

Система дозирования позволяет вводить в поток газа-носителя определенное количество анализируемой смеси в газообразном или жидком состоянии. Представляет собой устройство с самоуплотняющейся резиновой мембраной или кран-дозатор. Устройство ввода пробы необходимо термостатировать при температуре, равной температуре колонки или выше на 20–30 °С.

Система детектирования преобразует соответствующие изменения физических или физико-химических свойств бинарных смесей (компонент – газ-носитель по сравнению с чистым газом носителем) в электрический сигнал. Величина сигнала зависит как от природы компонента, так и от содержания его в анализируемой смеси.

Система термостатирования служит для установки и поддержания рабочих температур термостатов колонок (до 350 °С), испарителя, детектора и других узлов хроматографа.

Система регистрации преобразует изменения физико-химических параметров в электрический сигнал, величина и форма которого регистрируются на ленте самописца или в современном варианте на мониторе компьютера. Прибор должен быть снабжен соответствующим электрометрическим усилителем, обеспечивающим получение на выходе электрического сигнала, пропорционального концентрации определяемого компонента в газе-носителе, выходящем из колонки.

Система инструментальной обработки данных позволяет вести управление экспериментом и обработку результатов в диалоговом режиме. С помощью компьютерных программ, имеющих алгоритм распознавания и сформированных банков данных, можно решать задачи расшифровки сложных хроматограмм и количественного определения компонентов.

Рассмотренная схема типична для обычного газового хроматографа, используемого в количественном анализе, однако газовый хроматограф может иметь гораздо более сложную схему, содержащую несколько колонок и детекторов, включающий автоматические устройства для подготовки и дозирования пробы.

### **Приборы, аппараты, посуда**

- Хроматограф газовый лабораторный серии Цвет-500
- Стандартизированный модуль газохроматического разделения МР 500-1
- Сушильный шкаф
- Шприц медицинский на 1 мл и 5 мл ГОСТ 18137–77
- Микрошприц МШ-10 ГОСТ 8043–75
- Шприц медицинский на 50 мл ГОСТ 18137–77
- Секундомер ГОСТ 5072–79

- Колба 1-2000-2, 1-1000-2, 1-500-2, 1-250-2, 1-100-2 ГОСТ 1770–74
- Пипетка 2-50-2 ГОСТ 1770–74
- Бюретка 2-2-25 ГОСТ 20292–74
- Откалиброванная стеклянная емкость объемом 5000 мл
- Откалиброванная стеклянная емкость объемом 1500 мл

*Примечание.* В качестве модуля разделения используется хроматографическая колонка длиной 2 м диаметром 2 мм из нержавеющей стали, набитая хроматом N - AW, фракции 0,16–0,20 (0,125–0,16), пропитанном 10 % (15 %) апиезона L.

### **Реактивы, растворы, материалы**

Ацетон, осч, бензол, хч, бутанол, хч, бутилацетат, хч, о-ксилол, хч, м-ксилол, хч, толуол, хч, этилацетат, хч, азот газообразный ГОСТ 9293–74 в баллонах с редуктором, водород газообразный ГОСТ 3022–80 в баллонах с редуктором, воздух ГОСТ 11882–73 для питания автоматических приборов и средств автоматизации, спирт этиловый ГОСТ 18300–72.

### **Порядок выполнения работы**

#### ***Отбор пробы***

При газохроматографическом анализе производится точечный отбор пробы. Для контроля состояния атмосферы над большими площадями используется отбор проб во многих точках.

Отбор пробы воздуха проводят в медицинские шприцы на 100–50 мл, предварительно «промыв» их десятикратным объемом анализируемого воздуха. После отбора пробы шприцы герметизируют резиновой заглушкой.

Отобранные пробы хранятся не более 8 часов.

#### ***Подготовка к измерению***

Подготовка модуля разделения МР 500-1 к работе производится согласно ТУ на стандартизованные модули газохроматографического разделения серии МР для системы «УСХА-ГАЗ» 5Е4.462.029 ПС.

Подготовка хроматографа к работе осуществляется согласно ТО на прибор.

Стандартные паровоздушные смеси ПВС № 1 (с концентрацией  $C_1 = 150$  ПДК) и стандартные ПВС № 3 (с концентрацией  $C_3 = 1500$  ПДК) готовят в предварительно откалиброванной емкости объемом  $V$ , для этого в герметически закрытую емкость  $V$  вводят шприцем рассчитанное количество анализируемого компонента для ПВС № 1 и для ПВС № 3.

Рабочие паровоздушные смеси № 2 (с концентрацией  $C_2 = 1$  ПДК) готовят разбавлением стандартной ПВС № 1. Для этого из предварительно прогретой в течение 10 мин при  $t = 80$  °С емкости  $V$  отбирают шприцем 10 мл ПВС № 1. Шприц также прогревают в течение 10 мин при  $t = 80$  °С в сушильном шкафу и вводят ПВС № 1 в герметически закупоренную откалиброванную емкость  $V$ .

Рабочие ПВС № 4 (с концентрацией  $C_4 = 5$  ПДК) готовят разбавлением стандартной ПВС № 3, используя тот же метод, что и при приготовлении рабочей ПВС № 2.

Срок хранения паровоздушных смесей 8 часов.

Для проведения количественного анализа используют **метод абсолютной калибровки**.

На основании экспериментальных данных, приведенных в таблице 2.2, строят графическую зависимость значений высот пиков ( $h$ ) в мм от содержания анализируемого вещества ( $a$ ) в мкг.

Калибровочные графики строятся для всех определяемых веществ. Калибровочные прямые строят не менее чем по пяти точкам.

Условия хроматографирования градуировочных смесей и анализируемых проб:

температура термостата колонок	80 °С
температура термостата испарителя	205 °С
температура термостата детекторов	100 °С
расход газа-носителя (азот)	25,5 см <sup>3</sup> /мин
расход водорода	31 см <sup>3</sup> /мин
расход воздуха	300 см <sup>3</sup> /мин
скорость диаграммной ленты	200 мм/ч

### ***Проведение измерения***

Для определения концентраций анализируемых веществ в пробе из шприца емкостью 50 мл отбирают дозу, равную 1 мл, и вводят в испаритель хроматографа. Шприц емкостью 50 мл (с пробой) и шприц емкостью 1 мл предварительно прогреваются в течение 10 мин при 80 °С.

### ***Расшифровка хроматограммы***

По **времени удерживания** идентифицируют каждый из определяемых компонентов (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Время удерживания веществ

Вещество	Время удерживания
Ацетон	30 с
Этилацетат	46 с
Бутанол	1 мин 15 с
Бензол	1 мин 26 с
Бутилацетат	2 мин 35 с
Толуол	3 мин 09 с
М-ксилол	6 мин 41 с
О-ксилол	8 мин 10 с

Для количественного анализа определяют высоту пика анализируемого вещества и по калибровочному графику определяют количество вещества измеряемого компонента.

При проведении анализа с чувствительностью БИД-36  $32 \cdot 10^{10}$  (для первого диапазона концентраций анализируемых веществ полученное значение высоты пика для бутанола, бензола, толуола, о- и м-ксилолов делят на 2, а для ацетона, этилацетата, бутилацетата результат делят на 4.

### ***Расчет концентрации***

Концентрацию определяемых веществ в воздухе ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ) вычисляют по формуле:

$$C = \frac{a \cdot 1000}{V_{20}}, \quad (2.1)$$



где  $a$  – количество определяемого вещества по калибровочному графику, мкг;

$V_{20}$  – объем воздуха, взятый для анализа в мл и приведенный к стандартным условиям по формуле

$$V_{20} = \frac{V(273 + 20)P}{(273 + t_0)760}, \quad (2.2)$$

где  $V$  – объем воздуха, взятый для анализа, мл;

$P$  – атмосферное давление, мм рт. ст.;

$t_0$  – температура воздуха в месте отбора проб.

Таблица 2.2 – Зависимость высоты пика от количества вещества

Вещество	Количество вещества, мкг				
	0,005	0,01	0,02	0,03	0,04
	Высоты пиков, мм				
Ацетон	7	9	11	13	16
Этилацетат	8	10	16	23	28
Бутанол	6	12	23	35	47
Бензол	19	25	36	47	56
Бутилацетат	5	8	12	17	20
Толуол	31	53	92	130	170
М-ксилол	20	29	48	68	87
О-ксилол	12	33	55	76	98

Таблица 2.3 – Предельно допустимые концентрации некоторых веществ в рабочей зоне, мг/м<sup>3</sup>

Вещество	ПДК
Ацетон	200
Этилацетат	200
Бутанол	200
Бензол	50
Бутилацетат	50
Толуол	50

М-ксилол	15
О-ксилол	10

Таблица 2.4 – Таблица результатов анализа хроматограммы

№ п/п	Время удерживания $t_{уд}$ , мин	Вещество	Высота пика $h$ , мм	Количество веществ $a$ , мкг	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>	ПДК, мг/м <sup>3</sup>
1						
2						
3						
4						
5						

### Структура и содержание отчета

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Принципиальная схема газового хроматографа (рисунок 2.1)
  4. Результаты количественного и качественного анализа хроматограммы в виде таблицы 2.4.
5. Вывод.

### Контрольные вопросы

1. Перечислите источники поступления ЛОС в воздух рабочей зоны.
2. В чем заключается опасность ЛОС для здоровья работающих?
3. Перечислите методы снижения количества ЛОС в воздухе производственных помещений.
4. В чем заключается сущность метода газовой хроматографии?
5. Как определяется качественный состав смеси?  
Каким образом определяется концентрация веществ в пробе?

## Лабораторная работа № 3

### САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СТОЧНЫХ И ПРИРОДНЫХ ВОД

#### **Цель работы:**

1. Ознакомиться с основными методами санитарно-гигиенического анализа сточных и природных вод.
2. Выполнить анализ основных физико-химических показателей проб воды органолептическим, весовым и колориметрическим методами.

#### **Введение**

В результате любого рода деятельности человека появляются отходы, которые, поступая в окружающую среду, оказывают на нее отрицательное воздействие. В значительной мере это относится к водным ресурсам суши. Наибольшую опасность представляют сточные воды - промышленные, сельскохозяйственные и бытовые.

Промышленные стоки дают наибольшее загрязнение природных вод. Особенно загрязнены сточные воды таких отраслей народного хозяйства, как нефтеперерабатывающая и химическая - 35-40 %, металлургическая - 30 %, целлюлозно-бумажная - 10 %, а также машиностроительная, горнодобывающая и др.

При оценке состояния водных ресурсов исследователи основываются на учете объемов воды, используемой на нужды населения, промышленности и сельского хозяйства.

В настоящее время, когда мощности средств воздействия производства на окружающую среду удваиваются каждые 12-15 лет, дальнейшее размещение отходов производства в водоемах сопровождается сверхнормативным загрязнением последних, так как естественный процесс восстановления качества водных ресурсов уже не срабатывает.

Качество природной воды ухудшается и в результате воздействия загрязнений, поступающих из атмосферы в виде кислотных дождей, твердых частиц и других выпадений.

Санитарно-гигиенические показатели вод оцениваются по их физико-химическим и микробиологическим показателям, а природной воды - еще и по гидробиологическим признакам.

Все пресные водоемы делятся на две категории водопользования:

- к первой категории относятся источники централизованного и хозяйственно-питьевого водоснабжения и предприятий пищевой промышленности;

- ко второй - источники для рекреационных целей и спорта, а также водоемы, находящиеся в черте населенных пунктов.

В Республике Беларусь специальным законодательством предусмотрены санитарно-гигиенические нормы соответствия состава и свойства вод водных объектов в пунктах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования установленным предельно-допустимым концентрациям вредных веществ для 420 вредных веществ - загрязнителей водоемов.

Настоящая лабораторная работа знакомит с основными методами, применяемыми для санитарно-гигиенического анализа сточных и природных вод: органолептическим, весовым, колориметрическим.

## **1. Оценка санитарно-гигиенического состояния воды**

### **1.1. Методы выполнения санитарно-гигиенического анализа воды**

Существуют стандартные методы анализа основных санитарно-гигиенических показателей качества воды, необходимых для инженерного пользования:

1. **Органолептический метод** - позволяет охарактеризовать запах, привкус, плавающие примеси и прозрачность воды при помощи органов чувств.

2. **Весовой метод** позволяет определять массу примесей (сумму всех растворенных и взвешенных в воде веществ).

3. **Колориметрический метод** позволяет определить содержание аммиака, нитритов, фосфатов, ионов железа и других веществ, которые определяют цветность воды.

4. **Спектральный метод** - распространенный способ исследования качественного и количественного состава загрязненной воды на содержание химических элементов от Са до U.

5. **Ионометрический метод** основан на применении ион-селективных электродов и позволяет быстро и точно измерить ионную активность или концентрацию.

6. **Иодометрический метод** позволяет определять содержание растворенного в воде кислорода.

7. **Метод экстрагирования** оценивает загрязненность проб воды нефтепродуктами.

## **2. Выполнение санитарно-гигиенического анализа воды**

### **2.1. Измерение температуры воды**

Температура воды является важнейшей характеристикой, в значительной мере определяющей скорость и направление изменений ее качества. От температуры воды зависят протекающие в водоеме физические, химические, биологические и биохимические процессы.

Летняя температура воды в результате спуска сточных вод не должна повышаться более чем на 3 °С по сравнению со среднемесячной за 10 лет.

Измерение температуры воды производят во время отбора пробы. Для этого обычно используют комбинированные ртутные термометры с ценой деления 0,1-0,5 °С. Термометр опускают на заданную глубину в исследуемый водоем или объект и выдерживают в течение 10-ти минут.

Данные измерения заносят в протокол.

### **2.2. Определение запаха воды**

#### **2.2.1. Оборудование**

- |                 |                     |
|-----------------|---------------------|
| 1. Водяная баня | 3. Колбы конические |
| 2. Термометр    | 4. Часовое стекло   |

#### **2.3.2. Свойства и цели наблюдения**

Исследования запаха необходимы при проведении контроля качества промышленных необработанных и прошедших очистку вод

и как один из способов идентификации источника загрязнения и установления состава сложных смесей веществ.

Пороговая концентрация веществ, вызывающих запах, колеблется в широких пределах от 0,0005 до 0,5 мг/л, составляя в среднем 0,01-0,1 мг/л. Многие из этих веществ обладают сильными токсическими свойствами.

Наличие запаха в воде в значительной мере ухудшает органолептические свойства, делая ее непригодной для питья.

Для снижения интенсивности запаха часто используют обработку воды активированным углем или аэрированием (насыщая воду кислородом).

### **2.2.3. Источники запаха воды**

Запах воды вызывают летучие пахнущие вещества, поступающие в нее:

- в результате процессов жизнедеятельности водных организмов;
- при биохимическом разложении органических веществ;
- при химическом взаимодействии компонентов, содержащихся в водоеме;
- со сточными водами предприятий химической, металлургической, нефтеперерабатывающей, машиностроительной, и др.;
- при обработке питьевой воды.

Определение запаха производят вскоре после отбора пробы. Пробы не фильтруют и не консервируют.

### **2.2.4. Оценка запаха воды**

Вид, интенсивность и устойчивость запаха могут быть различны и зависят от состава обуславливающий его веществ, температуры, кислотно-щелочной реакции (рН), степени загрязненности и др.

Основные классы видов запаха воды приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Классы видов запаха воды

<b>Классификация запахов</b>	<b>Сокращение</b>	<b>Примеры или возможные источники</b>
Ароматный или пряный	A	Камфара, гвоздика, лаванда
Огуречный	Ae	
Бальзамический (цветочный)	B	
Сладковатый	Bs	
Химический	C	Промышленные сточные воды или химическая обработка
Хлорный	Co	Свободный хлор
Углеводородный	Ch	Стоки нефтеочистительных заводов
Лекарственный	Cm	Фенол, йодоформ
Сернистый	Cs	Сероводород
Навозный	Dp	Сточные воды животноводства
Гнилостный	Dz	Застоявшиеся сточные воды

Для определения интенсивности запаха обычно пользуются системой баллов, представленной в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Определение интенсивности запаха воды

<b>Интенсивность запаха, балл</b>	<b>Характеристика запаха</b>	<b>Проявление запаха</b>

<b>0</b>	Никакого запаха	Отсутствие ощутимого запаха
<b>I</b>	Очень слабый	Запах, не замечаемый потребителем, но определяемый исследователем
<b>II</b>	Слабый	Запах, обнаруживаемый потребителем
<b>III</b>	Заметный	Запах, легко обнаруживаемый (вода неприятна для питья)
<b>IV</b>	Отчетливый	Запах, обращающий на себя внимание; может заставить воздержаться от питья
<b>V</b>	Очень сильный	Запах настолько сильный, что делает воду не пригодной для питья

### 2.2.5. Метод органолептического определения запаха воды

Метод основан на определении интенсивности и вида запаха при температуре 20 °С (комнатная) и 60 °С (нагревание пробы позволяет выявить или усилить слабые и скрытые запахи).

Определение запаха необходимо производить в помещении, изолированном от проникновения посторонних запахов. Если в пробе присутствуют следы свободного хлора в результате предварительной обработки воды, его следует устранить несколькими каплями водного раствора тиосульфата натрия. Обязательно следует указывать температуру окружающего воздуха. Для исключения субъективной ошибки целесообразно сотрудничество нескольких лиц.

Для определения используют 100 мл пробы, помещенной в коническую колбу при 20 °С. После приливания пробы из сосуда хранения в колбу немедленно органолептически определяют характер и интенсивность запаха (см. табл.3.1 и 3.2).

Затем колбу с 100 мл пробы закрывают стеклом и подогревают до 60 °С, Перемешивают содержимое осторожным встряхиванием, открывают колбу и немедленно органолептически устанавливают характер и интенсивность запаха, используя данные табл. 3.1 и 3.2.

Данные заносятся в соответствующие графы табл. 3.3. Вывод делается на основании данных таблицы 3.8.



Таблица 3.3 - Результаты определения вида и интенсивности запаха воды

N определе- ния	t= 20 °С		t= 60 °С	
	вид запаха	интенсивность запаха	вид запаха	интенсив- ность за- паха
1.				
2.				
3.				
4.				
В среднем:				
Вывод:				

## 2.3. Определение прозрачности воды

### 2.3.1. Оборудование

1. Стекланный цилиндр
2. Шрифт ГОСТ 355

### 2.3.2. Свойства и цели наблюдения

Прозрачность воды определяется на месте отбора или в нефилтрованной пробе.

Прозрачность (или светопропускание) воды обусловлена ее цветом и мутностью, т.е. содержанием в ней различных окрашенных и взвешенных органических и минеральных веществ.

Мерой прозрачности служит высота столба воды, при которой можно различать черный шрифт определенного размера и типа на белом фоне или наблюдать опускаемую в водоем белую пластину определенного размера.

В случае если вода взмучена выпавшей гидроокисью железа или вообще содержит большие количества взвесей, ее следует брать после отстаивания в течение одной минуты.

### 2.3.3. Измерение прозрачности воды при помощи шрифта

Измерение прозрачности с помощью шрифта проводят в лабораторных условиях. Для измерения используют стекланный цилиндр с дном из химически стойкого оптического стекла. Цилиндр должен иметь градуировку в единицах длины (*см* или *мм*). В качестве стандарта используется шрифт с высотой букв 3,5 *мм*. Пластинку со

шрифтом помещают на дно цилиндра и постепенно приливают анализируемую пробу до тех пор, пока буква станет неразличимой.

Перед определением прозрачности емкость с водой следует взболтать в течение 10-ти секунд и сразу начать переливание пробы в мерный цилиндр. Исследуемая проба воды рассматривается при рассеянном дневном свете, измерения повторяют несколько раз (не менее 4-х), и за окончательный результат принимают среднее значение единичных измерений.

Результаты измерений в см заносят в таблицу 3.4. Вывод делается на основании данных таблицы 3.8.

Таблица 3.4 - Результаты определения прозрачности воды

<b>№ измерения</b>	<b>Высота столба воды, см</b>
1.	
2.	
3.	
4.	
<b>В среднем:</b>	
<b>Вывод:</b>	

## **2.4. Определение массы взвешенных веществ в воде**

### **2.4.1. Оборудование**

1. Беззольный фильтр
2. Воронка
3. Мерный цилиндр

### **2.4.2. Свойства и цели наблюдения**

Взвешенными называют такие вещества, которые остаются на фильтре после применения одного из способов фильтрования. Обычно взвешенные вещества определяют после фильтрования пробы путем высушивания осадка при 105 °С осадка до постоянной массы и последующим взвешиванием.

### **2.4.3. Метод определения массы взвешенных веществ**

Предварительная подготовка к определению массы взвешенных веществ заключается в высушивании беззольного фильтра при

температуре 105 °С в сушильном шкафу до постоянного веса с последующим взвешиванием на аналитических весах с точностью до четвертого знака. Исходную массу фильтра  $m_0$  заносят в табл. 5.

Через подготовленный таким образом фильтр фильтруют 100 мл анализируемой пробы (предварительно тщательно перемешанной) и затем фильтр с осадком повторно помещают в сушильный шкаф и выдерживают при температуре 105 °С до постоянного веса. Высушенный фильтр взвешивают. Полученный результат соответствует  $m_1$  - конечному весу фильтра и заносится в табл. 5.

На основании полученных данных производится расчет  $x_{взв.}$  - массы взвешенных веществ в анализируемой пробе по формуле:

$$x_{взв.} = \frac{m_1 - m_0}{V} 1\,000, \text{ мг/л}$$

где  $V$  - объем отфильтрованной пробы, *мл*;

$m_0$  - исходная масса фильтра, *мг*;

$m_1$  - конечная масса фильтра, *мг*.

Данные расчетов заносятся в таблицу 3.5. Вывод делается на основании данных таблицы 3.8.

Таблица 3.5 - Результаты определения взвешенных веществ

№ фильтра	$m_0$ , <i>мг</i>	$m_1$ , <i>мг</i>	$V$ , <i>мл</i>	$x_{взв.}$ , <i>мг/л</i>
<b>Вывод:</b>				

## 2.5. Определение цветности воды

### 2.5.1. Оборудование

1. Колориметр фотоэлектрический концентрационный КФК-2МП
2. Набор кювет
3. Стандартная шкала цветов калибровочных растворов

### 2.5.2. Свойства и цели наблюдения

Высокая цветность воды ухудшает ее органолептические свойства и оказывает отрицательное влияние на развитие водной флоры и фауны в результате резкого снижения растворенного кислорода в водоеме, который идет на окисление железа и гумусовых веществ.

Цветность (окраска) воды может быть обусловлена присутствием гумусовых веществ, соединений трехвалентного железа и других растворимых в воде веществ и соединений, придающих пробе ту или иную специфическую окраску. В естественных условиях вещества, обуславливающие цветность, поступают с подземным стоком и при вымывании из почв. Сточные воды промышленных предприятий могут создавать довольно интенсивную окраску воды.

Цветность воды измеряется в градусах цветности. Предельно допустимая величина цветности для водоемов первой категории, используемых для хозяйственно-питьевых целей, составляет 35 градусов цветности. Одному градусу цветности соответствует 1 литр раствора искусственного стандарта, содержащий 0,7 мг бихромата калия ( $K_2Cr_2O_7$ ) и 16 мг сульфата кобальта ( $CoSO_4 \cdot 2H_2O$ ). Нулевому градусу цветности соответствует бидисциллированная вода.

Пробы для определения цветности должны быть проанализированы не позднее, чем через 2 - 3 часа после их отбора, поскольку при длительном стоянии окраска воды изменяется. При большом содержании взвешенных веществ, пробы предварительно фильтруют.

### **2.5.3. Колориметрическое определение цветности воды методом сравнения с искусственными стандартами**

Метод предназначен для анализа слабо и сильноокрашенных прозрачных вод с градусом цветности не выше 80°.

Метод основан на сравнении измерений оптической плотности исследуемой пробы воды со стандартной окраской при длине волны  $\lambda = 340$  нм на приборе "Колориметр фотоэлектрический концентрационный КФК-2МП". Минимальная определяемая величина цветности - 5°.

Измерение цветности (оптической плотности) исследуемой пробы воды выполняется в соответствии с инструкцией по эксплуатации фотоэлектроколориметра.

*Все регулировочные работы, связанные с проникновением в корпус к токоведущим частям, должны производиться специальным после отсоединения колориметра от сети.*

Пробу исследуемой воды помещают в кювету и измеряют оптическую плотность раствора на спектрофотометре при длине волны  $\lambda = 340$ .

Результаты измерений оптической плотности исследуемой пробы вносят в таблице 3.6. Вывод делается на основании данных таблицы 3.8.

Таблица 3.6 - Результаты измерения оптической плотности пробы воды

<b>№ измерения</b>	<b>Оптическая плотность раствора при <math>\lambda=340</math> нм</b>
<b>1.</b>	
<b>2.</b>	
<b>3.</b>	
<b>4.</b>	
<b>5.</b>	
<b>Среднее:</b>	
<b>Градус цветности:</b>	
<b>Вывод:</b>	

Цветность пробы в градусах определяют по калибровочной линии градуировочного графика, построенной в координатах на основании данных таблицы 3.7, где

**ось ординат ( $\Delta D$ )** - значения оптической плотности стандартных растворов цветовой шкалы при  $\lambda = 340$  нм;

**ось абсцисс ( $^{\circ}$  цветности)** - цветность соответствующего раствора шкалы стандартов.

Таблица 3.7 - Данные для построения градуировочного графика

Цветность стандартных растворов в градусах	10 <sup>0</sup>	20 <sup>0</sup>	30 <sup>0</sup>	40 <sup>0</sup>	50 <sup>0</sup>	60	70 <sup>0</sup>	80 <sup>0</sup>
Оптическая плотность $\Delta D$ при $\lambda=340$ нм	0,032	0,048	0,064	0,081	0,098	0,112	0,129	0,145

Таблица 3.8 Предельно-допустимые концентрации и общие санитарно-гигиенические требования к составу воды и водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения

Показатель состава и свойств воды	Характеристика показателя для вод	
	хозяйственно-питьевого назначения	культурно-бытового назначения
Температура	Летняя температура воды в результате спуска сточных вод не должна повышаться более, чем на 3 °С по сравнению со среднемесячной за 10 лет.	
Запахи, привкусы	Вода не должна приобретать запахи и привкусы интенсивностью более 2-х баллов	
Взвешенные вещества	Содержание взвешенных веществ не должно быть увеличено более чем на	
	0,25 мг/л	0,75 мг/л
Цветность	Не должна превышать	
	35 градусов	70 градусов
Прозрачность	Окраска и примеси не должны мешать наблюдению шрифта в столбике	
	20 см	10 см

### Структура, содержание и оформление отчета

## **Название работы**

### **Цель работы.**

1. Методы выполнения санитарно-гигиенического анализа воды: перечень и описание.
2. Измерение температуры воды : основные сведения.
3. Определение запаха воды: оборудование, пороговые концентрации веществ, вызывающих запах, методы обработки воды, табл. 3.1, 3.2 и 3.3.
4. Определение прозрачности воды: оборудование, принцип измерения прозрачности при помощи шрифта, табл. 3.4.
5. Определение массы взвешенных веществ: оборудование, свойства, цели наблюдения и метод (краткое описание), формула для расчета, табл. 3.5.
6. Определение цветности воды - оборудование, свойства, цели наблюдения (краткое описание), график калибровочной линии, табл. 3.6.
7. Вывод о санитарно-гигиеническом состоянии воды: делается на основании промежуточных выводов к каждому анализу на основании сравнения экспериментальных данных с ПДК и санитарно-гигиенических требований из таблицы 3.8.

### **Контрольные вопросы**

1. Назовите источники загрязнения водных ресурсов.
2. Перечислите методы выполнения санитарно-гигиенического анализа воды.
3. Какие процессы в воде зависят от температуры?
4. Назовите источники запаха воды, основные виды запаха, показатели интенсивности запаха.
5. Что такое взвешенные вещества и как их определить в воде?
6. Каким образом определяется прозрачность воды?
7. Каким методом измеряют цветность воды?

## Лабораторная работа № 4

### ВЛИЯНИЕ КИСЛОТНЫХ ОСАДКОВ НА СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДОЁМОВ

#### **Цель работы:**

1. Освоить методику измерения рН водных источников.
2. Отметить значения рН для водных организмов.
3. Оценить воздействие кислотных осадков на поверхностные водоёмы.
4. Оценить качество исследованных водоёмов для гидробионтов на основе показателя рН.

#### **Введение**

По обеспеченности водными ресурсами Беларусь находится в сравнительно благоприятных условиях. Имеющиеся ресурсы природных вод вполне достаточны для удовлетворения как современных, так и перспективных потребностей страны в воде. На 1 жителя Беларуси приходится 3 тыс. м<sup>3</sup> в год. Централизованное водоснабжение городов, городских и сельских поселков и промышленных предприятий республики базируется на использовании как пресных, так и подземных вод.

Состояние водных экосистем в Республике Беларусь в течение последних лет является стабильным. Организация в республике системы управления водными ресурсами на основе рационального сочетания административного, технического и технологического принципов имеет важнейшее значение для перехода на модель устойчивого развития.

Для контроля качества речных вод в рамках ведения Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь проводится регулярный контроль, включая трансграничный мониторинг.

Сформирована сеть пунктов наблюдения за состоянием поверхностных вод на трансграничных участках рек Беларуси, в том числе: в бассейне реки Западная Двина – 4; реки Неман – 5, реки Западный Буг – 11 пунктов.



Определен перечень параметров и установлена периодичность проведения наблюдений за состоянием поверхностных вод. Ежегодно проводимая оценка состояния поверхностных водных объектов свидетельствует о том, что реки и озера Балтийского бассейна Беларуси характеризуются как чистые (10-21 %), относительно чистые (66-93 %) и умеренно загрязненные (4-40 %).

На основе адаптации международных стандартов ISO разработано 15 государственных стандартов, регламентирующих проведение отбора проб и измерения более 80 показателей состояния поверхностных вод.

Однако увеличение антропогенных нагрузок на окружающую среду оказывает негативное воздействие на все компоненты природных экосистем атмосферы, почвы и поверхностных водоёмов. Одной из причин изменения качества воды является выпадение кислотных осадков.

## **1. КИСЛОТНЫЕ ОСАДКИ**

### **1.1. Определение кислотных осадков и основные источники кислотообразующих выбросов**

Кислотные осадки представляют собой различные виды атмосферных осадков (дождь, снег, туман, роса), рН которых меньше, чем среднее значение рН дождевой воды, приблизительно равное 5,6.

Впервые термин «кислотный дождь» был введен в 1872 г. английским исследователем Ангусом Смитом.

Дождь обычно имеет слегка кислую реакцию, поскольку содержащийся в воздухе диоксид углерода ( $\text{CO}_2$ ) вступает в химическую реакцию с дождевой водой, образуя слабую угольную кислоту. Теоретически такой «чистый», слабокислотный дождь должен иметь рН 5,6, что соответствует равновесию между  $\text{CO}_2$  воды и  $\text{CO}_2$  атмосферы. Однако из-за постоянного присутствия в атмосфере загрязняющих веществ дождь никогда не бывает абсолютно "чистым" и его рН варьирует от 4,9 до 6,5 со средним значением около 5,0 для зоны умеренных лесов.

Главные кислотообразующие выбросы в атмосферу – диоксид серы  $\text{SO}_2$  (сернистый ангидрид, или сернистый газ) и оксиды азота  $\text{NO}_x$  (монооксид, или оксид азота  $\text{NO}$ , диоксид азота  $\text{NO}_2$  и др.), а также хлор и фтороводород.

Природными источниками поступления диоксида серы в атмосферу являются, главным образом, вулканы и торфяные пожары. Общее количество диоксида серы антропогенного происхождения в атмосфере сейчас значительно превышает его естественное поступление и составляет в год около 100 млн. т (для сравнения: природные выбросы  $\text{SO}_2$  в год равны примерно 20 млн. т). Диоксид серы образуется при сжигании богатого серой горючего, такого, как уголь и мазут (содержание серы в них колеблется от 0,5 до 5-6%), на электростанциях (~ 40% антропогенного поступления в атмосферу), в металлургических производствах, при переработке содержащих серу руд, при различных химических технологических процессах и работе ряда предприятий машиностроения (~ 50%). При сжигании каждого миллиона тонн угля выделяется около 25 тыс. т серы в виде, главным образом, ее диоксида (до триоксида окисляется менее 3 % серы), в 4-5 раз меньше окисленной серы дает сжигание мазута.

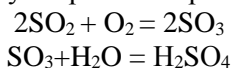
Природные поступления в атмосферу оксидов азота связаны, главным образом, с электрическими разрядами, при которых образуется  $\text{NO}$ , впоследствии -  $\text{NO}_2$ . Значительная часть оксидов азота природного происхождения перерабатывается в почве микроорганизмами, т.е. включена в биохимический круговорот.

Оксиды азота техногенного происхождения образуются при сгорании топлива, особенно если температура превышает  $1000^\circ\text{C}$ . Первоначально образующийся оксид азота составляет, лишь 10 % выбросов всех оксидов азота в атмосферу, однако в воздухе значительная часть оксида азота превращается в диоксид – более опасное соединение. При высокотемпературном сгорании органического природного топлива происходят реакции двух типов: между кислородом воздуха и азотом, содержащимся в топливе (в угле содержание азота составляет в среднем около 1 %, в нефти и газе - 0,2-0,3 %), и между кислородом воздуха и азотом, также содержащимся в воздухе. Техногенные мировые выбросы оксидов азота в атмосферу составляют в год около 70 млн. т (природные выбросы оксидов азота, по некоторым оценкам, равны в год 700 млн. т). Суммарные же антропогенные выбросы оксидов азота в атмосферу значительно больше. Дополнительный источник таких выбросов – сельское хозяйство, интенсивно использующее химические удобрения, в первую очередь содержащие соединения азота. Вклад этой отрасли мирового хозяйства в загрязнение атмосферы оксидами азота учесть достаточно трудно. По

некоторым данным, поступление оксидов азота в атмосферу с сельскохозяйственных полей сопоставимо с промышленными выбросами. Главный источник техногенных оксидов азота в атмосфере - автотранспорт и другие виды моторного транспорта (около 40%).

## 1.2. Механизм образования кислотных осадков

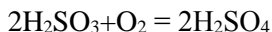
Диоксид серы, попавший в атмосферу, претерпевает ряд химических превращений, ведущих к образованию кислот. Частично диоксид серы в результате фотохимического окисления превращается в триоксид серы (серный ангидрид)  $\text{SO}_3$ , который реагирует с водяным паром атмосферы, образуя аэрозоли серной кислоты:



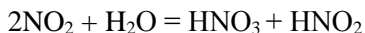
Основная часть выбрасываемого диоксида серы во влажном воздухе образует сернистую кислоту, которую изображают условной формулой  $\text{H}_2\text{SO}_3$ :



Сернистая кислота во влажном воздухе постепенно окисляется до серной:



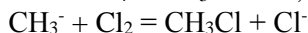
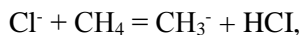
Аэрозоли серной и сернистой кислот приводят к конденсации водяного пара атмосферы и становятся причиной кислотных осадков (дожди, туманы, снег). При сжигании топлива образуются легко растворимые в воде твердые микрочастицы сульфатов металлов (в основном при сжигании угля), которые осаждаются на почву и растения, делая кислотными росы. Аэрозоли серной и сернистой кислот составляют около  $2/3$  кислотных осадков, остальное приходится на долю аэрозолей азотной и азотистой кислот, образующихся при взаимодействии диоксида азота с водяным паром атмосферы:



Существуют еще два вида кислотных дождей, которые пока не отслеживаются мониторингом атмосферы – это осадки, содержащие соляную и плавиковую кислоты.

Находящийся в атмосфере хлор (выбросы химических предприятий; сжигание отходов; фотохимическое разложение фреонов,

приводящее к образованию радикалов хлора) при соединении с метаном образует хлороводород, хорошо растворяющийся в воде с образованием аэрозолей соляной кислоты:



Очень опасны выбросы фтороводорода (производство алюминия, стекла), который хорошо растворяется в воде, что приводит к появлению в атмосфере аэрозолей плавиковой кислоты.

### **1.3. Влияние кислотных осадков на поверхностные водоемы**

Результатом выпадения кислотных осадков является сильное изменение кислотности водоемов и почв. В первую очередь повышение кислотности сказывается на состоянии пресноводных водоемов и лесов.

#### ***Закисление пресных вод***

Закиснение пресных вод - это потеря ими способности к нейтрализации. Закисление, как правило, вызывают сильные кислоты такие, как серная и азотная. На протяжении длительного периода более важную роль играют сульфаты, но во время эпизодических явлений (таяние снега) сульфаты и нитраты действуют совместно. Процесс закисления водоемов можно условно разделить на 3 фазы:

1. Убыль ионов гидрокарбоната, т.е. уменьшение способности к нейтрализации при неизменяющемся значении рН.

2. Снижение рН при уменьшении количества ионов гидрокарбоната до значения рН ниже 5,5. Наиболее чувствительные виды живых организмов начинают погибать уже при рН 6,5.

3. При рН 4,5 кислотность раствора стабилизируется. В этих условиях она регулируется реакцией гидролиза алюминия. В такой среде способны жить только немногие виды насекомых, растительный и животный планктон, а также белые водоросли.

### **1.4. Мероприятия по снижению кислотообразующих выбросов**

Для разрешения проблемы кислотных дождей необходимо уменьшить выбросы двуокиси серы и окиси азота в атмосферу. Этого можно достичь несколькими методами, в том числе путем сокраще-

ния потребления энергии, получаемой человеком при сжигании ископаемого топлива, и увеличения количества электростанций, использующих альтернативные источники энергии (энергию солнечного света, ветра, энергию приливов и отливов). Другие возможности для уменьшения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу это:

1. Снижение содержания серы в различных видах топлива. Наиболее приемлемым решением было бы использование только тех видов топлива, которые содержат минимальные количества соединений серы. Однако, таких видов топлива очень мало. Только 20% из всех мировых запасов нефти имеют содержание серы менее 0,5%. И в будущем, к сожалению, содержание серы в используемом топливе будет увеличиваться, т.к. нефть с низкими содержаниями серы добывается ускоренными темпами. Также дело обстоит и с ископаемыми углями. Удаление серы из состава топлива – очень дорогой процесс в финансовом плане, к тому же удастся вывести из состава топлива не более 50% соединений серы, что является недостаточным количеством.

2. Применение высоких труб. Данный метод не уменьшает воздействия на окружающую среду, но увеличивает эффективность перемешивания загрязняющих веществ в более высоких слоях атмосферы, что приводит к выпадению кислотных осадков на более удаленных территориях от источника загрязнения. Этот метод уменьшает воздействие загрязнений на местные экосистемы, но увеличивает опасность кислотных дождей в более удаленных регионах. Кроме того, данный метод является очень безнравственным, т. к. страна, в которой происходят эти выбросы, переносит часть последствий на другие государства.

3. Технологические изменения. Количество оксидов азота  $\text{NO}_x$ , которое образуется при горении, зависит от температуры процесса. Чем ниже температура горения, тем меньше возникает оксида азота, к тому же, количество  $\text{NO}_x$  зависит от времени нахождения топлива в зоне горения с избытком воздуха. Таким образом, соответствующие изменения технологий могут сократить количество выбросов. Сокращение выбросов двуокиси серы можно получить в результате очистки конечных газов от серы.

4. Известкование. Для уменьшения закисления озер и почв в них добавляют щелочные вещества ( $\text{CaCO}_3$ ). Данная операция очень

часто применяется в скандинавских странах, где известь распыляют с вертолетов на почву или на водосборную территорию.

## 2. ВОДОРОДНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ

### 2.1 Факторы формирования рН

Содержание водородных ионов в природных водах в основном определяется количественным соотношением концентраций угольной кислоты и ее ионов. В воде угольная кислота диссоциирует:



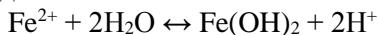
поэтому воды, содержащие большое количество растворенной двуокиси углерода, имеют кислую реакцию. При диссоциации гидрокарбонатов кальция и магния  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  и  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  также образуются ионы  $\text{HCO}_3^-$ . Увеличение их концентрации ведет к увеличению рН вследствие гидролиза



Для поверхностных вод, содержащих небольшие количества двуокиси углерода, характерна щелочная реакция. Изменения величины рН тесно связаны с процессами фотосинтеза (из-за потребления  $\text{CO}_2$  водной растительностью) и распада органических веществ.

Источником ионов водорода являются также гумусовые кислоты, присутствующие в кислых почвах, перегное и болотных водах.

Гидролиз солей тяжелых металлов имеет значение в тех случаях, когда в воду попадает значительное количество сульфатов железа, алюминия, меди и других металлов. В результате гидролиза выделяются ионы водорода.



Этот процесс характерен для вод шахт и рудников.

В фузарольных водах, связанных с вулканической активностью, величина рН бывает очень низкой из-за присутствия свободных сильных кислот. Сильные кислоты и основания могут содержаться в больших количествах в сточных водах промышленных предприятий.

### 2.2 Величина рН в поверхностных водах

В зависимости от уровня рН воды можно условно разделить на несколько групп (таблица 4.1):

Таблица 4.1 – Классификация вод по показателю рН

Воды	Величина рН
сильнокислые воды	< 3
кислые воды	3 - 5
слабокислые воды	5 - 6.5
нейтральные воды	6.5 - 7.5
слабощелочные воды	7.5 - 8.5
щелочные воды	8.5 - 9.5
сильнощелочные воды	> 9.5

Величина концентрации ионов водорода (рН) в речных водах обычно колеблется в пределах 6,5 – 8,5, атмосферных осадках 4,6 – 6,1, болотах 5,5 – 6, океане 7,9 – 8,3 рН. рН воды шахт и рудников достигает иногда единицы, а содовых озер и термальных источников десяти. Концентрация ионов водорода подвержена сезонным колебаниям. Зимой величина рН для большинства речных вод составляет 6,8 – 7,4, летом 7,4 – 8,2.

### 2.3 Свойства, цели наблюдения

рН воды – один из важнейших показателей качества вод. 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. В зависимости от величины рН может изменяться скорость протекания химических реакций, степень коррозионной агрессивности воды, токсичность загрязняющих веществ и т.д.

Контроль за уровнем рН особенно важен на всех стадиях водоочистки, так как его изменение в ту или иную сторону может не только существенно сказаться на запахе, привкусе и внешнем виде воды, но и повлиять на эффективность водоочистных мероприятий. Оптимальная требуемая величина рН варьируется для различных систем водоочистки в соответствии с составом воды, характером материалов, применяемых в системе распределения, а также в зависимости от применяемых методов водообработки.

Обычно уровень рН находится в пределах, при которых он непосредственно не влияет на потребительские качества воды. Так, в речных водах рН обычно находится в пределах 6.5 – 8.5, в атмосферных осадках 4.6 – 6.1, в болотах 5.5 – 6.0, в морских водах 7.9 – 8.3. Поэтому Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) не предлагает какой-либо рекомендуемой по медицинским показателям величины для рН. Вместе с тем известно, что при низком рН вода обладает высокой коррозионной активностью, а при высоких уровнях ( $\text{pH} > 11$ ) вода приобретает характерную мылкость, неприятный запах, а также способна вызывать раздражение глаз и кожи. Именно поэтому для питьевой и хозяйственно-бытовой воды оптимальным считается уровень рН в диапазоне от 6 до 9.

#### **2.4 Влияние рН на организмы-гидробионты**

Разнообразие организмов-гидробионтов, освоивших области обитания водной среды жизни, очень велико. Большинство организмов не выносят колебаний величины рН. Обмен веществ у них осуществляется лишь в среде со строго определенным режимом кислотности-щелочности.

Уровень рН пресных природных вод редко бывает теоретически нейтральным, т.е. равным 7. Чаще всего рН чистой воды колеблется от 6,9 до 5,6. В природе приведённое выше равновесие в чистом виде не существует, т.к. на природные воды действуют многочисленные факторы: температура, давление, содержание в атмосфере кислорода, аммиака, диоксида и триоксида серы, азота, состав пород, по которым протекает река или расположено озеро. рН сравнительно легко измерить, поэтому его изучили во многих водных местообитаниях. Если рН не приближается к крайнему значению (от 6,5 до 8,5), то сообщества способны компенсировать изменения этого фактора.

Толерантность сообщества к диапазону рН, встречающемуся в природе, весьма значительна. Так как изменение рН пропорционально изменению количества  $\text{CO}_2$ , то рН может служить индикатором скорости общего метаболизма сообщества (фотосинтеза и дыхания). В воде с низким рН содержится мало биогенных элементов, в связи с чем продуктивность здесь мала. рН сказывается и на распределении водных организмов.



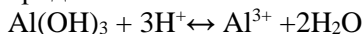
Водные растения лучше всего растут в воде со значениями рН между 7 и 9,2. С увеличением кислотности (показатели рН удаляются влево от точки отсчета 7) водные растения начинают погибать, лишая других живых обитателей водоема пищи. Растения, растущие в воде с рН ниже 7,5 – *Isoetes* и *Sparganium*, от 7,7 до 8,8 – *Potamogeton* и *Elodea canadensis*, от 8,4 до 9,0 – *Typha angustifolia*. Развитие сфагновых мхов стимулируют кислые воды торфяников, в которых очень редки моллюски, ввиду отсутствия извести, зато часто встречаются личинки двукрылых из рода *Chaoborus*. При кислотности ниже 6 погибают пресноводные креветки.

Когда кислотность повышается до 5,5, погибают донные бактерии, которые разлагают органические вещества и листья, и органический мусор начинает скапливаться на дне. Затем гибнет зоопланктон - крошечные животные, которые составляют основу пищевой цепи водоема и питаются веществами, образующимися при разложении бактериями органических веществ.

Рыбы обитают в пределах рН от 5,0 до 9,0, но некоторые виды способны приспосабливаться к значению рН до 3, 7. В таблице 4.2 указаны основные величины рН для пресноводных рыб Европы.

При рН > 10 вода губельна для всех рыб. Максимальная продуктивность вод приходится на рН между 6,5 и 8,5. Особенно чувствительны к изменению рН среды икра рыб и мальки.

Кроме того, при повышении кислотности воды в ней быстро нарастает содержание алюминия за счет взаимодействия гидроксида алюминия придонных пород с кислотой:



Даже небольшая концентрация ионов алюминия (0,2 мг/л) смертельна для рыб. В то же время фосфаты, обеспечивающие развитие фитопланктона и другой водной растительности, соединяясь с алюминием, становятся малодоступными этим организмам.

Повышение кислотности приводит также к появлению в воде высокотоксичных ионов тяжелых металлов - кадмия, свинца и других, которые прежде входили в состав нерастворимых в воде соединений и не представляли угрозы живым организмам.

Таблица 4.2 - Значения рН для пресноводных рыб Европы

рН	Характер воздействия на пресноводных рыб
3,0 - 3,5	Гибельно для рыб; выживают некоторые растения и беспозвоночные
3,5 - 4,0	Гибельно для лососевых рыб; плотва, окунь, щука могут выжить после акклиматизации
4,0 - 4,5	Гибельно для многих рыб, размножается только щука
4,5 - 5,0	Опасно для икры лососевых рыб
5,0 - 9,0	Область, пригодная для жизни
9,0 - 9,5	Опасно для окуня и лососевых рыб в случае длительного воздействия
9,5 - 10,0	Вредно для развития некоторых видов, гибельно для лососевых при большой продолжительности воздействия
10,0 - 10,5	Переносится плотвой в течение очень короткого времени
10,5 - 11,5	Смертельно для всех рыб

## 2.5 Методы определения и способы выражения концентраций

Произведение концентраций водородных и гидроксильных ионов в химически чистой воде является постоянной величиной, равной  $10^{-14}$  при  $25^{\circ}\text{C}$ . Оно остается неизменным и в присутствии веществ, диссоциирующих на водородные или гидроксильные ионы.

В чистой воде концентрации этих ионов равны  $10^{-7}$  мг-экв/л, что соответствует нейтральному состоянию раствора. В кислых же растворах  $[\text{H}^+] > 10^{-7}$  мг-экв/л, а в щелочных  $[\text{H}^+] < 10^{-7}$  мг-экв/л.

Для удобства выражения содержания водородных ионов была введена величина, представляющая собой логарифм их концентрации, взятый с обратным знаком. Эта величина называется водородным показателем и обозначается рН

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}, \text{pH} = -\lg[\text{H}^+].$$

Если учесть, что свойства растворов зависят от активностей находящихся в них ионов, то

$$\text{pH}_a = -\lg a_{\text{H}^+},$$

где  $a_{\text{H}^+}$  — активность ионов водорода.

В разбавленных растворах значения концентрации и активности совпадают и только при высокой минерализации могут быть значительные расхождения.

Методы определения рН могут быть различными. Для этой цели широко используются индикаторы, более точные определения рН производятся потенциометрическим и колориметрическим методами.

*Индикаторы*– вещества, которые меняют свою окраску в той или иной области значений рН. Например, метиловый оранжевый меняет окраску от красной к желтой при рН от 3,1 до 4,4; фенолфталеин от бесцветной к малиновой при рН от 8,3 до 9,8. Изменение окраски индикаторов в зависимости от рН представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 Зависимость между рН и окраской различных индикаторов.

Индикатор	Интервал перехода рН	Окраска	
		в кислой среде	в щелочной среде
Лакмус	5,0 – 8,0	Красная	синяя
Метиловый оранжевый	3,0 – 4,4	Розовая	жёлтая
Фенолфталеин	8,2 – 9,8	Бесцветная	пурпурная

Прибавляя тот или иной индикатор к испытуемому раствору, можно с помощью эталонных растворов с тем же индикатором и известным рН установить рН исследуемого раствора путем сравнения окрасок обоих растворов.

Универсальный индикатор представляет собой смесь индикаторов с зонами перехода, последовательно охватывающими широкую область рН от кислых до щелочных значений, от 1 до 10.

*Колориметрический метод* отличается большой простотой, он недостаточно точен, требуя введения солевых и температурных поправок, дает значительную погрешность при очень малой минерализации исследуемой воды (менее 30 мг/л) и при определении рН окрашенных и мутных вод. Метод нельзя применять для вод, содержащих

сильные окислители или восстановители. Используется обычно в экспедиционных условиях и для ориентировочных определений.

*Потенциометрический метод* со стеклянным индикаторным электродом намного точнее, лишен в значительной мере всех вышеперечисленных недостатков, но требует оборудования лабораторий специальными приборами (рН-метрами), соответствующими источниками тока.

В настоящее время выпускаются рН-метры, работающие от сухих элементов или аккумуляторов. Это позволяет их использовать не только в лабораториях, но и в полевых условиях.

Кроме стеклянного электрода, для определения величины рН применяются также водородный, хингидронный, сурьмяный и другие электроды. Однако широкого распространения в гидрохимических исследованиях они не получили.

Схема измерения величины рН раствора показана на рисунке 4.1.

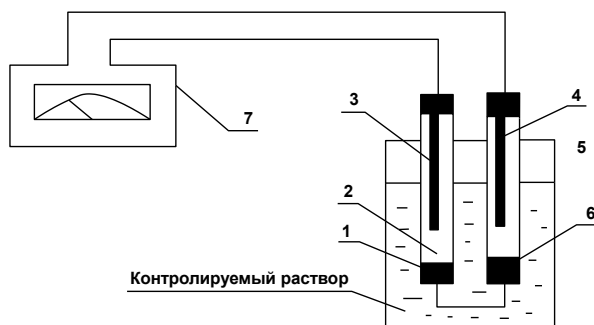


Рис. 4.1 Схема измерения величины рН раствора:

1-полюй шарик из электродного (литиевого) стекла; 2-стеклянный электрод; 3-внутренний контактный электрод; 4-вспомогательный электрод; 5-электролитический ключ; 6-пористая перегородка; 7-рН-метр рН-673.

При погружении электрода в раствор между поверхностью шарика стеклянного электрода и раствором происходит обмен ионами, в результате которого ионы лития в поверхностных слоях замеща-

ются ионами  $H^+$  и стеклянный электрод приобретает свойства водородного электрода. Между поверхностью стекла и контрольным раствором возникает разность потенциалов, величина которой определяется концентрацией ионов  $H^+$  в растворе и температурой раствора.

В настоящее время выпускаются рН-метры, работающие от сухих элементов или аккумуляторов. Это позволяет использовать их не только в лабораториях, но и в полевых условиях.

Кроме стеклянного электрода, для определения величины рН применяются также водородный, хингидронный, сурьмяный и другие электроды. Однако широкого распространения в гидрохимических исследованиях они не получили.

### **3. ХОД РАБОТЫ**

Для проведения исследования необходимо:

1. Провести измерение рН пробы воды одного из поверхностных водоёма предложенными способами.

2. Провести измерение рН пробы кислотного осадка предложенными способами.

3. Смоделировать ситуацию кислотного дождя и попадания его в исследуемый водоём. Для этого в коническую колбу прилить 100 мл пробы исследуемого водоёма. Затем в колбу добавить 1 мл пробы кислотного осадка. Полученную пробу перемешать. Провести измерение рН пробы воды после выпадения кислотного дождя.

#### **3.1. Определение рН при помощи индикаторов**

Определите окраску индикаторов в пробах воды. Для этого налейте в пробирки по 1мл растворов и добавьте в каждую пробирку 1-2 капли фенолфталеина.

Опыт повторите с использованием индикатора метилового оранжевого.

Используя данные таблицы 4.3, определите рН исследуемой пробы воды. Полученные результаты запишите в таблицу 4.4.

#### **3.2. Определение рН раствора с помощью универсальной индикаторной бумаги**

Для приближенного определения рН раствора пользуются универсальной индикаторной бумагой, или универсальными индикаторами, представляющими собой смесь нескольких индикаторов с различными областями перехода. По прилагаемой к универсальной индикаторной бумаге цветной шкале устанавливают, при каких значениях рН индикаторная бумага окрашивается в тот или иной цвет.

Стеклянной палочкой (или пипеткой) нанесите 2-3 капли исследуемого раствора на универсальную индикаторную бумагу, сравните окраску еще сырого пятна с цветной шкалой. Результаты наблюдений внесите в таблицу 4.4.

### 3.3. Потенциометрическое определение рН

Метод предназначен для определения содержания ионов водорода в широком диапазоне рН (от 0 до 14) и температур (от 0 до 100°С).

Прежде, чем приступить к выполнению работы, необходимо включить в сеть рН-метр и прогреть его в течение 15-20 мин.

В высокий стеклянный стакан приливают 100 мл пробы. В пробу опускают систему электродов таким образом, чтобы шарик стеклянного электрода полностью находился под водой (в качестве индикаторного электрода служит стеклянный, а электродом сравнения - хлорсеребряный).

Для измерения рН раствора на панели рН-метра включают кнопки: «анионит» и «Рх» в левом ряду кнопок и кнопку шкалы в интервале рН от - 1 до 19 в правом ряду. Значение рН раствора определяют по положению стрелки на шкале.

Перед каждым погружением в контрольный раствор электроды надо тщательно промыть дистиллированной водой и удалить с поверхности избыток воды фильтровальной бумагой.

Отсчет величины рН по шкале прибора следует производить после того, как показания примут установившееся значение.

Результаты наблюдений внесите в таблицу 4.4.

Таблица 4.4 Результаты измерений

№ измерения	Метиловый оранжевый		Фенолфталеин		Универсальный индикатор		рН по показанию
	окраска	рН	окраска	рН	окраска	рН	

							рН-метра
<i>Проба воды из водоема</i>							
1							
<i>Вывод</i>							
<i>Проба дождя</i>							
2							
<i>Вывод</i>							
<i>Проба после выпадения дождя</i>							
3							
<i>Вывод</i>							

По окончании замеров сделать общий вывод о влиянии кислотных осадков на кислотность водоёма, а также о качестве исследованного водоёма для гидробионтов до и после выпадения кислотного дождя на основе показателя рН.

### **СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА**

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Общие сведения.
4. Результаты измерения рН проб воды в виде таблицы 4.4.
5. Вывод.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Что такое кислотные осадки? Причины возникновения кислотных осадков.
2. Перечислите мероприятия по снижению кислотосодержащих выбросов.
3. Что такое «водородный показатель»?
4. Какими методами можно определить величину рН?
5. Как влияет изменение рН на организмы-гидробионты?

## Лабораторная работа № 5

### УЧЕБНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ИМИТАЦИОННАЯ ИГРА «ОЗЕРО»

#### **Цель работы:**

1. Усвоить закономерности, лежащие в основе водного баланса, превращений и деструкции веществ, насыщения воды кислородом, влияния метеоусловий на экологические процессы;

2. Научиться оптимальному планированию нескольких взаимосвязанных параметров управления в условиях ограничения суммарной стоимости расходов.

#### **1. Общие сведения**

Лабораторная работа "ОЗЕРО" способствует закреплению и развитию теоретических знаний о физико-химических процессах, протекающих в водных экосистемах в условиях многофакторного воздействия на них.

Студент выполняет функции диспетчера по управлению экологической системой "ОЗЕРО". Работа предполагает определённый уровень знаний в области закономерностей, лежащих в основе водного баланса, превращения и деструкции органических веществ, влияния метеоусловий на состояние водной экосистемы.

#### **2. Описание экологической системы**

Моделируемая в процессе выполнения лабораторной работы управляемая экологическая система "ОЗЕРО" включает в себя:

1. водоем, расположенный в городской черте;

2. прибрежные предприятия: завод, фабрика, база, ботанический сад;

3. станции ежедневного взятия проб воды;

4. гидрометеослужбу;

5. службу управления качеством воды: аэраторы (приборы, насыщающие воду кислородом), станции подкачки и сброса воды;

6. финансирующий орган.

Основные элементы системы:



1) Водоем 200 м на 300 м, условно разделенный на три зоны одинаковой площади 200 м на 100 м - промышленную, среднюю и культурную (со средними глубинами 5м, 10м и 5м соответственно). Нормальным считается уровень воды в озере 9.8 - 10.2 м.

2) Прибрежные предприятия промышленной зоны: завод, фабрика, база - используют воду озера для своих технологических процессов, загрязняя ее органическими и неорганическими веществами. Объем забираемой из озера воды равен объему сбрасываемой воды. Концентрации органических и неорганических веществ в сбрасываемой воде не являются постоянными в ходе выполнения работы. Ботанический сад, расположенный в культурной зоне, безвозвратно забирает воду из водоёма для полива растений в сухую жаркую погоду.

Для водоёма установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) в мг/л для контролируемых экологических параметров: кислорода, органики и неорганики для каждой зоны. В таблице 5.1 представлены ПДК для каждой контролируемой зоны, причем ПДК по кислороду определяет нижнюю границу, ПДК по органике и неорганике – верхнюю границу.

Таблица 5.1 Предельно допустимые концентрации

Контролируемый параметр	Промышленная зона	Средняя зона	Культурная зона
Кислород, мг/л	2	4	6
Органика, мг/л	60	40	25
Неорганика, мг/л	350	300	220

3) Станции ежедневного взятия проб воды. Две из них стационарные - в промышленной и средней зоне, одна передвижная для взятия проб воды при необходимости в культурной зоне.

4) Гидрометеослужба – представляет метеопрогноз на ближайшие 10 дней: температура воздуха и воды, осадки, давление и сила ветра.

5) Служба управления качеством воды. Осуществляет подкачку чистой воды в промышленную зону, сброс воды из культурной зоны, искусственную аэрацию воды. Интенсивность искусственной аэрации задается интенсивностью работы аэраторов. Аэратор А1

расположен в средней зоне, а аэратор А2 - в промышленной. Интенсивность работы аэраторов измеряется в мг/л и обозначает на сколько можно поднять аэрацию воды без учета других факторов поступления и расходования кислорода. Следует иметь в виду, что искусственная аэрация не может создать концентрацию кислорода выше предельного насыщения, которая зависит от температуры воздуха/воды и атмосферного давления.

В части водного баланса следует учитывать, что промышленные предприятия осуществляют забор и сброс воды в одинаковом объеме, а ботанический сад потребляет воду безвозвратно. Станции перекачки воды переводятся автоматически на режим подъема уровня ( $P = 5000, S=0$ ) или его снижение ( $P = 0, S = 5000$ ) на одни сутки, если уровень воды выходит за пределы допустимых норм.

Чтобы управлять уровнем воды, следует учитывать баланс воды:

$$B = Wg - Wu - Wc + (P - S),$$

где

$Wg$  - приход воды в озеро за счет дождей;

$P$  - приход воды в озеро за счет перекачки;

$Wu$  - расход за счет испарения;

$Wc$  - расход за счет забора воды ботаническим садом;

$S$  - расход за счет сброса.

б) Финансирующий орган. Для управления экосистемой озера на 2 месяца выделяется 300 рублей. Эти деньги расходуются на перекачку воды (0,5 руб. за каждые 1000 куб. м) и на искусственную аэрацию (0,25 руб. за повышение концентрации кислорода в одной зоне на 1 мг/л за сутки).

Как только выделенная сумма будет израсходована, то оборудование, регулирующее экологическое качество воды, отключается, и в оставшиеся дни экологическая система будет развиваться без возможности управления со стороны диспетчера.

### **3. Процесс управления водной системой «ОЗЕРО»**

Для того чтобы войти в зону "меню", необходимо нажать на клавишу ESC.

Меню состоит из пяти режимов: Помощь, Управление, Состояние, Работа, Прогноз. Чтобы войти в один из этих режимов, следует подвести курсор к одному из этих названий с помощью клавиш => и <= на клавиатуре.

После установки курсора в нужное поле зоны "меню" для входа в тот или иной режим управления экосистемой необходимо нажать клавишу «ENTER». Для выхода из любого режима нажимают на клавишу «ESC».

3.1. Режим "ПОМОЩЬ" предназначен для выдачи справочной информации по экологической системе "ОЗЕРО" и клавиш управления.

К режиму "Помощь" следует обращаться до начала игры, а затем во время игры - если в этом возникает необходимость.

3.2. Режим "УПРАВЛЕНИЕ" предназначен для задания управляющих параметров:

- сброс воды S: 0 - 5000;
- подкачка воды P: 0 - 5000;
- аэрация A1: 0 - 10;
- аэрация A2: 0 - 10;
- количество суток T: 3 - 10.

Для задания параметров используются следующие клавиши: «стрелка вверх», «стрелка вниз» - для перехода к тому или иному параметру;

- «PgUp» - для увеличения шага изменения параметра в 10 раз;
- «PgDn» - для уменьшения шага изменения параметра в 10 раз;
- => - для увеличения значения параметра на величину шага;
- <= - для уменьшения значения параметра на величину шага.

3.3. Режим "СОСТОЯНИЕ" - предназначен для вывода на экран информации о текущем состоянии экосистемы.

3.4. Режим "РАБОТА" - предназначен для запуска программы на счет с использованием заданных параметров управления.

3.5. Режим "ПРОГНОЗ" - предназначен для вывода на экран прогноза погоды на текущую декаду и режима деятельности предприятий.

3.6. Выход из режима. Для выхода из любого режима необходимо нажать на клавишу «ESC».

#### **4.Ход выполнения работы**

Обычный игровой цикл состоит из последовательных обращений к режимам меню в следующем порядке: Состояние - Прогноз - Управление - Работа.

Общая задача состоит в том, чтобы в течение июня вывести управляемые параметры водоёма на уровень ПДК во всех, а затем в течение июля поддерживать качество воды в озере на достигнутом уровне ПДК.

В начале каждого игрового цикла следует проанализировать концентрации кислорода, органики, неорганики, получив все сведения с помощью режима "Состояние".

Затем необходимо оценить прогноз погоды и прогноз деятельности предприятий (режим "Прогноз").

На основании проведенного анализа студент устанавливает параметры управления - величины P, S, A1, A2, а также T - количество суток очередного цикла. Эти величины задаются в режиме меню "Управление". Ввод параметров управления осуществляется согласно пункта 3.2.

После ввода всех пяти параметров вызывается режим меню "Работа", в котором экологическая ситуация развивается в течение заданного числа суток T. За увеличением или уменьшением концентраций контролируемых параметров можно следить по графикам на экране дисплея.

После завершения очередного цикла управления оценивается состояние водной экосистемы «Озеро». Выбор значений параметров управления на следующий цикл определяется по данным меню «Прогноз».

Для выбора условий управления водоёмом «Озеро» следует учитывать следующие факторы:

- Прибрежные предприятия, забирая из водоёма воду, обогащенную кислородом, и сбрасывая в водоём воду без кислорода, уменьшают концентрацию кислорода в воде.
- Растворенный в воде кислород расходуется на разложение органических веществ: чем больше в воде органики и выше температура воды, тем больше расходуется кислорода на ее разложение.

- Вода насыщается кислородом за счет естественной и искусственной аэрации, а также за счет дождевой воды и подкачиваемой чистой воды.

- Концентрация кислорода в воде в процессе естественной аэрации увеличивается при высокой интенсивности ветра, повышении атмосферного давления (более 760 мм ртутного столба), понижении температуры воды менее 20 °С, выпадении атмосферных осадков.

- Концентрация неорганических веществ повышается в процессе сброса сточных вод промышленными предприятиями и разложении органических веществ. 4% неорганических веществ выпадает на дно водоёма, остальное необходимо удалять проточностью.

- Концентрация органических веществ растет за счет сброса сточных вод промышленными предприятиями, снижается в процессе окисления кислородом. Скорость разложения органических веществ прямо пропорционально концентрации кислорода и температуре воды. Уменьшению концентрации органических веществ способствует проточность.

- Уровень воды, проточность в водоёме контролируются станциями подкачки и сброса воды. Подкачка и сброс воды создают в «Озере» течение от промышленной зоны через среднюю зону в культурную. В результате концентрация кислорода в промышленной зоне повышается за счет подкачки чистой воды. В средней зоне увеличенные концентрации кислорода повышается за счет аэрации.

## **5. Оценка действий**

В течение июня контролируемые параметры должны быть выведены на уровень ПДК. В этот период времени за параметры, не соответствующие ПДК, штрафные баллы не начисляются.

С июля начисляются штрафные баллы - по одному за каждый день, если контролируемые параметры не соответствуют ПДК.

Итоговая оценка выставляется по количеству набранных штрафных баллов. Итоговыми могут быть следующие оценки:

- "Отлично" - нет штрафных баллов.
- "Хорошо" - штрафных баллов не более 10.
- "Удовлетворительно" - штрафных баллов от 11 до 15.

– «Неудовлетворительно» - штрафных баллов 16, отстранение от должности диспетчера.

## 6. Требования к оформлению отчета

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Общие сведения.
4. Управление и изменение контролируемых параметров водоёма.
5. Вывод к работе должен быть представлен в виде графического отображения изменения контролируемых параметров (концентрации) по трём зонам в течение июня-июля.

Таблица 5.2 Управление и изменение контролируемых параметров водоёма

Дата	Работа оборудования				Концентрация веществ, мг/л									
	Р, м <sup>3</sup>	S, м <sup>3</sup>	A1, мг/л	A2, мг/л	Промышлен- ная зона			Средняя зона			Культурная зона			
					Орг.	Неорг.	O <sub>2</sub>	Орг.	Неорг.	O <sub>2</sub>	Орг.	Неорг.	O <sub>2</sub>	
1.06														

## Контрольные вопросы

1. Назначение оборудования, регулирующего качество воды в озере.
2. Зависимость концентрации кислорода от метеоусловий.
3. От чего зависит концентрация неорганических веществ в водоёме?
4. От чего зависит концентрация органических веществ в водоёме?

## Лабораторная работа № 6

### ИЗУЧЕНИЕ МОДЕЛИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРИБРЕЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИМИТАЦИОННОЙ ИГРЫ COMPAS

**Цель работы**– усвоить закономерности, лежащие в основе концепции устойчивого развития общества, обеспечить устойчивое развитие моделируемого региона, поддержание экологической ситуации региона в удовлетворительном состоянии, сохранение природных ресурсов региона, высоких экономических и социальных показателей развития.

#### Введение

Концепция устойчивого развития стала руководящим принципом для долгосрочного глобального развития общества. Устойчивое развитие предполагает достижение трех основополагающих целей: экономического и социального прогресса и охраны окружающей среды.



**Устойчивое развитие** — это развитие, при котором удовлетворение потребностей нынешних поколений осуществляется без ущерба для возможностей будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности. Эта базовая формулировка впервые появилась в 1987 году в докладе «Наше общее будущее».

### **Принципы управления прибрежными территориями**

Устойчивое развитие прибрежных территорий — это комплекс мер, нацеленных на организацию хозяйственной деятельности в соответствии с принципами устойчивого развития и последующего комплексного управления ими. В качестве основного индикатора устойчивого развития используют оптимальные нагрузки, обусловленные природно-экологическими, демографическими и антропогенными факторами.

Благодаря своим природным ресурсам прибрежные зоны сегодня являются одним из самых населенных и эксплуатируемых территорий на земле. На таких территориях наиболее активно осуществляется хозяйственная деятельность, так как прибрежные зоны обладают особой привлекательностью для человека. Преимущества прибрежных зон дают возможность реализовывать на данных территориях разнообразную экономическую деятельность, а также определяют их потенциал развития. Однако активная экономическая деятельность в прибрежных районах, в большинстве случаев, способствует деградации окружающей среды и приводит к истощению природных ресурсов, а как следствие, может вызвать потерю способности к устойчивому развитию прибрежных территорий. В этой связи, именно на таких территориях наиболее остро встают вопросы охраны окружающей среды, так как в результате деятельности человека увеличивается антропогенная нагрузка на прибрежные территории.

*Прибрежная зона*— это зона контакта суши с морем, включая природные комплексы – как берега, так и прилежащую морскую акваторию в границах, позволяющих обеспечить экологически сбалансированное развитие прибрежных территорий, сохранение прибрежных и морских ландшафтов и экосистем от загрязнения и уничтожения, – территория с режимом ограниченной и регулируемой хозяйственной и иной деятельности.



*Комплексное управление прибрежными зонами (КУПЗ)* определяется как непрерывный и динамичный процесс принятия решений, направленных на устойчивое использование, развитие и сохранение прибрежных и морских зон и ресурсов. КУПЗ исходит из взаимосвязанности видов прибрежного (морского) природопользования и окружающей среды, на которую они потенциально воздействуют, и предназначено преодолеть фрагментарность, присущую отраслевому подходу к управлению. КУПЗ имеет многоцелевую ориентацию, оно анализирует участие сторон в развитии побережий, конфликтное использование ресурсов, взаимосвязь природных процессов и человеческой деятельности, способствует связям и межотраслевой гармонизации прибрежной и морской деятельности.

*Природопользование* – это вся система отношений, возникающая между человеком с его материально-техническими средствами и природно-ресурсной средой в процессе жизнедеятельности.

*Устойчивое природопользование* в регионе - это такая система отношений природопользования, при которой достигается длительное сохранение, либо минимальное сокращение природно-ресурсного потенциала и высокое экологическое качество окружающей среды

Рациональное природопользование предполагает принятие адекватных решений на основе всестороннего учета основных социально-экономических, физико-географических и биологических процессов и закономерностей, определяющих состояние, функционирование и динамику изменений природных экосистем при эксплуатации природных ресурсов суши и моря. Важнейшие характеристики структуры и состояния естественных экосистем объединяют комплекс природных абиотических факторов, биотических компонент, антропогенных воздействий и качества окружающей среды в целом.

Комиссией ООН по устойчивому развитию территорий был предложен проект из 134 индикаторов, разделенных по секторам:

А) *Группа социальных индикаторов*: борьба с бедностью; демографическая динамика и устойчивость; улучшение образования, осведомленности и воспитания общества; защита и улучшение здоровья людей; улучшение развития населенных мест.

Б) *Группа экономических индикаторов*: международная кооперация для ускорения устойчивого развития и связанная с этим местная политика; изменение характеристик потребления; финансовые ресурсы и механизмы; передача экологически щадящих технологий, сотрудничество и создание потенциала.

В) *Группа экологических индикаторов*: сохранение качества водных ресурсов и снабжения ими; защита океанов, морей и прибрежных территорий; комплексный подход к планированию и рациональному использованию земельных ресурсов; рациональное управление уязвимыми экосистемами, борьба с опустыниванием и засухами; содействие ведению устойчивого сельского хозяйства и развитию сельских районов; борьба за сохранение лесов; сохранение биологического разнообразия; экологически безопасное использование биотехнологий; защита атмосферы; экологически безопасное управление твердыми отходами и сточными водами; экологически безопасное управление токсичными химикатами; экологически безопасное управление опасными отходами; экологически безопасное управление радиоактивными отходами.

### **Общие сведения**

Лабораторная работа «CoMPAS» знакомит студентов с понятием устойчивого развития береговой зоны и с принципами устойчивого управления социально-экономическим развитием этой территории и акватории, способствует закреплению теоретических знаний о взаимодействии трех основополагающих целей концепции устойчивого развития общества.

Студент выполняет роль главы администрации прибрежного региона с очень широкими полномочиями по принятию решений в бюджетной сфере. Для региона, которым он будет управлять, характерен набор видов хозяйственной деятельности, обычно присущий подобным регионам. Все эти виды деятельности в большей или меньшей степени используют природные ресурсы региона, своеобразие которых обусловлено его главным экосистемным ресурсом - зоной контакта воды и суши.

### **Описание компьютерной модели**

CoMPAS - простая компьютерная имитационная игра, моделирующая процессы управления прибрежным регионом.

Компьютерная модель рассчитана на одного участника и предназначена для приобретения практических навыков для специалистов, сталкивающихся в своей деятельности с управлением развитием побережья. Простая математическая модель, положенная в основу игры, позволяет отражать хозяйственную деятельность в прибрежном регионе, экологические и социальные последствия принимаемых участником игры решений.

Время в игре движется с шагом, равным одному году. Для получения максимального познавательного эффекта от игры необходимо оставаться на должности управляющего в течение 20 лет.

Порядок выполнения работы:

1. Запустите программу CoMPAS. Выберите язык - русский. Появится заставка с четырьмя кнопками.

2. Выберите кнопку «Справка», прочтите внимательно все инструкции к игре, после ознакомления со всеми разделами выберите кнопку в левом нижнем углу (стрелка налево) для возврата в главное меню. Затем выберите закладку «Новая игра».

3. Выберите вариант игры «Среднеморье»

4. Нажмите на нижнюю левую кнопку (стрелка направо). Игра началась, в диалоговом окне появилась схема состояния региона на начальном этапе развития.

5. Схема состоит из трех разделов:

Для начала игры нажать на галочку в правом нижнем углу «продолжить».

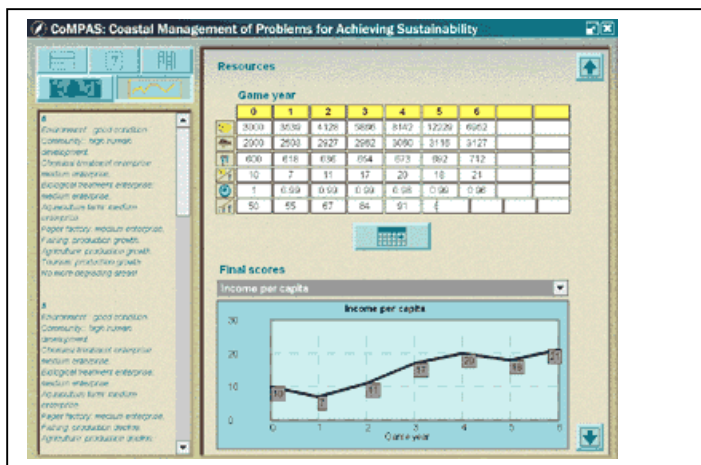
Появится карта региона в правой части окна и показатели состояния отраслей промышленности в левой части окна. Используя кнопки «плюс» «минус» распределите денежные средства по отраслям.

Нажмите «сделать ход» - условный календарный год прошел.

4. Ваша задача, используя имеющиеся ресурсы, распределять бюджет по отраслям промышленности в течение 20 лет, год за годом. Анализируя в конце года итоговые показатели, фиксируя особенности инвестиций за год.

5. По истечении 20 лет управления территории итоговые показатели должны быть не ниже чем (в случае, если показатели ниже игру переигрываете заново):

- А) Доход на душу населения - не менее чем 10
- Б) Индекс качества окружающей среды - не ниже, чем 0,75
- В) Индекс человеческого развития - не ниже, чем 75



### Структура и содержание отчета

1. Название работы
2. Цель работы
3. Общие сведения
4. Управление контролируемыми параметрами и компонентами прибрежной территории.
5. Вывод к работе должен быть представлен в виде графика итоговых показателей за период в 20 лет с указанием причин изменений показателей как в положительную, так и в отрицательную стороны.

### Контрольные вопросы

1. Что такое устойчивое развитие?
2. Дайте определение прибрежной территории.
3. Что представляет собой комплексное управление прибрежными зонами?
4. Перечислите основные показатели, которые необходимо учитывать в процессе управления прибрежными территориями.

## Лабораторная работа № 7

### ПРЯМОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ. ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕ- СКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЭНЕРГИИ – СОЛНЕЧНОЙ БАТА- РЕИ

#### **Цель работы:**

1. Изучить принцип преобразования солнечной энергии в электрическую.
2. Исследовать основные технические характеристики фотоэлектрической батареи.

#### **1. Общие сведения**

Солнце является основным источником энергии, обеспечивающим существование жизни на Земле. Вследствие реакций ядерного синтеза в активном ядре Солнца достигаются температуры до  $10^7$  К. При этом поверхность Солнца имеет температуру около 6000 К. Электромагнитным излучением солнечная энергия передается в космическом пространстве и достигает поверхности Земли. Вся поверхность Земли получает от Солнца мощность около  $1,2 \cdot 10^{17}$  Вт. Это эквивалентно тому, что менее одного часа получения этой энергии достаточно, чтобы удовлетворить энергетические нужды всего населения земного шара в течение года. Максимальная плотность потока солнечного излучения, приходящего на Землю, составляет примерно,  $1 \text{ кВт/м}^2$ . Для населенных районов в зависимости от места, времени суток и погоды потоки солнечной энергии меняются от 3 до  $30 \text{ МДж/м}^2$  в день.

В среднем для создания комфортных условий жизни требуется примерно 2 кВт энергетической мощности на человека или примерно 170 МДж энергии в день. Если принять эффективность преобразования солнечной энергии в удобную для потребления форму 10 % и поток солнечной энергии  $17 \text{ МДж/м}^2$  в день, то требуемую для одного человека энергию можно получить со  $100 \text{ м}^2$  площади земной поверхности. При средней плотности населения в городах 500 человек на  $1 \text{ км}^2$  на одного человека приходится  $2000 \text{ м}^2$  земной поверхности. Таким образом, достаточно всего 5 % этой площади, чтобы за

счет снимаемой с нее солнечной энергии удовлетворить энергетические потребности человека.

Для характеристики солнечного излучения используются следующие основные величины.

**Поток излучения** – величина, равная энергии, переносимой электромагнитными волнами за одну секунду через произвольную поверхность. Единица измерения потока излучения – Дж/с = Вт.

**Плотность потока излучения (энергетическая освещенность)** – величина, равная отношению потока излучения к площади равномерно облучаемой им поверхности. Единица измерения **плотности потока излучения** – Вт/м<sup>2</sup>.

Плотность потока излучения от Солнца, падающего на перпендикулярную ему площадку вне земной атмосферы, называется **солнечной константой**  $S$ , которая равна 1367 Вт/м<sup>2</sup>.

**Световой поток.** Световым потоком называется поток излучения, оцениваемый по его воздействию на человеческий глаз. Человеческий глаз неодинаково чувствителен к потокам света с различными длинами волн. Обычно при дневном освещении глаз наиболее чувствителен к свету с длиной волны 555 нм. Поэтому одинаковые по мощности потоки излучения, но разных длин волн вызывают разные световые ощущения у человека. Единицей измерения светового потока с точки зрения восприятия его человеческим глазом (яркости) является **люмен** (лм). Световой поток в 1 лм белого света равен  $4,6 \cdot 10^{-3}$  Вт (или 1 Вт = 217 лм).

**Освещенность** – величина, равная отношению светового потока, падающего на поверхность, к площади этой поверхности. Освещенность измеряется в **люксах** (лк). 1 лк = 1 лм/м<sup>2</sup>. Для белого света 1 лк =  $4,6 \cdot 10^{-3}$  Вт/м<sup>2</sup> (или 1 Вт/м<sup>2</sup> = 217 лк). Примеры создаваемой освещенности приведены в таблице 1.1.

Приборы, предназначенные для измерения освещенности, называются **люксметрами**.

Таблица 7.1. Освещенность, создаваемая различными источниками

Источники	Освещенность, лк	Освещенность, Вт/м <sup>2</sup>
Солнечный свет в полдень (средние широты)	100000	460

Солнечный свет зимой	10000	46
Облачное небо летом	5000–20000	23–92
Облачное небо зимой	1000–2000	4,6–9,2
Рассеянный свет в светлой комнате (вблизи окна)	100	0,46
Светильники, создающие необходимую для чтения освещенность	30–50	0,14–0,23
Полная Луна, облучающая поверхность Земли	0,2	$0,92 \cdot 10^{-3}$

В связи с большим потенциалом солнечной энергии чрезвычайно заманчивым является максимально возможное непосредственное использование ее для нужд людей.

При этом самым оптимальным представляется прямое преобразование солнечной энергии в наиболее распространенную в использовании электрическую энергию.

Это становится возможным при использовании такого физического явления, как фотоэффект.

**Фотоэффектом** называются электрические явления, происходящие при освещении вещества светом, а именно: выход электронов из металлов (**фотоэлектрическая эмиссия** или **внешний фотоэффект**), перемещение зарядов через границу раздела полупроводников с различными типами проводимости (p–n) (**вентильный фотоэффект**), изменение электрической проводимости (**фотопроводимость**).

При освещении границы раздела полупроводников с различными типами проводимости (p–n) между ними устанавливается разность потенциалов (фотоЭДС). Это явление называется **вентильным фотоэффектом**, и на его использовании основано создание фотоэлектрических преобразователей энергии (солнечных элементов и батарей).

Наиболее распространенным полупроводником, используемым для создания солнечных элементов, является кремний.

Солнечные элементы характеризуются **коэффициентом преобразования** солнечной энергии в электрическую, который представляет собой отношение максимальной электрической мощности

вырабатываемой элементом, к падающему потоку излучения. Кремниевые солнечные элементы имеют коэффициент преобразования 20–25 %.

Типичная структура солнечного элемента с p–n–переходом изображена на рисунке 1.1 и включает в себя: 1 – слой полупроводника (толщиной 0,2–1,0 мкм) с n-проводимостью; 2 – слой полупроводника (толщиной 250–400 мкм) с p-проводимостью; 3 – добавочный потенциальный барьер (толщиной 0,2 мкм); 4 – металлический контакт с тыльной стороны; 5 – соединительный проводник с лицевой поверхностью предыдущего элемента; 6 – противоотражательное покрытие; 7 – лицевой контакт; 8 – соединительный проводник к тыльному контакту следующего элемента. Характерный размер солнечного элемента 10 см.

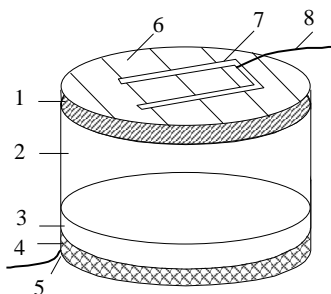


Рисунок 7.1 – Структура солнечного элемента

Солнечные элементы последовательно соединяются в солнечные модули, которые в свою очередь параллельно соединяются в солнечные батареи, как изображено на рисунке 7.2.

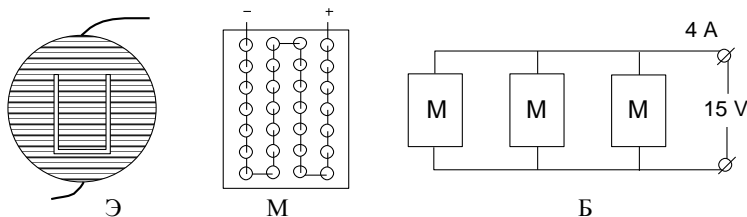


Рисунок 7.2 – Э – солнечный элемент; М – солнечный модуль; Б – солнечная батарея



В 1958 г. впервые солнечные батареи были использованы в США для энергообеспечения искусственного спутника Земли Vanguard 1. В последующем они стали неотъемлемой частью космических аппаратов.

Широко известны микрокалькуляторы, часы, радиоприемники и многие другие электронные аппараты, работающие на солнечных батареях.

Основные компоненты солнечной энергетической установки изображены на рисунке 7.3 и включают в себя: Б – солнечную батарею с приборами контроля и управления; А – аккумуляторную батарею; И – инвертор для преобразования постоянного тока солнечной батареи в переменный ток промышленных параметров, потребляемый большинством электрических устройств.

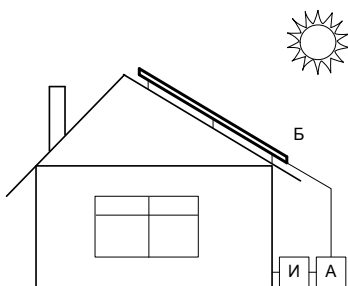


Рисунок 7.3 – Солнечная энергетическая установка

Несмотря на неравномерность суточного потока солнечного излучения и его отсутствие в ночное время, аккумуляторная батарея, накапливая вырабатываемое солнечной батареей электричество, позволяет обеспечить непрерывную работу солнечной энергетической установки.

## 2. Экспериментальная установка

Экспериментальная установка (рисунок 1.4) включает в себя: 1 – солнечный модуль, состоящий из 36-ти (9×4) солнечных элементов; 2 – амперметр и 3 – вольтметр для определения напряже-

ния и силы тока, вырабатываемых солнечным модулем; 4 – источник света, имитирующий солнечное излучение; 5 – люксметр для определения освещенности поверхности солнечного модуля; 6 – реостат, представляющий собой регулируемую нагрузку в электрической цепи.

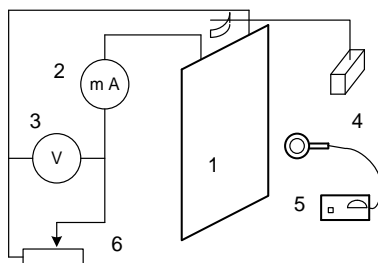


Рисунок 7.4 – Схема экспериментальной установки

### 3. Порядок выполнения работы

а). Исследование характеристик холостого хода солнечного элемента.

1. Удостовериться, что нагрузка на солнечный модуль отсоединена.

2. Измерить ширину  $a$  (м) и высоту  $b$  (м) рабочей поверхности солнечного модуля и определить ее площадь  $S = ab$ , м<sup>2</sup>.

3. Установить источник света на прямое излучение на поверхность солнечного модуля (нулевая отметка на лимбе источника).

4. Включить источник света.

5. Люксметром измерить освещенность в центре и четырех крайних точках поверхности солнечного модуля ( $E_{ц}$ ,  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_3$ ,  $E_4$ ) и определить ее среднее значение ( $E_{ср}$ ), полученные результаты занести в таблицу 1.1.

6. По показаниям вольтметра определить ЭДС, вырабатываемую солнечным модулем при положении источника света – 0 градусов по лимбу.

7. Прodelать аналогичные измерения при косом падении излучения на поверхность модуля, поворачивая источник света на 10, 20, 30, 40, 50 градусов по лимбу.

8. Определить плотность потока излучения  $E_{\text{эн}}$  (энергетическую освещенность), используя соотношения между лк и Вт/м<sup>2</sup>; для белого света  $E_{\text{эн}} = 4,6 \cdot 10^{-3} E_{\text{ср}}$ .

9. Определить поток излучения  $\Phi_{\text{изл}}$ , из определения плотности потока излучения  $E_{\text{эн}}$  следует  $\Phi_{\text{изл}} = E_{\text{эн}} S$  Вт, полученный результат занести в таблицу 7.2.

10. Построить график зависимости ЭДС солнечного модуля от плотности потока излучения, падающего на его поверхность  $E_{\text{эн}}$ .

Таблица 7.2. Результаты измерений и вычислений

Угол падения излучения, градус	$E_{\text{ц, лк}}$	$E_1, \text{ лк}$	$E_2, \text{ лк}$	$E_3, \text{ лк}$	$E_4, \text{ лк}$	$E_{\text{ср, лк}}$	ЭДС, В	$E_{\text{эн, Вт/м}^2}$
0								
10								
20								
30								
40								
50								

б). Определение вольтамперной характеристики солнечного модуля.

1. Подключить нагрузку (реостат) к цепи солнечного элемента.

2. Установить источник света на прямое излучение на поверхность солнечного модуля (нулевая отметка на лимбе источника).

3. Включить источник света. По показаниям вольтметра определить напряжение в цепи  $U$ . По показаниям амперметра определить ток в цепи  $I$ .

4. Перемещая подвижный контакт реостата, изменить сопротивление нагрузки в цепи и выполнить измерения  $U$  и  $I$ . Провести измерения 6 раз в пределах от минимального до максимального значения сопротивления нагрузки.

5. Для каждого измерения вычислить электрическую мощность в цепи  $N=I \cdot U$ .

6. Все данные занести в таблицу 1.2.

7. Построить вольтамперную характеристику (график зависимости  $I$  от  $U$ ) солнечного модуля при данной плотности потока излучения, значение которой взять из предыдущей серии измерений.

8. Отметить наибольшее значение мощности ( $N_{\max}$ ), вырабатываемой солнечным модулем и рассчитать коэффициент преобразования (см. таблицу 7.3).

Таблица 7.3. Результаты измерений и вычислений

Плотность потока излучения $E_{\text{эл}}$ , Вт/м <sup>2</sup>			
Поток излучения $\Phi_{\text{изл}}$ , Вт			
№ измерения	Напряжение $U$ , В	Ток $I$ , А	Мощность $N$ , Вт
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
Коэффициент преобразования		$\frac{N_{\max}}{\Phi_{\text{изл}}} 100\%$	

#### 4. Требования к оформлению отчета

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Общие сведения.
4. Выполнение эксперимента, расчет, заполнение таблиц, построение графиков.
5. Вывод к работе по результатам расчета.

#### Контрольные вопросы по лабораторной работе № 7

1. Цель лабораторной работы и объект исследования.
2. Основные величины, характеризующие солнечное излучение.
3. Какова температура поверхности Солнца?

4. Каким образом энергия Солнца достигает поверхности Земли?
5. Поток излучения, единицы измерения.
6. Плотность потока излучения, единицы измерения.
7. Световой поток, единицы измерения.
8. Освещенность, единицы измерения освещенности. Приборы для измерения освещенности.
9. На каком явлении основано действие фотоэлектрических преобразователей энергии?
10. Фотоэффект, виды фотоэффекта.
11. Физический смысл коэффициента преобразования солнечной энергии в электрическую.
12. Какие основные компоненты должна содержать солнечная энергетическая установка?
13. Области применения солнечных батарей.
14. Основные элементы экспериментальной установки и их назначение.
15. Методика исследования характеристики холостого хода солнечного элемента.
16. Как зависит ЭДС солнечного модуля от плотности потока излучения, падающего на его поверхность?
17. Методика определения вольтамперной характеристики солнечного модуля.

## Лабораторная работа № 8

### ОЦЕНКА СОКРАЩЕНИЯ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ПРЕДПРИЯТИЯМИ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ И АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

#### **Цель работы:**

1. Изучить влияние предприятий топливно-энергетического на окружающую среду.

2. Произвести расчет сокращения выбросов парниковых газов в атмосферу за счет применения возобновляемой и атомной энергии.

#### **1. Общие сведения**

Экологическая безопасность – одно из направлений национальной безопасности Республики Беларусь. Рост антропогенного воздействия на экологическую сферу и повышение выбросов загрязняющих веществ, как и глобальные изменения окружающей среды связанные с изменением климата, угрожают национальной безопасности Республики Беларусь.

Парниковые газы – это газы с высокой прозрачностью в видимом диапазоне и с высоким поглощением в среднем и дальнем инфракрасном диапазонах. Присутствие таких газов в атмосферах планет приводит к парниковому эффекту, то есть повышению температуры нижних слоев атмосферы планеты. Чрезмерная же концентрация парниковых газов создает угрозу увеличения темпов глобального потепления на Земле и возникновения сопутствующих негативных эффектов.

Республика Беларусь, являясь стороной Рамочной Конвенции Организации объединенных Наций об изменении климата, согласно принятым обязательствам, предпринимает действия по сокращению выбросов парниковых газов в окружающую среду. На регулярной основе публикуются кадастры антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями всех парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, в том числе выбросы по категории «Энергетика». Энергетический сектор является наиболее крупным

источником выбросов парниковых газов. За последнее десятилетие выбросы энергетического сектора составляли 64-65%, а выбросы категории 1A1 «Энергетическая промышленность» – 35-38% от суммы совокупных выбросов парниковых газов без учета сектора «Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство» (далее ЗИЗЛХ). Стоит отметить, что за период 2010-2020 год выбросы парниковых газов в энергетическом секторе страны удалось сократить на 5,4%, а выбросы энергетической промышленности – на 8,0%.

Согласно исследованию Международного агентства IRENA, наибольшее снижение выбросов парниковых газов будет происходить за счет сочетания использования возобновляемых источников энергии, электрификации секторов конечного потребления (в особенности дорожного транспорта и низкотемпературного отопления) и повышения энергоэффективности. Три эти составляющие смогут обеспечить 70-процентное сокращение выбросов парниковых газов к 2050 году и позволят стремиться к выполнению сценария SSP1-1.9 с ограничением роста температуры не выше 1,5 °C или, по крайней мере, сценария SSP1-2.6 с ограничением ниже 2 °C.

## **2. Описание Калькулятора сокращения выбросов парниковых газов**

Предложенный в работе Калькулятор сокращения выбросов парниковых газов (далее – Калькулятор) дает оценку снижения выбросов парниковых газов при использовании возобновляемых источников энергии и ядерного топлива, заменяющих традиционные горючие ископаемые виды топлива. Инструмент предполагает, что количество энергии, полученной от возобновляемых источников энергии или ядерного топлива, заменяет аналогичное количество энергии, произведенной за счет сжигания ископаемого топлива при существующей или заданной пользователем структуре топлив.

Расчеты могут проводиться для анализа производства отдельно электрической или тепловой энергии, а также их совокупности, что важно для Республики Беларусь, где имеется большая потребность в тепловой энергии и широко распространено централизованное теплоснабжение.

Имеется возможность определить сокращение выбросов на полном жизненном цикле оборудования, которые включают вы-

бросы на этапе производства оборудования, его эксплуатации и в течение процессов, происходящих после окончания срока службы оборудования (сценарий А). Для расчета данного сценария исходные данные по удельным выбросам парниковых газов для различных технологий взяты из Специального доклада о возобновляемых источниках энергии и смягчении последствий изменения климата Межправительственной группы экспертов по изменению климата. В качестве базовых значений удельных выбросов приняты медианные значения, полученные экспертами в результате анализа более чем двух тысяч источников. Базовые значения были скорректированы для особенностей производства энергии в Республике Беларусь, в частности, учтена комбинированная выработка электрической и тепловой энергии на теплоэлектроцентралях, позволяющая более эффективно использовать топливо и, как результат, производить меньше выбросов парниковых газов по сравнению с раздельной выработкой.

Альтернативный вариант расчета (Сценарий Б) базируется на национальных выбросах парниковых газов, география которых ограничена границами государства. Такой подход позволяет оценить влияние энергетического сектора на экологию страны без учета косвенных выбросов, произведенных при, например, производстве либо доставке оборудования, а также принимать во внимание фактически производимые выбросы, которые могут несколько отличаться от медианных мировых значений. В данном сценарии применяются национальные коэффициенты выбросов парниковых газов. В значении коэффициента уже учтена структура энергетического баланса, что упрощает их применение. Важно отметить, что расчет по Сценарию Б без соответствующей корректировки национальных коэффициентов возможен только для Республики Беларусь и только для случая централизованного электро- и теплоснабжения в базовом варианте.

В качестве исходных данных для расчета по Сценарию А в Калькулятор должны быть введены объемы производства электрической и/или тепловой энергии, полученной за счет всех имеющихся источников энергии. Дополнительно может быть установлен удельный расход топлива на отпуск электрической и тепловой энергии, иначе используются значения, установленные по умолчанию и соответствующие рекомендациям Департамента по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Республики Бела-



реть по проведению расчетов в 2023 году. Колебания удельных расходов топлива от средних значений за последние пять лет не превышает 2,5%, в связи с чем допускается не прибегать к дополнительной корректировке данных показателей (рисунок 2.1).

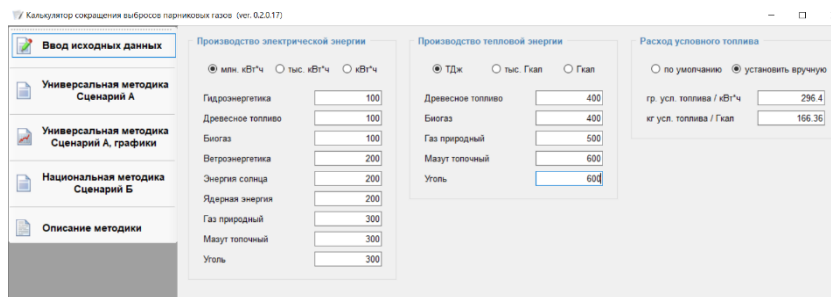


Рисунок 8.1 – Окно ввода данных калькулятора, Сценарий А

Для расчета по сценарию Б необходим ввод только объемов энергии, произведенной за счет возобновляемых источников энергии и ядерного топлива (рисунок 8.2).

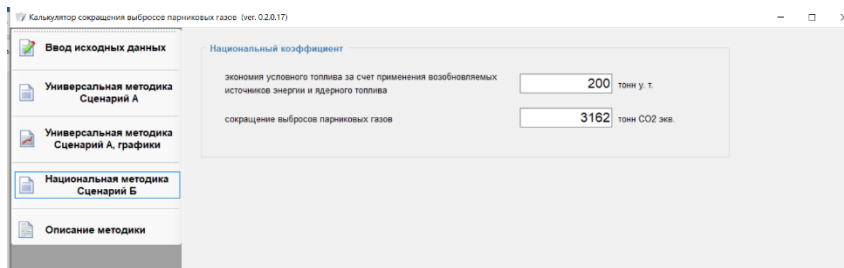


Рисунок 8.2 – Окно ввода данных калькулятора, Сценарий Б

Алгоритм работы с Калькулятором представлен на рисунке 8.3.

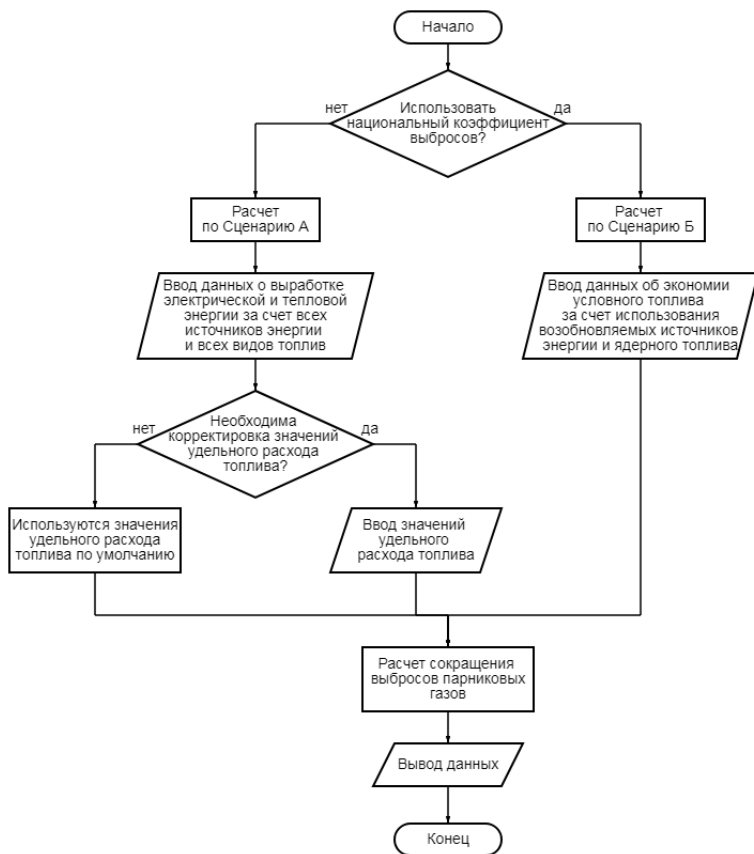


Рисунок 8.3 – Алгоритм работы с Калькулятором

### 3. Порядок выполнения работы

а) определение сокращения выбросов и доли возобновляемых источников энергии.

1. Открыть приложение. На вкладке «Ввод исходных данных» поочередно для Беларуси и обозначенной для варианта страны ввести объемы произведенной из различных источников энергии электроэнергии и тепловой энергии (таблицы 8.1 и 8.2).

Таблица 8.1. Выработка электроэнергии по виду источника энергии, млн. кВт

№ варианта	Страна	Выработка электроэнергии, млн. кВт·ч								
		Гидро-энергетика	Древесное топливо	Энергия био-газа	Ветро-вая энергия	Солнечная энергия	Ядерная энергия	Газ природный	Мазут топливный	Уголь
0	Беларусь	399	373	205	194	176	10 398	34 686	2 132	31
1	Австрия	42 540	3 523	602	6 740	2 809	0	10 616	711	2 157
2	Бельгия	1 325	3 051	959	11 942	5 608	50 326	22 577	111	1 763
3	Болгария	3 320	1 472	226	1 477	1 481	16 626	2 292	299	13 533
4	Венгрия	207	1 775	295	661	3 849	15 990	9 621	59	3 103
5	Дания	16	7 134	607	16 054	1 309	0	1 536	258	4 364
6	Корея Южная	6 737	4 923	719	3 167	23 591	158 015	188 191	7 517	208 112
7	Латвия	2 708	570	292	141	7	0	2 128	0	0
8	Литва	1 094	387	157	1 362	191	0	1 221	95	0
9	Нидерланды	88	7 751	858	17 980	11 332	3 828	56 505	1 331	17 346
10	Норвегия	144 339	34	6	11 769	175	0	305	400	188
11	Польша	3 101	6 933	1 175	16 247	3 949	0	15 774	2 094	129 684
12	Румыния	15 701	494	53	6 945	1 733	11 466	9 460	600	9 482
13	Словакия	4 456	1 071	492	4	667	15 730	4 404	400	2 218
14	Чехия	3 620	2 665	2 592	602	2 153	30 731	7 280	89	34 812
15	Швейцария	39 895	357	335	146	2 871	19 364	535	18	0

Таблица 8.2. Выработка тепловой энергии по виду источника энергии, ТДж

№ варианта	Страна	Выработка тепловой энергии, ТДж				
		Древесное топливо	Энергия биогаза	Газ природный	Мазут топочный	Уголь
0	Беларусь	26 574	163	204 985	6 828	2 945
1	Австрия	48 373	196	29 814	3 174	1 263
2	Бельгия	405	840	16 742	9	0
3	Болгария	5 901	188	21 809	46	7 861
4	Венгрия	3 859	124	35 330	47	3 299
5	Дания	71 373	1 714	14 057	558	9 025
6	Корея Южная	4 696	1 105	115 864	39 415	61 331
7	Латвия	16 824	818	13 420	86	50
8	Литва	23 516	100	7 633	847	161
9	Нидерланды	14 178	405	57 094	7 863	2 024
10	Норвегия	6 894	136	473	698	339
11	Польша	19 124	846	31 332	4 673	253 223
12	Румыния	3 411	161	43 786	3 160	8 318
13	Словакия	5 969	708	17 525	425	3 723
14	Чехия	10 156	1 153	34 110	1 234	69 527
15	Швейцария	4 550	500	3 709	161	0

2. Занести результаты расчета (вкладка «Универсальная методика, Сценарий А) в таблицу 2.3. Провести сравнительный анализ сокращения выбросов парниковых газов в Беларуси и других странах (по вариантам).

3. Сравнить долю возобновляемых источников энергии в выработке электроэнергии и тепловой энергии в двух странах, а также общую долю возобновляемых источников энергии.

4. Определить, какой из источников вносит больший вклад с сокращение выбросов при выработке электрической энергии, а какой – при выработке тепловой.

Таблица 8.3. Результаты вычислений

Показатель	Страна 1	Страна 2
	Беларусь	_____
Сокращение выбросов парниковых газов, тыс. т CO <sub>2</sub> экв.		
Доля ВИЭ в производстве электроэнергии, %		
Доля ВИЭ в производстве тепловой энергии, %		
Доля ВИЭ в производстве электрической и тепловой энергии, %		
Источник энергии, вносящий наибольший вклад в сокращение выбросов парниковых газов при производстве электроэнергии		
Источник энергии, вносящий наибольший вклад в сокращение выбросов парниковых газов при производстве тепловой энергии		

б) сравнение удельных выбросов ископаемых горючих топлив.

1. Определить, как изменится сокращение выбросов парниковых газов в Стране 2, если выработанная за счет природного газа, то-

почного мазута и угля будет выработана при помощи только природного газа; только при помощи мазута и только угля. Для этого внести изменения в значения во вкладке «Ввод исходных данных». Занести данные в таблицу 8.4.

2. Выяснить, какой из источников горючего ископаемого топлива оказывает наименьшее воздействие на выбросы парниковых газов и глобальное потепление.

Таблица 8.4. Результаты вычислений

Страна	Сокращение выбросов при использовании:			
	нескольких видов топлив	природного газа	мазута топчного	угля

в) применение Национального коэффициента выбросов.

1. Определить сокращение выбросов парниковых газов с применением Национального коэффициента выбросов парниковых газов для Республики Беларусь и сравнить с полученным ранее значением.

2. Объяснить расхождение в полученных результатах при его наличии.

Задание в) можно выполнить в приложении Калькулятора , введя данные во вкладке «Национальная методика, Сценарий Б» либос использованием формулы:

$$\Delta GHE_N = \Delta B \cdot ghe_N, \quad (2.1)$$

где  $\Delta GHE_N$  – сокращение выбросов парниковых газов на национальном уровне, тыс. т CO<sub>2</sub> экв.;

$\Delta B$  – экономия условного топлива, 4 540 тыс. т у.т.;

$ghe_N$  – национальный коэффициент выбросов парниковых газов в персчете на CO<sub>2</sub>, 1,58 т CO<sub>2</sub> экв./т у.т.

г) задание для группы.

Сравнить полученные по странам значения доли возобновляемых источников энергии в производстве электроэнергии, тепловой энергии и общем производстве энергии.

#### **4. Требования к оформлению отчета**

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Общие сведения.
4. Выполнение расчетов с использованием приложения Калькулятора сокращения выбросов парниковых газов, заполнение таблиц.
5. Вывод к работе по результатам расчета.

#### **Контрольные вопросы по лабораторной работе № 9**

1. Цель лабораторной работы и объект исследования.
2. Почему важна экологическая безопасность?
3. Какой сектор является наиболее крупным источником выбросов парниковых газов в Республике Беларусь?
4. Какова динамика выбросов парниковых газов энергетической промышленностью в нашей стране на протяжении прошедшего десятилетия?
5. Путем реализации каких мероприятий ожидается наибольшее снижение выбросов парниковых газов в мире?

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

### Практическая работа №1

#### КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ

##### **Цель работы:**

1. Рассчитать основные параметры рассеивания и формирования зон с опасным уровнем загрязнения приземного слоя атмосферы вокруг точечного стационарного источника эмиссии.
2. Предложить мероприятия по снижению негативного воздействия источника загрязнения на атмосферный воздух.

##### **Введение**

*Атмосфера* – газообразная оболочка планеты, с протяженностью земной атмосферы составляет примерно 1500–2000 км.

Наличие атмосферы – одно из условий существования жизни на Земле.

##### *Атмосфера выполняет следующие функции:*

- обеспечивает организмов жизненно необходимыми газовыми компонентами;
- защищает Землю от различного вида излучений;
- формирует климат;
- является средой распространения звука;
- защищает Землю от перегрева и переохлаждения;
- обеспечивает круговорот веществ;
- обеспечивает процессы производственной деятельности газовыми компонентами (азот, кислород, водород, инертные газы);
- является формирующим фактором литосферы (выветривание).

Физическое состояние атмосферы определяет погоду и климат. Основными параметрами атмосферы являются: плотность воздуха, давление, температура и состав. С увеличением высоты плотность воздуха и атмосферное давление уменьшаются. Температура атмосферы меняется также в зависимости от изменения высоты разнонаправленно.



Вертикальное строение атмосферы характеризуется различными температурными и электрическими свойствами, разным состоянием воздуха. В зависимости от температуры в атмосфере различают следующие основные слои: тропосферу, стратосферу, мезосферу, термосферу, экзосферу (сферу рассеивания). Переходные области атмосферы между соседними оболочками называют соответственно тропопауза, стратопауза и т. п.

Изменение физических и химических свойств атмосферы отрицательно сказывается на здоровье людей и состоянии окружающей среды.

### **Источники загрязнения атмосферы и учет выбросов загрязняющих веществ в атмосферу**

*Загрязнение атмосферы* – это изменение ее состава в результате поступления газообразных, жидких и твердых примесей. Различают следующие типы загрязнения: локальные и глобальные.

*Локальные* связаны, главным образом, с городами и крупными промышленными районами. В городских зонах в основном существует три источника загрязнения: промышленность, бытовые котельные и автотранспорт. Наиболее существенные уровни загрязнения отмечаются по двуокиси серы, окислам азота, углерода и пыли. На долю этих загрязнений приходится 85 %. Остальное количество загрязняющих веществ связано с работой специфических предприятий. К ним относятся: сероводород, хлор, сероуглерод, аммиак и соединения фтора.

*Глобальные* загрязнения распространяются на значительные расстояния от источника выброса, охватывая большие пространства и приводят к изменению климата, истощению озонового слоя, кислотным осадкам, способствует образованию фотохимического смога.

Основными источниками загрязнения атмосферы являются:

– *природные* (естественные загрязнители минерального, растительного или микробиологического происхождения, к которым относятся извержения вулканов, лесные и степные пожары, пыль, пыльца растений, выделения животных и др.);

– *искусственные(антропогенные)*, которые можно разделить на несколько групп: бытовые – загрязнители, обусловленные сжиганием топлива в жилом секторе и переработкой бытовых отходов;

производственные – загрязнители, образующиеся как выбросы при технологических процессах, отоплении; транспортные – загрязнители, образующиеся при работе автомобильного, железнодорожного, воздушного, морского и речного транспорта.

По составу антропогенные источники загрязнения атмосферы можно разделить на несколько групп:

– **механические загрязнители** – пыль цементных заводов, пыль от сгорания угля в котельных, топках и печах сажа от сгорания нефти и мазута истирающиеся автопокрышки и т. д.;

– **химические загрязнители** – пылевидные или газообразные вещества, способные вступать в химические реакции;

– **радиоактивные загрязнители.**

Основными источниками загрязнения атмосферы в Беларуси являются автотранспорт, промышленность и объекты энергетики.

Согласно данным статистики объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух Беларуси в 2021 году от стационарных источников (предприятий, организаций и т. д.) составил 465 тыс. тонн, а от мобильных источников – 728 тыс. тонн.

За период 2017 – 2021 годы суммарное снижение выбросов загрязняющих веществ по республике составило 3,8 %, при этом от стационарных источников выбросов – увеличение на 2,5 %, от мобильных источников выбросов – сокращение на 7,5 %. Отмечено суммарное снижение выбросов в 2021 году по сравнению с 2020 годом по Витебской и Брестской областям.

В структуре выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух по видам экономической деятельности доля обрабатывающей промышленности составляет 33,5 %, сельского хозяйства – 38,0 %, снабжение электроэнергией, газом, паром, горячей водой – 18,9 %, транспортная деятельность – 4,8 %, на остальные виды деятельности приходится – 4,8 %.

Среди разнообразия загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу, подавляющая масса приходится на: CO (54,7 %) от общего объема выбросов, SO<sub>2</sub> (10,7 %), NO<sub>x</sub> (10,3 %), углеводороды (18,4 %), твердые вещества (4,9 %).

Большая часть выброшенных в атмосферу CO (88,3 %) и NO<sub>x</sub> (62,7 %) обусловлена работой автотранспорта. Напротив, вклад стационарных источников в выбросы SO<sub>2</sub> и твердых частиц значительно

выше, чем передвижных. В структуре выбросов стационарными источниками большая часть загрязняющих веществ обусловлена сжиганием топлива (около 54 %), а меньшая – технологическими процессами.

В связи с возрастающим антропогенным воздействием на атмосферный воздух первоочередными становятся полный учет выбросов загрязняющих веществ и оценка их воздействия на окружающую среду.

Каждое предприятие обязано вести первичный учет количества и характеристик источников загрязнения атмосферы, а также количества улавливаемых и обезвреживаемых загрязняющих веществ.

Организация первичного учета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу начинается на предприятии с проведения инвентаризации источников загрязнения атмосферы и источников выделения, которая осуществляется при максимальной загрузке всего оборудования предприятия. В ходе инвентаризации систематизируются сведения об источниках загрязнения, их параметры (высота, скорость, температура газовой смеси, расположение на территории и др.), определяются перечень загрязняющих веществ, максимально-разовые и валовые выбросы. В соответствии с нормативными актами инвентаризация должна проводиться не реже одного раза в пять лет, в случае реконструкции или изменения технологии производства предприятие производит уточнение ранее полученных данных.

### **Экологические нормативы для атмосферного воздуха**

В качестве критерия качества атмосферного воздуха используется ***предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ (ПДК)*** – максимальная концентрация примесей в атмосфере, отнесенная к определенному времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает на него вредного влияния, включая отдаленные последствия.

В Республике Беларусь для оценки качества воздуха в рабочей зоне и для атмосферного воздуха рабочих мест используют:

***Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в воздухе рабочей зоны*** – это концентрации, которые при ежедневном воздействии (кроме выходных дней) в течение 8 часов или

другой длительности, но не превышающей 40 часов в неделю, в течение всего рабочего стажа не могут вызвать заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования в процессе работы или в отдельные сроки жизни настоящего или последующих поколений.

**Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в воздухе населенных мест** – это максимальные концентрации, отнесенные к определенному периоду осреднения (30 мин, 1 час, 24 часа, 1 год) и не оказывающие при регламентированной вероятности их появления ни прямого, ни косвенного вредного воздействия на организм человека, включая отдаленные последствия для настоящего и последующих поколений, а также не снижающие его работоспособности и не ухудшающие его самочувствия.

**Предельно допустимая концентрация максимальная разовая (ПДК<sub>мр</sub>)** – концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, не вызывающая при вдыхании в течение 20 минут рефлекторных (в том числе субсенсорных) реакций в организме человека.

Наибольшая концентрация каждого вредного вещества в приземном слое воздуха населенных мест не должна превышать ПДК<sub>мр</sub>.

*Примечание: максимально разовая концентрация* – наиболее высокая из числа 30-минутных концентраций, зарегистрированных в данной точке за определенный период наблюдения.

В целях улучшения состояния атмосферного воздуха, предотвращения и снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для каждого предприятия устанавливаются нормативы предельно допустимых выбросов.

Норматив предельного выброса - это норматив выброса загрязняющего вещества в атмосферный воздух, который устанавливается для стационарного источника загрязнения атмосферного воздуха с учетом технических нормативов и фоновое загрязнение атмосферного воздуха, при условии не превышения данным источником гигиенических и экологических нормативов качества атмосферного воздуха и других экологических нормативов.

**Норматив допустимого выброса (НДВ)** – это масса загрязняющего вещества в отходящих газах, максимально допустимая к выбросу в атмосферу в единицу времени. НДВ устанавливается для каждого источника загрязнения атмосферы (и для каждой примеси,

выбрасываемой этим источником).

Выбросы вредных веществ от одного источника и от совокупности источников предприятия, города или другого населенного пункта с учетом перспективы развития промышленных предприятий и рассеивания вредных веществ в атмосфере не должны создавать приземную концентрацию, превышающую их ПДК<sub>мр</sub>.

### **Природоохранные мероприятия по снижению уровня загрязнения воздуха**

Мероприятия по уменьшению уровня загрязнения воздуха могут осуществляться по следующим направлениям:

– **технологические мероприятия**, приводящие к абсолютному снижению выбросов загрязняющих веществ: переход на новые технологии с использованием альтернативных источников энергии, замена сырья, модификация самого технологического процесса;

– **технические мероприятия**: защита приземного слоя атмосферы от выбросов (очистка вентиляционного воздуха, очистка выбрасываемого воздуха от различных пылей, зол и т. п.); извлечение из загрязненных газов ценных продуктов (улавливание соединений цинка, свинца, меди, никеля и других металлов из газов обжиговых печей и т. п.); уменьшение износа оборудования; оснащение двигателей внутреннего сгорания нейтрализаторами для обезвреживания отработавших газов, создание станций (служб) регулировки двигателей автомобилей с целью снижения токсичности отработавших газов, систем снижения токсичности отработавших газов, создание и внедрение присадок к топливам, снижающих токсичность и дымность отработавших газов; создание автоматических систем контроля за загрязнением атмосферного воздуха, оснащение стационарных источников выброса вредных веществ в атмосферу приборами контроля; установка устройств по дожигу и устройств, использующих другие методы доочистки хвостовых газов перед непосредственным выбросом в атмосферу;

– **организационные мероприятия**: перемещение производств из района с неблагоприятными метеоусловиями в районы с удовлетворительными метеорологическими условиями, повышение степени распределения загрязняющих веществ на большую площадь путем применения более высоких дымовых труб.

## Рассеивание токсичных выбросов в атмосфере и их нормирование

В настоящее время одна из основных мер предотвращения загрязнения атмосферы – строительство газоочистных сооружений и устройств. При этом каждое такое очистное сооружение характеризуется определенной степенью очистки газовойоздушной смеси от вредных веществ. Определение степени очистки газовойоздушной смеси (т. е. допустимой интенсивности выброса загрязняющего вещества при условии сохранения качества воздуха за пределами санитарно-защитной зоны) является важной производственной задачей.

Для решения этой задачи каждым предприятием осуществляется расчет нормативов допустимых выбросов (НДВ) в атмосферу. При расчете НДВ определяется максимальная приземная концентрация загрязняющего вещества ( $C_m$ ) и расстояние от трубы завода, на которой она будет наблюдаться ( $X_m$ ). Затем рассчитанные величины  $C_m$  сравниваются с ПДК. Если  $C_m > \text{ПДК}$ , тогда в технологические характеристики выброса вносятся коррективы и выполняются мероприятия по снижению значения  $C_m$ .

Расчет НДВ базируется на следующих положениях:

– на рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере влияют метеорологические параметры: скорость и направление ветра, температурная стратификация атмосферы, температура атмосферного воздуха;

– максимальная приземная концентрация от данного источника загрязнения, возникающая при неблагоприятных метеорологических условиях (при опасной скорости и направлении ветра, высокой температуре атмосферы) не должна превышать ПДК за границей санитарно-защитной зоны;

– приземная концентрация загрязняющих веществ зависит от параметров источника выброса и состава пылегазовоздушной смеси.

Приземная концентрация загрязняющих веществ напрямую зависит от процесса рассеивания в атмосфере.

Рассмотрим *механизм рассеивания* загрязняющих веществ в атмосфере от организованного высокого источника (рисунок 1.1). По мере удаления от трубы в направлении, совпадающим с направлением ветра, концентрация вредных примесей в приземном слое атмосферы сначала нарастает, достигая максимума на расстоянии 1040

м высот трубы, и затем медленно убывает. Можно выделить три зоны неодинакового загрязнения атмосферы: зона переброса факела выбросов, характеризующаяся относительно невысоким содержанием вредных веществ в приземном слое атмосферы; зона задымления с максимальным содержанием вредных веществ и зона постепенного снижения загрязнения.

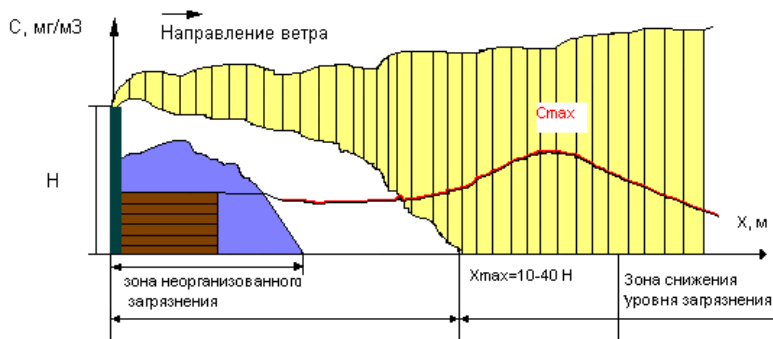


Рисунок 1.1 – Изменение приземной концентрации примесей в атмосфере от одиночного точечного источника

Пусть в начальный момент времени загрязняющие вещества, выбрасываемые трубой (точечным источником), имеет вид клуба дыма. Если это вещество тяжелее воздуха, оно будет оседать на землю. Если загрязняющие вещества газообразные, то в этом случае скорость и направление движения загрязняющих веществ будут совпадать со скоростью и направлением перемещения воздуха. Чаще всего вентиляционные и промышленные выбросы и представляют собой смесь воздуха с относительно малым количеством загрязняющих веществ, для которой проявляется вышеуказанная закономерность.

Изменение концентрации загрязняющих веществ вдоль распространения струи газозооушной смеси зависит от ее высоты и интенсивности перемешивания. На некотором расстоянии от трубы ( $X_M$ ) всегда образуется область максимальной концентрации ( $C_M$ ) за-

грязняющего вещества. Расстояние от основания трубы до этой области тем меньше, чем интенсивнее перемешивание и чем ниже труба.

Начальная точка соприкосновения струи с поверхностью земли является началом зоны загрязнения. За этой точкой концентрация загрязняющих веществ начинает нарастать, что обусловлено выпадением загрязняющих веществ, достигающих поверхности земли в данный момент, а также примесями, ранее достигшими земной поверхности и продолжающими свое движение по направлению ветра.

На каком-то расстоянии концентрация загрязняющих веществ на поверхности земли достигает максимального значения, а затем начинает уменьшаться. Максимальная концентрация загрязняющих веществ ( $C_m$ ) прямо пропорциональна производительности источника и обратно пропорциональна квадрату его высоты над землей.

Выбросы промышленных предприятий могут быть нагретыми (горячими) и холодными. К маломощным слабо нагретым (холодным) выбросам относится большинство вентиляционных выбросов. Нагретыми условно называют источники, у которых температура выбрасываемой газовой смеси выше 50 °С; при более низкой температуре выбросы считаются холодными.

### ***Расчет максимального значения приземной концентрации***

Основной для расчета значения максимальной приземной концентрации ***горячих выбросов*** загрязняющих веществ от точечного источника с круглым устьем является формула

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}, \quad (1.1)$$

где  $A$  – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы и определяемый климатическими зонами (для условий Республики Беларусь  $A = 160$ ).

***Стратификация атмосферы*** – распределение температуры воздуха по вертикали, определяющее условия равновесия в атмосфере, благоприятствующие или неблагоприятствующие развитию вертикальных перемещений воздуха;



$M$  – масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, мг/с;

$F$  – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе.

Значение безразмерного коэффициента  $F$  принимается равным 1 для загрязняющих веществ, скорость упорядоченного оседания которых практически равна нулю. Для загрязняющих веществ, скорость упорядоченного оседания которых отлична от нуля, при среднем эксплуатационном коэффициенте очистки выбросов не менее 90 % – 2, от 75 % до 90 % – 2,5, менее 75 % или при отсутствии очистки – 3. Коэффициент  $F$  не зависит от степени очистки и принимается равным 3 при расчетах концентрации пыли в атмосферном воздухе производств, в которых содержание водяного пара в выбросах достаточно для того, чтобы в течение всего года наблюдалась его интенсивная конденсация сразу же после выхода в атмосферу, а также при коагуляции влажных пылевых частиц;

$m, n$  – коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса;

$\eta$  – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности. В случае ровной или слабопересеченной местности с перепадом высот, не превышающим 50 м на 1 км,  $\eta = 1$ ;

$H$  – высота трубы, м;

$\Delta T$  – разность между температурой выбрасываемой газовой смеси (ГВС) и температурой окружающего атмосферного воздуха, °С;

$V_1$  – расход ГВС, определяемый по формуле:

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} \omega_0, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (1.2)$$

где  $D$  – диаметр устья источника выброса, м;

$\omega_0$  – средняя скорость выхода газовой смеси из устья источника выброса, м/с.

Значения коэффициентов  $m$  и  $n$  определяются по вспомогательным величинам, вычисляемым, в свою очередь, с учетом параметров

$$f = 1000 \frac{\omega_0^2 D}{H^2 \Delta T}; \quad v_m = 0,653 \sqrt[3]{\frac{V_1 \Delta T}{H}}. \quad (1.3)$$

Коэффициент *для горячих выбросов* определяется в зависимости от  $f$  по формуле

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}} \text{ при } f < 100. \quad (1.4)$$

Коэффициент  $n$  при  $f < 100$  (*горячие выбросы*) определяется в зависимости от  $v_m$ :

$$n = 1 \text{ при } v_m \geq 2; \quad (1.5)$$

$$n = 0,532v_m^2 - 2v_m + 3,13 \text{ при } 0,5 \leq v_m < 2; \quad (1.6)$$

$$n = 4,4v_m \text{ при } v_m < 0,5. \quad (1.7)$$

**Расчет расстояния, на котором достигается максимальное значение приземной концентрации**

Расстояние от источника выбросов  $X_m$ , на котором приземная концентрация при неблагоприятных метеорологических условиях достигает максимального значения, определяется по формуле

$$X_m = \frac{5 - F}{4} d \cdot H, \quad (1.8)$$

где безразмерный коэффициент  $d$  при  $f < 100$  (*горячие выбросы*) находится по формулам:

$$d = 2,48(1 + 0,28\sqrt[3]{f}) \text{ при } v_m \leq 0,5; \quad (1.9)$$

$$d = 4,95v_m(1 + 0,28\sqrt[3]{f}) \text{ при } 0,5 < v_m \leq 2; \quad (1.10)$$

$$d = 7\sqrt{v_m}(1 + 0,28\sqrt[3]{f}) \text{ при } v_m > 2. \quad (1.11)$$

### ***Расчет опасной скорости ветра***

Значение опасной скорости  $U_m$  (м/с) на уровне флюгера (обычно 10 м от уровня земли), при которой достигается наибольшее значение приземной концентрации вредных веществ, определяется следующим образом:

при  $f < 100$  (***для горячих выбросов***) значение опасной скорости ветра находится по формулам

$$U_m = 0,5 \text{ при } v_m \leq 0,5; \quad (1.12)$$

$$U_m = v_m \text{ при } 0,5 < v_m \leq 2; \quad (1.13)$$

$$U_m = v_m (1 + 0,12\sqrt{f}) \text{ при } v_m > 2. \quad (1.14)$$

### ***Расчет нормативов допустимых выбросов***

Норматив предельно допустимого выброса загрязняющего вещества в атмосферный воздух устанавливается для стационарного источника загрязнения атмосферного воздуха с учетом технических нормативов выбросов и фоновое загрязнение атмосферного воздуха при условии непревышения данным источником гигиенических и экологических нормативов качества атмосферного воздуха, предельно допустимых (критических) нагрузок на экологические системы и других экологических нормативов.

Заменяя значение максимальной приземной концентрации значением норматива для конкретного вещества, т. е. его ПДК, получаем предельные значения мощности выбросов, которые обеспечат выполнение условия  $C < \text{ПДК}$ , т.е. норматив допустимого выброса (НДВ).

Таким образом, регламентация выбросов в атмосферу осуществляется путем установления НДВ вредных веществ в атмосферу, т. е. нормативов, определенных из условия, при котором содержание загрязняющих веществ в приземном слое воздуха от источника или их совокупности не превышает нормативов качества воздуха для населения, животного и растительного мира. При этом обязательно учитываются фоновые концентрации тех же веществ от внешних источников  $C_{\text{фи}}$  эффект суммации.

*Для горячих выбросов*

$$\text{НДВ} = \frac{(\text{ПДК} - C_{\phi}) \cdot H^2}{AFm\eta} \sqrt[3]{V_1 \Delta T}. \quad (1.15)$$

### **Расчет опасности загрязнения атмосферы**

Степень опасности загрязнения атмосферного воздуха характеризуется наибольшим рассчитанным значением концентрации, соответствующим неблагоприятным метеорологическим условиям, в том числе опасной скорости ветра.

Опасность загрязнения атмосферы оценивается показателем  $q$ .

$$q = \frac{C_1}{\text{ПДК}_1} \leq 1. \quad (1.16)$$

При одновременном присутствии в атмосферном воздухе нескольких вредных веществ, обладающих однонаправленным действием (например,  $\text{SO}_2$  и  $\text{NO}_x$ ), их безразмерная концентрация  $q$  должна удовлетворять условию:

$$q = \frac{C(\text{SO}_2)}{\text{ПДК}(\text{SO}_2)} + \frac{C(\text{NO}_x)}{\text{ПДК}(\text{NO}_x)} \leq 1. \quad (1.17)$$

Если показатель степени опасности загрязнения атмосферного воздуха  $q$  превышает 1, то это означает, что воздух загрязняется данными веществами, и необходимо провести комплекс природоохранных мероприятий.

### **Индивидуальное задание**

Используя исходные данные, приведенные в таблице 1.1 рассчитать зоны рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере. Результаты расчета оформить в виде таблицы 1.2.

По итогам расчета сделать вывод об уровне загрязнения и предложить мероприятия по его снижению в случае необходимости.

Таблица 1.1 – Исходные данные для расчета

Вариант	$H$ , м	$D$ , м	$\omega_0$ , м/с	$T_r$ , °C	$T_b$ , °C	$M(\text{SO}_2)$ , мг/с	$M(\text{NO}_x)$ , мг/с	$M(\text{зола})$ , мг/с
1	30	1,4	8	125	25	12	15,2	15,5
2	25	1,0	12	100	27	10	3,8	14,5
3	28	1,5	15	80	29	30	12,1	70,6
4	18	0,7	16	90	31	25	1,0	15
5	15	0,8	21	130	25	16	4,6	14
6	23	0,9	16	230	27	21	3,2	34,0
7	28	1,0	12	160	29	6	5,8	62,0
8	32	1,5	9	125	32	15	7,8	18,9
9	20	1,2	10	135	29	42	10,2	14,1
10	24	1,5	14	215	25	19	11,4	27,2
11	25	1,7	9	210	30	18	2	34,5
12	30	2,0	6	180	29	5	2,2	56,7
13	23	1,3	11	150	26	16	12,8	59,4
14	19	1,0	14	165	28	7	14,4	62,1
15	18	0,7	19	115	27	21	16,6	65,3
16	35	2,0	9	210	33	32	7,4	50
17	40	2,6	5	195	25	28	21	24
18	38	2,5	8	145	28	14	16,6	32
19	24	1,9	13	210	28	12	21,8	12,8
20	19	0,8	18	160	29	10	15,4	5,6

Значение **ПДК**:

$\text{ПДК}(\text{SO}_2) = 0,5 \text{ мг/м}^3$ ;  $\text{ПДК}(\text{NO}_x) = 0,085 \text{ мг/м}^3$ ;  $\text{ПДК}(\text{зола}) = 0,5$

мг/м<sup>3</sup>.

Значение **фоновых концентраций (C<sub>ф</sub>)**:

$C_{\text{ф}}(\text{SO}_2) = 0,3 \text{ мг/м}^3$ ;  $C_{\text{ф}}(\text{NO}_x) = 0,045 \text{ мг/м}^3$ ;  $C_{\text{ф}}(\text{зола}) = 0,2 \text{ мг/м}^3$ .

Таблица 1.2 – Результаты расчета

Вещество	$C_m$ , мг/м <sup>3</sup>	$X_m$ , м	$U_m$ , м/с	НДВ, мг/с	$q$
SO <sub>2</sub>					
NO <sub>x</sub>					
Зола					

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение атмосферы, назовите ее границы, строение и основные функции.
2. Перечислите источники загрязнения атмосферы.
3. Назовите критерии качества атмосферного воздуха.
4. Перечислите основные параметры, влияющие на рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере.

## Практическая работа №2

### ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

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

#### Загрязнение окружающей среды

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

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

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

- естественное загрязнение, возникающее в результате действий природных явлений без участия людей;
- антропогенное загрязнение, связанное с человеческой деятельностью, главной составной частью которого является техногенное загрязнение, обусловленное деятельностью промышленных производств и автомобильным транспортом.

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

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

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

3) химическое (загрязнение биосферы химическими веществами).

По способу образования различают загрязнение первичное и вторичное.

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

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

По пространственному признаку различают:

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

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

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

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

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

### **Нормативы качества компонентов окружающей среды**

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

Нормативы качества атмосферного воздуха включают нормативы ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе или ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) и уровни



вредных физических и иных воздействий на него, установленные в санитарных нормах и правилах.

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

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

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

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

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

При нормировании качества **атмосферного воздуха** используют показатели предельно допустимой концентрации (ПДК).

Для нормирования качества воздуха в производственных помещениях применяется ПДК вредного вещества в воздухе рабочей зоны (ПДК<sub>рз</sub>), а для нормирования качества воздуха в населенных пунктах применяется ПДК максимально разовую (ПДК<sub>мр</sub>) и ПДК среднесуточную (ПДК<sub>сс</sub>).

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

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

**ПДК<sub>сс</sub>** – это максимальная концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного воздействия при неограниченно долгом (годы) вдыхании.

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

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

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

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

**Предельно допустимая концентрация в воде водоема, используемого для рыбохозяйственных целей (ПДК<sub>вр</sub>)** – это максимальная концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать вредного влияния на популяции рыб, в первую очередь промысловых.

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

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

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

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

### **Определение показателей, характеризующих уровень загрязнения окружающей среды**

#### **1. Расчет комплексного показателя загрязнения атмосферы**

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

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

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

Расчет комплексного показателя  $P$  производится по формуле:

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

где  $P$  – комплексный показатель загрязнения атмосферы;

$n$  – число загрязняющих веществ;

$C_i$  – фактическая среднесуточная концентрация  $i$ -вещества, мкг/м<sup>3</sup>;

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

ПДК <sub>$i$</sub>  – среднесуточная (среднегодовая) ПДК  $i$ -вещества, мкг/м<sup>3</sup>.

Показатель  $P$  имеет соответственно среднесуточную временную характеристику.

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

Таблица 2.1 Гигиеническая оценка степени загрязнения атмосферного воздуха комплексом вредных химических веществ

Степень загрязнения атмосферного воздуха		Величина комплексного показателя $P$ при числе загрязнителей атмосферы			
		2-3	4-9	10-20	20 и более
I	допустимая	до 1,0	до 2	до 3,1	до 4,4
II	слабая	1,1-2,0	2,1-3,0	3,2-4,0	4,5-5,0
III	умеренная	2,1-4,0	3,1-6,0	4,1-8,0	5,1-10,0
IV	сильная	4,1-8,0	6,1-12,0	8,1-16,0	10,1-20,0
V	опасная	≥8,1	≥12,1	≥16,1	≥20,1

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

## 2. Расчет индекса загрязнения атмосферы

Степень суммарного загрязнения атмосферного воздуха рядом веществ может оцениваться по индексу загрязнения атмосферы (ИЗА).

Величина ИЗА рассчитывается по значениям среднегодовых

концентраций. Следовательно, этот показатель характеризует уровень хронического, длительного загрязнения воздуха.

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

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

где  $C_i$  – фактическая среднесуточная концентрация  $i$ -вещества, мкг/м<sup>3</sup>;

ПДК <sub>$i$</sub>  – среднесуточная ПДК  $i$ -вещества, мкг/м<sup>3</sup>;

$\alpha_i$  – безразмерный коэффициент, учитывающий класс опасности  $i$ -вещества.

Таблица 2.2 Значения коэффициента  $\alpha$

<i>Класс опасности</i>	$\alpha$	<i>Класс опасности</i>	$\alpha$
1	1,5	3 и неопределенный	1,0
2	1,3	4	0,85

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

Таблица 2.3 Уровень загрязнения атмосферы в зависимости от показателя ИЗА

<i>Величина ИЗА</i>	<i>Уровень загрязнения атмосферы</i>
менее или равно 5	низкий
от 5 до 7	повышенный
от 7 до 14	высокий
более 14	очень высокий

### 3. Расчет индекса загрязненности вод

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

ИЗВ рассчитывается по формуле:

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

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

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

$n$  – количество показателей, участвующих в расчете.

В Республике Беларусь при расчете ИЗВ обычно учитываются шесть показателей качества воды, чаще всего следующие: содержание растворенного кислорода, легко окисляемых органических веществ (по БПК $_5$ ), азота аммонийного, азота нитритного, фосфора, фосфатов и нефтепродуктов. В зависимости от величины ИЗВ определяют характеристику и класс качества воды.

Таблица 2.4 Классификация качества поверхностных вод

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

#### 4. Расчет суммарного показателя химического загрязнения почв

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

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

Почвы в силу своих природных свойств способны накапливать значительные количества загрязняющих веществ.

Санитарно-гигиенический подход к выбору критериев экологической оценки почв (грунтов) населенных пунктов определяется, с одной стороны, возможностью переноса загрязняющих веществ в воздух и воды этих территорий, с другой стороны, - непосредственным влиянием отдельных показателей на здоровье населения.

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

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

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

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

$n$  – число учитываемых элементов.

Коэффициент концентрации ( $K_c$ ) рассчитывается по формуле:

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

где  $C_i$  – фактическое содержание элемента, мкг/кг;

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

Унифицированного подхода к определению набора элементов, по которым осуществляется расчет суммарный показатель химического загрязнения, не существует.

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

Таблица 2.5 Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения

Категория загрязнения	Величина $Z_c$
Допустимая	менее 16
Умеренно опасная	16-32
Опасная	32-128
Чрезвычайно опасная	более 128

Для расчета используются 10 элементов:  
*свинец, цинк, мышьяк*(1 класс токсической опасности);  
*кобальт, никель, медь, хром*(2 класс);  
*марганец, ванадий, стронций*(3 класс).

### Индивидуальное задание

(Номер варианта соответствует номеру в журнале)

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

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

3. Используя данные таблицы 2.9, рассчитайте суммарный показатель загрязнения почв ( $Z_c$ ).

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

а) Дать оценку степени загрязнения атмосферного воздуха населенного пункта.

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

в) Определить уровень загрязнения почв тяжелыми металлами.



Таблица 2.6 Таблица результатов

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

Таблица 2.7 Среднесуточные концентрации основных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городов Беларуси, мкг/м<sup>3</sup>

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

Таблица 2.8 Среднесуточные концентрации загрязняющих веществ в пробах воды, мг/дм<sup>3</sup>

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

Таблица 2.9 Фактические концентрации загрязняющих веществ в почве, мг/кг

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

### Контрольные вопросы

1. Что такое загрязнение окружающей среды? Перечислите виды загрязнения окружающей среды.
2. Дайте определение ПДК.
3. В чем отличие ПДК<sub>крз</sub>, ПДК<sub>мр</sub> и ПДК<sub>сс</sub>?
4. Для чего используются индексы загрязнения окружающей среды?

## Практическая работа №3

### ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ СЖИГАНИИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА

**Цель работы:** оценить воздействие на окружающую среду продуктов сгорания твердого и газообразного топлива.

#### Введение

Промышленные предприятия являются крупными потребителями энергии в различных ее формах и объемах. Для получения энергии необходимо сжигание определенного количества топлива.

В результате сжигания топлива на окружающую среду и, прежде всего на воздушный бассейн, оказывается негативное воздействие в форме выбросов загрязняющих веществ. Степень загрязнения окружающей среды зависит как от вида и качества используемого органического топлива, так и от типа энергетических установок.

В последние годы все большее внимание уделяется газообразному топливу, как наиболее экологически чистому. В силу хорошей смешиваемости газообразного топлива с воздухом процесс окисления идет практически до конца. Это приводит к образованию безвредных или малотоксичных продуктов. Кроме того, зольность газообразного топлива предельно низка или вообще равна нулю.

В энергетике Республики Беларусь в последнее время ежегодно сжигается порядка 12 млн. тонн условного топлива. В структуре топливного баланса природный газ превышает 80%, остальное – сернистый мазут, попутный газ и др.

В соответствии с целевой программой повышения доли местных видов топлива в топливно-энергетическом балансе страны одной из главных целей в области повышения энергетической безопасности Республики Беларусь должно стать увеличение доли использования местных энергоресурсов и альтернативных источников энергии до 25 % в производстве тепловой и электрической энергии.

При оценке замещения вида топлива необходимо учитывать не только экономические показатели, но и тепловые и экологические,

так как любое органическое топливо имеет свои как экономические, так и экологические особенности.

### **1. Топливо-энергетические ресурсы Республики Беларусь**

За счет ресурсов, имеющихся на территории Республики Беларусь (нефть, попутный газ, торф, дрова, гидроэнергия), обеспеченность энергией составляет примерно 15 %.

**Нефть и попутный газ.** Разведанные месторождения нефти на территории Беларуси сосредоточены в нефтегазоносной области – Припятской впадине, площадь которой около 30 тыс. км<sup>2</sup>. С начала разработки добыто 108 млн. т нефти и 11,3 млрд. м<sup>3</sup> попутного газа, остаточные запасы нефти промышленных категорий составляют 58 млн. т, попутного газа – 34,3 млн. м<sup>3</sup>. Обеспеченность активными запасами составляет 15 лет, а вместе с трудноизвлекаемыми – 31 год.

**Торф.** В республике разведано более 9000 торфяных месторождений общей площадью в границах промышленной глубины залежи 2,54 млн. га и первоначальными запасами торфа 5,65 млрд. т. К настоящему времени оставшиеся геологические запасы оцениваются в 4 млрд. т, что составляет 70 % от первоначальных. Основные запасы залегают в месторождениях, используемых сельским хозяйством.

**Горючие сланцы.** Прогнозные запасы горючих сланцев (Любанское и Туровское месторождения) оцениваются в 11 млрд. т, промышленные – 3 млрд. т.

По своим качественным показателям белорусские горючие сланцы не являются эффективным топливом из-за высокой их зольности и низкой теплоты сгорания. Они не пригодны для прямого сжигания, а требуют предварительной термической переработки с выходом жидкого и газообразного топлива. Следует отметить, что получаемая после термической переработки черная зола не пригодна для дальнейшего использования в сельском хозяйстве и строительстве, а из-за неполного извлечения органической массы в золе прослеживается содержание канцерогенных веществ.

**Бурые угли.** По состоянию на 1 января 2003 года в неогеновых отложениях известно 3 месторождения бурых углей: Житковичское, Бриневское и Тонежское с общими запасами 151,6 млн. т. Угли низкокалорийные, влажность - 56-60 %, средняя зольность – 17-23 %,

пригодны для эффективного использования в качестве коммунально-бытового топлива после брикетирования совместно с торфом.

В качестве *альтернативных источников энергии* с учетом природных, географических и метеорологических условий республики рассматриваются малые гидроэлектростанции, ветроэнергетические установки, установки по производству биогаза, гелиоводонагреватели, установки для брикетирования и сжигания отходов растениеводства и др.

## **2. Теплотехнические характеристики топлива**

**Теплота сгорания ( $Q$ )** – количество тепла в кДж (в килокалориях: 1 кал = 4,187 Дж), которое выделяет при полном сгорании 1 кг твердого или жидкого топлива или 1 м<sup>3</sup> газообразного топлива при нормальных физических условиях.

Теплота сгорания ( $Q$ ), ранее называвшаяся теплотворной способностью, является важнейшей характеристикой, определяющей тепловую ценность любого топлива. Теплота сгорания любого топлива определяется экспериментально в специальной калориметрической установке.

Для сравнения тепловой ценности различных видов топлива пользуются понятием условного топлива,

**Условное топливо ( $M_{\text{топ.усл}}$ )** - единица учёта органического топлива, применяемая для сопоставления эффективности различных видов топлива и суммарного учёта их. Низшая теплота сгорания ( $Q_{\text{н}}$ ) 1 кг твёрдого (жидкого) условного топлива равна 29,35 МДж/кг, а низшая теплота сгорания ( $Q_{\text{н}}$ ) 1 м<sup>3</sup>газообразного условного топлива принимается 7000 ккал/м<sup>3</sup>.

Этой величиной пользуются при суммировании различных топливных ресурсов, сравнении удельных расходов топлива и при проведении технико-экономических расчетов.

## **3. Состав топлива**

Для получения тепло- и электроэнергии используются твердое (угли (бурые, каменные, антрацитовый штыб), горючие сланцы и торф), жидкое (мазут, сланцевое масло, дизельное топливо) и газообразное (природный и попутный газ) топливо.

Свойства топлива как горючего материала определяются его составом. Любое топливо состоит из горючей и негорючей частей. Горючую часть образуют углерод (С), водород (Н) и сера горючая (летучая) S<sub>A</sub>.

К негорючей части относятся кислород (О), азот (N); минеральные вещества (А) и влага (W). Перечисленные элементы С, Н, S<sub>A</sub>, О, N образуют сложные химические соединения. Чтобы установить состав топлива, проводят технический и химический (элементарный) анализ топлива.

Жидкое и твердое топливо принято характеризовать так называемым элементарным составом, определяемым в лаборатории. При этом условно считают, что топливо состоит из перечисленных элементов, находящихся в свободном состоянии в виде механической смеси.

Такая условность, не отражая химико-физической природы топлива, создает, значительны удобства при проведении практических расчетов материального и теплового баланса горения, а также при определении расчетным путем тепловой ценности топлива.

Углерод является основным горючим элементом топлива. Его содержание на горючую массу составляет: в древесине и торфе 50-65%, в бурых углях 67-72%, каменных углях 76-90% и в антрацитах 92-94%, т.е. с увеличением геологического возраста твердого топлива содержание в нем углерода повышается. Состав жидких нефтяных топлив является достаточно стабильным и содержание в них углерода на горючую массу колеблется в узких пределах 86-87%.

Углерод характеризуется высоким удельным тепловыделением. При полном сгорании 1 кг углерода выделяется 33600 кДж теплоты. Следовательно, углерод по существу определяет тепловую ценность топлива.

Водород является вторым важнейшим горючим элементом топлива. Его содержание на горючую массу составляет: в древесине и торфе 6,0-6,5 %, в бурых углях около 5,0 %, в каменных углях 4,0-5,5 % и антрацитах 1,5-2,5 %. В жидких нефтяных топливах содержание водорода значительно выше и на горючую массу составляет 10-12 %. Тепловая ценность водорода почти в четыре раза выше теп-



ловой ценности углерода. При полном сгорании 1 кг водорода и конденсации продуктов сгорания выделяется 141500 кДж тепла, без учета конденсации водяных паров 119000 кДж.

Сера, является третьим, весьма нежелательным, горючим элементом топлива. Содержание серы в топливах колеблется от 0 до нескольких %. При полном сгорании 1 кг серы летучей выделяется 9000 кДж тепла.

При горении серосодержащего топлива в промышленных топливосжигающих устройствах (печах, котлах, газотурбинных установках и др.) наряду с сернистым газом ( $\text{SO}_2$ ) образуется незначительное количество серного ангидрида ( $\text{SO}_3$ ). Наличие последнего в газообразных продуктах сгорания при определенных условиях вызывает серноокислотную, т.е. низкотемпературную, коррозию металла оборудования.

Кислород и азот являются нежелательными элементами топлива. Наличие их в топливе снижает содержание горючих элементов. Кислород, кроме того, связывает часть горючих элементов топлива, обесценивая его. Азот в топливе способствует образованию в газообразных продуктах сгорания оксидов азота, обладающих высокой токсичностью, значительно превышающей токсичность оксидов серы.

Кислород и азот принято называть внутренним балластом топлива. В жидких нефтяных топливах содержание кислорода и азота незначительно и в сумме (O+N) составляет 0,50-1,75%. В твердых топливах содержание кислорода и азота может быть значительно больше.

Зола представляет собой смесь различных минеральных веществ, которые остаются после полного сгорания горючей части топлива. Зольность жидких топлив по своему значению невелика. Например, для дизельного топлива не более 0,02%, для топочных мазутов не более 0,30 %. В твердых топливах содержание золы может достигать значительных величин (до 30 % и более на сухую массу). Зола является внешним балластом топлива. Она, снижает содержание горючей части топлива, вызывает дополнительные затраты на его добычу и транспорт. Она может вызывать эрозивный износ элементов оборудования. Содержание ванадия в золе жидких нефтяных топлив может при определенных температурах условиях привести к

ванадиевой так называемой высокотемпературной коррозии металла. Наличие солей натрия, окислов железа в золе жидких нефтяных топлив оказывает каталитическое действие на протекание серноокислой низкотемпературной коррозии металла.

Влага относится к внешнему балласту топлива. Наличие её (так же, как кислорода и азота) уменьшает содержание горючей части топлива. Это снижает тепловую ценность топлива, а также увеличивает расходы на его транспорт.

Газообразное топливо представляет собой простую механическую смесь горючих и негорючих газов. В горючую часть могут входить окись углерода ( $\text{CO}$ ), водород ( $\text{H}_2$ ), метан ( $\text{CH}_4$ ), тяжелые углеводорода ( $\text{C}_m\text{H}_n$ ), и иногда сероводород ( $\text{H}_2\text{S}$ ).

В негорючую часть могут входить кислород ( $\text{O}_2$ ), азот ( $\text{N}_2$ ) и двуокись углерода ( $\text{CO}_2$ ). В состав газообразного топлива, кроме того, входят и примеси – водяные пары, смолы, пыль и т.п.

#### **4. Влияние сжигания топлива на окружающую среду**

Горение – сложный физико-химический процесс взаимодействия топлива с окислителем, протекающий при высоких температурах и сопровождающийся интенсивным выделением теплоты. В качестве окислителя чаще всего используется кислород атмосферного воздуха.

При сжигании твердого, жидкого и газообразного топлива вся его масса превращается в отходы, причем количество продуктов сгорания в несколько раз превышает массу использованного топлива за счет включения азота и кислорода (в 5 раз – при сжигании газа, в 4 раза – угля).

Существенное влияние на состав образующихся вредных веществ при сжигании топлива оказывают:

- 1) вид топлива;
- 2) режим горения.

Диоксид углерода и пары воды – основные по массе отходы производства – при поступлении в атмосферу, включаются в природные циклы и поглощаются растительностью в процессе синтеза органических соединений и регенерации кислорода. В этом качестве эти отходы нельзя признать вредными.

Однако масштабы использования органического топлива и соответственно выброса диоксида углерода по некоторым оценкам превышают регенерационные возможности растительного мира.

В результате в атмосфере наблюдается возрастание удельного веса диоксида углерода (углекислого газа)  $\text{CO}_2$ . Влияние  $\text{CO}_2$  выражается не только в токсическом действии на живые организмы, но и способности поглощать инфракрасные лучи.

При нагревании земной поверхности солнечными лучами часть тепла в виде инфракрасного излучения отдается обратно в мировое пространство. Это возвращаемое тепло частично перехватывается газами, поглощающими инфракрасное излучение, которые в результате нагреваются. Если это явление происходит в тропосфере, то с ростом температуры могут происходить климатические изменения (“парниковый эффект”). По мнению многих ученых, это может привести к ряду катастрофических последствий глобального масштаба, в том числе к таянию ледников, повышению уровня мирового океана и затоплению огромных и наиболее обжитых прибрежных территорий океанов, перераспределению осадков, речного стока и др.

*Зола, оксиды серы, азота* и многие другие компоненты дымовых газов являются вредными веществами, превышение концентрации которых над санитарными нормами в воздушном бассейне недопустимо.

Количество *твердых веществ*, выбрасываемых в атмосферу, определяется зольностью топлива, полнотой сгорания горючей массы, глубиной золоочистки.

При горении сера, присутствующая в органическом топливе, превращается в *диоксид серы*, количество которого определяется сернистостью используемого топлива.

Проблема загрязнения атмосферы сернистым ангидридом приобретает еще большую остроту в связи трансграничным переносом примесей.

*Оксиды азота* образуются при горении за счет окисления азота воздуха только при высоких температурах и за счет азота в топливе, находящегося в сложных органических соединениях, входящих в состав угля и в молекулярном состоянии. В оксид азота (II)  $\text{NO}$  переходит 10-30% топливного азота. На выходе из дымовой трубы диоксид

азота ( $\text{NO}_2$ ) составляет 10-15%, остальные 85-90% составляет в основном  $\text{NO}$ .

Далее при движении дымового факела в атмосфере количество диоксида азота увеличивается до 60-70 %. Диоксид азота токсичнее, чем оксид. Если выбросы от автотранспорта производятся на уровне земли, то выбросы энергетических предприятий осуществляются на высоте более 100-300м. Это способствует не только дальнему переносу примесей, но и попаданию их в верхние слои атмосферы, в частности в озоновый слой, расположенный на высоте 18-26 км.

В результате сложных реакций при высоких температурах недостаточном количестве кислорода, подаваемого в зону горения, в дымовых газах образуется полициклический углеводород бенз(а)пирен  $\text{C}_{20}\text{H}_{16}$ , обладающий канцерогенными свойствами. *(Канцерогенными веществами являются химические вещества, воздействие которых на человека вызывает развитие онкологических заболеваний)*. Агрегатное состояние бенз(а)пирена в дымовых газах – аэрозольное.

При неполном сгорании жидкого топлива в дымовых газах образуются крупнодисперсные, липучие частицы сажи, состоящие преимущественно из углерода. Сажа способна адсорбировать бенз(а)пирен, в результате чего ее частицы приобретают канцерогенные свойства.

К вредным воздействиям ТЭС следует отнести и выбросы *теплоты*, приводящие к тепловому загрязнению окружающей среды. Тепловые выбросы ТЭС воздействуют на окружающую среду, меняя микроклимат в районе ее размещения, а при больших концентрациях мощности могут привести к изменению циркуляции воздушных масс, их температуры и влажности.

### **5. Основные пути, уменьшающие отрицательное воздействие сжигания топлива на окружающую среду**

Основные пути, позволяющие существенно уменьшать отрицательное воздействие на окружающую среду при сжигании топлива базируются в основном на совершенствовании технологий подготовки топлива и улавливания вредных отходов. К их числу относятся следующие:

- использование и совершенствование очистных устройств. В настоящее время улавливаются в основном твердые выбросы с помощью различного вида фильтров;

- уменьшение поступления соединений серы в атмосферу посредством предварительной десульфурации топлива химическими или физическими методами, в результате чего удается извлечь из топлива от 50 до 70% серы до момента его сжигания;

- уменьшение концентрации вредных веществ в приземном слое атмосферы в результате рассеивания вредных выбросов высокими трубами электростанций, более рационального их размещения, усиления контроля за выбросами и экологическое управление режимами энергетических предприятий с использованием экологически чистых топлив.

## 6. Индивидуальное задание

(Номер варианта соответствует порядковому номеру в журнале)

Исходные данные для расчетов по **газообразному топливу** – состав попутного газа (Белорусский ГПЗ, Речицкое месторождение нефти) – представлены в таблице 3.1.

Исходные данные для расчетов по **твердому топливу** представлены в таблицах 3.3, 3.4.

1. Определить годовой расход ( $M_{\text{топл}}$ ) твердого и газообразного топлива, необходимого предприятию для обеспечения собственных нужд.

Годовой расход топлива рассчитывается по формуле:

$$M_{\text{топл}} = M_{\text{топлусл}} / K \quad (3.1)$$

где  $M_{\text{топлусл}}$  – расход условного топлива (т.у.т./год).

$K$  – калорийный эквивалент.

Для сравнения тепловой ценности различных видов топлива используется понятие условного топлива (у.т.).

Расход условного топлива рассчитывается по формуле:

$$M_{\text{топлусл}} = J_{\text{год}} \times 142,85 \times 10^{-3} \quad (3.2)$$

где  $J_{\text{год}}$  – количество отпускаемой теплоты за год, для всех вариантов принято постоянным и равным 1000 Гкал/год. 1 Гкал =  $142,85 \times 10^{-3}$  т.у.т.

Пересчет расхода условного топлива ( $M_{\text{топлусл}}$ ) в натуральное ( $M_{\text{топл}}$ ) производится с помощью калорийного эквивалента ( $K$ ).

Калорийный эквивалент ( $K$ ) представляет собой отношение низшей рабочей теплоты сгорания натурального топлива к низшей теплоте сгорания условного топлива:

$$K = Q / Q_{\text{н}} \quad (3.3)$$

где  $Q$  – низшая рабочая теплота сгорания натурального топлива

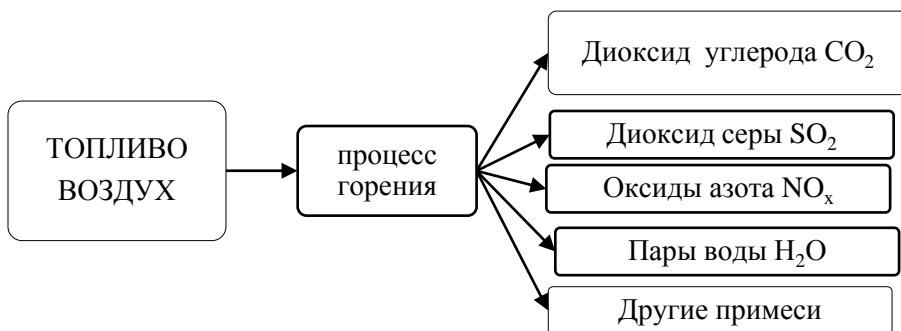
(для твердого (жидкого) топлива – данные в таблице 3.3, для газообразного топлива – данные в таблице 3.1), МДж/кг (ккал/м<sup>3</sup>);

$Q_n$  – низшая теплота сгорания условного топлива, для 1 кг твердого (жидкого) равна 29,35 МДж/кг, для 1 м<sup>3</sup> газообразного условного топлива принимается 7000 ккал/м<sup>3</sup>.

2. Рассчитать количество выбросов (тыс. т/год), образуемых при сжигании твердого и газообразного топлива. Составить материальный баланс при сжигании газообразного топлива.

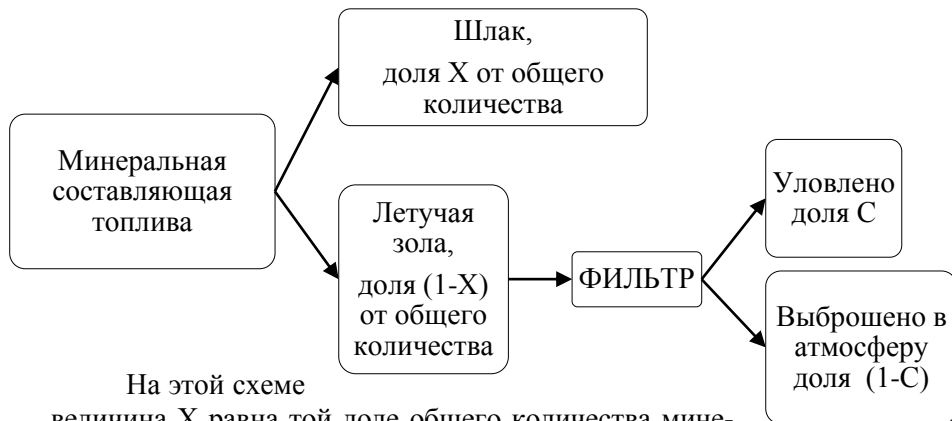
### МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ СЖИГАНИИ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

В соответствии с законом сохранения массы суммарный вес всех продуктов сгорания топлива равен сумме веса сжигаемого топлива и веса расходуемого при сжигании воздуха.



Из приведенной блок-схемы, описывающей потоки веществ при сжигании топлива видно, что масса входных потоков равняется массе выходных потоков. Учитывая, что часть топлива превращается в шлаки и золу, расчет массы топлива производится за вычетом массы шлаков и аэрозолей, образующихся в результате сжигания твердых видов топлива.

Зольность топлива измеряется в процентах и показывает долю минеральных примесей в единице веса топлива соответствующего вида. В зависимости от способа сжигания топлива, наличия и эффективности улавливающих фильтров превращение минеральной составляющей топлива в атмосферный загрязнитель происходит по следующей схеме:



На этой схеме величина  $X$  равна той доле общего количества минеральных примесей в топливе, которые при его сжигании образуют шлаки и остаются в топке, соответственно доля  $(1-X)$  превращается в летучую золу (аэрозоль) и поступает на фильтр, если он есть. На фильтре, в соответствии с его эффективностью, улавливается доля поступившего аэрозоля  $(C)$  и выбрасывается в открытую атмосферу доля  $(1-C)$ .

Расчет количества образующихся при сжигании топлива шлаков и количества выбрасываемых в атмосферу аэрозолей осуществляется по следующим формулам:

$$M_{\text{шл}} = M_{\text{топл}} \frac{Z}{100} (X + C(1 - X)) \quad (3.4)$$

$$M_{\text{аэроз}} = M_{\text{топл}} \frac{Z}{100} (1 - X)(1 - C) \quad (3.5)$$

где  $Z$  – зольность топлива, % (данные таблица 3.3);  
 $C$  – уловлено фильтром, % (данные таблица 3.3);



X – доля шлаков от общего количества минеральных примесей в топливе, % (данные таблица 3.3).

$$M_{\text{топл}}^1 = M_{\text{топл}} - M_{\text{шл}} - M_{\text{аэроз}} \quad (3.6)$$

Для дальнейшего анализа выбросов веществ при сжигании топлива необходимо знать его элементный состав (данные таблица 3.4).

Масса кислорода ( $M_{\text{кислорода}}$ ) и воздуха ( $M_{\text{возд.}}$ ), необходимые при сжигании топлива, рассчитываются по следующим формулам:

$$M_{\text{кислорода}} = M_{\text{топл}}^1 \left( 2,67 \frac{\%C}{100} + 8 \frac{\%H}{100} + \frac{\%S}{100} - \frac{\%O}{100} \right) \quad (3.7)$$

$$M_{\text{возд}} = \frac{M_{\text{кислорода}}}{0,2314} \quad (3.8)$$

где 0.2314 – доля кислорода в единице массы воздуха.

Массы образующихся основных продуктов сгорания:

$$M_{CO_2} = 3,67 \frac{\%C}{100} M_{\text{топл}}^1 \quad (3.9)$$

$$M_{SO_2} = 2 \frac{\%S}{100} M_{\text{топл}}^1 \quad (3.10)$$

$$M_{H_2O} = 9 \frac{\%H}{100} M_{\text{топл}}^1 \quad (3.11)$$

$$M_N = 0,7686 M_{\text{возд}} + M_{\text{топл}}^1 \frac{\%N}{100} \quad (3.12)$$

где 0,7686 – доля азота и др. инертных газов в единице массы воздуха.

При правильном расчете количества участвующих в процессе горения органического топлива веществ должно выполняться балансовое соотношение, которое является проверочным при выполнении контрольного задания:

$$M_{\text{топл}} + M_{\text{воздуха}} = M_{\text{CO}_2} + M_{\text{H}_2\text{O}} + M_N \quad (3.13)$$

### МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ СЖИГАНИИ ГАЗООБРАЗНОГО ТОПЛИВА

Анализ материальных потоков веществ при сжигании газообразного топлива осуществляется на основе реакций горения основных горючих газов и метода материального баланса, рассмотренного ранее. В нашей работе будут рассмотрены только реакции горения метана, этана, пропана и бутана.

Состав попутного газа (Белорусский ГПЗ, Речицкое месторождение нефти) дан в таблице 3.1.

Таблица 3.1 Состав попутного газа

Название топлива	Теплота сгорания, ккал/м <sup>3</sup>	Состав, %					
		CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	N	CO <sub>2</sub>
попутный газ	9330	62,38	26,62	6,48	1,07	3,45	3,67

Зная состав газов горючей смеси, рассчитывается потребление кислорода и воздуха, выделение углекислого газа и паров воды. Расчетные формулы имеют следующий вид:

$$M_{\text{O}_2} = M_{\text{топл}} \left( 4 \frac{\% \text{CH}_4}{100} + 3,73 \frac{\% \text{C}_2\text{H}_6}{100} + 3,64 \frac{\% \text{C}_3\text{H}_8}{100} + 3,58 \frac{\% \text{C}_4\text{H}_{10}}{100} \right) \quad (3.14)$$

$$M_{\text{возд}} = \frac{M_{\text{O}_2}}{0,2314} \quad (3.15)$$

$$M_{\text{CO}_2} = M_{\text{топл}} \left( 2,75 \frac{\% \text{CH}_4}{100} + 2,93 \frac{\% \text{C}_2\text{H}_6}{100} + 3 \frac{\% \text{C}_3\text{H}_8}{100} + 3,03 \frac{\% \text{C}_4\text{H}_{10}}{100} + \frac{\% \text{CO}_2}{100} \right) \quad (3.16)$$

$$M_{H_2O} = M_{\text{топл}} \left( 2,25 \frac{\%CH_4}{100} + 1,8 \frac{\%C_2H_6}{100} + 1,64 \frac{\%C_3H_8}{100} + 1,55 \frac{\%C_4H_{10}}{100} \right) \quad (3.17)$$

$$M_N = 0,7686 M_{\text{воздуха}} + M_{\text{топл}} \frac{\%N}{100} \quad (3.18)$$

При правильном расчете количества участвующих в процессе горения органического топлива веществ должно выполняться балансовое соотношение, которое является проверочным при выполнении контрольного задания:

$$M_{\text{топл}} + M_{\text{воздуха}} = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_N \quad (3.19)$$

*Примечание: в данной работе приводится упрощенная схема составления материального баланса, не учитывающая потери топлива от химической неполноты сгорания и выбросы загрязняющих веществ вследствие этого процесса (CO, формальдегида, бенз(а)пирена и др.).*

Результаты расчетов занести в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 Результаты расчетов

Вариант №							
Вид топлива	Годовой расход топлива $M_{\text{топл}}$ , тыс. т, тыс. м <sup>3</sup>	Выбросы, тыс. т/год					
		шлаков	аэрозолей	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	N

3. По результатам расчетов дать экологическую оценку воздействия на окружающую среду загрязняющих веществ при сжигании различных видов топлива.

Таблица 3.3 Теплотехнические характеристики твердого (жидкого) топлива

Вар.	Название топлива	Зольность топлива	Шлак	Уловлено	Теплота сгорания, МДж/кг
1	Печное топливо	0,02	0,3	0	42,35
2	Брикеты торфяные	5	0,33	0,89	17,37
3	Брикеты торф. с древес. опилками	6,5	0,35	0,87	17,20
4	Древесные отходы, обрезки	0,6	0,31	0,7	10,90
5	Быстрорастущая древесина	2,7	0,3	0	10,55
6	Солома	3	0,28	0,6	14,15
7	Антрацит	16,2	0,33	0,97	24,16
8	Бурый уголь	16,6	0,35	0,9	6,38
9	Бурый уголь	7,4	0,34	0,91	15,28
10	Бурый уголь	6,1	0,36	0,92	19,05
11	Сланцы	44,4	0,3	0,95	9,00
12	Сланцы	48,2	0,3	0,95	7,66
13	Сланцы	58,9	0,3	0,95	4,60
14	Мазут малозольный	0,04	0,33	0,98	40,48
15	Мазут зольный	0,12	0,33	0,98	40,63
16	Антрацит	34,8	0,33	0,97	18,23

Таблица 3.4 Состав горючей массы твердого (жидкого) топлива

Вар.	Название топлива	Состав горючей массы, %				
		С	Н	О	N	S
1	Печное топливо	84,3	15,3	0,15	-	0,03
2	Брикеты торфяные	47,1	5,4	26,6	0,8	0,1
3	Брикеты торф. с древесными опилками	44	6,3	27,1	1	0,1
4	Древесные отходы, обрезки	32,7	3,69	22,5	0,36	0,05
5	Быстрорастущая древесина	27,9	3,4	25,5	0,5	-
6	Солома	41,1	4,99	35,2	0,49	0,1
7	Антрацит	68,8	1,5	2,3	0,8	0,4
8	Бурый уголь	19,5	1,7	6,1	0,2	1,9
9	Бурый уголь	42,6	3,0	13,2	0,6	0,2
10	Бурый уголь	51,7	3,6	13,8	0,6	0,2
11	Сланцы	19,9	2,6	2,9	0,1	1,4
12	Сланцы	17,3	2,2	2,5	0,1	1,3
13	Сланцы	10,9	1,4	3,8	0,3	2,4
14	Мазут малозольный	86,3	12,9	0,2	-	0,4
15	Мазут зольный	85,8	13,2	0,25	-	0,4
16	Антрацит	52,2	1,0	1,5	0,5	1,5

### Контрольные вопросы

1. Характеристика топливно-энергетических ресурсов Республики Беларусь.

2. Назовите основные теплотехнические характеристики топлива.

3. Влияние сжигания различных видов топлива на окружающую среду.

4. Основные мероприятия по уменьшению отрицательного воздействия на окружающую среду выбросов, образующихся при сжигании топлива.

## Практическая работа №4

### ОЦЕНКА ВЫБРОСОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИ СЖИГАНИИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА

**Цель работы:** оценка выбросов тяжелых металлов при сжигании органического топлива.

#### Введение

Сжигание топлива является одним из источников поступления в окружающую среду выбросов тяжелых металлов. В масштабах Европы его вклад составляет 8% выбросов свинца, 29% - меди, 31% - цинка, 46% - кадмия, 75% - выбросов никеля. Значительная часть выбросов этих приоритетных элементов, контролируемых Протоколом по тяжелым металлам к Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния, приходится на долю сжигания твердого топлива.

Топливо, содержащее в своем составе тяжелые металлы, сжигается в топливосжигающих установках, в процессе чего микропримеси тяжелых металлов частично попадают в шлак, частично выбрасываются с летучей золой и газами в атмосферу.

В настоящее время расчет выбросов тяжелых металлов при сжигании топлива производится в соответствии с ТКП 17.08-14-2011 (02120) «Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосфера. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Правила расчета выбросов тяжелых металлов».

Согласно данному техническому кодексу установившейся практики, к числу тяжелых металлов, которые подлежат контролю и расчету при сжигании топлива, относятся следующие:

- кадмий и его соединения (в пересчете на кадмий);
- медь и ее соединения (в пересчете на медь);
- никеля оксид (в пересчете на никель);
- ртуть и ее соединения (в пересчете на ртуть);
- свинец и его неорганические соединения (в пересчете на свинец);
- хрома трехвалентные соединения (в пересчете на хром трехвалентный);
- цинк и его соединения (в пересчете на цинк);

- мышьяк, неорганические соединения (в пересчете на мышьяк).

### **1. Воздействие тяжелых металлов на организм человека и окружающую среду**

Роль тяжелых металлов с точки зрения воздействия на организм человека неоднозначна. С одной стороны, они необходимы для нормального протекания физиологических процессов, а с другой – при повышенных концентрациях могут приводить к нарушениям работы различных органов. Недостаток некоторых металлов можно рассматривать и как фактор, ограничивающий жизнедеятельность живых организмов. Таким образом, загрязнение окружающей среды металлами, с одной стороны, повышает концентрацию в атмосфере необходимых металлов, с другой – доводит содержание их до токсичного уровня.

Тяжелые металлы проникают в организм человека с аэрозолями через органы дыхания и кожный покров, а также с пищей через желудочно-кишечный тракт и, что особенно важно, способны накапливаться в трофических цепях.

Содержание металлов в различных органах и тканях может изменяться в зависимости от содержания их в объектах окружающей среды. На молекулярном уровне тяжелые металлы могут ингибировать ферменты, необратимо изменять макромолекулы белков и нуклеиновых кислот и, как следствие изменять скорость процессов метаболизма и синтеза. Они также могут приводить к мутациям. На клеточном уровне может возникать дефицит жизненно важных метаболитов, нарушаться структура и проницаемость клеточных мембран. Все это вызывает дисфункцию органов и всего организма в целом, а в ряде случаев ведет к появлению новообразований.

Тяжелые металлы оказывают отрицательное канцерогенное, мутагенное воздействие на человека. Особенно опасно их совместное (синергетичное) воздействие.

Медь является жизненно важным и сильно токсичным металлом. Биологически незаменимый, жизненно важный элемент, необходимый для человека, животных и растений. Медь входит в состав гормонов и влияет на рост, развитие, воспроизводство, обмен и другие процессы. Дефицит меди отражается на физиологических

процессах и продуктивности растений. Избыток меди у человека вызывает острый панкреатит, язву двенадцатиперстной кишки, бронхиальную астму и прочее.

Резорбтивнодействие кадмия проявляется в поражении центральной нервной системы, внутренних органов, главным образом сердца, почек, печени, костной ткани. Кадмий способен оказывать и канцерогенное воздействие на организм человека.

Никель относится к числу микроэлементов, необходимых для нормального развития живых организмов. В организме животных он накапливается в ороговевших тканях, особенно в перьях. Повышенное содержание никеля в почвах приводят к эндемическим заболеваниям - у растений появляются уродливые формы, у животных - заболевания глаз, связанные с накоплением никеля в роговице.

Соединения ртути высоко токсичны, они поражают нервную систему человека, вызывают изменения со стороны слизистой оболочки, нарушение двигательной функции и секреции.

Свинец – токсичный элемент, вызывающий изменения в нервной системе, крови и сосудах. Активно влияет на синтез белка, энергетический баланс клетки и ее генетический аппарат. Отравление свинцом чрезвычайно опасно для маленьких детей, так как он отрицательно действует на развитие мозга и нервной системы. Дети дошкольного возраста наиболее восприимчивы к воздействию свинца, поскольку их нервная система находится в стадии формирования. Даже слабое отравление свинцом вызывает снижение интеллектуального развития, внимания и умения сосредоточиться, отставание в чтении, ведет к развитию агрессивности, гиперактивности и другим проблемам. Большинство соединений свинца малоподвижны, поэтому велика опасность накопления техногенного свинца в почвах.

При избыточном поступлении в организм хрома существенно нарушается биологический процесс окисления. Хром угнетает тканевое дыхание, приводит к подавлению энергетического обмена в клетках. Хром способен аккумулироваться в организме человека, он легко проникает в легкие и накапливается в них.

Цинк является высокоподвижным биофильным и технофильным элементом, широкого диапазона действия на живые



организмы. Жизненно важный элемент для растений, участвующий в окислительно-восстановительных процессах, влияющий на фотосинтез, играющий важную роль в фосфатном и углеводном обмене. Цинк оказывает положительное влияние на процесс плодоношения и рост семян, регулирует синтез крахмала и пр. Соли цинка, особенно сульфаты и хлориды, обладают высокой токсичностью для человека. При хроническом воздействии пыли цинка отмечаются желудочно-кишечные расстройства. Повышена заболеваемость верхних дыхательных путей, распространен кариез зубов.

Соединения мышьяка действуют на нервную систему, стенки сосудов, вызывают увеличение проницаемости и паралич капилляров. Он вызывает злокачественные новообразования, обладает тератогенным действием.

Опасность загрязнения тяжелыми металлами биосферы обусловлена их устойчивостью во внешней среде, растворимостью в атмосферных осадках, способностью к сорбции почвой, зелеными насаждениями, донными отложениями, что в совокупности и приводит к постепенному накоплению в среде обитания человека.

## **2. Факторы, влияющие на выбросы тяжелых металлов при сжигании различных видов топлива.**

Выбросы тяжелых металлов в атмосферный воздух при сжигании топлива осуществляются преимущественно с твердыми частицами. Выбросы ртути осуществляются с твердыми частицами и в парогазовой фазе.

Выбросы тяжелых металлов при сжигании топлива зависят от:

- вида топлива;
- исходного содержания тяжелых металлов в топливе;
- условий сжигания топлива (типа и мощности установки, условий горения);
- системы очистки отходящих газов.

Содержание тяжелых металлов в топливе может различаться в зависимости от месторождения, глубины залегания и других условий. Среднее содержание тяжелых металлов в топливе, потребляемом в Республике Беларусь, приведено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Среднее содержание тяжелых металлов в топливе, потребляемом в Беларуси, г/т

Тип топлива	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Уголь каменный и бурый, среднее	20, 0	0,2 5	8,3	9,3	0,2	9,2	7,1	36, 2
Уголь, содержание по бассейнам:								
Донецкий (Украина)	80, 0	0,3	15, 0	10, 0	0,78	20, 0	10, 0	20, 0
Донецкий (Россия)		0,8	-	50, 0	0,75	44, 0	35, 5	67, 0
Канско- Ачинский	4,6	1,5	-	1,6	-	1,5		15, 0
Кузнецкий	-	-	26, 0	14, 6	0,1	15, 3	1,0	29, 5
Печорский	1,4 3	-	28, 9	17, 6	0,05	18, 7	8,0	25, 0
Подмосковны й	4,6	0,8 7	40, 5	18, 4	0,24	9,6	10, 9	56, 9
Силезский (Польша)	-	0,7	-	-	0,00	18, 0	28, 0	61, 0
Челябинский	-	-	25, 4	58, 0 31, 0	6	14, 7	5,0	73, 0
Горючие сланцы	-	-	50, 0	10, 0	0,05	30, 0	30, 0	10, 0
Мазут	0,0 3	0,0 7	0,5 0	0,3 8	0,05	47, 0	1,3 3	1,7
Природный газ	-	-	-	-	1,4 <sub>2</sub>	-	-	-
Торф фрезерный	3,8	0,1 4	1,7	1,6	0,08	0,7	1,1	11, 0

Тип топлива	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Торфяные брикеты	5,0	0,1 9	2,3	2,1	0,1	0,9	1,5	14, 5
Дрова топливные, древесные отходы	0,0 5	0,0 8	0,3 1	1,5 9	0,01	0,6 2	0,4 1	6,5
1) – нет данных; 2) – в мкг/м <sup>3</sup>								

### 3. Методы определения выбросов тяжелых металлов при сжигании топлива

Выброс тяжелых металлов в атмосферный воздух определяется по одному из двух методов:

- на основании содержания тяжелых металлов в топливе;
- на основании удельных показателей выбросов тяжелых металлов при сжигании топлива.

Валовой выброс *i*-го тяжелого металла (т/год) при сжигании топлива в топливосжигающей установке на основании содержания тяжелых металлов в топливе рассчитывается по следующей формуле:

$$E_i^{te} = (A_j^{tf} \cdot C_{ij} - \frac{A_j^{tf} \cdot C_{ij} \cdot (1 - a_y)}{(1 - a_y) + f_{ei} \cdot a_y} \cdot R_i \cdot (1 - \eta) + A_j^{tf} \cdot C_{ij} \cdot (1 - R_i)) \cdot 10^{-6}, \quad (4.1)$$

где  $A_j^{tf}$  – расход топлива *j* в топливосжигающей установке, т/год (для газообразного топлива, тыс. м<sup>3</sup>/год);

$C_{ij}$  – содержание *i*-го тяжелого металла в топливе *j*, г/т (для газообразного топлива, г/м<sup>3</sup>);

$a_y$  – доля золы, уносимой дымовыми газами;

$f_{ei}$  – коэффициент обогащения летучей золы (золы уноса) тяжелым металлом *i*;

$R_i$  – доля *i*-го тяжелого металла, переходящего в золу;

$\eta$  – доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителях.

Валовой выброс *i*-го тяжелого металла (т/год) при сжигании топлива в топливосжигающей установке на основании удельных

показателей выбросов тяжелых металлов рассчитывается по формуле:

$$E_i = A_j^{tf} \cdot F_{ij} \cdot 10^{-6}, \quad (4.2)$$

где  $A_j^{tf}$  – расход топлива  $j$  в топливосжигающей установке, т/год (для газообразного топлива, тыс. м<sup>3</sup>/год);

$F_{ij}$  – удельный показатель выбросов  $i$ -го тяжелого металла при сжигании топлива, г/т (для газообразного топлива, г/м<sup>3</sup>).

Доля перехода тяжелых металлов в золу ( $R_i$ ) и коэффициент обогащения тяжелыми металлами летучей золы ( $f_{ei}$ ) при сжигании твердого топлива представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Доля перехода тяжелых металлов в золу ( $R_i$ ) и коэффициент обогащения тяжелыми металлами летучей золы ( $f_{ei}$ ) при сжигании твердого топлива

Показатель	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
$R_i$	1	1	1	1	0,5	1	1	1
$f_{ei}$	2,5	2,5	1,5	1,5	1	1,5	2,5	2,5

#### 4. Индивидуальное задание

Предприятие для работы котельной использует два вида топлива: природный газ и мазут. Также на предприятии имеется котел, работающий на твердом топливе.

Для обеспечения 2000 Гкал тепловой энергии за год используют 70% газообразного, 15% жидкого и 15% твердого топлива. Определить методом использования удельных показателей, какое количество тяжелых металлов поступает в окружающую среду в результате сжигания данных видов топлива.

Исходные данные для расчета приведены в таблицах 4.3-4.5.

Для расчета выбросов тяжелых металлов в атмосферный воздух при сжигании газообразного и жидкого топлива необходимо использовать теплоту сгорания, равную 33,53 МДж/м<sup>3</sup> и 40,39 МДж/кг соответственно.

Результаты расчетов выбросов тяжелых металлов при сжигании различных видов топлива согласно индивидуальному заданию представить в виде таблицы 4.6.

Сделать вывод о негативном влиянии тяжелых металлов на компоненты биосферы.

### **5. Расчет фактического расхода топлива**

Расход топлива необходимого для получения 1000 Гкал тепловой энергии определяется с учетом теплоты сгорания газообразного, жидкого и твердого видов топлива и следующего соотношения:

$$1 \text{ Гкал} = 142,85 \cdot 10^{-3} \text{ т у.т.} \quad (4.3)$$

Для пересчета расхода условного топлива ( $B_{\text{усл}}$ ) в фактическое ( $B$ ) используется величина калорийного эквивалента топлива. Расчет производится по следующей формуле:

$$B = B_{\text{усл}} / K \quad (4.4)$$

Калорийный эквивалент ( $K$ ) представляет собой отношение низшей рабочей теплоты сгорания натурального топлива ( $Q_i^r$ ) к низшей теплоте сгорания условного топлива ( $Q_{\text{усл т}}$ ):

$$K = Q_i^r / 29,350 \quad (4.5)$$

Таблица 4.3 – Исходные данные для расчета

Вариант	Установка для сжигания твердого топлива	Наименование топлива	Теплота сгорания ( $Q_i^r$ ), МДж/кг	Эффективность золоулавливания, %
1	Котлы, камерные топки, твердое шлакоудаление	Бурый уголь	15,66	без очистки
2	Котлы, камерные топки, твердое шлакоудаление	Бурый уголь	19,05	70
3	Котлы, слоевые топки	Брикеты торфяные	16,59	70
4	Котлы, слоевые топки	Древесное топливо	10,22	70
5	Котлы, слоевые топки	Торф фрезерный	15,31	без очистки
6	Котлы, слоевые топки	Брикеты торфяные	17,2	$\geq 90$
7	Котлы, камерные топки, жидкое шлакоудаление	Бурый уголь	15,66	70
8	Котлы, камерные топки, жидкое шлакоудаление	Бурый уголь	19,05	без очистки
9	Котлы, камерные топки, твердое шлакоудаление	Торф фрезерный	15,31	70
10	Котлы, камерные топки, твердое шлакоудаление	Торф фрезерный	15,31	без очистки
11	Котлы, слоевые топки	Древесное топливо	10,22	без очистки
12	Котлы, слоевые топки	Брикеты торфяные	17,2	без очистки
13	Котлы, слоевые топки	Торф фрезерный	15,31	$\geq 90$

Вариант	Установка для сжигания твердого топлива	Наименование топлива	Теплота сгорания ( $Q_i^r$ ), МДж/кг	Эффективность золоулавливания, %
14	Котлы, камерные топки, твердое шлакоудаление	Торф фрезерный	15,31	$\geq 90$
15	Котлы, слоевые топки	Брикеты торфяные	17,2	$\geq 90$
16	Котлы, слоевые топки	Древесное топливо	10,22	$\geq 90$
17	Котлы, слоевые топки	Торф фрезерный	15,31	70
18	Котлы, камерные топки, жидкое шлакоудаление	Бурый уголь	19,05	$\geq 90$
19	Котлы, слоевые топки	Бурый уголь	19,05	$\geq 90$
20	Котлы, слоевые топки	Бурый уголь	15,66	70

Таблица 4.4 – Удельные показатели выбросов тяжелых металлов при сжигании твердого топлива, г/т топлива

Тяжелые металлы	Котлы, камерные топки, твердое шлакоудаление					
	Уголь каменный и бурый			Торф фрезерный		
	Эффективность золоулавливания, %					
	без очистки	70%	$\geq 90\%$	без очистки	70%	$\geq 90\%$
As	19	5,7	0,48	3,61	1,1	0,36
Cd	0,2	0,1	0,006	0,1	0,0	0,01
Cr	7,9	2,4	0,12	1,6	0,5	0,16
Cu	8,8	2,7	0,13	1,5	0,5	0,15
Hg	0,19	0,06	0,004	0,08	0,02	0,01
Ni	8,7	2,6	0,13	0,7	0,2	0,07
Pb	6,7	2,0	0,17	1,0	0,3	0,10
Zn	34,4	10,3	0,86	10,5	3,1	1,05
Тяжелые металлы	Котлы, камерные топки, жидкое шлакоудаление					
	Уголь каменный и бурый					
	Эффективность золоулавливания, %					

	без очистки	70%		≥ 90%		
<b>As</b>	15	4,5		1,5		
<b>Cd</b>	0,19	0,06		0,02		
<b>Cr</b>	6,23	1,87		0,62		
<b>Cu</b>	6,98	2,09		0,70		
<b>Hg</b>	0,15	0,05		0,02		
<b>Ni</b>	6,90	2,07		0,69		
<b>Pb</b>	5,33	1,60		0,53		
<b>Zn</b>	27,15	8,15		2,72		
Тяжелые металлы	Котлы, слоевые топки					
	Уголь каменный и бурый			Торфяные брикеты		
	Эффективность золоулавливания, %					
	без очистки	70%	≥ 90%	без очистки	70%	≥ 90%
<b>As</b>	3,0	0,9	0,3	0,75	0,23	0,08
<b>Cd</b>	0,04	0,01	0,004	0,03	0,01	0,003
<b>Cr</b>	1,2	0,37	0,12	0,35	0,10	0,03
<b>Cu</b>	1,4	0,42	0,14	0,32	0,09	0,03
<b>Hg</b>	0,03	0,01	0,003	0,02	0,005	0,002
<b>Ni</b>	1,4	0,41	0,14	0,14	0,04	0,01
<b>Pb</b>	1,1	0,32	0,11	0,23	0,07	0,02
<b>Zn</b>	5,4	1,63	0,54	2,18	0,65	0,22
Тяжелые металлы	Котлы, слоевые топки					
	Торф фрезерный			Древесное топливо		
	Эффективность золоулавливания, %					
	без очистки	70%	≥ 90%	без очистки	70%	≥ 90%
<b>As</b>	0,57	0,17	0,06	0,008	0,002	0,001
<b>Cd</b>	0,02	0,01	0,002	0,01	0,004	0,001
<b>Cr</b>	0,26	0,08	0,03	0,05	0,01	0,005
<b>Cu</b>	0,24	0,07	0,02	0,24	0,07	0,024
<b>Hg</b>	0,01	0,004	0,001	0,002	0,0	0,0002
<b>Ni</b>	0,11	0,03	0,01	0,09	0,03	0,009
<b>Pb</b>	0,17	0,05	0,02	0,06	0,02	0,006
<b>Zn</b>	1,65	0,50	0,17	0,98	0,29	0,098



Таблица 4.5 – Удельные показатели выбросов тяжелых металлов при сжигании жидкого и газообразного топлива

Топливо	Ед. изм.	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Мазут топочный	г/т	0,02	0,05	0,48	0,36	0,05	44,65	1,26	1,62
Топливо печное бытовое	г/т	–	0,01	0,05	0,3	–	0,5	1,0	0,1
Природный газ	г/тыс. м <sup>3</sup>	–	–	–	–	0,0014	–	–	–

Таблица 4.6 – Результаты расчета выбросов тяжелых металлов при сжигании газообразного, жидкого и твердого топлива

Тяжелые металлы	Топливо			Итого
	Фактический расход топлива			
As				
Cd				
Cr				
Cu				
Hg				
Ni				
Pb				
Zn				

### Контрольные вопросы

1. Перечислить тяжелые металлы, образующиеся при сжигании топлива.
2. Воздействие тяжелых металлов на организм человека и компоненты биосферы.
3. Факторы, влияющие на выбросы тяжелых металлов при сжигании различных видов топлива.
4. Методы определения тяжелых металлов при сжигании топлива.

## Практическая работа №5

### ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОТРАНСПОРТА

**Цель работы:** провести оценку экологической безопасности выбросов выхлопных газов автомобилей.

#### *Транспорт и окружающая среда*

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

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

По конструкции двигателей различают карбюраторные, дизельные и реактивные силовые установки, которые имеют разные конструкции и оказывают на природную среду различное воздействие.

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

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

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

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

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

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

В отработавших газах автомобилей в период замедления движения содержится большое количество углеводородов. При движении автомобиля с постоянной скоростью количество токсичных выбросов значительно меньше. Максимальный выброс СО наблюдается при работе на холостом ходу, а при ускоренном движении автомобиля отработавшие газы характеризуются максимальным выбросом  $\text{NO}_x$ . В выхлопных газах содержатся канцерогенные (вещества, способствующие развитию раковых заболеваний) соединения, например бенз( $\alpha$ )пирен.

Таким образом, состав выхлопных газов зависит как от типа двигателя, так и от режима работы транспорта, что важно учитывать при реализации природоохранных мероприятий.

### **Экологическая характеристика продуктов сгорания топлива**

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

При сгорании моторных топлив в бензиновых и дизельных двигателях при соотношении кислород воздуха/топливо помимо основных продуктов полного окисления – воды и диоксида углерода –

образуются и выбрасываются с отработавшими газами в воздух токсичные вещества: оксиды углерода; оксиды азота; органические кислородосодержащие соединения; несгоревшие углеводороды, сажа; свинец (в виде бромидов и хлоридов) – при использовании свинцовых антидетонаторов (этилированных бензинов).

Образование токсичных веществ в бензиновых и дизельных двигателях имеет свои особенности и отличия, ввиду этого и состав отработавших газов отличается. Основные токсичные продукты отработавших газов бензиновых двигателей – продукты неполного горения топлива: оксид углерода (CO) и недогоревшие углеводороды ( $C_mH_n$ ).

Дизельный двигатель работает со значительным избытком воздуха, и микродиффузионный режим сгорания топлива создает условия образования токсичных веществ, значительно отличающиеся от условий в бензиновых двигателях. В результате в дизельных двигателях образование оксидов азота значительно выше, чем в бензиновых двигателях, а образование оксида углерода – много меньше. В то же время значительно выше степень полного и неполного окисления углеводородов, и, следовательно, значительно меньше выбросы суммы углеводородов и их оксипроизводных (но доля выбросов альдегидов в 1,5 - 4 раза выше), чем в бензиновых двигателях. Кроме того, в выбросах дизельных двигателей всегда содержится сажа, ввиду особенностей диффузионного горения.

Для оценки суммарной токсичности отработавших газов необходимы величины ПДК токсичных компонентов выбросов.

Таблица 5.1 ПДК среднесуточные основных токсичных компонентов отработавших газов

Вещество	ПДК <sub>СС</sub> , мг/м <sup>3</sup>
NO <sub>2</sub>	0,04
CO	3
C <sub>m</sub> H <sub>n</sub>	0,04
Твердые частицы (сажа)	0,05

Обычно при оценке токсичности веществ, выбрасываемых в воздух автотранспортом, исходили из значений максимальной разовой ПДК.

Однако в настоящее время города настолько насыщены автомобилями, что правильнее пользоваться среднесуточными ПДК.

В таблице 5.1 приведены среднесуточные ПДК основных токсичных компонентов отработавших газов.

### ***Токсичность вредных выбросов выхлопных газов автомобильного транспорта***

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

***Токсичность выбросов двигателя автомобиля*** – способность выбросов двигателя оказывать токсическое воздействие организмы.

Токсическое воздействие определяется следующими факторами:

- составом токсичных веществ;
- абсолютным количеством выбросов токсичных веществ в единицу времени (или на единицу пути, пройденного автомобилем);
- физико-химическими законами превращения химических соединений в атмосфере;
- геофизическими законами распространения токсичных веществ;
- чувствительностью живых организмов.

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

Экологический стандарт Евро – это система экологических стандартов, которые регулируют требования к содержанию вредных веществ в выхлопных газах автомобилей. Экологический класс автомобиля – специальный классификационный код, характеризующий автомобильную технику в соответствии с уровнем выбросов загрязняющих веществ. К загрязняющим веществам относятся выхлопные газы двигателей и испарения топлива, содержащие оксид углерода –

СО, производные углеводородов –  $C_mH_n$ , оксиды азота –  $NO_x$ , а также дисперсные частицы.

Первый экологический стандарт Евро-1 принят в Евросоюзе в 1992 году и начал действовать с 1993-го. Этот стандарт регулировал содержание СО,  $C_mH_n$  и  $NO_x$  в выхлопах и распространялся на все транспортные средства, включая спецтехнику, которые ввозятся, производятся или продаются на территории Евросоюза. Требования к выбросам СО и  $NO_x$  для бензиновых и дизельных двигателей не отличались, однако для дизелей регламентировались еще и объемы выброса твердых частиц. Евро-2, введенный в 1995 году, ужесточал нормы выброса СО почти втрое.

Принятые Евросоюзом в 1999-м нормы Евро-3 регламентировали снижение уровня выбросов еще на 30-40 %, а для бензиновых двигателей появилась норма на количество углеводородов в выхлопе.

Нормы Евро-4 заработали в ЕС в 2005 году – и выхлопы стали чище еще на 65-70 %.

В 2009 году Евросоюз ввел в действие стандарт Евро-5, который существенно сократил количество взвешенных частиц в выхлопе дизельных двигателей и ввел нормы на летучие органические вещества в бензиновых двигателях.

Евро-6, принятый в 2015 году, считается новейшим экологическим стандартом, определяющим еще большее количество требований к выхлопным газам автомобилей с дизельными и бензиновыми двигателями. Прежде всего это касается содержания оксидов азота, выбрасываемых дизельными двигателями в атмосферу. В частности, количество допустимой концентрации оксидов азота ( $NO_x$ ) сокращено в пять раз – с 2 до 0,4 г/кВт ч, уровень твердых частиц уменьшен в два раза – с 0,02 до 0,01 г/кВт ч, а содержание остаточных углеводородов ( $C_mH_n$ ) снижено в 3,5 раза – с 0,46 до 0,13 г/кВт ч.

Нормы токсичности, установленные стандартом Евро-1, введены в Республике Беларусь в 1996 г., Евро-3 – в 2006 г., Евро-4 – в 2015 г., Евро-5 – с 2018 года.

Таблица 5.2. Нормы токсичности автомобилей для европейских стран

Наименование стандартов	Год введения	Содержание в выхлопе, г/кВт ч			
		NO <sub>x</sub>	CO	C <sub>m</sub> H <sub>n</sub>	Твердые частицы
Евро – 0	1988	14,4	11,2	2,5	-
Евро – 1	1993	8,0	4,5	1,1	0,36
Евро – 2	1996	7,0	4,0	1,1	0,15
Евро – 3	1999	5,0	2,0	0,6	0,10
Евро – 4	2005	3,5	1,5	0,46	0,02
Евро – 5	2008	2,0	1,5	0,46	0,02
Евро – 6	2015	0,4	1,5	0,13	0,01

Различают два основных метода снижения уровня токсичности вредных выбросов.

Первичный метод основан на снижении содержания в остаточных газах CO, C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>, NO<sub>x</sub> за счет оптимизации рабочего процесса:

- использование альтернативных топлив;
- организация рабочего процесса, регулировки;
- применение различных добавок к топливам и т.д.

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

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

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

### **Индивидуальное задание**

(Номер варианта соответствует порядковому номеру в журнале)

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

Средний пробег одного автомобиля составляет **10 000 км/год**.

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

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

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

Для оценки экологической безопасности выбросов выхлопных газов автомобилей необходимо:

**1.** Оценить суммарную токсичность выбросов автомобилями с бензиновыми и дизельными двигателями за год до проведения природоохранного мероприятия и по двум вариантам предложенных природоохранных мероприятий.

Расчет ведется отдельно для автомобилей с бензиновыми и дизельными двигателями.

Результаты расчетов представить в таблице 5.3.

Таблица 5.3 Результаты расчетов суммарной токсичности выбросов автомобилей с бензиновым и дизельным двигателем

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



### ***Методика оценки суммарной токсичности выбросов***

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

Тогда объем воздуха, в котором разбавлены продукты сгорания (коэффициент разбавления –  $K_p(A)$ , м<sup>3</sup>), равен

$$K_p(A) = \frac{m_A}{\text{ПДК}_A} \quad (5.1)$$

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

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

$$m_A = \frac{m_B}{\text{ПДК}_B} \text{ПДК}_A \quad (5.2)$$

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

$$m_A = \sum \frac{m_i}{\text{ПДК}_i} \text{ПДК}_A \quad (5.3)$$

Примем за эталон оксид углерода  $\text{CO}$ . Тогда суммарное загрязнение воздуха токсичными веществами, образующимися при сжигании 1 кг моторного топлива, будет определяться по формуле:

$$m_{\text{CO}} = \sum \frac{m_i}{\text{ПДК}_i} \text{ПДК}_{\text{CO}} \quad (5.4)$$

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

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

ПДК<sub>i</sub> – предельно допустимая концентрация i-го токсичного вещества, мг/м<sup>3</sup>;

ПДК<sub>CO</sub> – предельно допустимая концентрация оксида углерода СО, мг/м<sup>3</sup>.

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

$$m_{CO}^{\text{бенз}} = \left( \frac{m_{CO}}{\text{ПДК}_{CO}} + \frac{m_{NO_2}}{\text{ПДК}_{NO_2}} + \frac{m_{C_mH_n}}{\text{ПДК}_{C_mH_n}} \right) \text{ПДК}_{CO} \quad (5.5)$$

где  $m_{CO}$ ,  $m_{NO_2}$ ,  $m_{C_mH_n}$  – количества СО, NO<sub>2</sub>, С<sub>м</sub>Н<sub>п</sub>, выбрасываемых автомобилем с бензиновым двигателем за километр пробега, г/км (данные приведены в таблице 5.5);

ПДК<sub>CO</sub>, ПДК<sub>NO<sub>2</sub></sub>, ПДК<sub>С<sub>м</sub>Н<sub>п</sub></sub> – предельно допустимые концентрации СО, NO<sub>2</sub>, С<sub>м</sub>Н<sub>п</sub>, мг/м<sup>3</sup> (таблица 5.1).

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

$$m_{CO}^{\text{диз}} = \left( \frac{m_{CO}}{\text{ПДК}_{CO}} + \frac{m_{NO_2}}{\text{ПДК}_{NO_2}} + \frac{m_{C_mH_n}}{\text{ПДК}_{C_mH_n}} + \frac{m_{\text{сажа}}}{\text{ПДК}_{\text{сажа}}} \right) \text{ПДК}_{CO} \quad (5.6)$$

где  $m_{CO}$ ,  $m_{NO_2}$ ,  $m_{C_mH_n}$ ,  $m_{\text{сажа}}$  – количества СО, NO<sub>2</sub>, С<sub>м</sub>Н<sub>п</sub>, сажи, выбрасываемых автомобилем с дизельным двигателем за километр пробега, г/км (данные приведены в таблице 5.6);

ПДК<sub>CO</sub>, ПДК<sub>NO<sub>2</sub></sub>, ПДК<sub>С<sub>м</sub>Н<sub>п</sub></sub>, ПДК<sub>сажа</sub> – предельно допустимые концентрации СО, NO<sub>2</sub>, С<sub>м</sub>Н<sub>п</sub>, сажи, мг/м<sup>3</sup> (таблица 5.1).

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

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

$$M_{CO} = m_{CO} * L * 10^{-3} \quad (5.7)$$

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

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

$L$  – среднегодовой пробег, км/год;

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

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

Результаты расчетов представить в таблице 5.4.

Таблица 5.4 Результаты расчетов доли выбрасываемого двигателем вещества в суммарной токсичности выбросов автомобиля

Вещество	Доля в общей токсичности выбрасываемого двигателем вещества n, %		
	до ПОМ	ПОМ 1	ПОМ 2
<i>Автомобиль с бензиновым двигателем</i>			
Оксид углерода CO			
Диоксид азота NO <sub>2</sub>			
Углеводороды C <sub>m</sub> H <sub>n</sub>			
<i>Автомобиль с дизельным двигателем</i>			
Оксид углерода CO			
Диоксид азота NO <sub>2</sub>			
Углеводороды C <sub>m</sub> H <sub>n</sub>			
Сажа			

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

$$n_i = \frac{m_i / \text{ПДК}_i}{\sum (m_i / \text{ПДК}_i)} 100\% \quad (5.8)$$

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

ПДК<sub>i</sub> – предельно допустимая концентрация i - го токсичного вещества, мг/м<sup>3</sup> (таблица 5.2).

**Для автомобиля с бензиновым двигателем** внутреннего сгорания:

$$n_{CO} = \frac{m_{CO}/\text{ПДК}_{CO}}{m_{CO}/\text{ПДК}_{CO} + m_{NO_2}/\text{ПДК}_{NO_2} + m_{C_mH_n}/\text{ПДК}_{C_mH_n}} 100\% \quad (5.9)$$

$$n_{NO_2} = \frac{m_{NO_2}/\text{ПДК}_{NO_2}}{m_{CO}/\text{ПДК}_{CO} + m_{NO_2}/\text{ПДК}_{NO_2} + m_{C_mH_n}/\text{ПДК}_{C_mH_n}} 100\% \quad (5.10)$$

$$n_{C_mH_n} = \frac{m_{C_mH_n}/\text{ПДК}_{C_mH_n}}{m_{CO}/\text{ПДК}_{CO} + m_{NO_2}/\text{ПДК}_{NO_2} + m_{C_mH_n}/\text{ПДК}_{C_mH_n}} 100\% \quad (5.11)$$

где  $m_{CO}$ ,  $m_{NO_2}$ ,  $m_{C_mH_n}$  – количества CO, NO<sub>2</sub>, C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>, выбрасываемых автомобилем с бензиновым двигателем за километр пробега, г/км (данные приведены в таблице 5.5);

ПДК<sub>CO</sub>, ПДК<sub>NO<sub>2</sub></sub>, ПДК<sub>C<sub>m</sub>H<sub>n</sub></sub> – предельно допустимые концентрации CO, NO<sub>2</sub>, C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>, мг/м<sup>3</sup> (таблица 5.1).

**Для автомобиля с дизельным двигателем** внутреннего сгорания:

$$n_{CO} = \frac{m_{CO}/\text{ПДК}_{CO}}{m_{CO}/\text{ПДК}_{CO} + m_{NO_2}/\text{ПДК}_{NO_2} + m_{C_mH_n}/\text{ПДК}_{C_mH_n} + m_{сажа}/\text{ПДК}_{сажа}} 100\% \quad (5.12)$$

$$n_{NO_2} = \frac{m_{NO_2}/\text{ПДК}_{NO_2}}{m_{CO}/\text{ПДК}_{CO} + m_{NO_2}/\text{ПДК}_{NO_2} + m_{C_mH_n}/\text{ПДК}_{C_mH_n} + m_{сажа}/\text{ПДК}_{сажа}} 100\% \quad (5.13)$$

$$n_{C_nH_m} = \frac{m_{C_nH_m} / \text{ПДК}_{C_nH_m}}{m_{CO} / \text{ПДК}_{CO} + m_{NO_2} / \text{ПДК}_{NO_2} + m_{C_nH_m} / \text{ПДК}_{C_nH_m} + m_{сажа} / \text{ПДК}_{сажа}} \cdot 100\% \quad (5.14)$$

$$n_{сажа} = \frac{m_{сажа} / \text{ПДК}_{сажа}}{m_{CO} / \text{ПДК}_{CO} + m_{NO_2} / \text{ПДК}_{NO_2} + m_{C_nH_m} / \text{ПДК}_{C_nH_m} + m_{сажа} / \text{ПДК}_{сажа}} \cdot 100\% \quad (5.15)$$

где  $m_{CO}$ ,  $m_{NO_2}$ ,  $m_{C_nH_n}$ ,  $m_{сажа}$  – количества CO, NO<sub>2</sub>, C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>, сажи, выбрасываемых автомобилем с дизельным двигателем за километр пробега, г/км (данные приведены в таблице 5.6);

ПДК<sub>CO</sub>, ПДК<sub>NO<sub>2</sub></sub>, ПДК<sub>C<sub>m</sub>H<sub>n</sub></sub>, ПДК<sub>сажа</sub> – предельно допустимые концентрации CO, NO<sub>2</sub>, C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>, сажи, мг/м<sup>3</sup> (таблица 5.1).

3. По результатам расчетов построить гистограммы (рисунки 5.1, 5.2, 5.3).

4. Проанализировать экологическую эффективность предлагаемых природоохранных мероприятий и сделать вывод о целесообразности использования одного из двух предлагаемых природоохранных мероприятий.

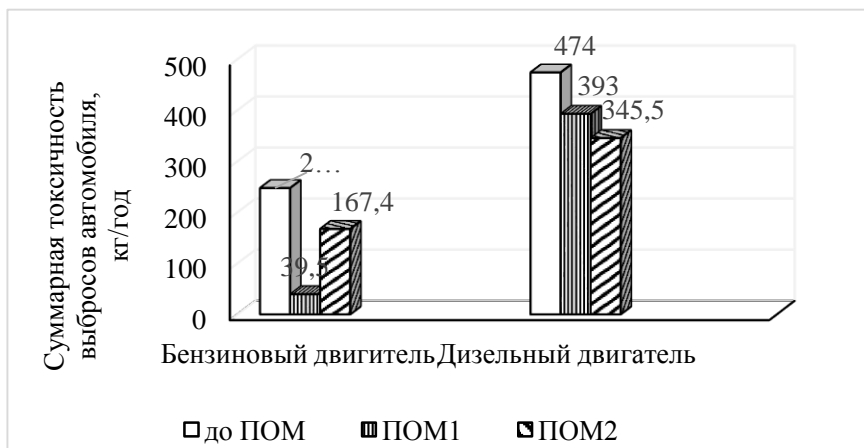


Рис. 5.1 Суммарная токсичность выбросов автомобиля, кг/год

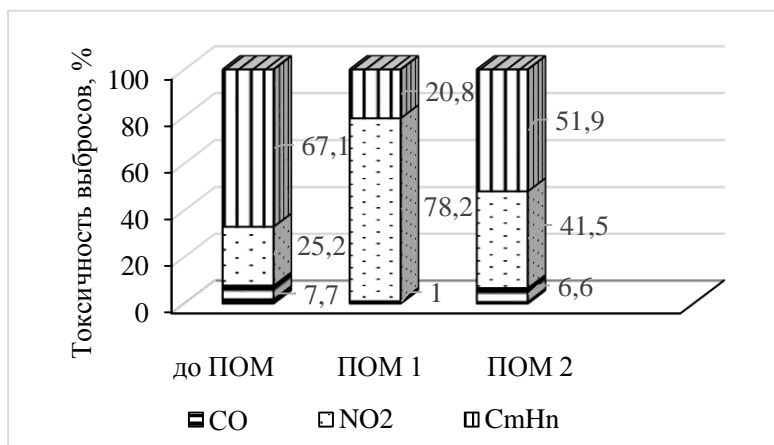


Рис. 5.2 Вклад в суммарную токсичность выбросов автомобилей с бензиновым двигателем

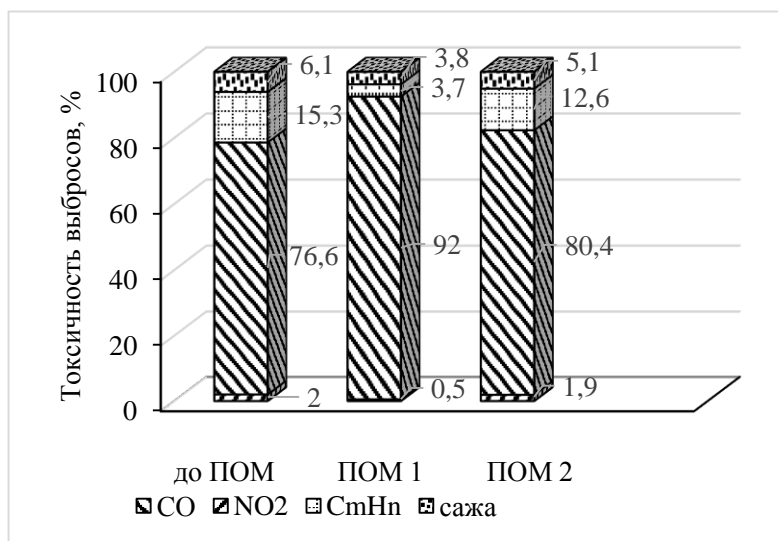


Рис. 5.3 Вклад в суммарную токсичность выбросов автомобилей с дизельным двигателем

Исходные данные для расчетов представлены в таблицах 5.5 и 5.6.

Таблица 5.5 Выбросы токсичных веществ автомобилем с бензиновым двигателем

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

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

1 – Выбросы после природоохранного мероприятия 1 (ПОМ 1).

2 – Выбросы после природоохранного мероприятия 2 (ПОМ 2).

Таблица 5.6 Выбросы токсичных веществ автомобилем с дизельным двигателем

Вариант	Количество токсичного вещества, выбрасываемого автомобилем с дизельным двигателем m, г/км											
	CO			NO <sub>2</sub>			C <sub>m</sub> H <sub>n</sub>			Сажа		
	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2
1	0,4 7	0,09	0,33	0,25	0,2 5	0,19	0,0 5	0,01	0,03	0,02 5	0,01 3	0,01 5
2	2,7 2	0,03	2,31	0,47	0,4 7	0,3	0,5	0,1	0,33	0,14	0,07	0,08
3	1,0	0,1	2,3	0,46	0,4 6	0,29	0,2 3	0,02	0,15	0,08	0,04	0,04
4	0,6	0,06	0,5	0,5	0,5	0,39	0,0 6	0,000 1	0,04	0,05	0,03	0,03
5	0,8	0,08	0,68	0,7	0,7	0,5	0,0 8	0,000 1	0,05	0,06	0,03	0,03
6	3,1	0,3	2,6	5,6	5,6	4,2	1,1	0,1	0,72	0,18	0,09	0,09
7	2,3	0,0001	1,9	2,5	2,5	1,88	0,9	0,02	0,59	0,2	0,1	0,1
8	2,0	0,2	1,7	5,0	5,0	3,75	1,2	0,1	0,78	0,19	0,1	0,1
9	1,5	0,2	1,28	5,4	5,4	4,2	1,0	0,1	0,65	0,14	0,07	0,07
10	0,9	0,0001	0,77	0,49	0,4 9	0,36	0,1 6	0,000 1	0,1	0,08	0,04	0,04
11	0,5	0,0001	0,43	0,6	0,6	0,45	0,0 5	0,000 1	0,03	0,05	0,03	0,03
12	2,4	0,2	2,0	4,2	4,2	3,27	0,7	0,07	0,46	0,15	0,07	0,07
13	1,3	0,1	1,0	5,2	5,2	4,06	1,1	0,14	0,9	0,21	0,11	0,11
14	0,7	0,0001	0,6	0,7	0,7	0,55	0,0 7	0,000 1	0,05	0,07	0,05	0,05
15	0,8	0,0001	0,7	0,9	0,9	0,7	0,0 8	0,000 1	0,05	0,06	0,03	0,03
16	0,9	0,0001	0,8	0,8	0,8	0,6	0,0 9	0,000 1	0,06	0,08	0,04	0,04
17	0,6	0,0001	0,5	0,6	0,6	0,45	0,0 6	0,000 1	0,04	0,06	0,03	0,03
18	2,1	0,2	1,8	5,0	5,0	0,38	0,6 6	0,07	0,43	0,1	0,05	0,05
19	1,5	0,1	1,3	3,5	3,5	2,63	0,4 6	0,05	0,29	0,04	0,02	0,02
20	4,0	0,4	3,4	7,0	7,0	5,3	1,1	0,1	0,7	0,15	0,07	0,07

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

1 – Выбросы после природоохранного мероприятия 1 (ПОМ 1).

2 – Выбросы после природоохранного мероприятия 2 (ПОМ 2).



***Контрольные вопросы:***

1. Перечислите виды транспорта и виды используемого транспортом топлива.

2. Какое влияние оказывает автомобильный транспорт на окружающую среду?

3. Что понимают под токсичностью выхлопных газов автомобилей?

4. Назовите методы снижения уровня токсичности выхлопных газов автомобилей.

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

## Практическая работа №6

### РАСЧЕТ ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАСЕЛЕНИЯ

#### *Цели работы:*

1. Ознакомиться с влиянием экспоненциального роста населения планеты на состояние окружающей среды.
2. Изучить основные демографические показатели населения.
3. Рассчитать коэффициенты, характеризующие демографическую ситуацию в отдельно взятой стране (по вариантам заданий).

#### **Введение**

Интенсивно растущее население планеты быстро переполняет и разрушает природные экологические системы, основу биологического разнообразия и устойчивого гомеостатического функционирования биосферы. Важнейшим условием дальнейшего прогресса человечества является сокращение (стабилизация) роста численности и снижение отрицательного воздействия на природную среду. Только добившись собственного популяционного равновесия, можно дальше развивать инновационные технологии, культуру, цивилизацию в целом.

Связь человечества с окружающей средой определяется не только численностью населения, но и образом жизни. В высокоразвитых странах используется огромное количество природных ресурсов (нефть, уголь, железная руда, лес, вода и т.д.), в расчете на человека в год. Процесс производства продукции сопровождается загрязнением атмосферы, гидросферы, образованием разнообразных отходов. Отрицательное воздействие на окружающую среду можно снизить, применяя технические, технологические и информационные меры.

В развивающихся странах, где проживает большинство населения Земли, люди озабочены проблемой выживания, поэтому вырубаются леса, истощаются пастбища, пашни и другие легко доступные природные ресурсы. Происходит интенсивное загрязнение окружающей среды.

## 1. Демографическая ситуация

Последние 160 лет население Земли росло и продолжает расти экспоненциальными темпами. С древнейших исторических эпох до начала XIX века численность мирового населения колебалась в пределах нескольких сотен миллионов человек, то медленно возрастая, то снижаясь из-за эпидемий и голода. Только к 1804 году оно достигло 1 млрд. человек. С начала XX столетия население перешло от состояния медленного роста к эпохе экспоненциального увеличения. В 1927 г. численность составила 2 млрд. человек, уже в 1960 г. достигла 3 млрд. человек, в 1974 г. – 4 млрд. человек, в 1987 г. – 5 млрд. человек и достигло отметку в 6 млрд. человек в 1999 г. В 2023 г. численность людей составила уже 8 млрд. человек. В настоящее время на земном шаре ежегодно рождается 140 млн. человек, умирает 40 млн. человек, таким образом, естественный прирост составляет около 100 млн. человек в год. Если темпы роста населения сохранятся на этом уровне, то через шесть веков на каждого жителя планеты будет приходиться только 1 м<sup>2</sup> земли.

За последнее десятилетие темпы прироста стали несколько снижаться. Несмотря на это, предполагается что, население планеты к 2038 году достигнет 9 млрд. человек (табл. 6.1).

Таблица 6.1. Динамика роста численности населения мира

	Число лет	Годы
1-й миллиард		к 1804
2-й миллиард	123	1804-1927
3-й миллиард	33	1927-1960
4-й миллиард	14	1960-1974
5-й миллиард	13	1974-1987
6-й миллиард	12	1987-1999
7-й миллиард	14	1999-2013
8-й миллиард	15	2013-2028
9-й миллиард	10	2028-2038

Соотношение абсолютного числа родившихся людей между развитыми и развивающимися странами в 2020 году составило 11% и 89% соответственно. Около 66-70% ежегодного числа родившихся

приходится на Азию. Страны-рекордсмены по абсолютному числу рождений в 2021 году – это Индия (28 млн чел.), Китай (20 млн. чел.), Нигерия (8 млн. чел.).

Таблица 6.2. Ранги стран в мировой иерархии населения (млн. чел)

1990 год	2023 год	2050 год (прогноз)
1.Китай (1155)	1.Китай (1 447)	1.Индия (1600)
2.Индия (849)	2.Индия (1 398)	2.Китай (1400)
3.США (256)	3.США (333)	3.США (404)
4.Индонезия (181)	4.Индонезия (277)	4.Пакистан (335)
5.Бразилия (174)	5.Пакистан (225)	5.Индонезия (290)

Если в 1950-х годах человек в среднем жил 47 лет, то к 2010 г. этот показатель вырос до 69 лет. Ожидается, что к 2050 г. средняя продолжительность жизни увеличится до 76 лет, а к 2100г. - до 85. Это можно объяснить увеличением и рационализацией структуры потребления, улучшением качества питьевой воды и инновационными успехами в медицинской науке и практике. Кроме того, следует отметить повышение экологической грамотности населения, формирование здорового образа жизни.

В подавляющем большинстве стран мира ожидаемая продолжительность жизни женщин больше, чем у мужчин (в большинстве стран Европы, в Японии, США, Канаде, Австралии - на 5-8 лет). Лишь в Индии, Пакистане, Бангладеш, Ираке и др. - продолжительность жизни женщин меньше, вследствие сложных социально-гендерных условий, сформировавшихся в этих странах.

Следует отметить, что численность мужчин на земле превышает численность женщин. Наибольшее преобладание мужчин наблюдается в странах Южной Азии и Китае. В подавляющем большинстве экономически развитых странах женщин обычно больше, чем мужчин. Существенно различается половая структура населения на урбанизированных территориях и сельской местности.

Большинство демографических прогнозов не учитывает (и не может учитывать) последствия серьезных климатических сдвигов, в силу многофакторности этой экологической проблемы и других сценариев развития современной цивилизации.

## **2. Демографическая проблема**

Демографическая проблема - одна из глобальных проблем настоящего времени, которая заключается в экспоненциальном росте народонаселения, или т.н. «демографическом взрыве». Этот процесс сопровождается серьезными социально-экономическими (голод, потребление питьевой воды низкого качества, отсутствие жилья, медицинской помощи и др.) и экологическими (загрязнение окружающей среды и истощение природных ресурсов) проблемами.

Современная демографическая проблема имеет два противоположных аспекта:

- с одной стороны - демографический кризис развитых стран привел к резкому снижению роста населения и сокращению его численности. Демографы называют такой процесс депопуляцией. В развитых странах на долю детей до 14 лет приходится до 20%, а на долю пожилых людей старше 59 лет – 15-20 % ;

- с другой стороны - проблема быстрого роста численности населения в развивающихся странах. В странах Африки на долю детей до 14 лет приходится около 40 %, на долю пожилых людей старше 59 лет - 5 %. Демографический взрыв в странах Африки, Азии, Латинской Америки не только обеспечивает прилив свежих сил, рост трудовых ресурсов, но и создает дополнительные трудности в борьбе с преодолением экономической отсталости, осложняет решение многих социальных и экономических вопросов.

С целью снижения остроты демографической проблемы ООН приняла ряд международных документов, в т.ч. "Всемирный план действий в области народонаселения", «Повестка дня на период до 2030 года» и некоторые другие. Эти документы содержат программные положения, в соответствии с которыми стабилизация численности населения Земли должна быть обеспечена грамотной демографической политикой (в соответствии с национальными особенностями отдельных стран), эффективным решением экономических и социальных проблем.

### 3. Демографическая политика

*Демографическая политика* – это целенаправленная деятельность государства в сфере регулирования процессов воспроизводства и социальной поддержки населения. Демографическая политика является составной частью общей социально-экономической политики государства.

Демографическая политика реализуется с помощью следующих мер:

**1) экономические:** оплачиваемые отпуска и ежемесячные пособия при рождении детей; пособия на детей в зависимости от их числа, возраста, типа семьи; ссуды, льготные кредиты, налоговые и жилищные льготы, льготы на получение образования и т.д.

**2) административно-правовые:** законодательные акты, регламентирующие браки, разводы, положение детей в семьях, алиментные обязанности, охрану материнства и детства, аборты и использование средств контрацепции, социальное обеспечение нетрудоспособных, условия занятости и режим труда работающих женщин-матерей, внутреннюю и внешнюю миграцию и т.п.;

**3) воспитательные и пропагандистские меры:** формирование грамотного общественного мнения, норм и стандартов демографического поведения, создание определенного демографического климата в обществе.

Принципиальная особенность демографической политики заключается в прямом воздействии на динамику демографических процессов (с помощью законодательства в сфере брака, семьи) и опосредовано, через человеческое поведение - этические нормы, принятие решений, выбора профессии, сферы занятости, места жительства и др. Меры демографической политики влияют как на формирование демографических потребностей, обуславливающих специфику демографического поведения в отдельных странах, так и на создание условий для их реализации.

Особую сложность демографической политики как части социального управления придает необходимость учитывать и согласовывать интересы разных уровней: индивидуальных и семейных, групповых и общественных; локальных, региональных и общегосударственных; экономических, социально-политических, экологических и этнокультурных; ближайших, среднесрочных и долгосрочных.

Демографическая политика определяется демографической ситуацией в отдельно взятой стране. В современных условиях демографическая политика проводится в большинстве стран мирового сообщества. С 1960 года ООН проводит периодические опросы правительств по этим вопросам. Систематизированные результаты (2020 года) легли в основу банка данных о политике в области населения 174 стран (таблица 6.3).

Таблица 6.3. Оценки и политика правительств в области населения

Оценка и политика	Число стран	Доля %
Оценивают рост населения в своей стране как		
Слишком высокий	24	13,8
Удовлетворительный	76	43,7
Слишком низкий	74	42,5
Считают необходимым воздействие с целью		
Увеличить темп роста	21	12,1
Сохранить темп роста	18	10,3
Уменьшить темп роста	66	37,9
Воздействие не планируется	69	39,7
Считают уровень смертности		
Приемлемым	54	31
Неприемлемым	120	69
Считают уровень рождаемости		
Слишком низким	20	11,5
Удовлетворительным	74	43,7
Слишком высоким	80	46

Как видно из данных таблицы, страны мирового сообщества отличаются по степени озабоченности положением в демографической сфере своих стран и большинство правительств готово проводить соответствующую демографическую политику для улучшения национальной ситуации по регулированию численности народонаселения.

#### **4. Демографическая ситуация в Республике Беларусь**

На начало 2023 года население Республики составляет 9300 тысяч человек, в трудоспособном возрасте - 5070 тысяч человек. В Беларуси с 90-х годов прошлого столетия численность населения уменьшается. Естественный прирост оставался устойчиво отрицательным до 2013 года. Демографическая ситуация нестабильная.

Результатом реализации демографической политика государства являются некоторые позитивные процессы в развитии демографической ситуации с 2013 г. по 2016 г. Суммарный коэффициент рождаемости за этот период увеличился с 1,51 до 1,73. Продолжительность жизни увеличилась с 70,6 года в 2011 г. до 74,4 в 2017 году. Общая численность населения с 2014 г. по 2016 г. выросла на 56,5 тыс. человек.

Продолжительность жизни в 2017 году составила 74,4 года, причем в городе - 75,6 на селе - 70,8, мужчины - 69,3, женщины - 79,2. Половозрастной состав представлен в виде половозрастной пирамиды на рис. 6.1.

С 2017 года численность населения снижается.

Об ухудшении медико-демографической ситуации в Республике Беларусь свидетельствуют следующие тенденции:

- наиболее выраженный темп убыли отмечается в отношении детского населения;
- снижение рождаемости происходит на фоне роста общей смертности. Начиная с 1993 г., смертность превышает рождаемость;
- структура населения имеет регрессивный характер. С 1993 г. республика вступила в стадию демографической старости, поскольку лица старше 60 лет составляют более 18% всего населения;



- структура коэффициента демографической нагрузки изменяется в негативную сторону: растет число лиц пенсионного возраста;
- снизилась ожидаемая продолжительность жизни, при этом увеличивается разрыв между ожидаемой продолжительностью жизни мужчин и женщин.

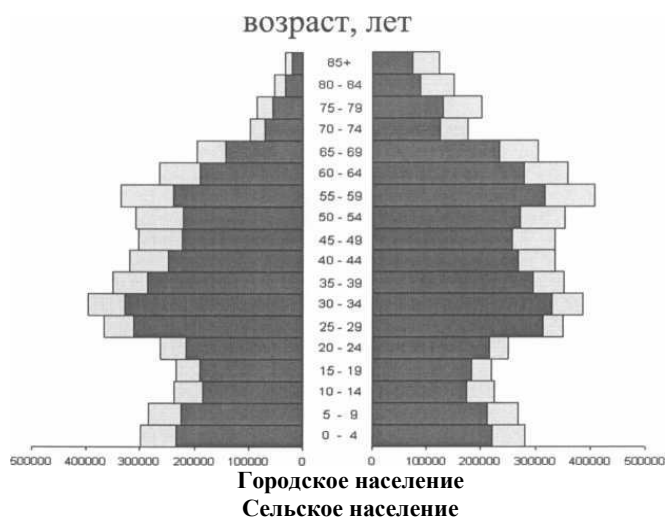


Рис. 6.1. Половозрастная пирамида населения  
(на 1 января 2020 г.; человек)

(слева – мужское население, справа – женское население)

К устойчивой положительной тенденции следует отнести значительное снижение детской смертности (дети в возрасте до 1 года) за счет применения инновационных медицинских технологий родовспоможения и ухода за недоношенными детьми.

В Концепции национальной безопасности Республики Беларусь в демографической сфере главным приоритетом государственной политики является всестороннее стимулирование рождаемости, обеспечивающее расширенное воспроизводство населения, повышение престижа крепкой семьи и совершенствование системы поддержки семей с тремя и более детьми, снижение смертности, увеличение продолжительности жизни населения, охрана здоровья матери

и ребенка, сохранение репродуктивного и общего здоровья населения.

## 5. Демографические показатели

Демографические показатели являются важнейшей характеристикой текущей ситуации в стране. Они отражают влияние социально-экономических процессов на состояние общества. Демографические процессы существенно зависят от уровня состояния здравоохранения и качества окружающей среды.

Демографические показатели подразделяются на две группы: абсолютные и относительные (рис. 6.2).



Рис. 6.2. Разделение демографических показателей на абсолютные и относительные (отдельно для мужчин и для женщин)

Абсолютные показатели получают путем прямого исчисления (пересчета). Типичными примерами абсолютных показателей являются абсолютная численность населения и абсолютный прирост (убыль) численности населения. Величины абсолютных показателей очень лабильны. Они зависят от условий проведения процедуры исчисления. В частности, величина абсолютных демографических показателей тем больше, чем больше: а) площадь территории; б) плот-

ность населения; в) время наблюдения; д) численность выборки. Абсолютные показатели помогают оценить реальные масштабы явлений и демографических событий с относительной точностью.

Относительные показатели (коэффициенты) исчисляются путем соотношения одних абсолютных показателей с другими. Наиболее часто относительные показатели рассчитывают соотношением численности населения и площади его проживания; численности населения во времени наблюдения; численности выборки с численностью всего населения и т.д. Рассчитанные таким способом относительные коэффициенты уже не зависят от условий съема информации, они более точные и объективные. Демографические показатели являются важнейшей характеристикой народонаселения.

Ключевой показатель, показывающий особенности изменения численности населения, есть *суммарный коэффициент рождаемости (СКР)*. СКР – это среднее число детей, которое производит на свет женщина в течении жизни (статистические данные). При СКР=2 обеспечивается неизменная численность населения, так как два ребёнка замещают отца и мать. Это пример простого воспроизводства народонаселения. При СКР <2 происходит снижение численности населения, так как родительское поколение будет замещено не полностью. А СКР >2, обусловит рост населения, поскольку число родителей будет возрастать с каждым поколением.

Демографические показатели бывают следующие:

-*половозрастной состав*;

-*рождаемость*;

-*смертность*;

-*естественный прирост населения*.

Первая из этих пирамид - *прогрессивный* тип воспроизводства населения – это пирамида типичного молодого растущего населения с высокой рождаемостью и сравнительно высокой, но снижающейся смертностью. Иначе такой тип воспроизводства называют примитивным.

Пирамида населения со *стационарным* типом воспроизводства характеризуется снижающимися уровнями рождаемости и смертности (по сравнению с первым типом) за счет развития общества. Рост населения замедляется, а потом прекращается.

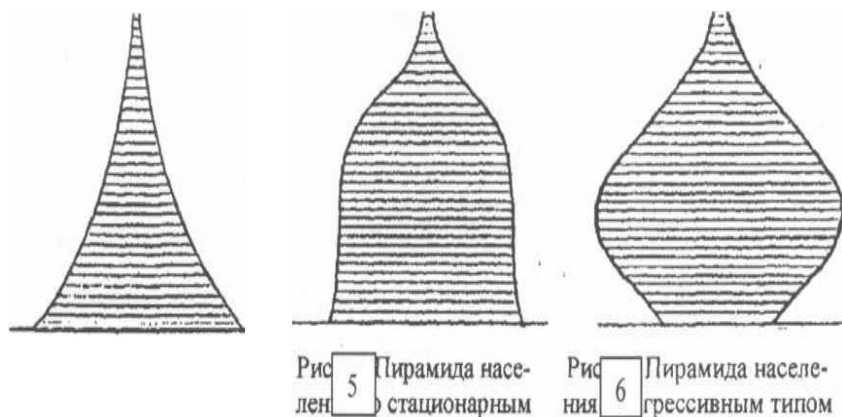


Рис. 6.3. Пирамиды населения с прогрессивным, стационарным и регрессивным типом воспроизводства

При *регрессивном*, или депопуляционном типе воспроизводства снижение смертности прекращается, а снижение рождаемости продолжается. Происходит старение и вымирание населения.

Во всех странах рождение и смерть людей регистрируются. Для сравнения прироста в разных странах рассчитывают среднее число рождений и смертей на 1000 человек в год. Эти показатели называются общий коэффициент рождаемости (ОКР) и общий коэффициент смертности (ОКС) соответственно. Общий - означает, что данные цифры не учитывают, какую часть населения страны составляют пожилые и молодые люди, мужчины и женщины.

ОКР определяется как соотношение количества детей, родившихся за определённый период времени, к средней численности населения.

$$\text{ОКР} = \frac{\text{Количество детей} \times 1000}{\text{Средняя численность населения}}$$

ОКС определяется как отношение количества умерших людей за определённый период времени, к средней численности населения.

$$\text{ОКС} = \frac{\text{Количество умерших людей} \times 1000}{\text{Средняя численность населения}}$$

Естественный прирост определяется как разность между ОКР и ОКС.

$$\text{ЕПр} = \text{ОКР} - \text{ОКС}$$

Таблица 4. Демографические показатели развитых и развивающихся стран, 2020 г.

	СКР	ОКР	ОКС	ЕПр
<b>Развитые страны:</b>				
США	2,06	12,5	8,2	4,3
Япония	1,39	7,8	9,6	-1,8
Германия	1,45	8,5	11,6	-3,1
Испания	1,48	9,4	9,1	0,3
Франция	2,08	12,3	9,3	3,0
<b>Развивающиеся страны:</b>				
Индия	2,55	19,3	7,3	12,0
Китай	1,55	12,4	7,7	4,7
Бразилия	1,81	14,3	6,6	7,7
Чили	1,85	13,7	6,1	7,6
Ангола	5,49	38,6	11,3	27,3
Россия	1,61	12,9	12,9	0,0
Беларусь	1,46	10,5	12,6	-2,1

## 6. Задание к работе

1. Составить прогноз динамики общей численности населения и естественного прироста на период 100 лет (по варианту страны).

2. Построить графики зависимости общей численности населения и естественного прироста от количества прошедших лет. Построить исходную половозрастную пирамиду и через 100 лет.

3. Сделать вывод о тенденции изменения численности и состава населения, о влиянии на экологическую обстановку в заданной стране и решению экологических проблем.

4. Провести анализ демографической ситуации и указать направление демографической политики.

Исходные данные: состав населения разного возраста. Считать, что дети рождаются у женщин возрастом 21-30 лет. Женщины составляют в этой возрастной группе половину. Считать, что люди живут 70 лет. Расчет вести с периодичностью 10 лет.

*Пример расчета*

Дано: страна Англия

СКР=1,75

$\Delta$ СКР=-0.02 (изменение суммарного коэффициента рождаемости за 10 лет)

Исходный состав населения представлен в таблице 6.5.

Количество женщин возрастом 21-30 лет составляет 6 тыс.: 2=3 тыс. женщин.

У них родится за 10 лет детей: СКР x 3 тыс. чел. = 1,75 x 3 тыс = 5,25 тыс. детей.

За этот же период умерло 3 тыс. чел. Общая численность населения: 5,25+6+6+6+6+5+5=39,25

$$\text{ОКР} = \frac{5,25 \times 1000}{39,25} = 134$$

$$\text{ОКС} = \frac{3 \times 1000}{39,25} = 76$$

$$\text{ЕПр} = 134 - 76 = 58$$

Дети (6 тыс. чел) из возрастной группы 0 - 10 лет через 10 лет перейдут в возрастную группу 11 - 20 лет, а из возрастной группы 11 - 20 (6 тыс. чел) перейдут в возрастную группу 21 - 30 лет и т. д.

В следующие 10 лет СКР уменьшится на величину  $\Delta$ СКР и составит:  $1,75 - 0,02 = 1,73$

Количество женщин:  $6 : 2 = 3$  тыс. чел.

Родится детей:  $1,73 * 3 = 5,19$  тыс. чел.

Умерло людей - 5 тыс. чел. Общая численность - 39,44 тыс. чел.

$ОКР = \frac{5,19}{39,44} \times 1000 = 132$

39,44

$ОКС = \frac{5}{39,44} \times 1000 = 127$

39,44

$ЕПр = 132 - 127 = 5$

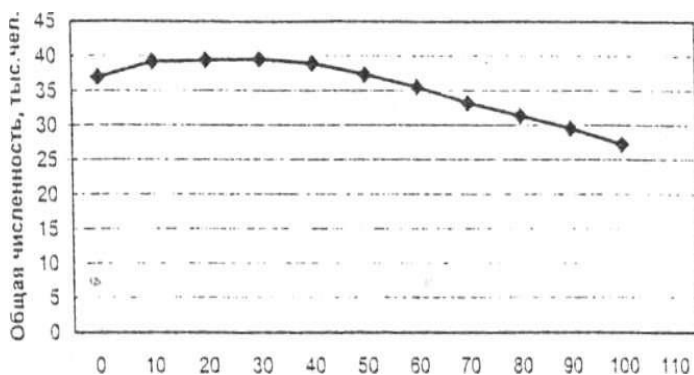


Рис. 6.4 Динамика численности населения за период 100 лет

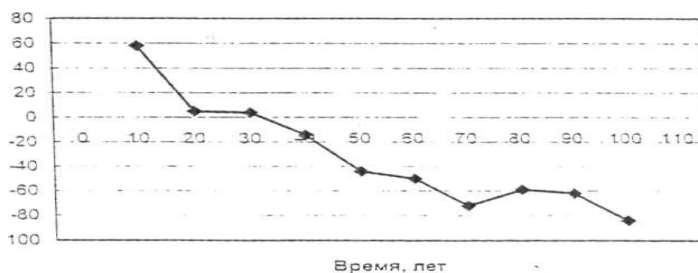


Рис.6.5 Динамика естественного прироста населения за период 100 лет

Выводы:

1. Численность населения Англии за 100 лет уменьшится в 1.3 раза.
2. Изменение состава населения: количество детей уменьшилось, работающих - практически не изменилось, количество людей пожилого возраста увеличилось.
3. Государство в состоянии субсидировать денежные средства на решение демографических проблем.

### Варианты заданий

Исходный состав населения (по возрастам) на начало составления прогноза приведен в таблице 6.5. Исходный состав населения выбирается, исходя из уровня развития страны (по варианту задания) - высокоразвитая (ВР), умеренно развитая (УР), слаборазвитая (СР).

Таблица 6.5. Количество людей по возрастам в зависимости от уровня развития страны

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

Таблица 6. Исходные данные для составления демографического прогноза на 100 лет

№ варианта	Страна	Уровень развития	СКР	ΔСКР
1.	Германия	ВР	1,45	+0,07
2.	Япония	ВР	1,39	+0,02
3.	США	ВР	2,06	-0,19
4.	Сингапур	ВР	1,42	-0,09
5.	Австралия	ВР	1,77	0,00
6.	Гонконг	ВР	1,11	+0,08
7.	Ю. Корея	ВР	1,99	-0,04
8.	Греция	УР	2,14	+0,03
9.	Китай	УР	1,55	+0,05
10.	Аргентина	УР	2,27	-0,01



№ варианта	Страна	Уровень развития	СКР	ΔСКР
11.	Бразилия	УР	1,81	-0,06
12.	Шри-Ланка	СР	2,31	-0,13
13.	Таджикистан	СР	2,80	-0,17
14.	Туркмения	УР	2,12	-0,05
15.	Колумбия	СР	2,10	-0,10
16.	Мексика	УР	2,25	-0,01
17.	Индия	СР	2,55	-0,12
18.	Нигерия	СР	5,31	-0,26
19.	Филиппины	СР	3,10	-0,08
20.	Пакистан	СР	2,96	-0,34
21.	Эфиопия	СР	5,31	-0,32
22.	Кения	СР	3,76	-0,78
23.	Руанда	СР	4,71	-0,84
24.	Перу	УР	2,25	-0,03
25.	Сальвадор	СР	1,99	-0,12
26.	Иордания	СР	3,32	-0,13
27.	Испания	ВР	1,48	+0,02
28.	Австрия	ВР	1,42	+0,05
29.	Франция	ВР	2,08	-0,01
30.	Йемен	СР	4,27	-0,64
31.	Беларусь	УР	1,46	+0,27
32.	Россия	УР	1,61	+0,01

### **Контрольные вопросы**

1. Охарактеризуйте современную мировую демографическую ситуацию и прогноз ее развития.
2. Дайте характеристику демографической ситуации в Республике Беларусь.
3. В чем заключается демографическая проблема?
4. Демографическая политика, меры демографической политики.
5. Основные демографические показатели, их расчет.

## Практическая работа № 7

### ЦИКЛ ТЕПЛОВОГО НАСОСА

#### **Цель работы:**

1. Изучение цикла теплового насоса.
2. Определение отопительного коэффициента цикла  $\varepsilon$ .
3. Определение количества низкопотенциальной теплоты  $Q_2$ , отбираемой у окружающей среды. Определение количества теплоты  $Q_1$ , передаваемой в систему отопления помещения.

#### Общие сведения

Альтернативой традиционным способам теплоснабжения, основанным на сжигании топлива, является выработка тепла с помощью теплового насоса.

*Тепловой насос* – установка, при помощи которой осуществляется перенос энергии в форме теплоты, от более низкого к более высокому температурному уровню, необходимому для теплоснабжения.

Независимо от типа теплового насоса и типа привода компрессора на единицу затраченного исходного топлива потребитель получает по крайней мере в 1,1–2,3 раза больше тепла, чем при прямом сжигании топлива.

Такая высокая эффективность производства тепла достигается тем, что тепловой насос вовлекает в полезное использование низкопотенциальное тепло естественного происхождения (тепло грунта, природных водоемов, грунтовых вод) и техногенного происхождения (промышленные стоки, очистные сооружения, вентиляция и т.д.) с температурой от +3 до +40 °С, т.е. такое тепло, которое не может быть напрямую использовано для теплоснабжения.

Результатом работы всякого холодильного цикла является охлаждение холодного источника и нагрев горячего за счет подвода внешней работы. Кельвин (1852 г.) предложил применить обратный цикл для целей отопления, используя его в качестве теплового насоса, который перекачивал бы теплоту, отобранную от холодного источника (внешней среды) в горячий.

Введем следующие обозначения:

$q_1$  – удельная теплота (теплота, приходящаяся на единицу массы), передаваемая горячему источнику, кДж/кг (теплота, передаваемая в систему отопления помещения);

$q_2$  – удельная теплота, отбираемая от холодного источника, кДж/кг (низкопотенциальная теплота);

$l_{цикла}$  – удельная работа, подводимая от внешнего источника, кДж/кг.

Можно записать

$$q_1 = q_2 + l_{цикла}; \quad (7.1)$$

$$\varepsilon = \frac{q_1}{l_{цикла}}, \quad (7.2)$$

где  $\varepsilon$  – коэффициент преобразования или отопительный коэффициент цикла. Этот коэффициент характеризует эффективность цикла теплового насоса.

Рабочий цикл теплового насоса представлен на рисунке 4.1.

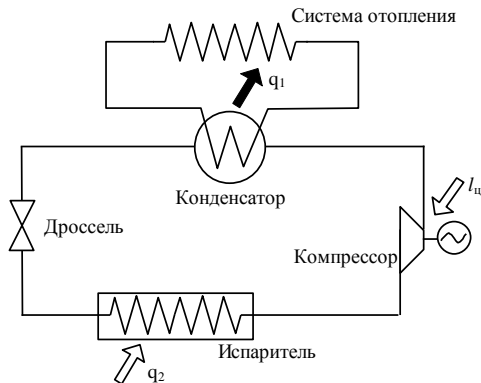


Рисунок 7.1. Рабочий цикл теплового насоса

Низко потенциальная теплота  $Q_2$  поступает в испаритель теплового насоса, где ее воспринимает рабочее тело (хладагент), циркулирующее в цикле. Источником низко потенциальной теплоты могут

быть наружный воздух, природные водоемы, грунт, питьевая вода, промышленные стоки, вентиляционные выбросы и т.д. В качестве хладагентов в циклах используются теплоносители с низкой температурой кипения – углекислый газ, аммиак, фреоны. Хладагент поступает в испаритель в жидком состоянии. В процессе подвода теплоты  $Q_2$  жидкому хладагенту происходит его превращение в пар (при постоянном давлении и температуре). Пары хладагента поступают в компрессор, где сжимаются, повышается их давление и температура. При сжатии в компрессоре от внешнего источника (электродвигателя) подводится работа  $l_{\text{цикла}}$ . Нагретые пары хладагента поступают в конденсатор, где отдают свое тепло  $Q_1$  в систему отопления помещения и за счет отдачи теплоты конденсируются (превращаются в жидкость) при постоянном давлении и температуре. Жидкий хладагент поступает в дроссель, где его давление падает до давления в испарителе, а температура снижается до температуры низкопотенциального источника. Цикл замыкается.

Рассмотренный цикл теплового насоса в  $T,s$ -диаграмме изображен на рисунке 7.2. Координаты  $T$  – абсолютная температура,  $K$ ;  $s = dq/T$  – удельная энтропия – термодинамический параметр состояния,  $kJ/(kg \cdot K)$ .

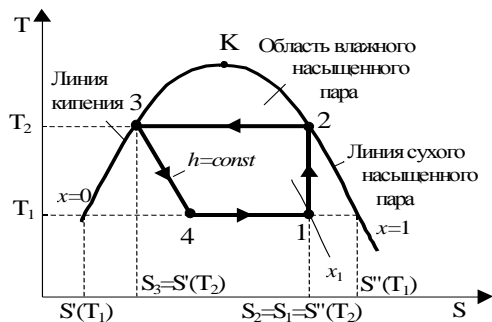


Рисунок 7.2 . Цикл теплового насоса:

1–2 – адиабатное сжатие хладагента в компрессоре; 2–3 – отвод теплоты из конденсатора в систему отопления помещения ( $P_2 =$

const,  $t_2 = \text{const}$ ); 3–4 – дросселирование; 4–1 – подвод низкопотенциальной теплоты из окружающей среды к испарителю ( $P_1 = \text{const}, t_1 = \text{const}$ ).

**Степень сухости влажного насыщенного пара ( $x$ )** – отношение массы сухого насыщенного пара к массе влажного насыщенного пара. Значение  $x$  изменяется от 0 (кипящая жидкость) до 1 (сухой насыщенный пар).

### Индивидуальное задание

Согласно варианту, из таблицы 4.1 выбираются температуры  $t_1$  в испарителе и  $t_2$  в конденсаторе и вносятся в таблицу 7.2.

Таблица 7.1 – Исходные данные

№ варианта	$t_1, \text{°C}$	$t_2, \text{°C}$	№ варианта	$t_1, \text{°C}$	$t_2, \text{°C}$	№ варианта	$t_1, \text{°C}$	$t_2, \text{°C}$
1	-10	40	6	-5	60	11	5	50
2	-10	50	7	0	40	12	5	60
3	-10	60	8	0	50	13	10	40
4	-5	40	9	0	60	14	10	50
5	-5	50	10	5	40	15	10	60

Таблица 7.2 – Параметры фреона

Параметры Температура	$h', \text{кДж/кг}$	$h'', \text{кДж/кг}$	$s', \text{кДж/(кг·K)}$	$s'', \text{кДж/(кг·K)}$
$t_1 = \underline{\hspace{2cm}}$				
$t_2 = \underline{\hspace{2cm}}$				

По заданным параметрам по таблице 7.3 определяются термодинамические свойства хладагента (фреона-12): энтальпия и энтропия. Параметры на линии кипения (нижней пограничной кривой) обозначены параметрами с одним штрихом; на линии сухого насыщенного пара (верхней пограничной кривой) – с двумя штрихами. Между линиями кипения и сухого насыщенного пара находится область влажного насыщенного пара.

Величина  $h$  – удельная энтальпия,  $s$  – удельная энтропия – термодинамические параметры состояния.

Таблица 7.3 – Термодинамические свойства фреона-12

Температура	Энтальпия		Энтропия	
	жидкость	пар	жидкость	пар
$t$	$h'$	$h''$	$s'$	$s''$
°С	кДж/кг	кДж/кг	кДж/(кг·К)	кДж/(кг·К)
-10	409,47	568,89	4,15280	4,75859
-5	414,03	571,21	4,16984	4,75612
0	418,68	573,55	4,18680	4,75394
5	423,37	575,85	4,20363	4,75189
10	428,14	578,11	4,22042	4,75013
40	458,08	590,09	4,31940	4,74097
50	468,54	593,10	4,35189	4,73741
60	479,68	596,58	4,38509	4,73850

Из рисунка 7.2 видно, что точка 2 лежит на линии сухого насыщенного пара:

$$h_2 = h''_{(t_2), \text{кДж/кг}};$$

$$s_2 = s''_{(t_2), \text{кДж/(кг·К)}}.$$

Точка 3 лежит на линии кипения:

$$h_3 = h'_{(t_2), \text{кДж/кг}};$$

$$s_3 = s'_{(t_2), \text{кДж/(кг·К)}}.$$

Процесс 3–4 – дросселирование,  $h = \text{const}$ , следовательно:

$$h_4 = h_3, \text{кДж/кг}.$$

Для того, чтобы найти параметры в точке 1, надо вначале найти степень сухости в этой точке. Это можно сделать исходя из:

$$s_1 = s_2, \text{кДж/(кг}\cdot\text{К)};$$

$$x_1 = \frac{s_1 - s'(t_1)}{s''(t_1) - s'(t_1)}.$$

Значение  $x_1$  находится в пределах  $0,9 \div 1$  (для проверки). Тогда:

$$h_1 = h''(t_1) \cdot x_1 + h'(t_1)(1 - x_1), \text{кДж/кг}.$$

Удельное количество теплоты, отдаваемое конденсатором в систему отопления помещения:

$$q_1 = h_2 - h_3, \text{кДж/кг}.$$

Удельное количество низкопотенциальной теплоты, подведенное из окружающей среды к испарителю:

$$q_2 = h_1 - h_4, \text{кДж/кг}.$$

Удельная работа цикла:

$$l_{\text{цикла}} = q_1 - q_2 = h_2 - h_1, \text{кДж/кг}.$$

В процессе дросселирования работа не производится, поэтому работа цикла равна работе компрессора. Мощность компрессора  $N = 0,2$  кВт.

Расход хладагента:

$$G = N / l_{\text{цикла}}, \text{кг/с},$$

где  $N$  – кВт;  $l_{\text{цикла}}$  – кДж/кг.

Количество теплоты, отдаваемое конденсатором в систему отопления помещения:

$$Q_1 = Q_1 \cdot G, \text{кВт}.$$

Количество низкопотенциальной теплоты, подведенное из окружающей среды к испарителю:

$$Q_2 = q_2 \cdot G, \text{кВт.}$$

Отопительный коэффициент:

$$\varepsilon = q_1 / l_{\text{цикла.}}$$

Значение отопительного коэффициента должно быть больше единицы, что показывает, что в систему отопления помещения отдано теплоты больше, чем затрачено работы, в  $\varepsilon$  раз за счет использования низкопотенциальной теплоты. Это следует отразить в выводах.

### **Контрольные вопросы по практической работе № 7**

1. Цель практической работы и объект исследования.
2. Для чего нужны тепловые насосы, область их применения?
3. Устройство и принцип работы теплового насоса.
4. Источники низкопотенциальной теплоты.
5. Какие вещества можно использовать в качестве хладагента в тепловых насосах?
6. Каким образом хладагент поглощает теплоту, а затем отдает ее?
7. Могут ли использоваться для теплоснабжения низкопотенциальные источники теплоты напрямую без специальных устройств?
8. Является ли целесообразным обогрев помещения с помощью теплового насоса? Если да, то почему?
9. В каком направлении тепловой насос переносит теплоту (от холодного источника к горячему или наоборот)?
10. Что происходит при испарении хладагента (выделение или поглощение тепловой энергии)?
11. Что происходит при конденсации хладагента (выделение или поглощение тепловой энергии)?
12. Что характеризует отопительный коэффициент теплового насоса? Порядок его величины.
13. За счет чего происходит повышение температуры хладагента в тепловом насосе?



## Практическая работа № 8

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕКУПЕРАТИВНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА

#### **Цель работы:**

1. Определение эффективности водо-водяного рекуперативного теплообменника, нахождение коэффициента теплопередачи и термодинамической эффективности.
2. Сравнение прямотока и противотока.

#### Общие сведения

**Теплопередача или теплообмен** – учение о самопроизвольных, необратимых процессах распространения теплоты в пространстве. *Под процессом распространения теплоты* понимается обмен внутренней энергией между отдельными элементами и между областями рассматриваемой среды. Перенос теплоты осуществляется тремя основными способами: *теплопроводностью, конвекцией и тепловым излучением.*

**Теплопроводность** представляет собой молекулярный перенос теплоты в телах (или между ними), обусловленный переменной температурой в рассматриваемом пространстве.

Явление теплопроводности представляет собой процесс распространения энергии при непосредственном соприкосновении отдельных частиц тела или отдельных тел, имеющих разные температуры. Теплопроводность обусловлена движением микрочастиц вещества. В газах перенос энергии осуществляется путем диффузии молекул и атомов, а в жидкостях и твердых телах, диэлектриках – путем упругих волн. В металлах перенос энергии в основном осуществляется путем диффузии свободных электронов, а роль упругих колебаний кристаллической решетки здесь второстепенна.

**Конвекция** – процесс переноса теплоты при перемещении объемов жидкости или газа (текучей среды) в пространстве из области с одной температурой в область с другой температурой. При этом перенос теплоты неразрывно связан с переносом самой среды.

**Тепловое излучение** – процесс распространения теплоты с помощью электромагнитных волн, обусловленный только температурой и оптическими свойствами излучающего тела, при этом внутренняя энергия тела (среды) переходит в энергию излучения. Процесс превращения внутренней энергии вещества в энергию излучения, переноса излучения и его поглощения веществом называется теплообменом излучения. В природе и технике элементарные процессы распространения теплоты: теплопроводность, конвекция и тепловое излучение – часто происходят совместно.

Конвекция теплоты всегда сопровождается теплопроводностью. Совместный процесс переноса теплоты конвекцией и теплопроводностью называется **конвективным теплообменом**.

Одна из основных проблем, поставленных в Государственной программе Республики Беларусь по энергосбережению, – экономия и рациональное использование топливно-энергетических ресурсов нашей страны, эффективное использование теплоиспользующего оборудования.

Примером такого оборудования являются теплообменные аппараты (ТА).

**Теплообменными аппаратами** называются устройства, предназначенные для передачи теплоты от одной среды к другой. По принципу действия теплообменные аппараты могут быть разделены на рекуперативные, регенеративные и смешительные.

**Рекуперативные теплообменные аппараты** представляют собой устройства, в которых две жидкости с различными температурами текут в пространстве, разделенном твердой стенкой. Теплообмен происходит за счет конвекции и теплопроводности стенки, а если хоть одна из жидкостей является излучающим газом, то и за счет теплового излучения.

**Регенеративные теплообменные аппараты** – это устройства, в которых одна и та же поверхность омывается то горячей, то холодной жидкостью. Сначала поверхность регенератора отбирает тепло от горячей жидкости и нагревается, затем поверхность регенератора отдает энергию холодной жидкости. Таким образом, в регенераторах теплообмен всегда происходит в нестационарных условиях, тогда как рекуперативные теплообменные аппараты работают большей частью в стационарном режиме.

В *смесительных теплообменных аппаратах* теплопередача осуществляется при непосредственном контакте и смешении горячей и холодной жидкостей.

Характер изменения температур рабочих сред по поверхности рекуперативного теплообменного аппарата зависит от схемы их движения. Наиболее простыми схемами движения являются: прямоток (рисунок 8.1, а), противоток (рисунок 8.1, б) и перекрестный ток (рисунок 8.1, в). Существуют аппараты и с более сложными схемами движения теплоносителя.

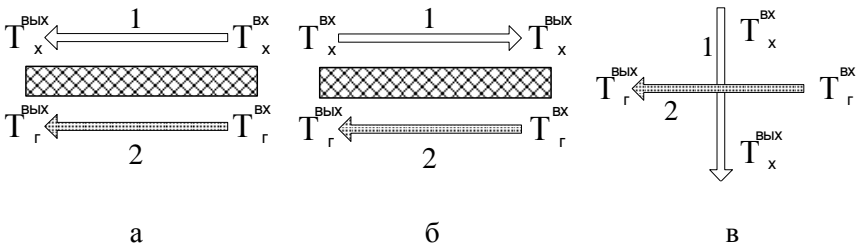


Рисунок 8.1. Схемы движения рабочих сред

От того, какая схема движения сред применена, во многом зависит эффективность теплообменного аппарата.

Расчет ТА, работающих в стационарном режиме, ведется на основе двух уравнений – теплового баланса и теплопередачи. Уравнение теплового баланса означает равенство количества тепла, отдаваемого горячим теплоносителем ( $Q_{гор}$ ), сумме количеств тепла, воспринимаемого холодным теплоносителем, ( $Q_{хол}$ ) и потерь в окружающую среду. Пренебрегая потерями тепла в окружающую среду, имеем  $Q_{гор} = Q_{хол} = Q$  или:

$$Q = G_{гор} \cdot \bar{C}p_{гор} \cdot \Delta T_{гор} = G_{хол} \cdot \bar{C}p_{хол} \cdot \Delta T_{хол}, \quad (8.1)$$

здесь  $G_{гор}$ ,  $G_{хол}$  – соответственно массовые расходы горячей и холодной воды, кг/с;  $\bar{C}p_{гор}$ ,  $\bar{C}p_{хол}$  – средние изобарные удельные теплоемкости горячей и холодной воды;  $\bar{C}p_{гор} = \bar{C}p_{хол} = 4187$  Дж/(кг·К);  $\Delta T_{гор}$  и  $\Delta T_{хол}$  – изменения температур горячей и холодной воды:

$$\Delta T_{гор} = T_{гор}^{вх} - T_{гор}^{вых}; \quad \Delta T_{хол} = T_{хол}^{вых} - T_{хол}^{вх}.$$

Уравнение теплопередачи определяет количество теплоты  $Q$ , передаваемой через заданную поверхность площадью  $F$ , если заданы средние температуры греющего  $\bar{T}_{гор}$  и нагреваемого  $\bar{T}_{хол}$  теплоносителей:

$$Q = K(\bar{T}_{гор} - \bar{T}_{хол})F,$$

где  $K$  – коэффициент теплопередачи от одного теплоносителя к другому, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$F$  – площадь поверхности теплообменника, 0,152 м<sup>2</sup>;

Следовательно,  $K$  – коэффициент теплопередачи равен:

$$K = \frac{Q}{(\bar{T}_{гор} - \bar{T}_{хол}) \cdot F}; \quad (8.2)$$

$$\bar{T}_{гор} = (T_{гор}^{вх} + T_{гор}^{вых})/2; \quad \bar{T}_{хол} = (T_{хол}^{вх} + T_{хол}^{вых})/2 \quad (8.3)$$

**Коэффициент теплопередачи,  $K$**  характеризует интенсивность передачи теплоты от одной среды к другой через разделяющую их стенку. Он численно равен количеству теплоты, проходящей через единицу поверхности стенки в единицу времени при разности температур между средами в один градус.

**Термодинамическая эффективность** теплообменника – это отношение количества теплоты, передаваемой в данном теплообменнике, к количеству теплоты, передаваемой в теплообменнике с бесконечно большой поверхностью теплообмена с теми же параметрами на входе. Эффективность теплообменника определяется по формуле:

$$E = \frac{T_{хол}^{вых} - T_{хол}^{вх}}{T_{гор}^{вх} - T_{хол}^{вх}}. \quad (8.4)$$

### Индивидуальное задание

Преимущества одной схемы течения теплоносителей перед другой определяются из сравнения количества теплоты, передаваемой при равных условиях, и коэффициентов теплопередачи. Для расчета предлагается рассмотреть поверхностный теплообменник, выполненный из двух труб, размещенных одна внутри другой. По внутренней трубе протекает горячая вода (греющий теплоноситель). По наружной – холодная (нагреваемый теплоноситель).

Исходные данные для расчета даны в в таблице 8.1. Значения заносятся в таблицу 8.2.

Таблица 8.1 – Исходные данные

№ варианта	Прямоток				Противоток				$G_{гор}$ , кг/с
	$T_{гор\ вх}$ , °С	$T_{гор\ вх}^B$ , °С	$T_{хол\ вх}$ , °С	$T_{хол\ вх}^B$ , °С	$T_{гор\ вх}$ , °С	$T_{гор\ вх}^B$ , °С	$T_{хол\ вх}$ , °С	$T_{хол\ вх}^B$ , °С	
1	50	36	13	27	50	33	13	30	0,010
2	50	37	15	28	50	34	15	31	0,011
3	50	38	17	29	50	35	17	32	0,012
4	55	39	13	29	55	36	13	32	0,010
5	55	40	15	30	55	37	15	33	0,011
6	55	41	17	31	55	38	17	34	0,012
7	60	43	13	30	60	39	13	34	0,010
8	60	44	15	31	60	40	15	35	0,011
9	60	45	17	32	60	41	17	36	0,012
10	65	46	13	32	65	42	13	36	0,010
11	65	47	15	33	65	43	15	37	0,011
12	65	48	17	34	65	44	17	38	0,012
13	70	49	13	34	70	44	13	39	0,010
14	70	50	15	35	70	45	15	40	0,011
15	70	51	17	36	70	46	17	41	0,012

Таблица 8.2. – Данные для расчета

Схема подключения	$T_{гор\ вх}$ , °С	$T_{гор\ вх}^B$ , °С	$T_{хол\ вх}$ , °С	$T_{хол\ вх}^B$ , °С	$G_{гор}$ , кг/с
Прямоток					
Противоток					

Количество теплоты, переданной от одного теплоносителя к другому, определяется из выражения (8.1).

Средние температуры теплоносителей определяются по формуле (8.3), из формулы (8.2) определяется коэффициент теплопередачи  $K$  при различных схемах движения теплоносителя.

Термодинамическая эффективность аппарата находится по формуле (8.4).

Полученные расчетные значения количества теплоты воспринятой холодным теплоносителем, коэффициенты теплопередачи и термодинамической эффективности теплообменника сравнить для прямоточной и противоточной схем. Сделать вывод о наиболее эффективной схеме движения рабочих сред в рекуперативном теплообменнике.

### **Контрольные вопросы по практической работе № 8**

1. Цель практической работы и объект исследования.
2. Что такое теплообмен?
3. В каких случаях возникает теплообмен?
4. Основные способы переноса теплоты и их особенности.
5. Что называется теплообменным аппаратом? Виды теплообменных аппаратов
6. Что такое рекуперативный теплообменник?
7. Что такое теплоноситель?
8. Назвать основные схемы движения теплоносителей.
9. Как определить количество теплоты, передаваемое при теплопередаче?
10. Единицы измерения количества теплоты.
11. Что такое коэффициент теплопередачи: физический смысл, единицы измерения?
12. От чего зависит коэффициент теплопередачи рекуперативного теплообменника?
13. Как определить термодинамическую эффективность теплообменника?
14. Как определить преимущества одной схемы течения теплоносителей перед другой?
15. При какой схеме движения теплоносителей можно нагреть воду в теплообменнике до более высокой температуры?

## ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

1. Экологические проблемы Республики Беларусь.
2. Демографическая проблема.
3. Экологический дизайн.
4. Экологическая маркировка.
5. Система экологического налогообложения в Республике Беларусь.
6. Стандарты ИСО серии 14 000. Система менеджмента окружающей среды.
7. Расширенная ответственность производителя.
8. Концепция «нулевых отходов».
9. Цели устойчивого развития.
10. Истощение биологического разнообразия.
11. Проблема деградации лесов.
12. Загрязнение Мирового океана. Дампинг.
13. Устойчивое развитие транспортной сферы.
14. Концепция более чистого производства.
15. Правовые и нормативные документы Республики Беларусь в области энергосбережения.
16. Энергетические ресурсы Республики Беларусь и их использование.
17. Топливо-энергетический комплекс и топливо-энергетический баланс Республики Беларусь.
18. Местные виды топлива Республики Беларусь, их состав и теплота сгорания. Условное топливо.
19. Тепловые электрические станции - источники получения тепловой и электрической энергии (на примере РБ).
20. Атомные электрические станции. Будущее ядерной энергетики в Республике Беларусь.
21. Гидроэлектрические станции (ГЭС) и перспективы использования гидроэнергетики в Республике Беларусь.
22. Котельные - источники получения тепловой энергии. Проблемы и перспективы использования (на примере РБ).
23. Электростанции с газотурбинными и парогазовыми установками. Перспективы использования в Республике Беларусь.
24. Гелиоустановки. Перспективы использования солнечной

энергетики в Республике Беларусь.

25. Системы солнечного отопления и горячего водоснабжения зданий и сооружений. Перспективы использования в Республике Беларусь.

26. Ветроэнергетика. Перспективы использования в Республике Беларусь.

27. Геотермальная энергетика. Современное состояние и перспективы развития в Республике Беларусь.

28. Гидроэнергетика. Возможности использования малой гидроэнергетики в Республике Беларусь.

29. Водородная энергетика. Перспективы ее развития.

30. Биоэнергетика. Использование энергии биомассы в Республике Беларусь.

31. Получение энергии на основе переработки мусора, промышленных и бытовых отходов. Перспективы использования в Республике Беларусь.

32. Графики нагрузки и аккумулирование энергии.

33. Методы прямого преобразования энергии.

34. Энергосистема Республики Беларусь. Состояние и перспективы развития.

35. Потери тепловой и электрической энергии при транспортировке.

36. Тепловые сети. Снижение тепловых потерь трубопроводов.

37. Предварительно изолированные трубы.

38. Энергосберегающие технологии на основе использования вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) в различных областях.

39. Тепловые насосы. Использование низкотемпературного тепла земли, воды, воздуха.

40. Тепловые трубы. Теплоиспользующие устройства на тепловых трубах.

41. Экономичные источники света и их использование.

42. Тепловые потери в зданиях и сооружениях. Тепловая изоляция зданий и сооружений.

43. Изоляционные характеристики остекления. Стеклопакеты.

44. Повышение эффективности систем отопления.



45. Автономные энергоустановки.
46. Бытовые приборы регулирования, учета и контроля тепла.
47. Тарифы и нормы потребления в энергетике.
48. Стратегия обследования объектов для энергосберегающих мероприятий.
49. Законы и нормативные акты, регулирующие производство, распределение и потребление ТЭР и энергосбережение.
50. Государственные и производственные структуры управления энергосбережением.

## ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

1. Определение и структура экосистем. Функции экосистем. Компоненты и размеры экологических систем.
2. Биосфера - определение, границы, функции. Учение В.И. Вернадского о Биосфере. Техносфера, ноосфера.
3. Устойчивость экосистем. Принцип Ле-Шателье.
4. Большой (геологический) круговорот веществ и энергии.
5. Малый (биологический) круговорот веществ и энергии.
6. Закон Линдемана. Трофические цепи.
7. Антропогенный (ресурсный) круговорот веществ.
8. Природные ресурсы и их классификация.
9. Загрязнение окружающей среды. Классификация загрязнения.
10. Принципы экологического нормирования.
11. Экологические факторы и их классификация. Взаимодействие экологических факторов.
12. Законы экологии: Закон Шелфорда, Законы Коммонера, Закон Либиха.
13. Загрязнение окружающей среды токсикантами.
14. Проблема глобального изменения климата (парниковый эффект).
15. Проблема истощения озонового слоя.
16. Кислотные осадки и их последствия.
17. Фотохимический смог и его последствия.
18. Запасы и источники пресной воды. Проблема нехватки пресной воды.
19. Эвтрофикация и ее последствия.
20. Виды загрязнения гидросферы. Загрязнение гидросферы нефтью.
21. Факторы потери земельных ресурсов.
22. Проблема засоления почв.
23. Устойчивое развитие.
24. Организационные методы снижения загрязнения окружающей среды: командно-административные, экономического стимулирования, социально-психологические, информационные методы управления.

25. Снижение загрязнения окружающей среды через концентрирование и разбавление.

26. Минимизация отходов, инвентаризация производственных процессов, модификация.

27. Предотвращение выбросов в источнике их образования. Понятие наилучших доступных технических методов.

28. Экологическая паспортизация предприятий.

29. Система экологического законодательства Республики Беларусь.

30. Планирование природопользования и охраны окружающей среды.

31. Стандартизация в области охраны окружающей среды и использования природных ресурсов.

32. Мониторинг в сфере природопользования и охраны окружающей среды.

33. Учет в области охраны окружающей среды и использования природных ресурсов.

34. Лицензирование в области использования природных ресурсов и охраны окружающей среды.

35. Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) планируемой хозяйственной и иной деятельности.

36. Истощаемые и возобновляемые энергетические ресурсы.

37. Виды топлива, их состав и теплота сгорания.

38. Принципиальные схемы ТЭС.

39. Принципиальные схемы ТЭЦ.

40. Принципиальные схемы АЭС.

41. Прямое преобразование солнечной энергии в электрическую и тепловую.

42. Ветроэнергетика.

43. Малая гидроэнергетика.

44. Энергия биомассы.

45. Энергия природных явлений (приливов и отливов, волн, геотермальных процессов).

46. Аккумуляция тепловой и электрической энергии.

47. Понятие о тепловых сетях. Потери тепловой энергии при транспортировке

48. Понятие об электрических сетях Потери электрической

энергии при транспортировке.

49. Классификация ВЭР.

50. Определение объема выхода и использования ВЭР.

51. Определение экономии топлива за счет использования ВЭР.

52. Энергосберегающие технологии на основе использования вторичных энергоресурсов.

53. Принцип работы трансформаторов тепла (тепловых насосов), тепловых труб.

54. Основные методы и приборы регулирования, контроля и учета тепловой и электрической энергии и автоматизация этих процессов.

55. Экономичные источники света.

56. Тепловые потери в зданиях и сооружениях.

57. Тепловая изоляция зданий и сооружений.

58. Повышение эффективности систем отопления.

59. Автономные энергоустановки.

60. Суточное и сезонное регулирование теплового режима зданий и сооружений.

## ПРИМЕРЫ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ

*В тестовых заданиях только один вариант ответа верный.*

### 1. Как промышленная революция влияет на окружающую среду?

- а) увеличивает потребление, количество отходов и вредных выбросов в окружающую среду;
- б) увеличивает благосостояние стран, добывающих нефть, газ и другие сырьевые ресурсы;
- в) увеличивает потребление всех видов энергии, что ведёт к глобальному потеплению;
- г) ведёт к перепроизводству пластика и загрязнению Мирового океана.
- д) оказывает только положительное влияние

### 2. Концепция устойчивого развития была принята

- а) на Международном совещании по окружающей среде в Стокгольме (1972 г.)
- б) на конференции по мирному процессу в Европе в Хельсинки (1975 г.)
- в) на конференции ООН в Рио-де-Жанейро (1992 г.)
- г) на Всемирном форуме ООН на стыке тысячелетий в Нью-Йорке (2000 г.)
- д) на 37-й сессии Генеральной ассамблеи ООН (1982 г.)

### 3. Устойчивое развитие – это

- а) такое развитие, которое обеспечивает удовлетворение потребностей настоящего поколения, без ущерба будущих поколений удовлетворять свои потребности
- б) промышленная революция
- в) этап развития, связанный с ростом загрязнения
- г) индустриализация
- д) демографический кризис

**4. Устойчивое развитие – это совокупность:**

- а) живых организмов
- б) ответственности за окружающую среду, экономического развития и социального прогресса
- в) факторов неживой природы
- г) финансовых институтов
- д) законодательных норм

**5. Единые природные комплексы, образованные живыми организмами и средой обитания – это**

- а) предприятие
- б) эдафотоп
- в) климатоп
- г) экосистема
- д) устойчивое развитие

**6. Глобальная экосистема:**

- а) лужа, ствол гниющего дерева
- б) озеро, луг
- в) океан, континент
- г) вся биосфера Земли
- д) лесной массив

**7. Область проявления технической деятельности человека названа**

- а) техносферой
- б) антропосферой
- в) биосферой
- г) ноосферой
- д) экзосферой

8. **Способность экосистемы и составляющих ее компонентов противостоять внешним факторам и сохранять свою структуру и функциональные особенности определяется как**

- а) устойчивость экосистемы
- б) устойчивое развитие
- в) прогресс
- г) регресс
- д) все ответы верны

9. **Для биосферы Земли характерна устойчивость, которая подчиняется принципу**

- а) Линдемана
- б) Ле-Шателье
- в) Либиха
- г) Вернадского
- д) Коммонера

10. **Как иначе можно назвать трофическую цепь?**

- а) тропическая
- б) пищевая
- в) неопределенная
- г) экологическая
- д) самостоятельная

11. **По правилу Линдемана на следующий трофический уровень переходит не более \_\_\_% от предыдущего**

- а) 20
- б) 30
- в) 40
- г) 10
- д) 80

**12. Следствие из закона Линдемана: если в пищевую цепь попадает загрязняющее вещество, то на каждом из следующих ее уровней, концентрация загрязняющего вещества в живых организмах....**

- а) уменьшается в 2 раза
- б) увеличивается в 10 раз
- в) уменьшается в 10 раз
- г) увеличивается в 2 раза
- д) остается прежней

**13. Какой цикл является фактически незамкнутым?**

- а) геологический
- б) круговорот воды
- в) биологический
- г) ресурсный
- д) Кребса

**14. Полезные ископаемые по принципу исчерпаемости относятся к ...**

- а) исчерпаемым возобновляемым
- б) исчерпаемым относительно возобновляемым
- в) исчерпаемым невозобновляемым
- г) неисчерпаемым
- д) исчерпаемым незаменимым

**15. Какие ресурсы количественно относятся к неисчерпаемым, а качественно – к исчерпаемым?**

- а) полезные ископаемые
- б) солнечная энергия
- в) вода, воздух
- г) геотермальная энергия
- д) металлы



**16. Элементы и силы природы, необходимые человеку для его жизнеобеспечения и вовлекаемые им в материальное производство, называются ...**

- а) природными ресурсами
- б) природными условиями
- в) природной средой
- г) предметами потребления
- д) предметами труда

**17. Ресурс считается возобновимым, когда скорость его возобновления**

- а) меньше скорости его потребления
- б) больше скорости его потребления
- в) равна скорости его потребления
- г) в любом случае
- д) в биосфере нет возобновимых ресурсов

**18. Ресурсообеспеченность – это**

- а) отношение количества запасов определенного природного ресурса к показателям объема его добычи
- б) количество ресурсов, которое страна экспортирует
- в) количество ресурсов, которое страна импортирует
- г) количество ресурсов, необходимых для осуществления экономической деятельности
- д) запасы ресурсов определенного региона

**19. В чем измеряется ресурсообеспеченность?**

- а) в тоннах
- б) в метрах кубических
- в) в литрах
- г) безразмерная величина
- д) в единицах времени, на которое хватит этих ресурсов, либо в количественном соотношении на душу населения

**20. Элементы природы, которые непосредственно не используются в процессе производства, но оказывают влияние на жизнедеятельность людей называют**

- а) природными ресурсами
- б) природными условиями
- в) природной средой
- г) предметами потребления
- д) предметами труда

**21. Промышленная значимость ресурсов определяется**

- а) технической возможностью и экономической рентабельностью добычи, транспортировки и переработки
- б) экологичностью разработки и использования
- в) благоприятностью политической и экономической международной ситуации
- г) всеми вышеперечисленными факторами
- д) ни одним из вышеперечисленных факторов

**22. Какой природный ресурс является относительно возобновимым?**

- а) нефть
- б) уголь
- в) алюминиевая руда
- г) торф
- д) природный газ

**23. Экологический след – это**

- а) отпечаток экологичной обуви
- б) площадь страны
- в) площадь биологически продуктивной территории и акватории, необходимой для производства потребляемых человеком ресурсов и поглощения отходов
- г) площадь свалок
- д) площадь деградированных земель

**24. У какого природного ресурса самый большой экологический след?**

- а) уголь
- б) природный газ
- в) нефть

- г) золото
- д) алмазы

**25. Факторы среды, обусловленные присутствием человека и результатами его трудовой деятельности, называются**

- а) биотическими
- б) абиотическими
- в) климатическими
- г) антропогенными
- д) социальными

**26. Под загрязнением понимают**

а) привнесение в среду новых, обычно не характерных для нее химических, физических биологических или информационных агентов

б) возникновение в среде новых, обычно не характерных для нее физических, биологических или информационных агентов

в) увеличение концентрации тех или иных компонентов среды сверх характерных для нее количеств

г) возможность появления любого из обозначенных выше процессов или их сочетания

д) физические излучения и шум

**27. Трансграничному загрязнению воздуха способствует:**

а) лесоразведение

б) истощение озонового слоя

в) создание малоотходных технологий

г) политика «высоких труб»

д) плотная городская застройка

**28. При планировании борьбы с загрязнением воздуха наибольший приоритет следует отдавать:**

а) рассеиванию загрязняющих веществ в воздухе

б) методам, предупреждающим образование загрязняющих веществ

в) методам очистки отходящих газов

г) методам очистки атмосферного воздуха

д) созданию системы зеленых насаждений

**29. Как следует понимать сокращение «ПДК»?**

- а) Природный декоративный кустарник
- б) Предельно допустимый коэффициент
- в) Природно допустимая концентрация
- г) Предельно допустимые концентрации
- д) Предельно допустимые колебания

**30. Что лежит в основе расчетаНДВ**

- а) Токсичность компонентов, загрязняющих воду
- б) Фоновый уровень загрязнения местности
- в) Закон Шелфорда (закон минимума и максимума).
- г) Концентрация загрязняющих компонентов в исходном сырье ^
- д) Факторы рассеивания загрязнителей в воздухе

**31. ПДК максимальная разовая устанавливается на период времени**

- а) 1 год
- б) до 5 лет
- в) 1 час
- г) до 20 минут
- д) средняя продолжительность жизни

**32. Какова размерность ПДК загрязняющего вещества в атмосферном воздухе?**

- а) мг/м<sup>3</sup>
- б) мг/л
- в) мг/кг
- г) г/с
- д) т/год

**33. При содержании в воздухе нескольких загрязняющих веществ, обладающих эффектом суммации, сумма отношений  $C_i/PДК_i$  не должна превышать ...**

- а) 5
- б) 10

- в) 10
- г) 1
- д) 0,5

**34. Чем обусловлен «парниковый эффект»?**

- а) разрушением озонового слоя атмосферы
- б) способностью некоторых газов задерживать инфракрасное излучение
- в) увеличением запыленности атмосферы
- г) способностью некоторых газов отражать Уф-излучения
- д) увеличением температуры в верхних слоях атмосферы

**35. Возможным последствием появления «озоновых» дыр считается...**

- а) замедление роста и гибель растений
- б) увеличение заболеваемости людей катарактой
- в) увеличение заболеваемости людей раком кожи
- г) общее снижение иммунитета
- д) все перечисленное

**36. Какие вещества способствуют возникновению кислотных осадков?**

- а) соединения тяжелых металлов
- б) хлор-фтор-углеводороды
- в) оксиды серы и азота
- г) нитраты и нитриты
- д) сера и азот

**37. К последствиям кислотных осадков относятся:**

- а) уменьшение плодородия почв
- б) закисление водоемов, гибель рыбы
- в) разрушение архитектурных памятников, ускоренная коррозия пластмасс и металлов
- г) повреждение листьев и хвои деревьев
- д) все варианты верны

**38. Что такое смог?**

а) Смог — это большое задымление, появляющееся при горении лесов;

б) Смог — это искусственное создание дымовых завес при военных и антитеррористических операциях;

в) Смог — это чрезмерное насыщение воздуха вредными и опасными для человека веществами, выделяемыми промышленными предприятиями и транспортными средствами;

г) Смог — это экологически чистый спрэй для очистки загрязнённого воздуха или дератизации жилых помещений.

д) Смог – это дым, который образуется в процессе курения

**39. Наиболее распространенными загрязнителями воды являются**

а) тяжелые металлы

б) нефть и нефтепродукты

в) пестициды

г) радиоактивные вещества

д) щелочи

**40. Какая отрасль мирового хозяйства потребляет больше всего воды?**

а) промышленность

б) сельское хозяйство

в) коммунально-бытовой сектор

г) лесное хозяйство

д) на все отрасли приходится примерно равное количество потребляемой воды

**41. Какая из перечисленных отраслей является наиболее водоемкой?**

а) пищевая промышленность

б) целлюлозно-бумажная промышленность

в) изготовление строительных материалов

г) производство бытовой техники

д) производство автомобилей

**42. Эвтрофикация – это**

- а) слой атмосферного воздуха
- б) метод анализа проб воды
- в) способ очистки стоков
- г) метод очистки выбросов от твердых частиц
- д) поступление в воду биогенных элементов: соединений азота и фосфора

**43. К факторам деградации почв относится**

- а) водная эрозия почв
- б) ветровая эрозия почв
- в) опустынивание
- г) засоление почв
- д) все перечисленное

**44. Рекультивация – это**

- а) разрушение плодородных земель
- б) деградация земель под воздействием природных факторов
- в) радиационное загрязнение земель
- г) искусственное восстановление плодородия почвы и растительного покрова после техногенного нарушения природы
- д) засоление почв

**45. Установление соответствия планируемых проектных и иных решений, содержащихся в предпроектной (предынвестиционной), проектной и (или) иной документации, требованиям законодательства об охране окружающей среды и рациональном использовании природных ресурсов – это**

- а) стратегическая экологическая оценка;
- б) государственная экологическая экспертиза;
- в) оценка воздействия на окружающую среду;
- г) государственный экологический контроль;
- д) экологический аудит.

**46. Документ, содержащий сведения о результатах проведения государственной экологической экспертизы – это**

- а) отчет;
- б) заключение;

- в) экологический доклад;
- г) инструкция;
- д) реферат.

**47. Документ, содержащий сведения о проведенной оценке воздействия на окружающую среду – это**

- а) отчет;
- б) реферат;
- в) экологический доклад;
- г) заключение;
- д) буклет.

**48. Укажите субъекта, проводящего государственную экологическую экспертизу в Республике Беларусь:**

- а) Совет Министров Республики Беларусь;
- б) Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь;
- в) местные исполнительные и распорядительные органы;
- г) проектные организации;
- д) ГУО «Республиканский центр государственной экологической экспертизы и повышения квалификации руководящих работников и специалистов».

**49. В каком нормативно-правовом документе приведен перечень объектов, для которых ОВОС проводится в обязательном порядке:**

- а) Положение о порядке проведения ОВОС;
- б) Закон РБ «Об охране окружающей среды»;
- в) Закон РБ «О ГЭЭ, СЭО и ОВОС»;
- г) Положение о порядке проведения государственной экологической экспертизы;
- д) ТКП 17.02-08-2012 (02120) «Охрана окружающей среды и природопользование. Правила проведения оценки воздействия на окружающую среду и подготовки отчета».

**50. К объектам ОВОС относятся объекты, у которых базовый размер санитарно-защитной зоны составляет:**



- а) 50 м и более;
- б) 100 м и более;
- в) 300 м и более;
- г) 500 м и более;
- д) 1000 м и более.

**51. Объектами общественной экологической экспертизы являются:**

- а) проекты водоохранных зон;
- б) градостроительные проекты;
- в) лесоустроительные проекты;
- г) проектная документация на пользование недрами;
- д) проекты охотоустройства.

**52. Заключение государственной экологической экспертизы может быть:**

- а) рекомендательным;
- б) отрицательным;
- в) положительным с особыми условиями реализации проектных решений;
- г) обязательным;
- д) временным.

**53. Укажите, какой этап не является этапом проведения оценки воздействия на окружающую среду:**

- а) разработка и утверждение программы проведения ОВОС;
- б) разработка отчета;
- в) разработка экологического доклада;
- г) проведение общественных обсуждений отчета об ОВОС;
- д) проведение государственной экологической экспертизы проектной документации, включая отчет об ОВОС, по планируемой деятельности.

**54. Является ли проведение общественных обсуждений обязательным этапом оценки воздействия на окружающую среду:**

- а) да;

- б) нет;
- в) только в случае заинтересованности общественности;
- г) только, если планируемая деятельность оказывает значительное вредное трансграничное воздействие;
- д) только, если планируемая деятельность не оказывает значительное вредное трансграничное воздействие.

## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. SolarEnergy /IRENA // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.irena.org/solar/> – Дата доступа: 08.02.2023.
2. Tony Burton, Nick Jenkins, Ervin Bossanyi, David Sharpe, Michael Graham Wind Energy Handbook /Third edition/John Wiley and Sons Ltd. 2021, 1011 p.
3. [www.belstat.gov.by](http://www.belstat.gov.by)
4. А.Н.Дмитриев, Ю.А.Табунщиков, И.Н.Ковалев, Н.В.Шилкин Руководство по оценке экономической эффективности в энергосберегающие мероприятия. Техническая библиотека НП «АВОК».
5. Астафьева, О. Е. Экологические основы природопользования : учебник для СПО / О. Е. Астафьева, А. А. Авраменко, А. В. Питрюк. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 354 с.
6. Атомные электрические станции [Электронный ресурс] : учебно-методический комплекс для студентов специальности 1-43 01 08 «Паротурбинные установки атомных электрических станций» / Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Тепловые электрические станции» ; сост.: А. В. Седнин, Н. Б. Карницкий. - Минск : БНТУ, 2017.
7. Богословский, В. Н. Теплофизика аппаратов утилизации тепла систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха/ В. Н. Богословский, М. Я. Поз. - М.: Стройиздат, 1938. - 320 с
8. Вавилов А. В. Малая энергетика на биотопливе / А. В. Вавилов [и др.]. - Минск: УП «Техенопринт», 2002. - 248 с
9. Василенко, Т.А., Свергузова, С.В. Оценка воздействия на окружающую среду и экологическая экспертиза инженерных проектов. Учебное пособие / Т.А. Василенко, С.В. Свергузова. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. – 265 с.
10. Возобновляемые источники энергии: учеб.-метод. пособие по выполнению курсовых работ для студентов специальности 1-43 01 06 «Энергоэффективные технологии и энергетический менеджмент» / сост. А. Б. Сухоцкий. - Минск : БГТУ, 2018. - 74 с.
11. Гулбрандсен, Т. Х. Энергоэффективность и энергетический менеджмент : учебно-методическое пособие / Т. Х. Гулбрандсен, Л. П. Падалко, В. Л. Червинский. - Минск : БГАТУ, 2010. - 240

с.

12. Гурова, Т. Ф. Экология и рациональное природопользование : учебник и практикум для академического бакалавриата / Т. Ф. Гурова, Л. В. Назаренко. — 3-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2019. — 188 с.

13. Данилов-Данильян, В. И. Экология : учебник и практикум для академического бакалавриата / Н. Н. Митина, Б. М. Малашенков ; под ред. В. И. Данилова-Данильяна. — М. : Издательство Юрайт, 2019. — 363 с.

14. Еремченко, О. З. Биология: учение о биосфере : учеб. пособие для СПО / О. З. Еремченко. — 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 236 с.

15. Еремченко, О. З. Учение о биосфере : учеб. пособие для академического бакалавриата / О. З. Еремченко. — 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 236 с.

16. Жиров, А. И. Прикладная экология. В 2 т. Том 2 : учебник для академического бакалавриата / А. И. Жиров, В. В. Дмитриев, А. Н. Ласточкин ; под ред. А. И. Жирова. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2019. — 311 с.

17. Жуйкова, Т. В. Экологическая токсикология : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / Т. В. Жуйкова, В. С. Безель. — М. : Издательство Юрайт, 2019. — 362 с.

18. Закон Республики Беларусь «О государственной экологической экспертизе, стратегической экологической оценке и оценке воздействия на окружающую среду» от 18 июля 2016 г. № 399-З.

19. Залунин, В. И. Социальная экология : учебник для академического бакалавриата / В. И. Залунин. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2019. — 206 с.

20. Иващенко Е.Ю. Технологии утилизации тепловых отходов: учебнометодическое пособие по дисциплине «Вторичные энергетические ресурсы» для студентов специальности 1-43 01 06 «Энергоэффективные технологии и энергетический менеджмент» / Е.Ю. Иващенко. - Минск: БНТУ, 2014. - 108 с.

21. Инженерная экология : защита литосферы от твердых промышленных и бытовых отходов : учебное пособие / А.В. Луканин. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 556 с.

22. Исследование потенциала и получения биогаза в животноводческих комплексах Республики Беларусь / О.А. Любчик // Энергоэффективность / гл. ред. Л.В. Шенец; учредитель Департамент по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь,, Инвестиционно-консультационное республиканское унитарное предприятие «Белинвестэнергобережение». – 27/05/2021. – №5. – С. 24-27. – На рус. яз.

23. Колесников, Е. Ю. Оценка воздействия на окружающую среду. Экспертиза безопасности : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / Е. Ю. Колесников, Т. М. Колесникова. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 469 с.

24. Концепция энергетической безопасности Республики Беларусь / Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь// [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C21501084/>. – Дата доступа: 06.04.2023.

25. Корытный, Л. М. Экологические основы природопользования : учеб. пособие для СПО / Л. М. Корытный, Е. В. Потапова. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2019. — 374 с.

26. Ларионов, Н. М. Промышленная экология : учебник и практикум для СПО / Н. М. Ларионов, А. С. Рябышенков. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 382 с.

27. Любчик, О. А. Использование древесной биомассы в качестве топлива как направление укрепления энергетической безопасности Республики Беларусь: оценка и прогноз потенциала [Текст] / О. А. Любчик // Агропанорама. - 2021. - N 4. - С. 26-30. - Библиогр.: с. 30 (11 назв.).

28. Любчик, О.А. Анализ эффективности работы солнечных электростанций в Республике Беларусь // Innovatsion texnologiyalar // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ojs.qmii.uz/index.php/it/issue/view/16>. – Дата доступа: 14.03.2023.

29. Мисюченко, В.М., Парфимович, Ю.Э. Особенности проектирования источников выбросов загрязняющих веществ по дисциплине «Экологическая экспертиза»: учебно-методическое пособие / В. М. Мисюченко, Ю. Э. Парфимович. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 67 с.

30. О.А.Сидоренко. Накопители энергии как средство экономии топливно-энергетических ресурсов. Энергосбережение. Практикум. №4, 2019 с.4-10

31. Основы энергосбережения : лабораторные работы (практикум) для студентов технических специальностей / Белорусский национальный технический университет, Кафедра ЮНЕСКО "Энергосбережение и возобновляемые источники энергии" ; сост.: В. Г. Баштовой [и др.]. – Минск : БНТУ, 2005. – 71 с. : ил.

32. Основы энергосбережения и нетрадиционные источники энергии [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс для студентов всех специальностей / Белорусский национальный технический университет, Кафедра ЮНЕСКО «Энергосбережение и возобновляемые источники энергии» ; сост.: С. В. Климович, И. В. Янцевич. – Минск : БНТУ, 2021.

33. Основы энергосбережения. Курс лекций. Под ред. Н. Г. Хутской. Технопринт. Мн., 1999. - 296 с.

34. Официальная статистика / Национальный статистический комитет Республики Беларусь // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/>. – Дата доступа: 05.04.2023.

35. Павлова, Е. И. Общая экология : учебник и практикум для прикладного бакалавриата / Е. И. Павлова, В. К. Новиков. — М. : Издательство Юрайт, 2019. — 190 с.

36. Пилипенко Н.В., Сиваков И.А. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей. Учебное пособие. - СПб: НИУ ИТМО, 2013. - 274 с.

37. Пospelова, Т. Г. Основы энергосбережения : учебник / Т.Г. Пospelова ; Государственный комитет Республики Беларусь по энергосбережению и энергонадзору . - Минск : Технопринт, 2000. - 351 с. : ил.

38. Природоресурсное право : учебное пособие / Н. А. Шингель. — Минск : Вышэйшая школа, 2017. — 399 с.

39. Притужалова, О. А. Экологический менеджмент и аудит : учеб. пособие для вузов / О. А. Притужалова. — М. : Издательство Юрайт, 2019. — 244 с

40. Промышленная экология : учебное пособие / Л.Л. Никифоров. – Москва : ИНФРА-М, 2022. – 322 с.

41. Республиканская программа энергосбережения на 2021-2025 годы: утв. Постановлением Совета Министров Респ. Беларусь 14.01.2021 [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. - Минск, 2021. - Режим доступа:
42. <http://www.pravo.by>. - Дата доступа: 14.01.2021.
43. Ризниченко, Г. Ю. Математические методы в биологии и экологии. Биофизическая динамика продукционных процессов в 2 ч. Часть 2 : учебник для бакалавриата и магистратуры / Г. Ю. Ризниченко, А. Б. Рубин. — 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 185 с.
44. Родионов, А. И. Охрана окружающей среды: процессы и аппараты защиты атмосферы : учебник для СПО / А. И. Родионов, В. Н. Клушин, В. Г. Систер. — 5-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2019. — 218 с.
45. Родионов, А. И. Технологические процессы экологической безопасности. Гидросфера : учебник для академического бакалавриата / А. И. Родионов, В. Н. Клушин, В. Г. Систер. — 5-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 283 с.
46. Сазонов, Э. В. Экология городской среды : учеб. пособие для СПО / Э. В. Сазонов. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2019. — 275 с
47. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. — 7-е изд., стереот. — М.: Издательство МЭИ, 2001. — С. 78. — 472 с.
48. Состояние природной среды Беларуси: экол. бюл., 2020 г. — 358 с.
49. Твайделл, Дж. Возобновляемые источники энергии / Дж. Твай- делл, А. Уэйр; пер. с англ. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 392 с.
50. Третьякова, Н. А. Основы экологии : учеб. пособие для вузов / Н. А. Третьякова ; под науч. ред. М. Г. Шишова. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 111 с.
51. Третьякова, Н. А. Основы экологии : учеб. пособие для вузов / Н. А. Третьякова ; под науч. ред. М. Г. Шишова. — М. : Издательство Юрайт, 2019. — 111 с.
52. Трифонова, Т. А. Гигиена и экология человека : учеб. пособие для СПО / Т. А. Трифонова, Н. В. Мищенко, Н. В. Орешникова. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2019. — 206 с.

53. Хван, Т. А. Экологические основы природопользования : учебник для СПО / Т. А. Хван. — 6-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2019. — 253 с.

54. Экологическая экспертиза: учеб. пособие / Ю.Ю. Никифорова [и др.]; под общ. ред. И.С. Белюченко. – Краснодар: КубГАУ, 2018. – 87 с.

55. Экологическое право: учебник / С.А. Балашенко [и др.]. – Минск: БГУ, 2019. –501 с.

56. Экология : учебник и практикум для прикладного бакалавриата / А. В. Тотай [и др.] ; под общ. ред. А. В. Тотая, А. В. Корсакова. — 5-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2019. — 353 с.

57. Экология : учебное пособие / В.А. Разумов. – Москва : ИНФРА-М, 2022. – 296 с.

58. Экономика нетрадиционных и возобновляемых источников энергии : практикум для студентов специальности 1-27 01 01-10 «Экономика и организация производства (энергетика)» / сост.: И. А. Бокун, Е. П. Корсак. - Минск: БНТУ, 2020. - 58 с

59. Энергетика. Основные термины и определения / БелТЭИ // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://beltei.by/wp-content/uploads/2018/03/Glossariy-itogovuу-.pdf>. – Дата доступа: 14.01.2023.

60. Энергосбережение: учебно-методическое пособие для студентов учреждений высшего образования по химико-технологическим специальностям / А. С. Дмитриченко [и др.]. - Минск : БГТУ, 2018. - 90 с.