

В.Д. ИВАНОВ

ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ
ЧАСТЬ 2. ТОПЛИВНЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ
ЭНЕРГОРЕСУРСЫ, ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ
СРЕДЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ
УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ



Санкт-Петербург
2021

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна»
Высшая школа технологии и энергетики**

В.Д. Иванов

ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ
ЧАСТЬ 2. ТОПЛИВНЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ
ЭНЕРГОРЕСУРСЫ, ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ
СРЕДЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ

Учебное пособие

Утверждено Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПбГУПТД

Санкт-Петербург
2021

УДК 620.9(075)

ББК 31я7

И 201

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор, заместитель генерального директора
АО «Центральное морское конструкторское бюро «Алмаз» по
энергетическим установкам, судовым системам и устройствам

В.В. Барановский;

кандидат технических наук, доцент Санкт-Петербургского
государственного университета промышленных технологий и дизайна

В.Н. Белоусов

Иванов В.Д.

И 201 Введение в специальность. Часть 2. Топливные и возобновляемые энергоресурсы, защита окружающей среды, перспективы развития энергетики: учеб. пособие / В.Д. Иванов. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2021. – 135 с.

ISBN 978-5-91646-252-4

Учебное пособие соответствует программа и учебным планам дисциплины «Введение в специальность» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника». Во 2-й части учебного пособия приведен мировой баланс топливных и возобновляемых энергоресурсов. Рассмотрены перспективы использования углеводородной, атомной энергетики и возобновляемых энергоресурсов. Дан обзор загрязняющих факторов и методов защиты окружающей среды от воздействия энергетических объектов. Дана характеристика эры электричества и эры атомной энергии. Описаны перспективные направления развития современной энергетики. Приведены биографические сведения об ученых, изобретателях и конструкторах – подвижниках энергетики.

Пособие предназначено для бакалавров очной и заочной форм обучения. Отдельные разделы могут быть полезны магистрам, аспирантам и специалистам, работающим в области промышленной теплоэнергетики.

УДК 620.9(075)

ББК 31я7

ISBN 978-5-91646-252-4

© ВШТЭ СПбГУПТД, 2021

© Иванов В.Д., 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Введение	4
1.	Мировой баланс топливных и возобновляемых энергоресурсов	5
1.1.	Углеродная энергетика	5
1.2.	Атомная энергетика	8
1.3.	Возобновляемая энергетика	10
1.3.1.	Гидроэнергетика: ГЭС и ПЭС	11
1.3.2.	Ветровая энергетика	14
1.3.3.	Солнечная энергетика	19
1.3.4.	Геотермальная энергетика	21
1.3.5.	Биоэнергетика	24
1.3.5.1.	Биотопливо в Европе	31
1.3.5.2.	Биотопливо в России	34
1.4.	Страны с особыми возобновляемыми энергоресурсами	35
1.4.1.	Норвегия	35
1.4.2.	Исландия.....	37
1.4.3.	Парагвай	42
2.	Защита окружающей среды от воздействия энергетических объектов	46
2.1.	Виды и источники загрязнений окружающей среды	46
2.2.	Характеристики пылегазовых загрязнителей воздуха	50
2.3.	Классификация вод и водных систем	56
2.4.	Классификация промышленных отходов	59
2.5.	Энергетическое загрязнение окружающей среды	64
2.6.	Методы защиты окружающей среды от промышленных загрязнений и энергетических воздействий	65
2.7.	Классификация способов очистки сточных вод	70
3.	Перспективы развития современной энергетики	71
3.1.	Энергетические революции человечества	71
3.2.	Перспективные направления развития современной энергетики	113
	Перечень принятых сокращений	133
	Библиографический список	134

ВВЕДЕНИЕ

Промышленная теплоэнергетика является одной из самых востребованных отраслей в настоящее время.

Энергетическая отрасль сегодня – это бурно развивающаяся сфера человеческой деятельности, использующая самые современные достижения науки, передовые технологии, в том числе и компьютерные. Энергоэффективность является одним из основных критериев проектирования, строительства и эксплуатации источников тепловой и электрической энергии и систем теплоснабжения.

В настоящем издании показаны основные вехи развития энергетики на всех исторических этапах технических революций и промышленных переворотов, вплоть до энергетической революции постиндустриально-ноосферного типа.

Учебное пособие состоит из двух частей.

Первая часть содержит обзор современного состояния энергетики России, а также энергетического комплекса Санкт-Петербурга. Кроме того, в ней описаны первые шаги человечества по пути освоения огня, энергии воды, ветра и пара, создания паровых машин. Приведены сведения по истории становления и развития основных видов энергетического оборудования: паровых турбин, котельных агрегатов, газотурбинных и парогазовых установок, двигателей внутреннего сгорания, тепловых электрических станций.

Во второй части дана характеристика мирового топливного баланса и возобновляемых энергоресурсов. Рассмотрены методы защиты окружающей среды от загрязняющих воздействий энергетических объектов. Описаны основные направления перспективного развития энергетики: водородная энергетика, управляемый термоядерный синтез и др.

1. Мировой баланс топливных и возобновляемых энергоресурсов

1.1. Углеводородная энергетика

В настоящее время доля *углеводородной энергетики (ТЭС)* в мировой электрогенерации составляет **63 %** [3].

Доля углеводородов в структуре мирового энергетического спроса на сегодняшний день также остается преобладающей. Они обеспечивают 86 % всего потребления первичной энергии (данные британской компании BP по итогам 2015 г.):

- 32,9 % спроса приходится на нефть;
- 29,2 % – на уголь;
- 23,8 % – на природный газ.

При этом снижение доли показывает лишь уголь: в 2015 г. его потребление в мире сократилось на 1,8 %. Спрос же на нефть и газ продолжает увеличиваться (+1,9 % и +1,7 %, соответственно). И эти темпы выше, чем у других энергоресурсов: так, потребление атомной энергии увеличилось на 1,3 % (в основном за счет Китая); гидроэнергетика показала прирост на уровне 1 %.

Гораздо более динамично развивается лишь сектор возобновляемых источников энергии (ВИЭ), где потребление выросло на 15,2 %. Но несмотря на многочисленные проекты ведущих стран и крупнейших энергетических корпораций по развитию *несырьевых источников энергии*, их доля в структуре мирового спроса остается невысокой – **37 %**, в том числе: гидроэнергетика покрывает **18,5 %**, АЭС – **6,4 %**, а возобновляемые источники (без ГЭС) – **12,1 %**.

Инвестиции в возобновляемую энергетику в мире устойчиво растут. BP говорит о среднегодовых темпах роста выработки энергии ВИЭ на уровне 7,1 % и более чем трехкратном увеличении доли возобновляемых источников в структуре мирового энергетического спроса к 2035 г. (данные BP Energy Outlook 2017).

Уверенный, но сдержанный рост ожидается в сегментах атомной и гидроэнергетики. Ожидается ежегодное увеличение выработки электроэнергии на АЭС до 2040 г. в пределах 2,3 %.

Таким образом, хотя доля традиционных энергоресурсов и будет постепенно снижаться, но в ближайшие 20 лет останется доминирующей.

По оценкам ВР, нефть, газ и уголь к 2035 г. будут обеспечивать более 75 % поставок всех энергоносителей в мире. Причем лучшие перспективы среди традиционных видов топлива – у газа.

Мировая цивилизация глубоко зависима от нефти и газа. А ведь достаточно вспомнить, что сделал скачок цен на нефть в 70-е гг. с СССР. Когда осенью 1985 г. резкий рост добычи аравийской нефти привел к падению цен до **\$10 за баррель**, экономика СССР фактически не выдержала.

Накануне кризиса 2008 г. нефть марки Brent стоила **\$140** за баррель, но в 2009 г. рухнула до **\$61,7**.

В 2011-2013 гг. – поднялась до **\$120**. А в 2014 г. – опять резкое падение. В 2015 г., казалось, дошла до дна – **\$52**. Но это был не предел. В начале 2016 г. она стоила менее **\$40** (в определенный момент вообще **\$28**). Причины – снятие санкций с Ирана, рост добычи сланцевой нефти и отказ ОПЕК снижать квоты на добычу.

Нефть при этом далеко не одинакова на рынке. В 2015 г. себестоимость добычи аравийской нефти составляла **\$10-12** (кувейтской – **\$8,5**), примерно так же – иранской. А в США и Норвегии – **\$36**, в Британии – **\$52,5**. Россия здесь в более выгодном положении: добыча нефти в тот год стоила **\$17** – дешевле, чем в Венесуэле (**\$23**), Казахстане (**\$28**) и Китае (**\$30**).

Низкая себестоимость барреля нефти в странах Персидского залива связана с тем, что месторождения там находятся на континентальном шельфе и в прибрежной зоне, рядом с портами, на небольшой глубине. Поэтому не нужны нефтепроводы. *В России на себестоимость влияет сложный климат в районах добычи и удаленность от потребителей.*

Скачки цен – не единственная проблема. Разведанные запасы нефти и газа ограничены. Потенциальных месторождений также не хватает. Кроме того с углеводородами связаны и экологические проблемы.

Одной из альтернатив нефти и газу является частичный возврат к углю. Но с этим многие не согласны. Конкурировать полноценно с ними он не может. И явно не лучше для экологии. Сегодня на уголь приходится **29 %** (из них половина – на Китай), а на нефть – **33 %**. Роль угольных электростанций остается заметной, но отмечают их недостаточную эффективность и прогнозируют падение доли угля до **25 %**.

Китай является крупнейшим производителем и потребителем угля. Он занимает первое место в мире по выработке электроэнергии на угольных ТЭС. Однако доля угля в структуре энергопотребления Китая сократилась в 2015 г. до 64 %, в 2016 г. до 62 % (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Китайская угольная электростанция



Рис. 1.2. Угольные электростанции, подлежащие закрытию в Европе

Особенностью КНР является то, что почти всю добычу углеводородов в стране контролируют три государственные корпорации «China National Petroleum Corporation», «Sinopec Group», «China National Offshore Oil Corporation», которые в 2013 г. добыли **98,7 %** нефти и **97,8 %** природного газа Поднебесной.

В Европе речь идет о полном выводе из эксплуатации всех угольных электростанций (рис. 1.2).

Правительство Нидерландов закроет последнюю угольную ТЭС в 2030 г., а две старейших электростанции – Hemweg и Amer – должны прекратить работу уже к 2024 г.

Самый серьезный удар углю нанесла Великобритания, когда решила закрыть все угольные электростанции к 2025 г.

1.2. Атомная энергетика

В настоящее время доля АЭС в мировой генерации составляет **6,4 %**.

По сравнению с углеводородной энергетикой, у атомной энергетики больше сторонников. Например, в ЕС на долю АЭС в 2016 г., по данным Еврокомиссии, приходилось **27 %** электроэнергии – столько же, сколько и на возобновляемые источники, тогда как в 2010 г. – лишь 15 %. Политика государств-членов ЕС в области энергетики разная. В 2016 г. атомными реакторами располагали 15 государств-членов ЕС: Бельгия, Болгария, Великобритания, Венгрия, Германия, Испания, Нидерланды, Румыния, Словакия, Словения, Финляндия, Франция, Хорватия, Чехия, Швеция. Их было 129 общей мощностью в 120 ГВт (в 2005 г. – 146 реакторов).

Литва в 2009 году остановила последний реактор Игналинской АЭС, строительство Висагинасской АЭС приостановлено.

Еще 12 стран ЕС реакторов не имеют. Еврокомиссия планирует сокращение ядерных мощностей до 2025 г., затем некоторое увеличение, но в 2050 г. прогнозируемая мощность (около 100 ГВт) будет ниже нынешних 120 ГВт.

За 10 лет в ЕС не сдано в эксплуатацию ни одного нового реактора. Последним стал третий блок АЭС в Фламанвиле, во французской Нормандии, строящийся с 2007 г., но его ввод откладывается уже на 2022 г. В том же 2007 г. был введен в строй последний реактор ЕС – Чернавода в Румынии. Тем не менее, 4 реактора строятся (во Франции, Финляндии и Словакии), а на разных подготовительных стадиях – еще несколько в тех же Франции и Финляндии, а также в Великобритании, Венгрии, Болгарии, Чехии, Румынии и Польше. При этом для 90 %

действующих реакторов к 2030 г. потребуются специальные программы продления срока работы, либо они будут закрыты.

Общественное мнение в ЕС в целом относится к атому не очень позитивно. Но еще хуже воспринимаются углеводороды.

Кроме того, требования Киотского и последующих протоколов заставляют искать более чистые источники. Атом наиболее эффективен, но надо учитывать высокую стоимость создания АЭС и проблему ядерных отходов.

Еврокомиссия требует внедрения реакторов четвертого поколения. Этой цели посвящена совместная Платформа устойчивой технологии в области атомной энергетики (SNE-TP). Только 3 % урана, используемого на АЭС Евросоюза, добывается на его территории, остальной ввозят из России, Канады, Австралии и Нигера. В ЕС производится до 40 тыс. м³ радиоактивных отходов в год, 80 % с низким уровнем радиации и кратким сроком распада. Из всех стран-членов ЕС только Франция и Великобритания перерабатывают их. Полученное топливо используется в Бельгии, Германии, Франции и Швейцарии.

Проблемой для ЕС остается зависимость в сфере энергетики. Поэтому ряд стран видят в поисках альтернативы залог энергетической безопасности. Но такие источники, как солнце, ветер, вода и т.д., имеют немалые ограничения. В случае АЭС цена энергии низка, однако получение разрешения на проектирование и строительство АЭС занимает до 10 лет. Их закрытие затратно.

В Великобритании Ведомство по закрытию АЭС (the Nuclear Decommissioning Authority) в 2005 г. оценивало закрытие действующих в стране АЭС в 57 млрд ф.ст., а в 2008 г. – уже в 73 млрд ф.ст.

Финансирование развития атомной энергетики в ЕС в четыре раза меньше, чем – возобновляемых источников, а производит она энергии больше. Да и вопреки имиджу, выделяет меньше радиации, чем другие источники, а уровень смертности и загрязнения окружающей среды от нее намного ниже, чем в связи с использованием углеводородов.

В целом по ЕС только 20 % опрошенных одобряли АЭС, тогда как уголь – 26 %, нефть – 27 % и газ – 42 %. Наиболее позитивное отношение отмечалось к возобновляемым источникам: от 55 % (биомасса) до 80 % (солнечная энергия).

Наиболее позитивное отношение к атомной энергии отмечалось в Швеции, а наиболее негативное – в Австрии (80 % против), а также Греции, на Мальте и Кипре.

1.3. Возобновляемая энергетика

Доля возобновляемой энергетики в мировом производстве электроэнергии (с учетом ГЭС) составляет **30,6 %** (рис. 1.3).

В 2019 – 2024 гг. в мире будет введено 1200 – 1500 ГВт новых станций на возобновляемых источниках энергии (ВИЭ), их мощность увеличится на 50 – 88 %. В результате доля зеленой генерации в мировом производстве электроэнергии вырастет с 26 до 30 %, говорится в новом прогнозе Мирового энергетического агентства (МЭА).



Рис. 1.3. Возобновляемая энергетика

Большая часть новых зеленых мощностей придется на солнечную генерацию (от 700 до 880 ГВт), так что ее мощность увеличится более чем в 2 раза (в 2018 г. в мире было 500 ГВт солнечных станций). Мощность ветряных станций увеличится на 309 – 377 ГВт. При этом в мире утроится мощность морских ветроустановок, всего за это время их будет введено от 43 до 53 ГВт. Замедлится рост гидроэнергетики, хотя на ее долю по-прежнему приходится 1/10 общего прироста возобновляемых мощностей.

В России в 2024 г. закончится первый этап программы развития возобновляемой энергетики. К окончанию программы в стране будет построено 5,4 ГВт зеленых мощностей. После этого доля возобновляемой энергетики в России достигнет 1 %.

За время действия программы в стране появилась новая индустрия по строительству зеленых станций и оборудования для них. Чтобы отрасль не деградировала, нужно поддержать строительство еще около 10 ГВт зеленых мощностей.

1.3.1. Гидроэнергетика: ГЭС и ПЭС

В настоящее время доля ГЭС в мировой генерации составляет **18,5 %**.

Крупнейшими производителями гидроэнергии в абсолютных значениях являются Китай, Канада, Бразилия и США, замыкает пятерку лидеров Россия. Однако абсолютный лидер по выработке гидроэнергии на душу населения – Исландия. Кроме нее, этот показатель наиболее высок в Норвегии (доля ГЭС в суммарной выработке – 96 %), Канаде и Швеции.

Однако в развитых странах уже освоена большая часть экономически целесообразного гидропотенциала, в частности в Европе это 75 %, в Северной Америке – около 70 %, и возможности для строительства крупных ГЭС практически исчерпаны. В то же время Африка (21 % мировых гидроэнергетических ресурсов) и Азия (39 %) вносят в мировую выработку гидроэлектроэнергии лишь 5 % и 18 %, соответственно. Южная Америка и Австралия вместе взятые, располагая примерно 15 % гидроэнергетических ресурсов, дают только 11 % производимой в мире гидроэлектроэнергии.

Так что смело можно прогнозировать, что новые крупные ГЭС будут строить в Африке, Азии и Южной Америке, так как на других континентах, везде, где только можно построить большую ГЭС, они уже стоят.

Эти выводы подтверждаются тем, что крупнейшие ГЭС мира находятся именно в этих регионах. Так, именно в Азии, в Китае, располагается крупнейшая ГЭС мира «Три ущелья» на реке Янцзы. Мощность этой станции составляет 22,4 ГВт. Кроме того, в Китае ведется строительство крупнейшего по мощности каскада ГЭС. Вторая по величине гидроэлектростанция в мире называется «Итайпу» и стоит на реке Парана, на границе Бразилии и Парагвая. Ее мощность – 14 ГВт.

Наконец, «тройку призеров» замыкает гидроэлектростанция имени Симона Боливара, или «Гури», в Венесуэле, на реке Карони. Ее мощность – 10,3 ГВт. Для сравнения – мощность крупнейшей гидроэлектростанции России Саяно-Шушенской ГЭС – 6,4 ГВт.

Однако все эти достижения инженерной мысли меркнут перед проектом ГЭС «Гранд Инга». Эта гидроэлектростанция, мощность которой составит **39 ГВт**, планируется к сооружению международным консорциумом на реке Конго на водопадах Ливингстон (рис. 1.4) в Демократической Республике Конго (бывший Заир).

У «Гранд Инга» будут 52 гидротурбины по 750 МВт каждая, плотина высотой 150 м, используемый расход воды составит 26400 кубометров в секунду. В случае успеха проект «Гранд Инга» вдвое превзойдет «Три ущелья».

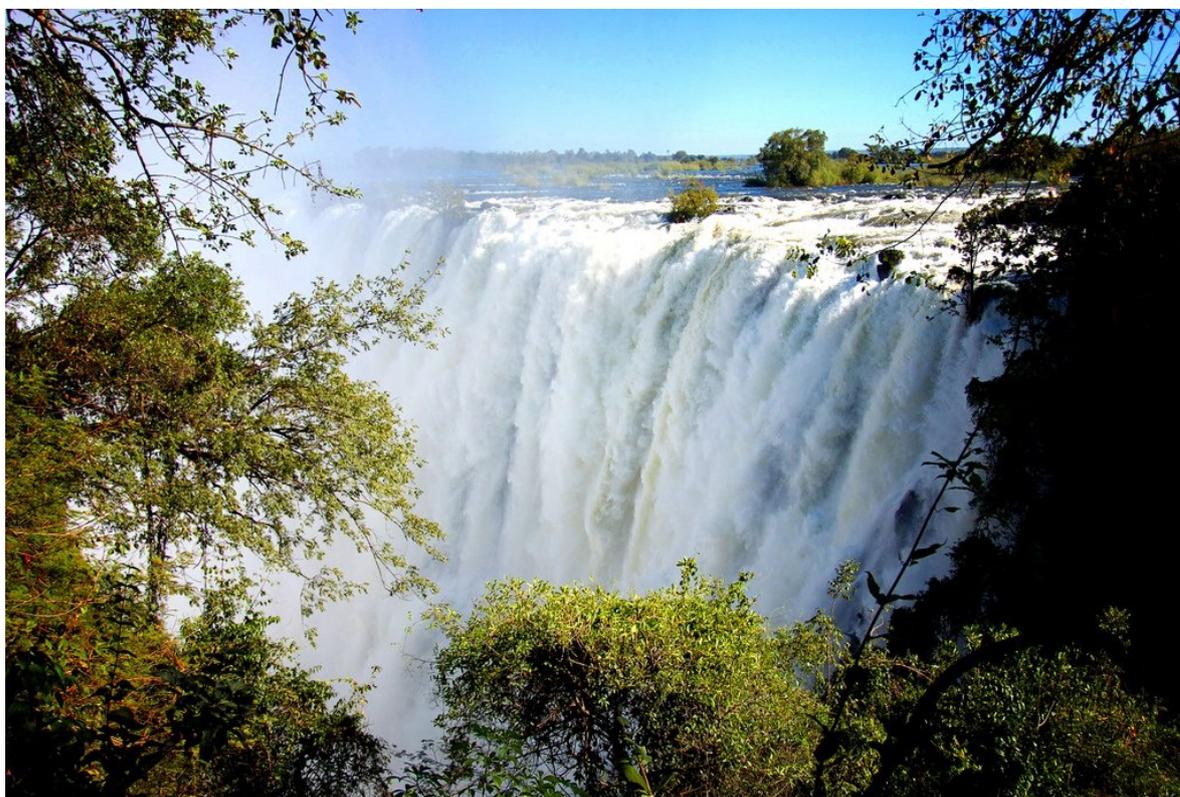


Рис. 1.4. Водопады Ливингстон на р. Конго, ДРК

В настоящее время высокими темпами развивается малая гидроэнергетика, не требующая больших территорий, приближенная к потребителю и быстро окупающаяся. За последние десятилетия малая энергетика заняла устойчивое положение во многих странах мира.

Например, в Китае построено более 90 тысяч малых ГЭС, которые обеспечивают 30 % энергопотребления в сельских районах.

В США в 2020 г. завершилась реализация государственной программы развития малой гидроэнергетики, построены малые ГЭС суммарной мощностью 50 ГВт, что обеспечит производство 200 млрд кВт·ч электроэнергии. При этом стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, выработанной на малой ГЭС, составляет $1,8 \div 2,4$ цента (на больших ГЭС – $3,2 \div 5,5$ цента, на АЭС – $2,8 \div 3,9$ цента).

Помимо традиционной малой гидроэнергетики в настоящее время активно развиваются и другие способы получения электроэнергии от воды. Основные направления развития альтернативной гидроэнергетики связаны с использованием механической энергии приливов, волн, течений и тепловой энергии океана (рис. 1.5).

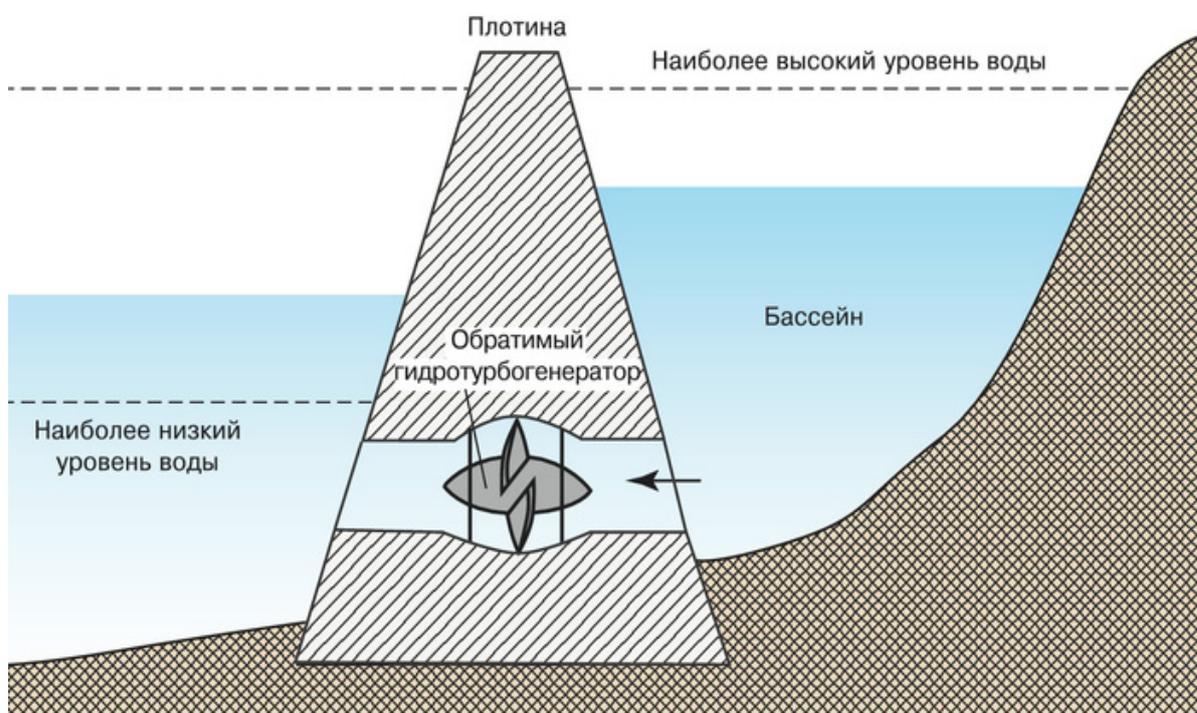


Рис. 1.5. Приливная плотина ПЭС

Только один приливо-отливный цикл Мирового океана энергетически эквивалентен 8 трлн кВт·ч. По экспертным оценкам, технически возможно использование примерно 2 % этого потенциала. Наибольшими запасами приливной энергии обладают Атлантический и, в меньшей мере, Тихий океаны. Одним из наиболее существенных факторов, влияющих на возможность использования энергии приливов, являются особенности береговой линии, а также прибрежного и придонного рельефа. В длинных узких заливах с пологим дном приливы имеют максимальную высоту, иногда превышающую 10 м, что существенно повышает эффективность энергетического использования

приливно-отливного цикла. Есть мнение, что работа приливных электростанций тормозит вращение Земли, что может привести к негативным экологическим последствиям, однако, с точки зрения большинства экспертов, ввиду колоссальной массы Земли влияние приливных электростанций незаметно.

Первые экспериментальные приливные электростанции (ПЭС) появились в начале XX в., однако серьезный интерес к приливной энергетике возродился во времена энергетического кризиса, в середине 1970-х гг. Преимущества ПЭС – экологичность и низкая себестоимость производства энергии. Недостатки – высокая стоимость строительства и изменяющаяся в течение суток мощность, из-за чего ПЭС может работать только в составе энергосистемы, располагающей достаточной мощностью электростанций других типов [2].

В 1984 г. в Канаде была построена ПЭС «Аннаполис» мощностью 20 МВт. Активно развивают направление ПЭС США и Франция. Энергетический потенциал ПЭС в США оценивается в 350 млрд кВт·ч в год. Перспективные возможности сооружения ПЭС во Франции оцениваются в 40 млрд кВт·ч в год. Постепенно к развитию ПЭС присоединяются и другие страны.

Так, в 2011 г. в Южной Корее была запущена крупнейшая в мире приливная электростанция Shihwa в составе десяти генераторов суммарной мощностью 254 МВт. Электроэнергии, которую она вырабатывает, достаточно для обеспечения города с населением в 500 тыс. человек. Как считают южнокорейские специалисты, с помощью приливной электростанции Южная Корея будет экономить каждый год более 860 тысяч баррелей нефти и тем самым сможет снизить выбросы углекислого газа на 3,2 млн т в год.

В России существует проект создания Мезенской ПЭС мощностью 11,4 ГВт в Мезенском заливе Белого моря.

1.3.2. Ветровая энергетика

Использование энергии ветра – одно из перспективных направлений современной энергетике. Последние годы наблюдается массовое увеличение размеров и количества ветропарков во всех прогрессивных странах мира. «Ветряки» становятся выше, а их лопасти длиннее и легче, что позволяет им работать даже при небольшой силе ветра (рис. 1.6). В настоящее время доля ветроэнергетики в мировой генерации составляет 7,1 %.



Рис. 1.6. Ветроэлектропарк

Сооружения устанавливаются повсеместно: в лесах, полях, на побережьях, в прибрежных водах морей и океанов (оффшорные парки). Даже в густонаселенных мегаполисах архитекторы умудряются внедрить ветрогенераторы в конструкции небоскребов, переводя их на частичное самообеспечение (рис. 1.7).



Рис. 1.7. Небоскреб с ветроэлектрогенераторами

К другим конструктивным решениям в области ветровой электрогенерации относятся, в частности, летающий и безлопастный ветрогенераторы.

Летающий ветрогенератор. В 2014 г. на Аляске для испытаний в течение 18 месяцев был запущен ветрогенератор нового поколения Buoyant Airborne Turbine (BAT). Он представляет собой надувную конструкцию, похожую на накачанный гелием дирижабль, в котором установлена трехлопастная турбина на горизонтальной оси (рис. 1.8). Новая модель предназначена для работы на высотах до 600 м, куда обычные ветрогенераторы просто не могут достать. Именно на таких больших высотах постоянно дуют самые сильные ветра, которые в 5-8 раз сильнее ветров вблизи поверхности земли. Летающий BAT способен выдавать 30 кВт мощности. Этого достаточно для постоянного обеспечения энергией 12 среднестатистических домов. Также конструкция этого ветрогенератора может нести на себе метеорологическое и коммуникационное оборудование, например для мобильной связи или Wi-Fi, которое будет питаться вырабатываемой энергией. При этом наличие или отсутствие дополнительного оснащения никак не затрагивает основную функцию ветрогенератора.



Рис. 1.8. Летающий ветроэлектрогенератор

Безлопастные ветрогенераторы. Проект необычной ветряной электростанции реализуется в Объединенных Арабских Эмиратах. Недалеко от Абу-Даби строится город Мадсар, где планируют возвести необычную ветряную Windstalk. 1203 стебля из углеродистого волокна, каждый около 55 м высотой, с бетонными основаниями диаметром по 20 м, будут установлены на расстоянии 20 м друг от друга (рис. 1.9).

Стебли диаметром от 30 см у основания до 5 см вверху армируют резиной. Каждый из них будет содержать чередующиеся слои электродов и керамических дисков, изготовленных из пьезоэлектрического материала, который генерирует электрический ток, когда подвергается давлению и сжатию при покачивании стеблей на ветру. В основании каждого стебля установят генератор, преобразующий крутящий момент от стебля с помощью системы амортизаторов и цилиндров.

Площадь, занимаемая этой необычной ветряной станцией, охватит 2,6 га, а по мощности будет соответствовать обычному ветропарку, занимающему аналогичную площадь. Система эффективна из-за отсутствия потерь на трение, свойственных традиционным механическим системам. Windstalk будет работать на хаотичном покачивании, что позволяет расположить элементы гораздо ближе друг к другу, чем это возможно с обычными лопастными ветрогенераторами.



Рис. 1.9. Безлопастные ветроэлектрогенераторы

Карта ветряных электростанций Европы, составленная агентством SETIS при Еврокомиссии (рис. 1.10), Россию почти не затронула – разве что Крым, в котором несколько ветряных электростанций были запущены при украинских властях. Кроме того, создатели карты упустили Зеленоградскую ВЭУ, функционирующую в Калининградской области. Ещё ряд станций работает в других регионах России, хотя в любом случае нашу страну пока нельзя назвать лидером в этой области.

Общая установленная мощность ВЭС в мире: в 2011 г. – 237 ГВт, в 2015 г. – 490 ГВт, в настоящее время – **840 ГВт**.

Лидирует в области ветроэнергетики Китай при общей установленной мощности ВЭС 203 ГВт. На втором месте США с суммарной мощностью ВЭС 100 ГВт, на третьем месте Германия – 60 ГВт.

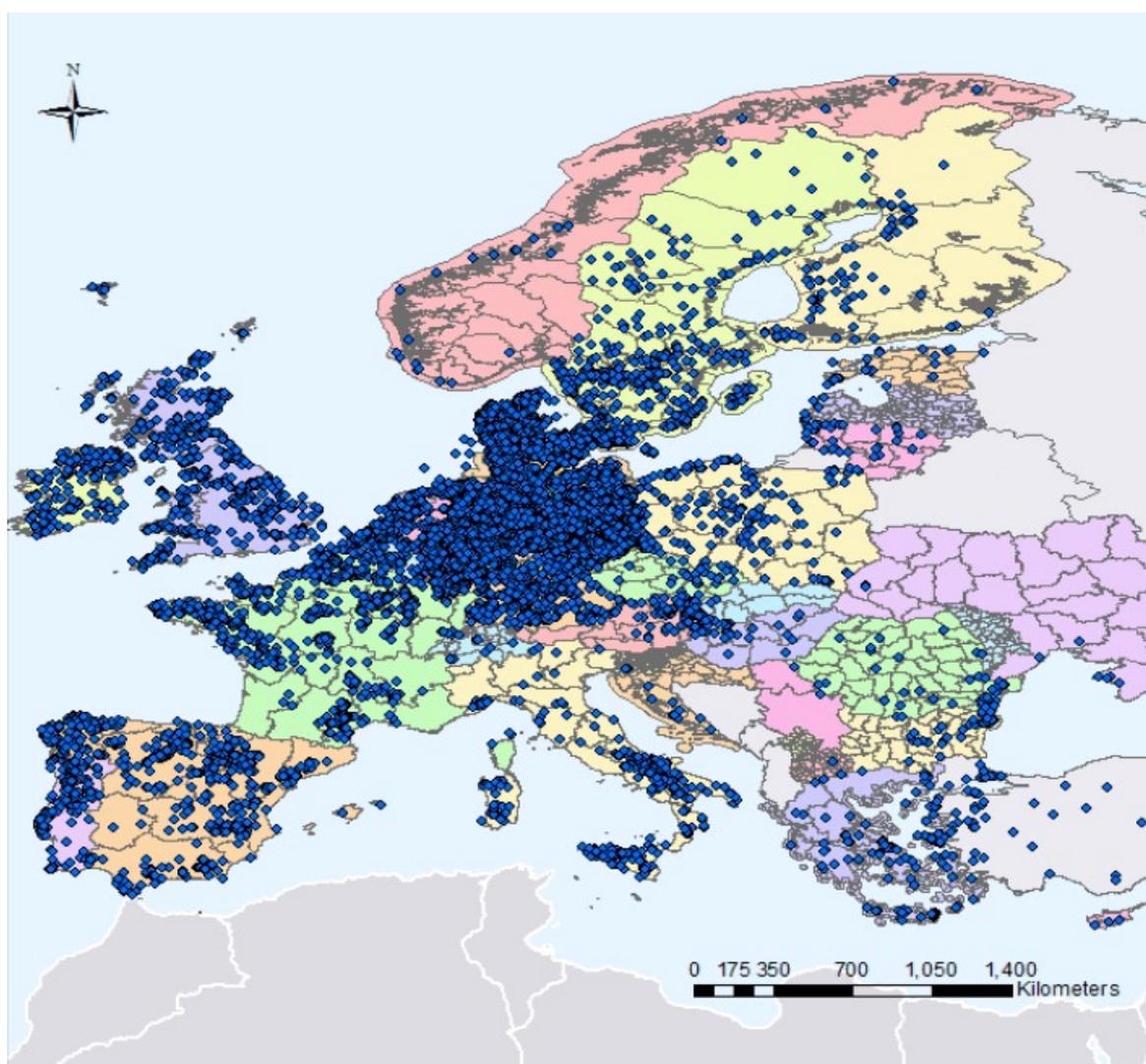


Рис. 1.10. Карта ветряных электростанций (ВЭС) Европы

1.3.3. Солнечная энергетика

В настоящее время доля Солнца в мировой генерации составляет **4,44 %**. Соответственно, с учётом прогнозируемого роста сектора, а также изменений в мировом потреблении энергии, можно ожидать повышения доли до 5 %.

Европейская ассоциация солнечной энергетики SolarPower Europe опубликовала прогноз развития мировой фотоэлектрической солнечной энергетики до 2023 г. В работе рассматриваются три сценария развития.

В соответствии с центральным сценарием, в 2019 г. солнечная энергетика выросла на 128 ГВт, существенно больше, чем в 2018 г. (102,4 ГВт). КНР остается крупнейшим мировым лидером. Здесь введено в эксплуатацию 43 ГВт, примерно столько же, сколько в 2018 г. (рис. 1.11).

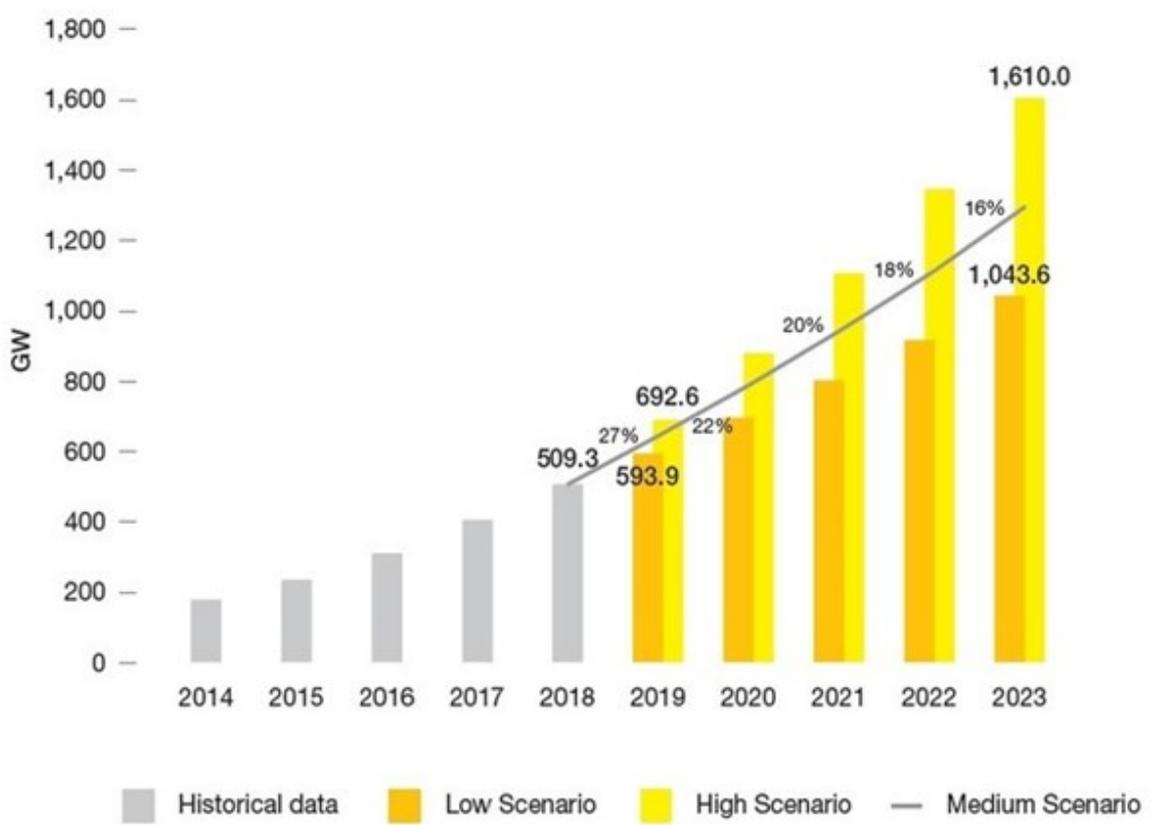


Рис. 1.11. Установленная мощность СЭС в мире

За пять ближайших лет солнечная энергетика вырастет больше, чем за всю предшествующую историю. Ожидается, что в КНР солнечная энергетика прибавит за рассматриваемый период 273 ГВт, достигнув 448 ГВт. Индия, которая может стать третьим по величине рынком в мире

к концу 2023 г., может добавить 88,7 ГВт, что приведёт к росту установленной мощности сектора в стране до 116 ГВт. Прогнозируется, что в течение следующих пяти лет на рынке США будет добавлено 70 ГВт, что позволит увеличить установленную мощность солнечной энергетики до 132 ГВт. К 2023 г. Япония останется одним из крупнейших рынков мира с ожидаемой совокупной мощностью солнечных станций 82,3 ГВт, но новые вводы объектов в период 2019 – 2023 гг. составят «всего» примерно 26,5 ГВт. В таблице приведены показатели развития солнечной энергетики ведущих стран на период 2019 – 2023 гг.

Прогноз развития солнечной энергетики в ведущих странах мира

	2018 Total Capacity (MW)	2023 Total Capacity Medium Scenario by 2023 (MW)	2019 - 2023 New Capacity (MW)	2019 - 2023 Compound Annual Growth Rate (%)	Political support prospects
China	175 131	448 131	273 000	21%	☀️
India	27 347	116 106	88 759	34%	☀️
United States	62 127	132 426	70 299	16%	☀️
Australia	12 560	45 236	32 676	29%	☀️
Germany	45 920	72 611	26 692	10%	☀️
Japan	55 851	82 351	26 500	8%	☁️
Spain	5 915	25 367	19 452	34%	☀️
South Korea	7 742	24 768	17 026	26%	☀️
Netherlands	4 181	20 059	15 878	37%	☀️
Mexico	3 580	19 010	15 430	40%	☁️
France	8 920	22 259	13 339	20%	☀️
Saudi Arabia	19	11 412	11 393	260%	☀️
Brazil	2 346	12 505	10 159	40%	☀️
Italy	19 877	29 498	9 621	8%	☀️
Taiwan	2 739	12 074	9 335	35%	☀️
Pakistan	1 720	8 381	6 660	37%	☁️
Ukraine	2 004	7 963	5 959	32%	☀️
Turkey	5 062	10 562	5 500	16%	☁️
United Arab Emirates	720	6 132	5 412	53%	☀️
Egypt	661	5 023	4 362	50%	☀️

В ближайшие годы Германия останется крупнейшим рынком фотоэлектрических систем в Европе. Ожидается, что мощности солнечной

энергетики здесь вырастут за пять лет на 26,7 ГВт и достигнут 72,6 ГВт. Испания станет вторым по величине рынком, новые инсталляции здесь достигнут 19,4 ГВт, а установленная мощность солнечной энергетики, сегодня небольшая, взлетит до 25,3 ГВт к концу периода 2019-2023 гг. Неожиданно мощный рост прогнозируется в Нидерландах, стране «компактной» и густонаселенной. Здесь в центральном сценарии Ассоциации прогнозируется 15,8 ГВт новых мощностей за пять лет прогнозного периода.

1.3.4. Геотермальная энергетика

С помощью геотермальной энергетики – этого неисчерпаемого энергетического потенциала планеты – сегодня вырабатывается только **0,33 %** мировой электроэнергии. Это объясняется небольшим количеством мест с вулканической активностью, где реально расположить станцию по забору подземных энергоресурсов, генерации и отпуску тепловой и электрической энергии (рис. 1.12).



Рис. 1.12. Геотермальная электростанция

Среднегодовой рост геотермальной энергетики составляет около **7 %**.

Геотермальная энергия – это энергия тепла, которое выделяется из внутренних зон Земли на протяжении сотен миллионов лет. Температура в

ядре Земли достигает 3 000 – 6 000 °С, постепенно снижаясь в направлении от центра планеты к ее поверхности. Извержение тысяч вулканов, движение блоков земной коры, землетрясения свидетельствуют о действии мощной внутренней энергии Земли. Ученые считают, что тепловое поле нашей планеты обусловлено радиоактивным распадом в ее недрах, а также гравитационной сепарацией вещества ядра.

Главными источниками разогрева недр планеты являются уран, торий и радиоактивный калий. Процессы радиоактивного распада на континентах происходят в основном в гранитном слое земной коры на глубине 20 – 30 км, в океанах – в верхней мантии. Предполагают, что в подошве земной коры на глубине 10 – 15 км вероятное значение температур под континентами составляет 600 – 800 °С, а под океанами – 150 – 200 °С.

Человек может использовать геотермальную энергию только там, где она проявляет себя близко к поверхности Земли, т.е. в районах вулканической и сейсмической активности. Сейчас геотермальную энергию эффективно используют такие страны, как США, Италия, Исландия, Мексика, Япония, Новая Зеландия, Россия, Филиппины, Венгрия, Сальвадор. Здесь внутреннее земное тепло поднимается к самой поверхности в виде горячей воды и пара с температурой до 300 °С и часто вырывается наружу как тепло фонтанирующих источников (гейзеров), например, знаменитые гейзеры Йеллоустонского парка в США, гейзеры Камчатки, Исландии.

Геотермальные источники энергии подразделяют на *сухой горячий пар, влажный горячий пар* и *горячую воду*. Скважину, которая является источником энергии для электрической железной дороги в Италии (близ г. Лардерелло), с 1904 г. питает *сухой горячий пар*. Два другие известные в мире места с *сухим горячий паром* – поле Мацукава в Японии и поле гейзеров возле Сан-Франциско, где также давно и эффективно используют геотермальную энергию. Больше всего в мире *влажного горячего пара* находится в Новой Зеландии (Вайракей), геотермальные поля чуть меньшей мощности – в Мексике, Японии, Сальвадоре, Никарагуа, России.

Таким образом, можно выделить четыре основных типа ресурсов геотермальной энергии:

- поверхностное тепло Земли, используемое тепловыми насосами;

- энергетические ресурсы пара, горячей и теплой воды у поверхности Земли, которые сейчас используются в производстве электрической энергии;
- теплота, сосредоточенная глубоко под поверхностью Земли (возможно, при отсутствии воды);
- энергия магмы и теплота, которая накапливается под вулканами.

Запасы геотермальной теплоты ($\sim 8 \cdot 10^{30}$ Дж) в 35 млрд раз превышают годовое мировое потребление энергии. Лишь 1 % геотермальной энергии земной коры (глубина 10 км) может дать количество энергии, в 500 раз превышающее все мировые запасы нефти и газа. Однако сегодня может быть использована лишь незначительная часть этих ресурсов, и это обусловлено, прежде всего, экономическими причинами. Начало промышленному освоению геотермальных ресурсов (энергии горячих глубинных вод и пара) было положено в 1916 г., когда в Италии ввели в эксплуатацию первую ГеоТЭС мощностью 7,5 МВт.

В настоящее время ГеоТЭС эксплуатируются в 26 странах с ежегодной выработкой электроэнергии около 73 550 ГВт·ч. Общая установленная мощность ГеоТЭС в мире: в 1975 г. – 1,278 ГВт, в 1995 г. – 6,832 ГВт, в настоящее время – **21,5 ГВт** (рис. 1.13).

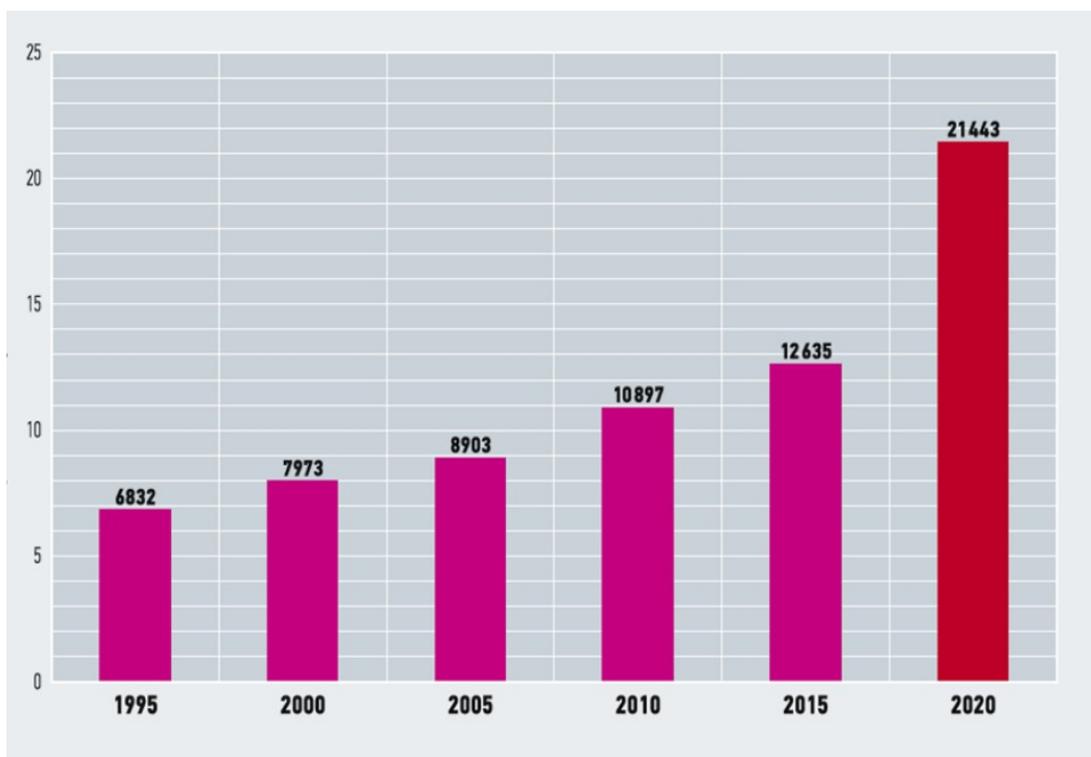


Рис. 1.13. Установленная мощность ГеоТЭС в мире

Лидируют в области геотермальной энергетики США при общей установленной мощности ГеоТЭС 3,450 ГВт и ежегодной выработке электроэнергии 16,6 МВт·ч. На втором месте Филиппины с суммарной мощностью ГеоТЭС – 1,870 ГВт, на третьем месте Индонезия – 1,340 ГВт. При этом наиболее существенный прирост мощности ГеоТЭС за последние пять лет отмечен в Турции – с 91 до 397 МВт, т.е. на 336 %. Далее следуют Германия – на 309 % (с 6,6 до 27 МВт) и Кения – на 194 % (с 202 до 594 МВт). Россия в этом списке занимает не самое почетное место и уступает, в частности, Никарагуа, опережая Папуа-Новую Гвинею.

1.3.5. Биоэнергетика

Биоэнергетика – производство энергии из **биотоплива** различных видов. Биоэнергетикой называется производство энергии из твердых видов биотоплива из древесины, лузги, соломы и т. п. (щепа, гранулы, пеллеты, брикеты), жидкого биотоплива различного происхождения и биогаза.

В настоящее время доля биоэнергетики в мировой электрогенерации составляет около **0,23 %**.

В России понятие «биоэнергетика» в энергетическом смысле стали использовать с появлением первых биотопливных предприятий, ориентированных на экспорт биотоплива в Европейский Союз. Именно там биотопливо используется на ТЭС для получения тепла и электричества. В России существует несколько проектов производства тепла и электричества из биотоплива на ТЭС, однако мощности этих энергоустановок невелики и не сравнимы с мощностями атомной индустрии.

В настоящее время технологии переработки биологического сырья нашли широкое применение для решения проблемы экологически безопасной утилизации органических отходов, уменьшения загрязнения окружающей среды, а также получения альтернативной энергии. Одна из основных тенденций развития агропромышленных регионов заключается в поиске наилучших доступных технологий переработки органических отходов с использованием комплексных технологий утилизации биомассы за счет метанового сбраживания с получением биогаза.

На данном историческом этапе человечество обеспокоено двумя основными проблемами:

- неумолимо надвигающееся **исчезновение традиционных видов топлива** (каменный уголь, нефть, природный газ). По оценкам различных экспертов, перечисленных запасов топлив хватит на 30...40 лет (эксперты – пессимисты), на 60...70 лет (эксперты – оптимисты). При любом раскладе традиционные виды топлив повсеместно закончатся в обозримом будущем;
- непрерывно **ухудшающаяся экологическая обстановка на планете**. Ежечасно, изо дня в день при сжигании традиционных топлив в атмосферу, водные бассейны, в недра Земли выбрасывается огромное количество вредных веществ, отравляющих окружающую среду и, как следствие, снижается продолжительность жизни человека, наблюдается рост числа заболеваний, повышение смертности.

Загрязнение атмосферы Земли окислами типа CO_2 ведет к созданию «парникового эффекта» на планете. Солнце излучает на Землю энергию в диапазоне коротких световых волн, которые свободно проходят через слои атмосферы с высоким содержанием CO_2 . В свою очередь, Земля излучает энергию в окружающий мир на более длинных инфракрасных волнах, которые не проходят зараженный атмосферный слой воздуха. В результате этих двух процессов и атмосфера, и Земля нагреваются. Повышение температуры окружающей среды вызывает интенсивное таяние льдов в Арктике и Антарктике, повышение уровня воды в океанах, морях, реках. Вода в буквальном смысле может смыть миллионы и миллионы населенных пунктов на Земном шаре.

Перечисленные проблемы, порожденные интенсивным развитием энергетики, в значительной мере могут быть решены путем рационального использования всех существующих на Земле и околоземном пространстве источников топлива и энергии. Среди них **биомасса** как постоянно возобновляющийся источник топлива занимает существенное место.

Новая отрасль современной энергетики и научная дисциплина, связывающие воедино решение проблем получения топлив, их использование и проблему охраны окружающей среды, получили название **«биоэнергетика»**.

Биоэнергетика – фундаментальное и прикладное научное направление, возникшее на границе современных биотехнологий, химической технологии и энергетики, изучающее и разрабатывающее пути биологической конверсии солнечной энергии в биомассу с последующей термохимической трансформацией ее в топливо, электроэнергию и тепло.

Биомасса – продукт фотосинтеза – самого мощного на планете преобразователя солнечной энергии и последующей многообразной пищевой цепочки, основной источник топлива и энергии, включая ископаемые топлива (каменный уголь, нефть, газ) органического происхождения, как конечный продукт переработки древнейшей биомассы.

Биомасса – это растительный и животный мир, продукты их технической и физиологической переработки, включая многочисленные органические отходы (рис. 1.14).



Рис. 1.14. Производство биомассы

Ежегодный прирост **биомассы** на Земле составляет 220 млрд т (по сухому веществу), что позволяет запастись в виде энергии химических связей до $4 \cdot 10^{21}$ Дж энергии.

Ежегодное мировое использование энергии всех видов и источников составляет $3,9 \cdot 10^{20}$ Дж, что в 10 раз меньше запасенной растительным и животным миром энергии.

Интерес к *биомассе* вызван следующими ее **положительными свойствами**:

- биомасса постоянно возобновляется;
- энергия, запасенная биомассой, может храниться и использоваться длительное время;
- она легко конвертируется (перерабатывается) в различные виды топлива;
- позволяет широкое вовлечение различных видов органических отходов в энергетику;
- биоэнергетика является источником экологически чистой энергии, не образуются вредные газообразные оксиды серы, не меняется баланс углекислого газа в биосфере.

Биомасса обладает рядом серьезных **недостатков**:

- биомассу выгодно использовать локально, т. е. желательно на месте ее возникновения;
- биомасса содержит до 50 % и более воды, что повышает стоимость технологии ее переработки в топливо и энергию;
- энергетическая ценность топлива из биомассы определяется ее элементарным составом;
- биомассу сложнее хранить, чем нефть, природный газ.

Для лесной и деревоперерабатывающей отрасли основным источником биомассы являются древесные отходы (рис. 1.15).

Биомасса трансформируется в топливо или энергию методами биологической или термохимической конверсии.

По данным Росстата, при переработке древесины ежегодно образуется свыше **50 млн куб. м** древесных отходов. При сжигании этого количества отходов можно получить $1,76 \cdot 10^{18}$ Дж/год. Этого количества тепловой энергии достаточно, чтобы удовлетворить потребность в теплоте всех предприятий лесной промышленности. Аналогичная картина складывается в сельском и жилищно-коммунальном хозяйствах.



а



б



в

Рис. 1.15. Древесные отходы в виде:
а - щепы; б - пеллет (гранул); в - брикетов

Чаще всего осуществляется *прямое сжигание* предварительно облагороженных древесных отходов и *производство генераторного газа* с последующим его сжиганием в топках котлоагрегатов.

При *прямом сжигании* биомассы (топливной щепы) в обычных слоевых топках выделяется 50...58 % тепловой энергии.

В более совершенных топочных устройствах и, в частности, в топках *с кипящим слоем* КПД процесса выделения тепла поднимается до 70 %.

Биотопливо, получаемое из растительного или животного сырья, из продуктов жизнедеятельности организмов или органических промышленных отходов, разделяется на:

- жидкое (для ДВС – этанол, метанол, биодизель);
- твёрдое (дрова, брикеты, топливные гранулы, щепы, солома, лузга);
- газообразное (синтез-газ, биогаз, водород).

Основной формой **биотоплива в электроэнергетике** являются **пеллеты**, производимые из древесины.

Транспортное биотопливо существует в основном как **этанол** и **биодизель**.

В 2014 г. **этанол** составлял **74 %** рынка транспортного биотоплива, **биодизель** – **23 %** (преимущественно в форме метиловых эфиров жирных кислот), гидрированное растительное масло (HVO) – **3 %**.

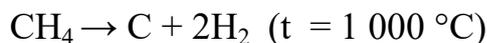
Этанол получают из **сахарного тростника** (61 %) и из **зерна** (39 %).

Основными видами сырья для производства **биодизеля** являются **soя** и **рапс**.

Газификация – сжигание биомассы при температуре 900...1500 °С в присутствии воздуха или кислорода и воды с получением синтез-газа, состоящего из смеси монооксида углерода, водорода и стеклообразной массы (7...10 % массы исходного материала), применяемой как наполнитель для дорожных покрытий.

Газификация — более прогрессивный и экономичный способ использования биомассы для получения тепловой энергии, чем пиролиз. Синтез-газ имеет высокий КПД тепловой конверсии. Он может употребляться для получения метанола.

Пиролиз — термическое разложение органических и многих неорганических соединений (древесины, нефтепродуктов и пр.) под действием высоких температур при недостатке кислорода.



Он распространен в промышленности. Область его применения — обезвреживание твердых бытовых отходов (ТБО).

Утилизация органических веществ этим способом заключается в превращении тяжелых отходов в более легкие. Поскольку отсутствует доступ кислорода, возникает анаэробная реакция. Процесс пиролиза

сопровождается ростом температуры до 200–400 °С. Давление соответствует атмосферному.

Пиролиз отходов заключается в том, что под воздействием высоких температур в условиях вакуума разлагаются тяжелые органические вещества, на выходе получают более легкие. В результате такого воздействия из отходов получают вещества с более низкой молекулярной массой (рис. 1.16).

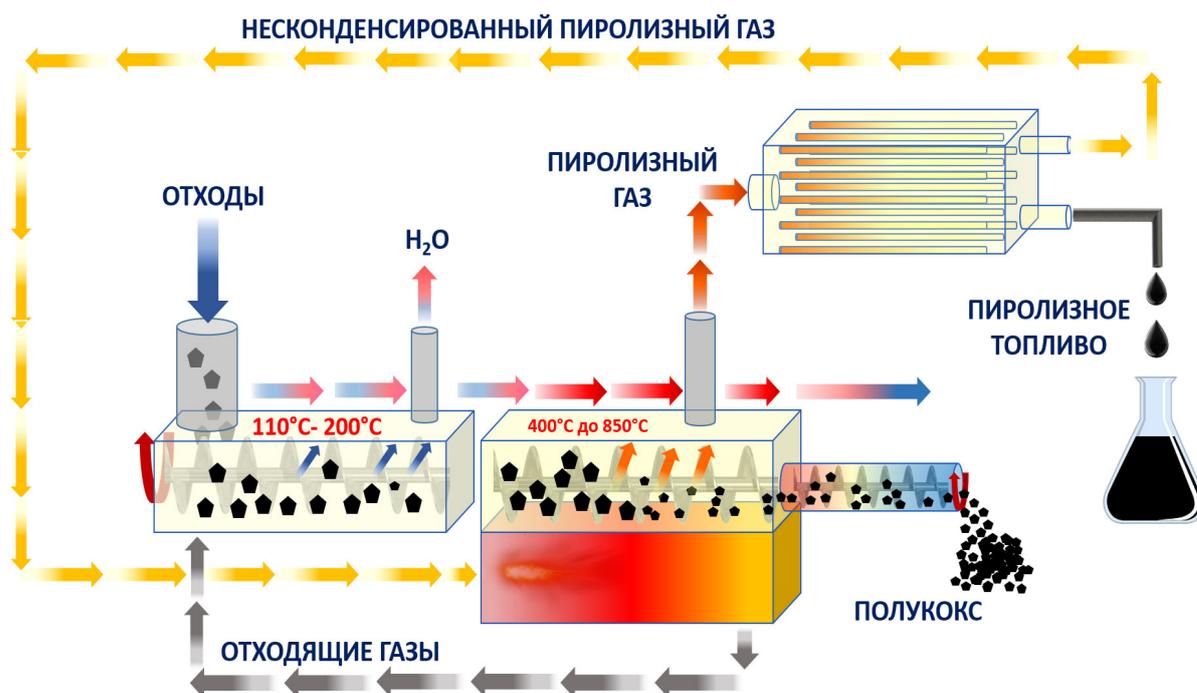


Рис. 1.16. Схема пиролиза отходов

В ходе закрытого сжигания резины не требуется кислород. Переработка шин пиролизом считается полностью безотходной, все продукты в результате реакции широко применяются в нефтеперерабатывающей промышленности (рис. 1.17).

Во многих странах такой способ утилизации нашел широкое применение, из огромного числа автошин производят дизельное топливо. Из одной тонны шин в результате пиролиза получают 500 л топлива. Жидкий остаток можно применять без обработки для печей и котлов в качестве основного топлива.

В 2007 г. во всём мире было произведено 54 млрд л биотоплив, что составляет 1,5 % от мирового потребления жидких топлив. Производство

этаноло составило 46 млрд л. США и Бразилия произвели 95 % мирового объёма этанола.

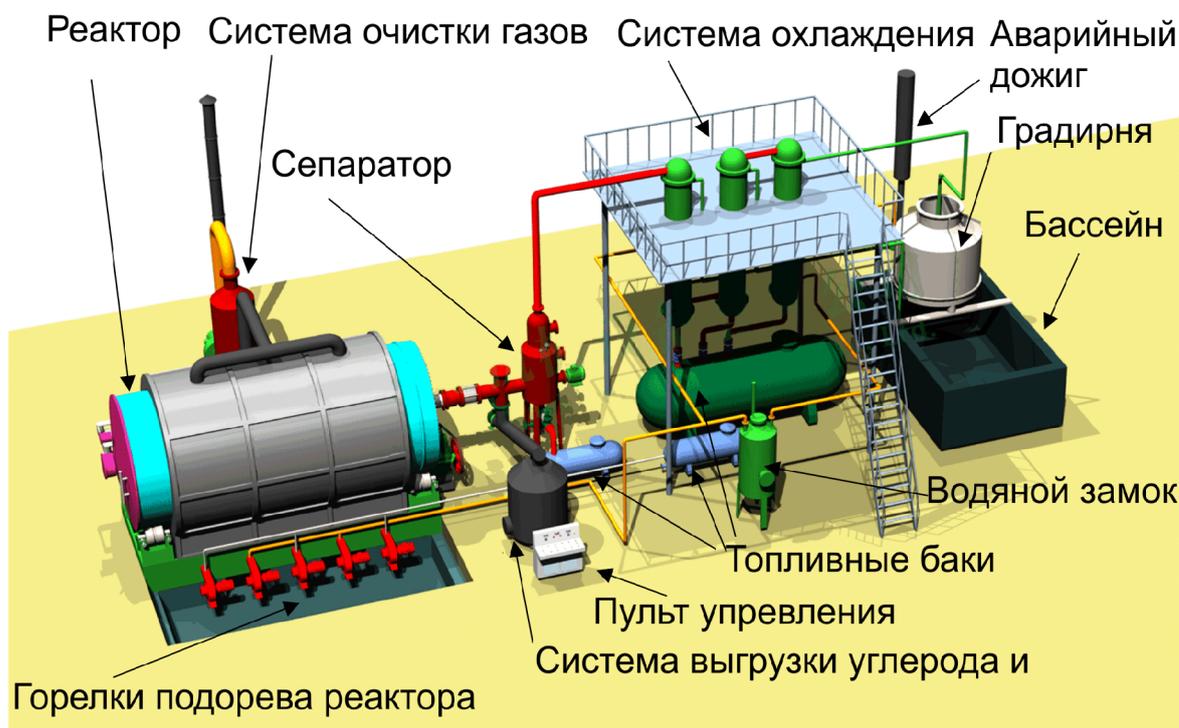


Рис. 1.17. Схема пиролиза резиновых отходов (шин)

В 2010 г. мировое производство жидких биотоплив выросло до 105 млрд л, что составляет 2,7 % от мирового потребления топлива на дорожном транспорте. В 2010 г. было произведено 86 млрд л этанола и 19 млрд л биодизеля. Доля США и Бразилии в мировом производстве этанола снизилась до 90 %.

1.3.5.1. Биотопливо в Европе

Европейская комиссия поставила задачу использовать к 2025 г. альтернативные источники энергии как минимум в 10 % транспортных средств. С 1 апреля 2011 г. на более чем 300 шведских заправочных станциях можно приобрести эко-дизель. Швеция стала первой страной в мире, где можно заправлять машины эко-дизелем, сделанным на основе масла шведских сосен (рис. 1.18).

8 марта 2013 г. был выполнен первый коммерческий трансатлантический авиарейс на биотопливе. Рейс выполнил самолёт «Боинг-777-200» авиакомпании KLM по маршруту Амстердам — Нью-Йорк.

В Финляндии древесное топливо обеспечивает около 25 % потребления энергии, причём доля его постоянно увеличивается.

Это хороший пример того, как можно использовать многие ценные составляющие леса и как наше „зелёное золото“ может дать и больше рабочих мест и лучший климат.



Рис. 1.18. Заправка машин эко-дизелем в Швеции

В настоящее время в Бельгии строится крупнейшая в мире ТЭС, Veer Power Gent, которая будет работать на биотопливе. Её электрическая мощность составит **215 МВт**, а тепловая — **100 МВт**, что обеспечит электроэнергией и теплом 450 000 домохозяйств. **БиоТЭС** будет использовать древесную щепу и остатки сельскохозяйственного производства в качестве топлива для выработки экологически чистой энергии для промышленности и близлежащих домохозяйств

Биоэнергетическая электростанция в Великобритании

Лидс, город в Йоркшире, на реке Эйр, третий по величине город Великобритании, скоро станет центром по превращению отходов в энергию благодаря новой электростанции по переработке и энергетической утилизации отходов (рис. 1.19).

Новая электростанция будет генерировать энергию из 214 тыс. т отходов – годовой объём, ежедневно собираемый из мусорных урн в Лидсе. Здание, спроектированное Жан-Робертом Мазаудом (Jean-Robert Mazaud) из компании Space Architects, сдано в эксплуатацию в 2020 г.



Рис. 1.19. БиоТЭС в г. Лидс, Великобритания

Ключевые особенности дизайна:

- Основное здание, высотой 42 м, с компактной дымовой трубой.
- Инновационная конструкция, которая основана на использовании стекла и деревянного каркаса.
- Зеленая «живая» стена на южной стороне фасада, обеспечивающая биоразнообразие, одна из крупнейших в своем роде в стране.
- Гостевой центр, где посетители смогут узнать больше об электростанции и о способах переработки отходов.
- Электростанция имеет несколько энерго- и водосберегающих функций, систему сбора дождевой воды и устойчивую дренажную систему.
- Электростанция имеет электрическую мощность 11 МВт, которые заменят вырабатываемую ядерными или угольными электростанциями электроэнергию.

1.3.5.2. Биотопливо в России

По данным Росстата, в 2010 г. российский экспорт топлива растительного происхождения (в том числе солома, жмых, щепа и древесина) составил более 2,7 млн т. Россия входит в тройку стран экспортеров топливных пеллет на европейском рынке. Всего около 20 % произведённого биотоплива потребляется в России.

Потенциальное производство в России биогаза – до 72 млрд м³ в год. Потенциально возможное производство из биогаза электроэнергии составляет 151 200 ГВт, тепла – 169 344 ГВт.

Планируется ввести в эксплуатацию более 50 биогазовых электростанций в 27 регионах России. Установленная мощность каждой станции составит от 350 кВт до 10 МВт. Суммарная мощность станций превысит 120 МВт. Общая стоимость проектов составит от 58,5 до 75,8 млрд руб. (в зависимости от параметров оценки). Реализацией данного проекта занимаются ГК «Корпорация «ГазЭнергоСтрой» и «Корпорация «БиоГазЭнергоСтрой».

В Костромской области открылся первый в России комплекс автоматической сортировки мусора (рис. 1.20).



Рис. 1.20. Мусороперерабатывающий комплекс в Костромской области

Мусороперерабатывающий комплекс мощностью 100 тыс. т в год будет обслуживать Кострому и соседние районы. Уникальность костромского комплекса в том, что процесс сортировки отходов будет полностью автоматизирован, что позволит извлекать из поступающих ТБО свыше 50 % полезного вторсырья.

1.4. Страны с особыми возобновляемыми энергоресурсами

1.4.1. Норвегия

Норвегия (официальное название – Королевство Норвегия) – государство в Северной Европе, располагающееся в западной части Скандинавского полуострова и на огромном количестве прилегающих мелких островов, а также на архипелаге Шпицберген (Свальбард), островах Ян-Майен и Медвежий в Северном Ледовитом океане.

Заморской территорией Норвегии является остров Буве в южной части Атлантического океана.

Столица Норвегии и резиденция правительства — Осло.

В 2001 – 2006 гг. и начиная с 2010 г., Норвегия возглавляет список стран по индексу человеческого развития.

Численность населения Норвегии – 5,4 млн человек, это одна из наименее населённых стран Европы.

Норвегия – крупнейший производитель нефти и газа в Северной Европе.

Базой для высокоразвитой энергетики Норвегии служат гидроэнергия. Норвегия справедливо считается классической страной гидроэнергетики. Опережая все страны Европы по запасам гидроэнергии (120 млрд кВт·ч в год), она занимает первое место в мире по производству электроэнергии на душу населения (более 20 тыс. кВт·ч).

Гидроэнергетика обеспечивает **96 %** всей вырабатываемой в стране электроэнергии. Общая мощность ГЭС более 20 ГВт (рис. 1.21).

Благодаря многочисленным естественным озерам-водохранилищам на высоких плоскогорьях, водопадам и крутопадающим рекам не требуется сооружать дорогостоящие плотины, что чрезвычайно удешевляет стоимость электроэнергии.



Рис. 1.21. Гейрангер-фьорд внесен в список Всемирного наследия ЮНЕСКО



Рис. 1.22. Одна из 937 гидроэлектростанций в Норвегии на реке Альта

Гидроресурсы в стране очень равномерно рассредоточены. А это позволяет сооружать мощные энергетические комплексы в долинах Эстлампа на плоскогорье Телемарк, во фьордах Вестланна и на порожистых реках Северной Норвегии. В стране создана и эффективно функционирует разветвленная сеть малых гидроэлектростанций, которая является основой электроснабжения промышленности и бытовых хозяйств (рис. 1.22).

В качестве одного из важных направлений совершенствования тепловых электростанций норвежское правительство рассматривает возможность более широкого использования природного газа. В стране начато строительство ряда газовых тепловых электростанций. Однако к ним предъявляются жесткие экологические требования.

Кроме того, в настоящее время в Норвегии большое внимание уделяется такому сегменту электроэнергетики, как возобновляемые источники (ветровые фермы, биомасса, приливы и отливы мирового океана и т.п.).

На сегодняшний день уже построено и введено в эксплуатацию около 200 ветроэнергетических установок суммарной мощностью 500 МВт, производство электроэнергии на которых около 3 ТВт·ч в год.

В Норвегии также функционируют электростанции, использующие термальные источники, сжигание ископаемого топлива, мусора, биологического топлива и др.

1.4.2. Исландия

Исландия («страна льдов» или «ледяная страна») – островное государство, расположенное на западе Северной Европы в северной части Атлантического океана (к северо-западу от Великобритании), на севере и северо-востоке омывается Северным Ледовитым океаном. Территория государства состоит из одноименного острова площадью 103 тыс. км² и небольших островков около него.

Столица страны – Рейкьявик (202 тыс. жителей – с пригородами), резиденция парламента и правительства, финансовый, культурный и деловой центр Исландии.

Население Исландии составляет более 350 тысяч жителей.

В Исландии нет собственных используемых месторождений нефти и газа. Все нефтепродукты импортируются. На сегодня Исландия входит в группу стран-лидеров по количеству электроэнергии, вырабатываемой на душу населения.



Рис. 1.23. Водопад Скогафосс



Рис. 1.24. Каскадный водопад Гюдльфосс

Благодаря ледникам и вытекающим из них бурным рекам в общем энергобалансе около **75 %** приходится на гидроэнергетику, **25 %** энергии вырабатывают геотермальные источники, а на долю традиционных углеводородов приходится всего **0,5 %** (рис. 1.23, 1.24).

В Исландии высокая геоактивность: сотни вулканов и обилие горячих гейзеров с температурой воды до 600 °С. Еще в 1930 гг. здесь начали развивать гидро- и петротермальную энергетику.

Гидротермальная энергетика подразумевает забор горячей воды прямо из недр.

Петротермальная энергетика означает использование естественного роста температур внутри Земли для подогрева теплового носителя.

Всего на острове насчитывается свыше 150 вулканов, из них около 40 – действующие. По крайней мере 30 из них извергались со времени заселения острова. Извержение вулкана Эйяфьятлайокудль весной 2010 г. наделало много шума, принесло особую известность Исландии.

ГеоТЭС Хедлисхейди — крупнейшая электростанция этого типа в мире расположена на юго-западе Исландии около вулкана Хенгидль с установленной мощностью 303 МВт (по электроэнергии) и 400 МВт (по тепловой энергии) (рис. 1.25).



Рис. 1.25. Хедлисхейди – крупнейшая ГеоТЭС в мире

Станция начала работать в 2006 г. с двумя генераторами по 45 МВт. В 2007 г. был введен дополнительный генератор низкого давления, мощностью 33 МВт. В 2008 г. были введены в эксплуатацию два генератора мощностью 45 МВт, последние два генератора мощностью 45 МВт были запущены в октябре 2011 г.

Доля геотермальной теплоты в централизованном теплоснабжении столицы Исландии – Рейкьявика составляет 96 %, остальные 4 % тепла вырабатываются электрическими котлами.

Общая длина трубопроводов системы централизованного теплоснабжения – 2700 км.

Теплоснабжение Рейкьявика обеспечивается централизованно с 1930-х гг. от ГеоТЭС, которая находится в 7 км от города. Теплоноситель поступает в город по теплотрассе (рис. 1.26, 1.27).



Рис. 1.26. Геотермальная электростанция, обеспечивающая теплоснабжение Рейкьявика



Рис. 1.27. Потребители тепловой энергии – жилые дома столицы Исландии

В Исландии строят тротуары с подогревом для того, чтобы зимой дождь или снег не превращался в гололед! (рис. 1.28).



Рис. 1.28. Система обогрева тротуаров столицы Исландии

Рейкьявик планирует стать самым «зеленым» городом мира к 2040 г. Амбициозная цель исландской столицы – достигнуть нейтрального уровня «рукотворных» выбросов CO₂. Системы теплоснабжения не станут препятствием на пути к снижению объема выбросов CO₂.

Недорогая электроэнергия позволила исландским ученым включиться в мировые программы по использованию водорода как топлива. Компания New Energy Company осуществляет проект по переводу общественного транспорта Рейкьявика на водород.

Первая в мире водородная заправка была открыта в 2003 г. и обслуживала три городских автобуса, работающих на водороде. Позже новое топливо опробовали на морском судне и недавно на автомобилях Ford. Такое топливо пока обходится дорого, зато пробег автомобиля увеличивается втрое по сравнению с бензиновым двигателем. И при этом – никаких загрязняющих выхлопов, один только водяной пар.

Исландия твердо намерена к середине столетия избавиться от машин, работающих на бензине. Ее задача – доказать всему миру, что есть полная возможность найти экономически выгодную альтернативу нефтепродуктам.

1.4.3. Парагвай

Парагвай (официальное название – Республика Парагвай) – государство в Южной Америке, не имеющее выхода к морю. На юге и юго-западе граничит с Аргентиной, на северо-западе – с Боливией, на востоке и северо-востоке – с Бразилией. В переводе с языка гуарани «парагвай» означает «от великой реки» – подразумевается река Парана. Из-за центрального положения в Южной Америке Парагвай иногда называют «сердцем Америки» (рис. 1.29).

В Парагвае проживает 7 млн человек. Столица государства и самый большой город – Асунсьон. Официальные языки – испанский и гуарани, оба широко используются. Большинство населения составляют метисы.

Индейцы гуарани проживали на территории Парагвая перед приходом испанцев в XVI в., когда Парагвай стал частью Испанской колониальной империи. Парагвай получил независимость от Испании в 1811 г. Жизнь в Парагвае на многих наших соотечественников производит неизгладимое впечатление. В быту в качестве топлива используются дерево и древесный уголь. Автомобили заправляют спиртом, а вся электроэнергия вырабатывается на ГЭС.



Рис. 1.29. Карта Парагвая

Эксперты признают, что реки – одно из важнейших природных богатств Латинской Америки. Около 60 % площади региона занимают бассейны крупнейших рек мира. Некоторые из них пересекают сразу несколько государств: Амазонка – семь, Ла-Плата – пять. По обеспеченности водными ресурсами Латинская Америка (на нее приходится около 1/4 мирового стока) стоит на первом месте среди пяти континентов по размерам стока на 1 км² территории и на душу населения.

В 20 км от города Фос-ду-Игуасу, на бразильско-парагвайской границе на реке Парана построена плотина с гидроэлектростанцией **Итайпу**. Своё название она унаследовала от острова в устье этой крупной реки, он и стал основой плотины. Именно эта электростанция в 2016 г. стала первой в мире, сумевшей выдать свыше 100 млрд кВт·ч электроэнергии. Проектирование и подготовительные работы по её строительству начались ещё в 1971 г. В 1991 г. ввели в строй последние

два генератора из 18 запланированных, а в 2007 г. к ним добавились ещё 2 электрические машины, доведя мощность ГЭС до **14 ГВт** (рис. 1.30).



Рис. 1.30. ГЭС **Итайпу** на реке Парана на бразильско-парагвайской границе в 20 км от города Фос-ду-Игуасу мощностью **14 ГВт** – 2-я в мире по мощности

В процессе строительства властям пришлось переселять примерно 10 тысяч семей, живших на берегах Параны.

Поскольку потребность Парагвая в электроэнергии невысока, то большую часть вырабатываемой генераторами энергии Парагвай передает в Бразилию по коротким ЛЭП переменного тока (50 Гц), который на подстанции рядом с Итайпу преобразуется в постоянный.

После преобразования электроэнергия по ЛЭП постоянного тока высокого напряжения протяженностью 810 км транспортируется на подстанцию Ибиуна в Бразилию, где вновь преобразуется из постоянного в переменный ток (60 Гц).

В ноябре 2009 г. во время грозы были серьезно повреждены ЛЭП, идущие от плотины Итайпу, без электричества осталось более 50 млн бразильцев и почти весь Парагвай.

В середине 1990-х гг. начала функционировать еще одна ГЭС – **Ясирета** мощностью **3,1 ГВт**, расположенная на реке Парана ниже Итайпу и построенная совместными усилиями Парагвая и Аргентины (рис. 1.31).



Рис. 1.31. ГЭС Ясирета на реке Парана ниже Итайпу, мощностью 3,1 ГВт



Рис. 1.32. Гидроэнергетические ресурсы Парагвая

В Парагвае намерены продолжить строительство других малых гидроэлектростанций мощностью 1000 МВт в населенных пунктах Восточного региона (рис. 1.32).

2. Защита окружающей среды от воздействия энергетических объектов

2.1. Виды и источники загрязнений окружающей среды

Загрязнением окружающей среды называется изменение качества среды, способное вызвать отрицательные последствия.

В табл. 2.1. приведены виды загрязнений окружающей среды [1].

Таблица 2.1

Классификация видов загрязнений окружающей среды

Загрязнение	Воздействие
1. Механическое	Засорение среды агентами, оказывающими лишь механическое воздействие без химико-физических последствий (например, мусором)
2. Химическое	Изменение химических свойств среды, оказывающих отрицательное воздействие на экосистемы и технологические устройства
3. Физическое	Изменение физических параметров среды: температурно-энергетических (тепловое или термальное), волновых (световое, шумовое, электромагнитное), радиационных (радиационное или радиоактивное) и т.п.
3.1. Тепловое (термальное)	Повышение температуры среды, главным образом в связи с промышленными выбросами нагретого воздуха, отходящих газов и воды; может возникать и как вторичный результат изменения химического состава среды
3.2. Световое	Нарушение естественной освещенности местности в результате действия искусственных источников света; может приводить к аномалиям в жизни растений и животных
3.3. Шумовое	Увеличение интенсивности шума сверх природного уровня; у человека приводит к повышению утомляемости, снижению умственной активности и при достижении 90-100 дБ к потере слуха

Загрязнение	Воздействие
3.4. Электромагнитное	Изменение электромагнитных свойств среды (от линий электропередачи, радио и телевидения, работы промышленных установок) приводит к глобальным и местным географическим аномалиям и изменениям в тонких биологических структурах
4. Радиационное	Превышение естественного уровня содержания в среде радиоактивных веществ
5. Биологическое	Проникание в экосистемы и технологические устройства видов животных и растений, чуждых данным сообществам и устройствам
5.1. Биотическое	Распространение определенных, как правило, нежелательных с точки зрения людей биогенных веществ (выделений, мертвых тел и др.) на территории, где они ранее не наблюдались
5.2. Микробиологическое	а) Появление необычайно большого количества микроорганизмов, связанное с их массовым размножением на антропогенных субстратах или в средах, измененных в ходе хозяйственной деятельности человека; б) Приобретение ранее безвредной формой микроорганизмов патогенных свойств или способности подавлять другие организмы в сообществах

В атмосферу Земли ежегодно поступает 150 млн т различных аэрозолей; 220 млн т диоксида серы; 450 млн т. оксида углерода; 75 млн т оксидов азота. ***В год на каждого жителя Земли приходится в среднем 300 кг выбросов в атмосферу.***

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются:

- промышленные предприятия, в первую очередь, химические, нефтехимические и металлургические заводы;
- ***объекты энергетики (ТЭС, АЭС, отопительные и производственные котельные);***
- транспорт, в первую очередь, автомобильный;
- сельское хозяйство;
- коммунально-бытовой сектор.

На выбросы энергетических объектов приходится около 60 %, транспорт 20 – 25 %, промышленность 15 – 20 %.

Основные виды воздействия предприятий энергетики на окружающую среду (рис. 2.1):

1. Загрязнение атмосферы: выбросы газов и пыли, тепловые выбросы.
2. Загрязнение гидросферы: сбросы загрязненных вод, тепловые сбросы.
3. Загрязнение литосферы при производстве энергии, транспортировке энергоносителей, захоронении отходов.
4. Загрязнение окружающей среды радиоактивными и токсичными отходами.
5. Изменение гидрологического режима рек гидроэлектростанциями.
6. Образование электромагнитных полей вокруг линий электропередач.



Рис. 2.1. Воздействие ТЭС на окружающую среду

В табл. 2.2. приведены значения выбросов загрязнений в атмосферный воздух в некоторых городах России.

На одного человека в России приходится **более 400 кг** выбрасываемых в атмосферу вредных веществ в год.

Легковой автомобиль выбрасывает оксида углерода CO до $3 \text{ м}^3/\text{ч}$, грузовой – до $6 \text{ м}^3/\text{ч}$ ($3 - 6 \text{ кг}/\text{ч}$). Оксид углерода в повышенных концентрациях обнаружен на значительной высоте, а также в рабочих и

жилых помещениях высотных домов, на улицах с интенсивным автомобильным движением.

Таблица 2.2

Выбросы вредных веществ в атмосферный воздух от стационарных источников в ряде городов России, тыс. т/год

Город	Вредные вещества					
	Всего	твердые	газообразные и жидкие	из них		
				оксиды серы	оксиды азота	оксид углерода
Архангельск	85	20	65	45	5	13
Братск	158	41	117	21	6	85
Волгоград	228	42	186	38	19	60
Иркутск	94	29	65	29	8	26
Кемерово	122	37	85	26	28	21
Красноярск	259	78	181	39	13	115
Магнитогорск	849	170	679	84	34	548
Москва	312	30	282	70	99	28
Новокузнецк	833	136	697	90	34	562
Санкт-Петербург	236	46	190	74	47	41
Усть-Каменогорск	143	24	119	69	12	36
Уфа	304	9	295	72	25	36
Челябинск	427	94	333	60	29	210

Загрязнение воздуха в результате поступления в него различного рода вредных веществ имеет ряд неблагоприятных последствий.

Санитарно-гигиенические последствия. Поскольку воздух является средой, в которой человек находится в течение всей жизни и от которой зависит его здоровье, самочувствие и работоспособность, наличие в воздушной среде порой даже небольших концентраций вредных веществ может неблагоприятно отразиться на человеке, привести в необратимым последствиям и даже к смерти.

Экологические последствия. Воздух является важнейшим элементом окружающей среды, находящимся в непрерывном контакте со всеми другими элементами живой и мертвой природы. Ухудшение качества воздуха вследствие присутствия в нем различных загрязнителей приводит к гибели лесов, посевов сельскохозяйственных культур, травяного покрова, животных, к загрязнению водоемов, а также к повреждению памятников культуры, строительных конструкций, различного рода сооружений и т. д.

Экономические последствия. Загрязнение воздуха вызывает значительные экономические потери. Запыленность и загазованность воздуха в производственных помещениях приводит к снижению производительности труда, потере рабочего времени из-за увеличения заболеваемости. Во многих производствах наличие пыли в воздушной среде ухудшает качество продукции, ускоряет износ оборудования.

В процессе производства, добычи, транспортирования многих видов материалов, сырья, готовой продукции часть этих веществ переходит в пылевидное состояние и теряется (уголь, руда, цемент и др.), загрязняя окружающую среду. Потери на ряде производств составляют до 3 ÷ 5 %. Мероприятия по уменьшению последствий загрязнения обходятся дорого.

2.2. Характеристики пылегазовых загрязнителей воздуха

Пыль и другие аэрозоли. Качество воздуха, его воздействие на организм, а также на оборудование и технологические процессы во многом обусловлены содержанием в нем взвешенных частиц, главным образом пылевых. Пыль технологического происхождения характеризуется большим разнообразием по химическому составу, размеру частиц, их форме, плотности, характеру краев частиц и т. д. Соответственно разнообразно воздействие пыли на организм человека и окружающую

среду.

Наиболее тяжелые последствия вызывает систематическое вдыхание пыли, содержащей **свободный диоксид кремния SiO_2** . В результате возникает силикоз. Это одна из форм болезни легких, связанной с вдыханием запыленного воздуха, – пневмокониоза. Воздействие пыли на орган зрения вызывает конъюнктивиты, на кожу – дерматиты.

Горючесть и взрываемость пыли. Способность образовывать с воздухом взрывоопасную смесь и способность к воспламенению являются важнейшими отрицательными свойствами многих видов пыли.

Оксид углерода (угарный газ CO) – бесцветный газ, без запаха. Высокотоксичное вещество. Плотность по отношению к воздуху 0,967. Образуется в результате неполного сгорания углерода (сгорание углерода в условиях недостатка кислорода). Выделения CO происходят в литейных, термических, кузнечных цехах, в котельных, особенно работающих на угольном топливе, CO содержится в выхлопных газах автомашин, тракторов.

Через легкие CO проникает в кровь. Вступая в соединение с гемоглобином, образует карбоксигемоглобин. При этом нарушается снабжение организма кислородом. В тяжелых случаях наступает удушье.

Цианиды. К цианидам относятся: цианистая (синильная) кислота (HCN), ее соли (KCN , NaCN , CH_3CN) и др.

HCN – бесцветная жидкость с запахом горького миндаля. Цианиды натрия и калия – бесцветные кристаллы, слабо пахнут синильной кислотой.

Синильная кислота используется в производстве нитрильного каучука, синтетического волокна и органического стекла, при извлечении благородных металлов из руд и др.

Цианиды натрия и калия применяют в гальванических цехах при покрытии металлов медью, латунью, золотом; в фармакологическом производстве.

Синильная кислота может поступать в организм через *слизистые оболочки дыхательных путей и пищеварительного тракта, в незначительном количестве – через кожу*. Соли синильной кислоты в организм проникают в виде пыли через ротовую полость. **Синильная кислота и ее соединения высокотоксичны.** Цианиды, поступившие в организм, нарушают кровообращение и снабжение организма кислородом.

Сероводород (H_2S) – бесцветный газ с запахом тухлых яиц. Температура кипения 60,9 °С, плотность по отношению к воздуху 1,19. Горит синим пламенем с образованием воды и диоксида серы.

Встречается при переработке, получении или применении сернистого бария, сернистого натрия, сурьмы, в кожевенной промышленности, в свеклосахарном производстве, на фабриках искусственного шелка, *при добыче нефти и ее переработке* и других производствах.

Поступает в организм через *легкие, в небольших количествах – через кожу*. Обладает высокой токсичностью. Порог ощущения запаха 0,012 — 0,03 мг/м³, концентрация около 11 мг/м³ тяжело переносима даже для привычных к нему.

Поражает центральную нервную систему, нарушает кровоснабжение организма. При низких концентрациях обладает раздражающим действием в отношении слизистой оболочки глаз и верхних дыхательных путей.

Диоксид серы (сернистый газ SO_2) — бесцветный газ с острым запахом. Плотность по отношению к воздуху 2,213.

Встречается при сжигании топлива, содержащего серу, в котельных, кузницах, литейном производстве, при производстве серной кислоты, на медеплавильных заводах, в кожевенном производстве и ряде других. Весьма распространенное вредное вещество.

В организм поступает *через дыхательные пути. Оказывает сильное раздражающее действие на слизистые оболочки глаз, верхних дыхательных путей.*

При больших концентрациях могут быть более тяжелые последствия вплоть до *потери сознания, отека легких.*

Окислы азота (NO_x) являются смесью соединений азота при их различном соотношении.

Весьма распространенные вредные вещества, выделяются при производстве азотной кислоты, при производстве удобрений, при взрывных работах и др.

Поступают в организм *через дыхательные пути.*

При небольших концентрациях и малом содержании в смеси диоксида азота происходит *раздражение слизистых оболочек верхних дыхательных путей.* При большом содержании в смеси диоксида азота и большой концентрации смеси в воздухе *наступают явления удушья.*

Углеводороды ароматического ряда. В производстве широко применяют бензол, толуол, ксилол. *Их получают при перегонке каменного угля на коксохимических заводах и перегонке нефти.* В обычных условиях они находятся в жидком состоянии. Температура кипения бензола (C_6H_6) 80,1 °С; толуола ($C_6H_5CH_3$) 110,8 °С; ксилола ($(CH_3)_2C_6H_4$) 144 °С.

Поступают в организм через *дыхательные пути и кожу*. Наиболее опасным является **бензол**.

Ароматические углеводороды действуют *на кроветворные органы и на центральную нервную систему*

Металлы. Сейчас наряду с широко известными металлами (свинец, ртуть, цинк, марганец, хром, никель и др.) все шире применяются для получения сплавов со специальными свойствами, в качестве катализаторов, для изготовления отдельных деталей, конструкций и т. д. редкие рассеянные металлы (бериллий, литий, ванадий, титан, цирконий, вольфрам, таллий, селен и др.). В качестве вредных веществ металлы могут быть в виде аэрозолей дезинтеграции и конденсации, а также в виде паров.

Свинец (Pb). Тяжелый металл. Температура плавления 327 °С, температура кипения 1525 °С. *При температуре 400 – 500 °С начинает интенсивно выделять пары.* Свинец и его соединения поступают в воздух на предприятиях по выплавке свинца, по производству аккумуляторов, свинцовых красок, по производству дроби и др. В промышленном производстве применяются соединения свинца: сернистый свинец, оксид свинца, свинцовый сурик, серноокислый свинец и др.

Свинец поступает в организм большей частью *через дыхательные пути, а также через пищеварительный тракт*. Свинец нарушает работу *органов кровообращения и центральной нервной системы, системы пищеварения, обменные процессы в организме. Может накапливаться в различных органах (кости, мозг, печень, мышцы). Выделение свинца из организма происходит в течение длительного времени (месяцев, лет).*

Ртуть (Hg). Жидкий металл. Температура кипения 357,2 °С, температура твердения (– 38,9 °С). Испаряется при комнатной температуре. В производстве ртуть применяют в чистом виде и виде соединений (хлорных, цианистых, сернистых, азотнокислых и др.). Почти все они ядовиты. Ртуть применяют при *производстве измерительных приборов (термометров, барометров)*, ртутной ртутью, ртутных

выпрямителей, получении золота из руд и т. д.

В организм в условиях производства пары ртути поступают **через органы дыхания**. При попадании ртути в организм поражаются главным образом **нервная система и желудочно-кишечный тракт, почки**. Ртуть способна накапливаться в организме, в основном, **в печени и почках**.

Мелкодиспергированная ртуть может попадать **в поры материалов (штукатурки, дерева и др.) и длительное время выделять пары ртути**.

Марганец (Mn). Серебристый металл с красным оттенком. Температура плавления 1210 – 1260 °С, температура кипения 1900 °С. Распространены соединения марганца: оксид марганца, диоксид марганца, хлористый марганец.

С марганцем приходится сталкиваться в металлургической промышленности (производство качественных сталей), стекольной и химической промышленности, **при сварке**, добыче и переработке марганцевых руд и т. д.

Марганец и его соединения поступают в организм через **желудочно-кишечный тракт в виде пыли**. Они воздействуют на **центральную нервную систему**.

Цинк (Zn). Вредным веществом является оксид цинка – белый рыхлый порошок. Оксид цинка может быть получен при окислении цинка при его нагревании выше температуры плавления (939 °С), при этом образуются пары цинка, которые, соединяясь с кислородом, образуют оксид цинка (ZnO).

Контакт с оксидом цинка может происходить при изготовлении цинковых белил, литье латуни, ее резке и т. д.

Оксид цинка в виде пыли поступает в организм через **дыхательные пути**.

Последствия воздействия оксида цинка на организм – **явления лихорадки**. Цинк, в основном, откладывается **в печени, поджелудочной железе**.

Хром (Cr). Твердый блестящий металл. Температура плавления 1615 °С, температура кипения 2200 °С. Применяются соединения хрома: оксид хрома, диоксид хрома, хромовые квасцы калийные и натриевые и др.

Хром и его соединения применяют в металлургии, химической, кожевенной, текстильной, лакокрасочной, спичечной и других отраслях промышленности.

Они поступают через **дыхательные пути** в виде пыли, паров тумана, через **желудочно-кишечный тракт**, всасываются **через кожу в виде растворов**.

Могут откладываться *в печени, почках, эндокринной системе, легких, волосах* и др. Хром и его соединения поражают *слизистую оболочку органов дыхания, желудочно-кишечный тракт, вызывают язвы на кожных покровах. Как аллергены, они вызывают заболевание типа бронхиальной астмы.*

Никель (Ni). Серебристый белый металл с коричневым оттенком. Температура плавления 1425 °С, температура кипения 2900 °С.

Находит применение в производстве никелевой и хромоникелевой стали, сплавов с медью, железом, в качестве катализатора, при никелировании металлических изделий в гальваническом производстве.

В организм никель и его соединения поступают через *дыхательные пути в виде пыли.*

Никель и его соединения вызывают *поражение органов дыхания, кожного покрова.*

Канцерогенные вещества. Ряд веществ, применяемых в промышленности, способен вызвать *злокачественные опухоли* в различных частях тела. Такими веществами являются *хром, мышьяк, никель, асбест, бериллий, сажа, смола, пек, минеральные масла и ряд других. Эти новообразования могут возникать и через значительный период (несколько лет) после прекращения работы с соответствующими веществами.*

Весьма специфическую вредность представляют собой *неприятные запахи*, источниками которых являются газы и аэрозольные частицы, обычно в небольших количествах находящиеся в воздушной среде. *Запахи неблагоприятно воздействуют на организм человека, вызывая повышенную утомляемость, нервное возбуждение или, наоборот, депрессию.* С неприятными запахами приходится встречаться в районах расположения химических предприятий, **ЦБК**, а также предприятий, где происходит переработка сельскохозяйственного органического сырья, например, вблизи мясокомбинатов, табачных фабрик и др.

В последние десятилетия появился новый вид загрязнения воздушной среды – *радиоактивные вещества.* Развитие атомной энергетики и промышленности по добыче и переработке носителей атомной энергии связано с поступлением в окружающую среду *радионуклидов.* Эти вещества отличаются большим разнообразием в отношении интенсивности воздействия на организм человека и животных, на окружающую среду, а также времени своего *существования – от долей секунды до тысячелетий.*

В воздушной среде находятся также *микроорганизмы* – бактерии и вирусы. Питательной средой для их размножения и развития являются биологические процессы, происходящие как в промышленности, так и в сельском хозяйстве.

2.3. Классификация вод и водных систем

Общее количество природной воды на Земле составляет 1386 млн км³, из них количество пресной воды – 35 млн км³ (2,5 %).

Объем потребления пресной воды в мире достигает 3 900 млрд м³/год или 0,01 % от количества пресной воды на Земле. Около половины этого количества потребляется безвозвратно, а другая половина превращается в сточные воды (рис. 2.2).

В промышленности воду используют как сырье и источник энергии, как хладоагент, растворитель, экстрагент, для транспортирования сырья и материалов.



Рис. 2.2. Круговорот воды в природе

В зависимости от степени минерализованности, воды делятся на: пресные, солоноватые и соленые.

Пресные воды имеют соленость менее 1 промилле (‰), т.е. в 1 кг воды содержится менее 1 г солей (до 1000 мг/л). В солоноватых концентрация выше – от 1 ‰ до 24,7 ‰, а в соленых – от 24,7 ‰ до 47 ‰.

В океанах и морях вода соленая, однако ее соленость не одинакова. Так, средняя соленость Мирового океана – 35 ‰, при этом в Мертвом море она достигает 350 ‰, а в Балтийском – всего 7 ‰.

В свою очередь пресные воды подразделяются на воды малой минерализованности (до 0,2 ‰ или 200 мг/л); средней минерализованности (0,2 – 0,5 ‰ или 200...500 мг/л) и повышенной минерализованности (0,5 – 1 ‰ или 500...1000 мг/л).

По преобладающему аниону все воды делятся на гидрокарбонатные, сульфатные и хлоридные. Жесткость природных вод обусловлена присутствием в них солей кальция и магния и выражается концентрацией ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} в ммоль-экв/л.

Различают общую карбонатную и некарбонатную жесткость. Общая жесткость представляет сумму двух жесткостей: карбонатная – связана с присутствием в воде бикарбонатов кальция и магния, а некарбонатная – сульфитов, хлоридов, нитратов кальция и магния.

Атмосферные воды – образуются в результате выпадения атмосферных осадков и стекающие с территорий предприятий. Они загрязняются органическими и минеральными веществами.

Сточные воды – это воды, бывшие в бытовом, производственном или сельскохозяйственном употреблении, а также прошедшие через загрязненную территорию. В зависимости от условий образования, сточные воды делятся на хозяйственно-бытовые (ХБСВ), атмосферные (АСВ) и промышленные (ПСВ).

Хозяйственно-бытовые сточные воды – это стоки душевых, прачечных, столовых, туалетов, от мытья полов и др. Они содержат примеси, из которых ~ 58 % органических веществ и 42 % минеральных.

Промышленные сточные воды – это жидкие отходы, которые возникают при добыче и переработке органического и неорганического сырья (рис. 2.3, 2.4).

Сточные воды часто могут быть загрязнены различными веществами:

- 1) биологически нестойкими органическими соединениями;
- 2) малотоксичными неорганическими солями;
- 3) нефтепродуктами;
- 4) биогенными соединениями;
- 5) веществами со специфичными токсичными свойствами, в том числе тяжелыми металлами, биологически жесткими неразлагающимися органическими синтетическими соединениями.



Рис. 2.3. Промышленные сточные воды



Рис. 2.4. Промышленные сточные воды, содержащие примеси

Сточные воды многих производств, кроме растворимых неорганических и органических веществ, содержат коллоидные примеси, а также взвешенные грубодисперсные и мелкодисперсные примеси, плотность которых может быть больше или меньше плотности воды.

Загрязнение природных вод часто происходит в результате экологических катастроф природного или техногенного характера, в частности, разливы нефти. Для устранения последствий разливов нефти и нефтепродуктов в сочинском образовательном центре «Сириус» уральскими школьниками представлен **супергидрофобный материал**. Полимерная пластина, закрытая мембраной из гидрофобного материала, способна разделить воду и нефть. Воду этот материал отталкивает, а нефти дает просочиться (рис. 2.5).



Рис. 2.5. Устранение последствий разлива нефти на море

2.4. Классификация промышленных отходов

Классификация отходов возможна по разным показателям, но самым главным из них является *степень опасности для человеческого здоровья*. Вредными отходами, например, считаются инфекционные, токсичные и радиоактивные. Их сбор и ликвидация регламентируются специальными санитарными правилами.

Согласно ГОСТ 12.1.007-76 "Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности" (с Изменениями № 1, 2), все промышленные отходы (ПО) делятся на классы опасности (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Классификация промышленных отходов по их опасности

Класс опасности	Характеристика отходов
Первый	чрезвычайно опасные
Второй	высокоопасные
Третий	умеренно опасные
Четвертый	малоопасные
Пятый	не опасные

Класс опасности химических веществ, определяется расчетным методом:

- наличие в отходах **ртути**, сулемы, хромовокислого калия, треххлористой сурьмы, бенз(а)пирена, оксида мышьяка и других высокотоксичных веществ позволяет отнести их к первому классу опасности;
- наличие в отходах хлористой меди, хлористого никеля, трехокисной сурьмы, **азотнокислого свинца** и других, менее токсичных веществ дает основание отнести эти отходы ко второму классу опасности;
- наличие в отходах **сернокислой меди**, щавелевокислой меди, хлористого никеля, **оксида свинца**, четыреххлористого углерода и других веществ позволяет отнести их к третьему классу опасности;
- наличие в отходах **сернокислого марганца**, **фосфатов**, **сернокислого цинка**, **хлористого цинка** дает основание отнести их к четвертому классу опасности.

Все отходы на ТЭС должны храниться на специально оборудованных площадках до момента сдачи по договору на специализированное, лицензированное предприятие для их утилизации.

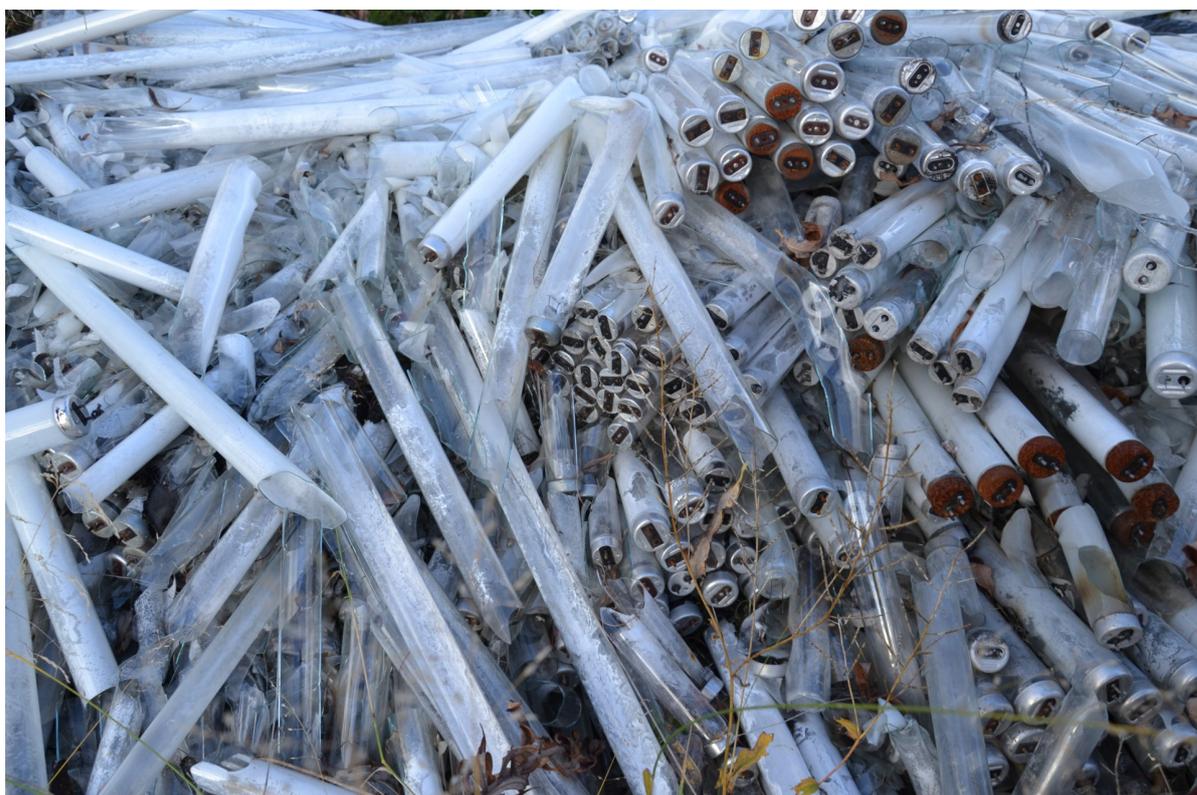


Рис. 2.6. Недопустимая практика хранения отработавших люминесцентных ламп (1-й класс опасности)



Рис. 2.7. Свалка на пустыре – люминесцентные лампы (1-й класс опасности)

Также должен быть организован порядок сбора, хранения, транспортировки и сдачи твердых бытовых отходов и в жилищно-коммунальном секторе, где образуются отходы всех классов опасности, включая первый и второй (люминесцентные лампы, аккумуляторы и т.д.). В то время как на практике часто в обращении с опасными отходами наблюдается подобная картина (рис. 2.6 – 2.8).



Рис. 2.8. Свалка на природе – люминесцентные лампы (1-й класс опасности)

Добыча и обогащение меди и сопутствующих металлов создают сверхнагрузку на экологическую систему. Лучше всех об этом могут рассказать жители **самого грязного города мира – Карабаш Челябинской области** (рис. 2.9).

Карабаш – город, где идут кислотные дожди, где тяжело дышать; город, где средняя продолжительность жизни у мужчин – 45 лет.

Жителя **Карабаша** легко отличить по зелёному оттенку лица. В самом городе не растут деревья. Отвалы **медного производства** никуда не делись. Под угрозой источники водоснабжения города. При высокотемпературных процессах в атмосферу, реки и водоемы выбрасываются сотни тысяч тонн оксидов и активных химических веществ, снижающих плодородие почв и их агротехнические качества (рис. 2.10).



Рис. 2.9. Территория около Карабашского медного горнообогатительного комбината (ГОК)



Рис. 2.10. Сброс неочищенных промышленных стоков Карабашского медного горнообогатительного комбината (ГОК)

Сами ГОКи имеют дело с **сульфидом меди, свинцом, серной кислотой** – веществами, относящимися к **первым двум классам экологической опасности**.

2.5. Энергетическое загрязнение окружающей среды

Промышленные предприятия, объекты энергетики, связи и транспорт являются основными источниками энергетического загрязнения промышленных регионов, городской среды, жилищ и природных зон.

К энергетическим загрязнениям относят вибрационные и акустические воздействия, электромагнитные поля и излучения, воздействия радионуклидов и ионизирующих излучений.

Вибрации, источником которых является технологическое оборудование, рельсовый транспорт, строительные машины и тяжелый автотранспорт, распространяются по грунту. Протяженность зоны воздействия вибрации определяется величиной их затухания в грунте, которая составляет **1 дБ/м**.

Шум создается транспортными средствами, промышленным оборудованием, санитарно-техническими установками. На городских магистралях и в прилегающих к ним зонах уровни звука могут достигать **70...80 дБА**.

Основными источниками электромагнитных полей (ЭМП) радиочастотного диапазона являются радиотехнические объекты, телевизионные, радиолокационные станции, термические цехи и участки.

Воздействие ЭМП промышленной частоты связано с ***высоковольтными линиями электропередач*** (рис. 2.11), источниками постоянных магнитных полей, применяемыми на промышленных предприятиях. Зоны с повышенными уровнями ЭМП радиочастот имеют радиус до 100...150 м. В быту источниками ЭМП и излучений являются телевизоры, дисплеи, печи СВЧ и другие устройства. Воздействие ионизирующего излучения на человека может происходить в результате внешнего и внутреннего облучения.



Рис. 2.11. Высоковольтные линии электропередач

2.6. Методы защиты окружающей среды от промышленных загрязнений и энергетических воздействий

Защита окружающей среды является составной частью концепции устойчивого развития человеческого общества, означающей длительное непрерывное развитие, обеспечивающее потребности ныне живущих людей без ущерба удовлетворению потребностей будущих поколений.

Концепция устойчивого развития не сможет реализоваться, если не будут разработаны конкретные программы действий по предотвращению загрязнения окружающей среды, включающие в себя также организационные, технические и технологические разработки по развитию ресурсо-, энергосберегающих и малоотходных технологий, снижению газовых выбросов и жидкостных сбросов, переработки и утилизации хозяйственных отходов, уменьшению энергетического воздействия на окружающую среду, усовершенствованию и использованию средств защиты окружающей среды.

В зависимости от основных закономерностей, характеризующих протекание средозащитных процессов, последние подразделяют на следующие группы:

- механические;
- гидромеханические;
- массообменные;
- химические;
- физико-химические;
- тепловые;
- биохимические;
- процессы, осложненные химической реакцией;
- в отдельную группу выделены процессы защиты от энергетических воздействий, в основном базирующиеся на принципах отражения и поглощения избыточной энергии основных технологических процессов природопользования.

К механическим процессам, основой которых является механическое воздействие на твердые и аморфные материалы, относят измельчение (дробление), сортирование (классификация), прессование и смешивание сыпучих материалов. Движущей силой этих процессов являются силы механического давления или центробежная сила.

К гидромеханическим процессам, основой которых является гидростатическое или гидромеханическое воздействие на среды и материалы, относят перемешивание, отстаивание (осаждение), фильтрование, центрифугирование. Движущей силой этих процессов является гидростатическое давление или центробежная сила.

К массообменным (диффузионным) процессам, в которых большую роль наряду с теплопередачей играет переход вещества из одной фазы в другую за счет диффузии, относят абсорбцию, адсорбцию, десорбцию, экстрагирование, ректификацию, сушку и кристаллизацию. Движущей силой этих процессов является разность концентраций переходящего вещества во взаимодействующих фазах.

Химические процессы, протекающие с изменением физических свойств и химического состава исходных веществ, характеризуются превращением одних веществ в другие, изменением их поверхностных и межфазных свойств. Сюда можно отнести процессы нейтрализации, окисления и восстановления. Движущей силой химических процессов является разность химических (термодинамических) потенциалов.

Физико-химические процессы характеризуются взаимосвязанной совокупностью химических и физических процессов. К физико-химическим процессам разделения, основой которых являются физико-химические превращения веществ, можно отнести коагуляцию и флокуляцию, флотацию, ионный обмен, обратный осмос и ультрафильтрацию, дезодорацию и дегазацию, электрохимические методы, в частности, **электрическую очистку газов**. Движущей силой этих процессов является разность физических и термодинамических потенциалов разделяемых компонентов на границах фаз (рис. 2.12).



Рис. 2.12. Электрофильтр на ТЭЦ. Степень очистки газов 99,7 %

К тепловым процессам, основой которых является изменение теплового состояния взаимодействующих сред, относят нагревание, охлаждение, выпаривание и конденсацию. Движущей силой этих процессов является разность температур (термических потенциалов) взаимодействующих сред (рис. 2.13).



Рис. 2.13. Выпарные аппараты

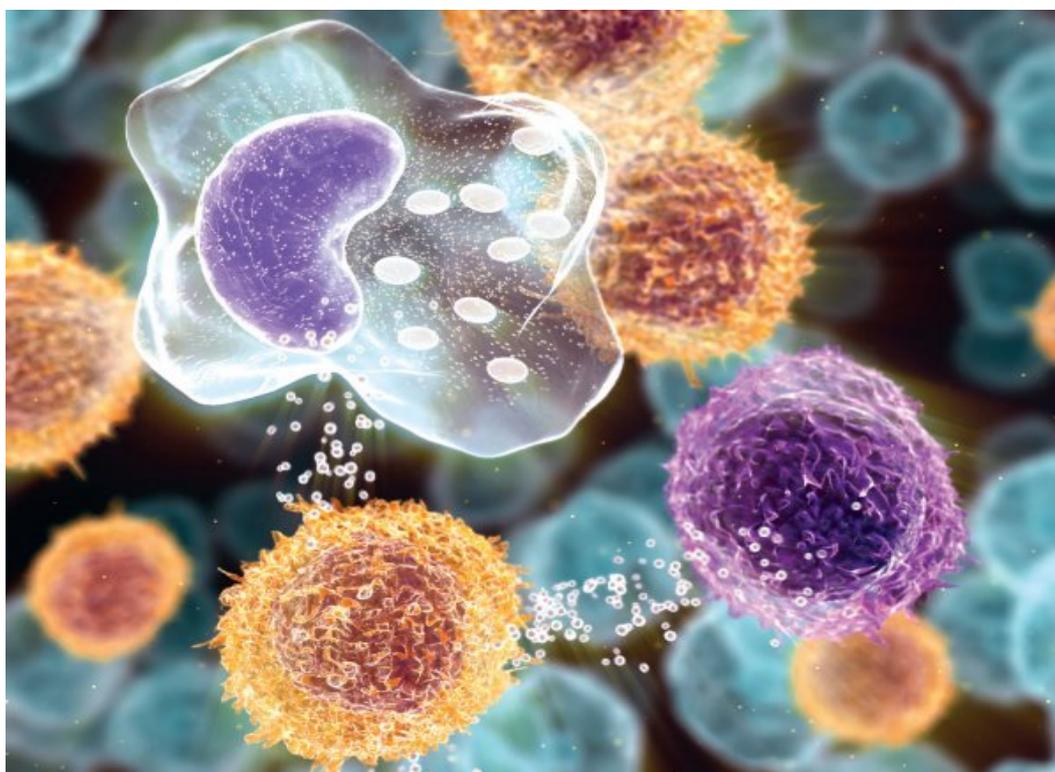


Рис. 2.14. Биохимические взаимодействия микроорганизмов

Биохимические процессы, в основе которых лежат каталитические ферментативные реакции биохимического превращения веществ в процессе жизнедеятельности микроорганизмов, характеризуются протеканием биохимических реакций и синтезом веществ на уровне живой клетки. Движущей силой этих процессов является энергетический уровень (потенциал) живых организмов (рис. 2.14).

Анализ крови помог исследовательской группе из Австралии обнаружить хроническую боль на клетках организма. Открытие позволит по-новому избавить человека от физической боли, воздействуя на иммунные клетки организма.

Выбор методов защиты от энергетических воздействий зависит от вида и формы проявления энергии. При защите от механических и акустических механических колебаний основными методами снижения уровня их воздействия является:

- уменьшение энергетических параметров в источнике;
- оптимальная ориентация источника колебаний относительно объекта воздействия;
- поглощение части генерируемой энергии колебаний;
- уменьшение энергии колебаний на пути их распространения от источника путем изоляции;
- *экранирование и демпфирование*;
- *защита расстоянием* и временем;
- проведение организационно-технических и социально-реабилитационных мероприятий.

В число методов защиты от электромагнитных полей и ионизирующих излучений входят *защита расстоянием, экранирование, частичное поглощение мощности излучения, снижение уровня энергетического воздействия путем рассеяния и отвода части энергии от места ее локализации в окружающую среду*, проведение комплекса организационно-технических и лечебно-профилактических мероприятий.

Главным путем реализации указанных методов на ТЭС является создание санитарно-защитных зон вокруг электростанций (рис. 2.15).



Рис. 2.15. Санитарно-защитная зона ТЭС

2.7. Классификация способов очистки сточных вод

Для создания замкнутых систем водоснабжения промышленные сточные воды подвергаются очистке до необходимого качества:

- механическими;
- химическими;
- физико-химическими;
- биологическими;
- термическими методами.

Указанные методы очистки подразделяются на рекуперационные, деструктивные и биохимические.

Рекуперационные методы предусматривают извлечение из сточных вод и дальнейшую переработку всех ценных веществ.

В деструктивных методах загрязняющие вещества подвергаются разрушению путем окисления или восстановления, а продукты разрушения удаляются из воды в виде газов или осадков.

Биохимические методы применяют для очистки хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод от растворенных органических и неорганических веществ. Процесс биохимической очистки основан на способности микроорганизмов использовать загрязняющие вещества для своего питания в процессе жизнедеятельности (рис. 2.16).



Рис. 2.16. Биохимическая очистка сточных вод

3. Перспективы развития современной энергетики

3.1. Энергетические революции человечества

Энергетика, как и другие сектора экономики, развивается на основе циклических закономерностей, и в ее динамике отражаются все фазы долгосрочных и сверхдолгосрочных циклов (зарождение, освоение, расцвет, стагнация, кризис), смена технологических укладов (примерно раз в полвека) и технологических способов производства (раз в несколько столетий).

До современной эпохи люди полагались на *силу своих мускулов, на силу домашних животных, например, лошадей и волов, и на силу воды и ветра*. Люди использовали эти энергетические ресурсы, чтобы возделывать множество территорий, от полей и пастбищ до горных выработок и лесных участков. Затем были построены города и транспортные маршруты древних цивилизаций. Основные инструменты и технологии, использовавшиеся на том этапе развития, это: *топоры, кирки, плуги, телеги, вагонетки, водяные и ветряные мельницы, парусные корабли*.

Современная эпоха началась в XVIII в. с внедрения *паровых машин* Томаса Севери (1699) и Томаса Ньюкомена (1711) на английских угольных шахтах, *парового двигателя* Джеймса Уатта (1782) на транспорте: пароход Роберта Фултона (1807); паровоз Джорджа Стефенсона (1815).

Благодаря преимуществу в средствах передвижения Англия стала ведущей державой мира.

На тысячах шахт, фабрик, заводов, судов использовались паровые машины. *Произошел великий промышленный переворот* и переход от феодализма к капитализму.

Эра электричества. В XIX в. многие исследователи занимаются *электричеством*: производство электроэнергии с помощью первых батарей, открытие явления электромагнитной индукции (**Майкл Фарадей**, 1831), разработка асинхронного электродвигателя переменного тока (**Никола Тесла**, 1883) [3].

Майкл Фарадей – английский физик-экспериментатор, химик, создатель учения об электромагнитном поле. Он открыл электромагнитную индукцию, являющуюся основой промышленного производства электричества и его применения в современных условиях. Фарадей был членом многочисленных научных организаций, в том числе Лондонского королевского общества и Петербургской академии наук. Его по праву считают *крупнейшим в истории науки ученым-экспериментатором* (рис. 3.1).

М. Фарадей родился 22 сентября 1791 г. в Лондоне в семье кузнеца. Рано начал работать в переплётной мастерской, где увлёкся чтением. Майкла потрясли статьи по электричеству в «Британской энциклопедии», «Беседы по химии» мадам Марсэ и «Письма о разных физических и философских материях» Л. Эйлера. Он тут же постарался повторить описанные в книгах опыты.

Талантливый юноша привлёк к себе внимание, и его пригласили послушать лекции в Королевском институте Великобритании. Через некоторое время Фарадей стал работать там лаборантом.

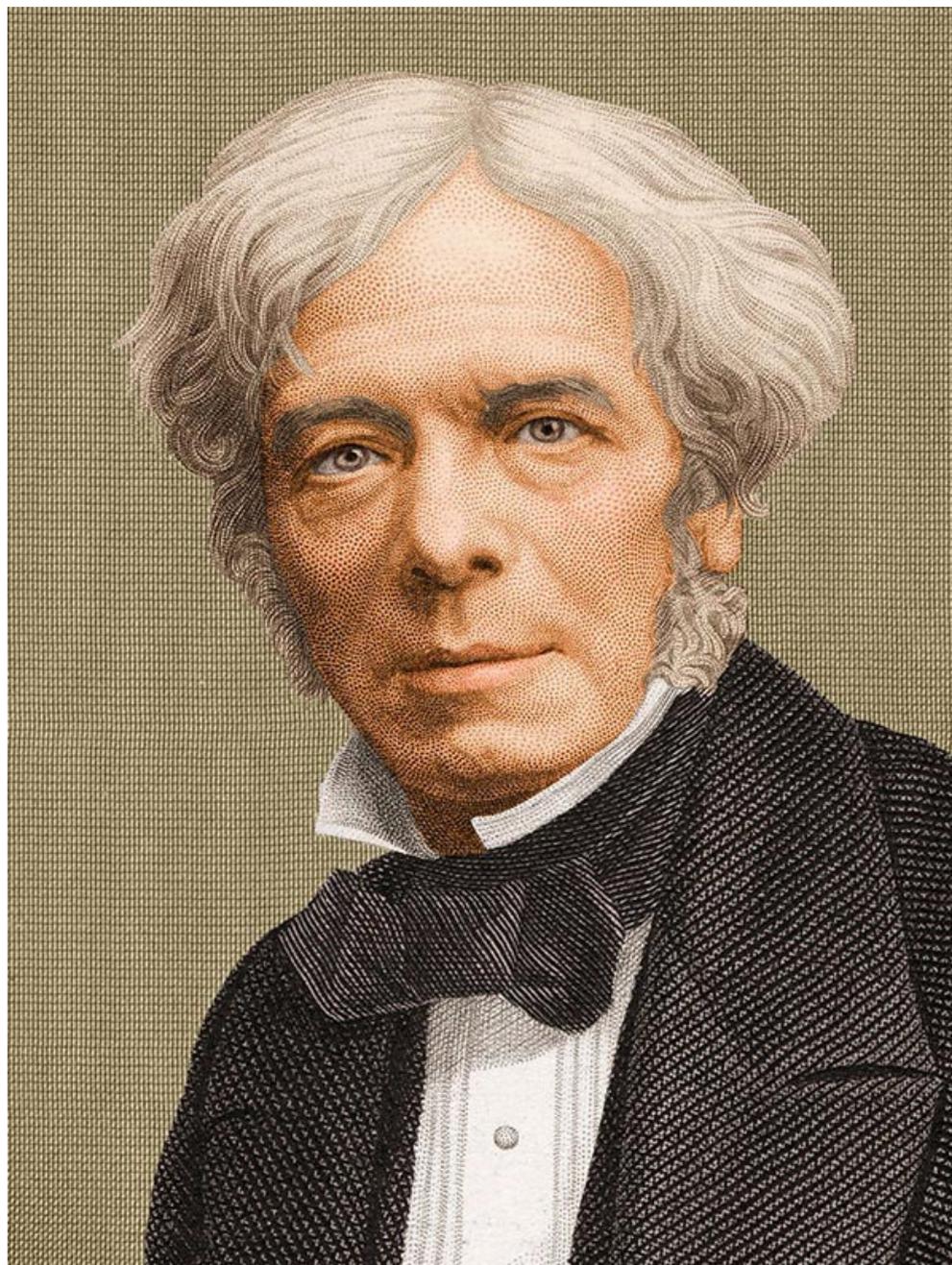


Рис. 3.1. Майкл Фарадей (1791 – 1867) – выдающийся британский ученый, известен своим открытием электромагнитной индукции.

С 1820 г. он упорно трудился над идеей объединения электричества и магнетизма. Впоследствии это стало делом всей жизни учёного. В 1821 г. Фарадей впервые осуществил вращение магнита вокруг проводника с током и проводника с током вокруг магнита, т. е. создал лабораторную модель электродвигателя.

В 1824 г. он был избран членом Лондонского королевского общества. В 1831 г. учёный обнаружил существование электромагнитной индукции, в последующие годы установил законы этого явления. Открыл также экстрапоки при замыкании и размыкании электрической цепи, определил их направление. Опираясь на экспериментальный материал, доказал тождественность «животного» и «магнитного» термоэлектричества, электричества от трения, гальванического электричества. Пропуская ток через растворы щелочей, солей, кислот, сформулировал в 1833 г. законы электролиза (законы Фарадея). Ввёл понятия «катод», «анод», «ион», «электролиз», «электрод», «электролит». Сконструировал вольтметр.

В 1843 г. Фарадей экспериментально доказал идею сохранения электрического заряда и вплотную подошёл к открытию закона о сохранении и превращении энергии, высказав мысль о единстве сил природы и об их взаимном превращении. Создатель учения об электромагнитном поле, учёный высказал мысль об электромагнитной природе света (мемуары «Мысли о лучевых колебаниях», 1846).

В 1854 г. открыл явление диамагнетизма, а три года спустя – парамагнетизма. Положил начало магнитооптике. Ввёл понятие электромагнитного поля. Эта идея, по мнению А. Эйнштейна, была самым важным открытием со времён И. Ньютона.



Рис. 3.2. Памятник Майклу Фарадею в Лондоне, расположен недалеко от места его рождения. Сооружён в 1961 г.

Фарадей жил скромно и тихо, предпочитая всему занятия опытами.

В 1862 г. он выдвинул гипотезу, что магнитное поле может смещать спектральные линии. Однако оборудование тех лет было недостаточно чувствительно, чтобы обнаружить этот эффект. Только в 1897 г. Питер Зееман подтвердил гипотезу Фарадея (сославшись на него как на автора) и получил в 1902 г. за это открытие Нобелевскую премию.

Умер 25 августа 1867 г. в Лондоне. Прах покоится на лондонском Хайгетском кладбище. Идеи учёного до сих пор ждут нового гения. Памятник М. Фарадею – один из немногих знаков уважения к его великому вкладу в науку (рис. 3.2).

Никола Тесла – гениальный изобретатель, физик и инженер сербского происхождения. Ему принадлежит более 100 патентов в области электричества и волновой физики. Его самые известные изобретения сделаны в области электро- и радиомеханики (рис. 3.3).

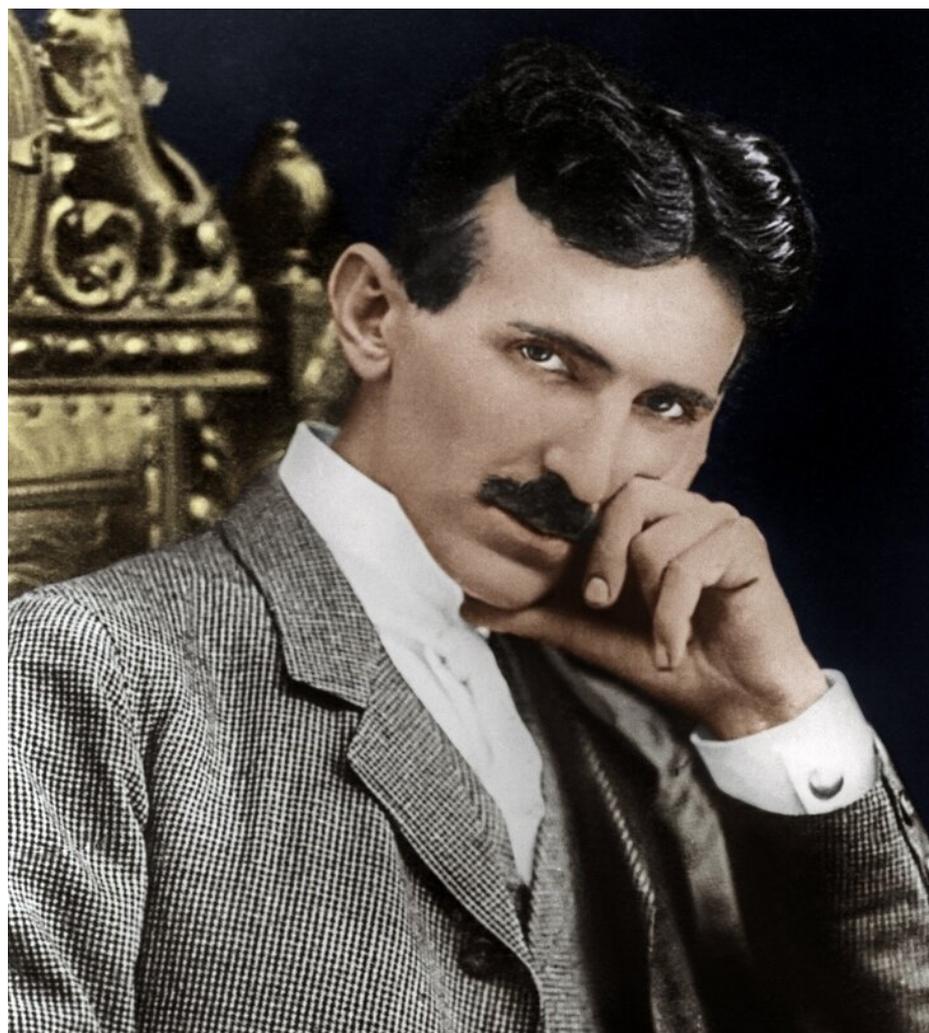


Рис. 3.3. Никола Тесла (1856 – 1943) – сербский инженер, физик, ученый, величайший изобретатель XX в.

Его открытия навсегда изменили мир, а его жизнь и биография наполнены удивительными событиями. Всемирную известность Тесла обрел как создатель электродвигателя, генератора, многофазных систем и устройств, работающих на переменном токе, которые стали основными вехами второго этапа промышленной революции и удивительными фактами его биографии.

Никола Тесла родился 10 июля 1856 г. в селе Смилян на территории современной Хорватии. Его отец – Милутин Тесла, сербский православный священник. Его мать – Георгина Тесла (Мандич), дочь священника.

Начальную школу будущий изобретатель закончил в Госпиче. Затем он поступил в нижнюю реальную гимназию и завершил обучение в 1870 г. Осенью этого же года юный Тесла поступил в Карловацкое высшее реальное училище. Аттестат зрелости был получен им в 1873 г.

В 1875 г. Тесла стал студентом Грацского технического училища, где начал изучать электротехнику. После окончания обучения он начал заниматься преподавательской деятельностью в “родной” Госпической гимназии.

В январе 1880 г. юноша смог продолжить дальнейшее образование. Он стал студентом философского факультета университета в Праге. Но безденежье заставило его отказаться от мечты получить высшее образование. Проучившись всего 1 семестр, Тесла отправился на поиски работы.

Летом 1884 г. Тесла приехал в США и устроился на работу в компанию Т. Эдисона. Он был принят на должность инженера по ремонту электродвигателей и генераторов постоянного тока. При этом следует сказать, что всемирно известный американский ученый Эдисон испытывал антипатию к Николе Тесле. Во многом это объяснялось завистью и гордостью Т. Эдисона.

Весной 1885 г. работодатель предложил Тесле сделку на \$ 50 000 (на сегодняшний день эквивалент \$1 млн), если у того получится модернизировать электрические машины Эдисона.

Никола Тесла, нуждающийся в деньгах, с энтузиазмом принялся за работу и уже скоро смог серьезно улучшить технические характеристики устройств, придуманных Эдисоном.

Американец одобрил все предложения Теслы. Однако когда Никола потребовал обещанные ему деньги, Эдисон рассмеялся и сказал, что тот не понимает американский юмор. Разъяренный изобретатель тотчас уволился.

После увольнения Тесла стал сотрудничать с группой электротехников, которые предложили изобретателю основать свою компанию. Он работал над проектом дуговой лампы для освещения улиц. Проект был готов через год.

Летом 1888 г. американский промышленник Джордж Вестингауз выкупил у ученого более 40 патентов. За каждый из них было заплачено по \$ 25 000. Также предприниматель пригласил талантливого ученого в свою компанию на высокооплачиваемую должность. Тесла согласился, но работа не приносила ему особого удовлетворения, поскольку мешала развивать собственные идеи. Поэтому, несмотря на уговоры работодателя, ученый вернулся в свою нью-йоркскую лабораторию.

Весной 1895 г. лаборатория погибла при пожаре, а вместе с ней были уничтожены уникальные изобретения и чертежи. Однако обладая феноменальной памятью и интеллектом, Никола Тесла заявил, что сможет восстановить все чертежи и созданные им устройства.

Материальная помощь ему была оказана Эдвардом Адамсом из компании «Ниагарские водопады», предоставившем изобретателю \$100 000. На эти деньги была обустроена новая лаборатория.

Зимой 1896 г. Тесле удалось добиться передачи радиосигнала на расстояние до 48 км.

В мае 1917 г. ученому вручили медаль Эдисона. Сам Тесла долго отказывался ее принять. В этом же году изобретателем был предложен принцип действия устройства для радиообнаружения подводных лодок.

В 1925 – 1926 гг. Тесла разрабатывал для филиладельфийской компании “Бадд Компани” бензиновую трубу.

В 1934 г. Тесла опубликовал резонансную статью, в которой рассуждал о пределах возможности получения сверхвысоких напряжений при помощи зарядки шарообразных ёмкостей статическим электричеством от трущихся ремней. По мнению ученого, разряды этого электрогенератора не могли помочь исследовать строение атомного ядра.

Также знаменитому ученому принадлежат полезные изобретения. Им были разработаны и использованы флюоресцентные лампы. Это произошло за 40 лет до их “открытия” промышленностью.

Тесла изобрел электродвигатель. Позже он был популяризирован машиной, носящей имя ученого.

Изобретения Николы Теслы. За свою жизнь Никола Тесла сделал множество интересных открытий и изобретений. Наиболее важные из них:

- переменный ток;
- электрогенераторы;
- электродвигатели;
- радиоуправляемая робототехника;
- беспроводные заряжающие устройства;
- радиосвязь;
- холодный огонь;
- лазер;
- установка для производства шаровых молний;
- рентгеновские лучи;
- электрическая подводная лодка;
- неоновые лампы и др.

Особенности личности Теслы. Личность Николы Теслы окутана множеством загадочных тайн и легенд. Некоторые считают, что именно он имеет прямое отношение к падению Тунгусского метеорита.

Существует мнение, что это был не метеорит, а нечто иное – следствие эксперимента Теслы.

Кроме того, ходят слухи, что ученый якобы ездил на электромобиле, работающем на энергии эфира. То же самое касается знаменитого Филадельфийского эксперимента с исчезающим кораблем и лучей смерти, которые будто могли поражать цели на большом расстоянии.

Стоит заметить, что сам Тесла верил в энергию Земли. Более того, он утверждал, что планета Земля является живым существом.

Личная жизнь. Никола Тесла был очень интересной и во многом загадочной личностью.

Никола пользовался популярностью у женщин, однако официально никогда не был женат. Он каждый день трудился в своих лабораториях, изобретая новые приборы и изучая свойства электричества. Ученый считал, что семейная жизнь несовместима с научной работой.

У Теслы никогда не было своего дома, поэтому всю свою жизнь он жил в отелях. Он отличался невероятной работоспособностью, а спал всего 2 – 3 часа в сутки. Известен случай, когда он провел за работой 84 часа (3,5 суток), не ощущая усталости.

Никола Тесла ушел из жизни ночью с 7 на 8 января 1943 г. в возрасте 86 лет. Ученый всегда требовал, чтобы ему не мешали. Поэтому на двери его нью-йоркского номера была вывешена специальная табличка. По этой причине тело великого изобретателя было обнаружено только через 2 дня

после его кончины. Урна с прахом находится в музее Николы Теслы в Белграде.

На сегодняшний день Теслу считают одним из самых выдающихся людей за всю историю человечества. По мнению биографов, он обладал гораздо большими знаниями, чем кажется, однако намеренно скрывал их.

Ученый утверждал, что человечество еще не готово к познанию тайн природы. Причина молчания заключалась еще и в том, что наработки Николы Теслы могли быть использованы в военных целях, вследствие чего появилось бы супероружие, способное уничтожить человечество.

До сих пор многие из его чертежей остаются не понятными для современных ученых. Некоторые называют Николу Теслу вторым человеком после Леонардо да Винчи.

Монумент великому изобретателю и ученому за его заслуги и открытия воздвигнут в Силиконовой долине в 2013 г. на добровольные пожертвования поклонников (рис. 3.4).

Средства собраны при помощи сервиса Kickstarter. В основании статуи заложена капсула, которую откроют в 2043 г. Памятник является бесплатной точкой беспроводного доступа в Интернет.



Рис. 3.4. Памятник Н. Тесле в Силиконовой долине

Важнейший вклад в развитие электричества внес **Томас Эдисон**. В 1880 г. его лампы накаливания сделали возможным создание надежной системы освещения, а его первая электростанция на Pearl Street в Манхэттене (1882) послужила прообразом последующих электростанций во всем мире.

Томас Алва Эдисон – американский изобретатель, получивший **1093 патента** в США и около 3 тысяч в других странах; создатель фонографа; усовершенствовал телеграф, телефон, киноаппаратуру, разработал один из первых коммерчески успешных вариантов электрической лампы накаливания. Именно он предложил использовать в начале телефонного разговора слово «алло» (рис. 3.5).

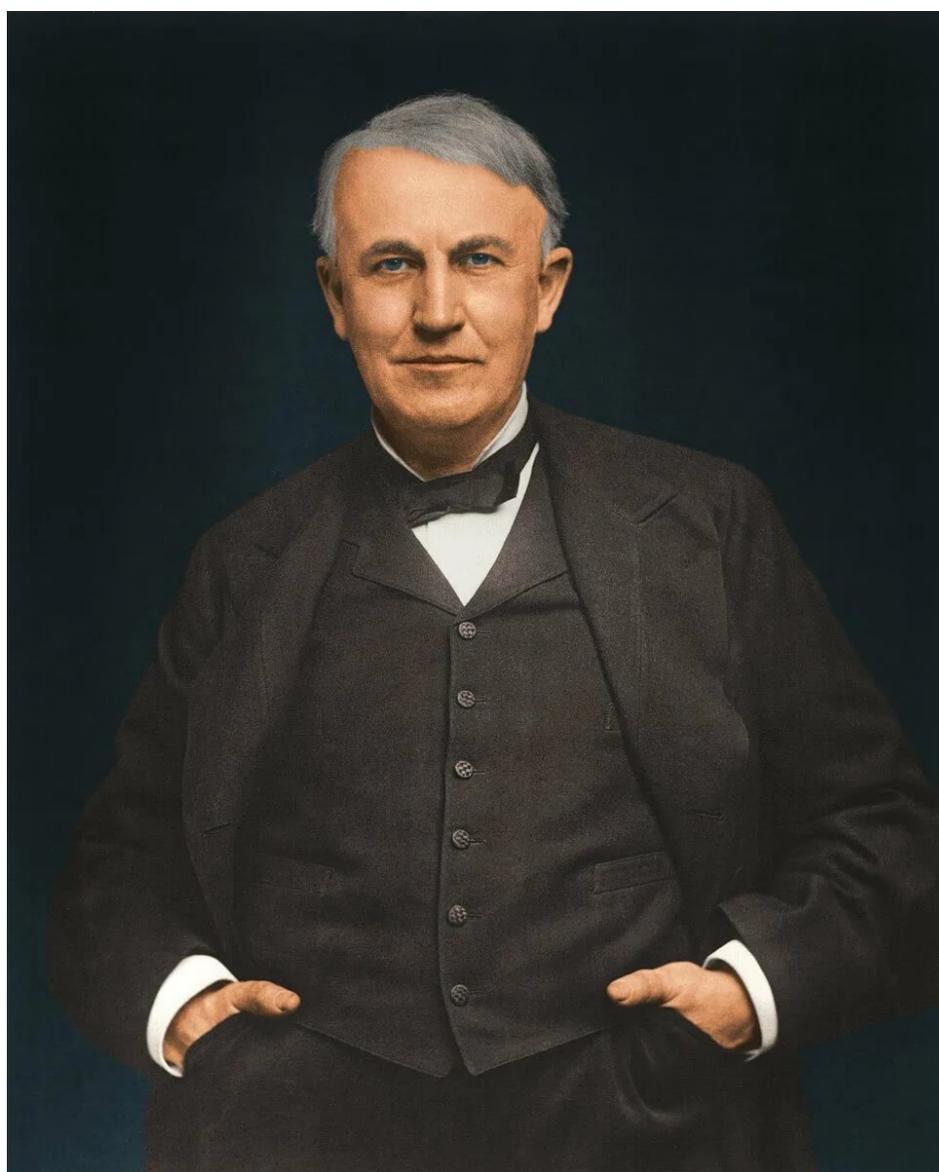


Рис. 3.5. Томас Эдисон (1847–1931) – американский изобретатель-самоучка, бизнесмен и электротехник

Томас Эдисон родился 11 февраля 1847 г. в городе Майлен штат Огайо в семье владельца магазина столярных изделий. Когда ему было 7 лет, семья обанкротилась и переехала в штат Мичиган.

Обучение всецело увлекало маленького Томаса. Особенно его интересовали разнообразные опыты, и в 10 лет он дома устроил свою лабораторию. Для экспериментов требовались деньги, поэтому он в 12 лет устроился на работу железнодорожным газетчиком.

Летом 1862 г. Томас спас трехлетнего мальчика, едва не попавшего под поезд. Отцом ребёнка оказался начальник железнодорожной станции, который в качестве благодарности решил обучить талантливого юношу телеграфному делу. Со временем его лаборатория переносится в багажный вагон поезда, где он продолжает проводить опыты.

Эдисон досконально изучил работу телеграфа и на протяжении следующих пяти лет работает телеграфистом. На этой работе он применил свое первое изобретение – телеграфный автоответчик, позволявший юному Томасу спать по ночам.

В 1868 г. он прочёл книгу Майкла Фарадея «Экспериментальные исследования электричества» и решил попробовать свои силы в качестве изобретателя.

В 1869 г. в 22 года Эдисон основал собственную фирму по продаже бытовой электротехники. В этом же году Эдисон запатентовал свое первое изобретение. Это был электронный регистратор голосов при баллотировках. Покупателей на этот патент не было. Однако за изобретение биржевого тиккера (телефонного аппарата, передающего котировки акций) в 1870 г. он получил \$ 40 000. На вырученные деньги он открыл мастерскую в штате Нью-Джерси и начал выпускать тиккеры. В 1873 г. Эдисон открыл дуплексную, а затем и четырехстороннюю телеграфию.

Деньги, полученные за квадруплексный телеграф, позволили изобретателю открыть в 1876 г. новую усовершенствованную лабораторию в городке Менло-Парк. Этот тип промышленной лаборатории тоже считается изобретением Эдисона.

В Менло-Парке изобретатель создал множество устройств, преобразивших мир. В конце 1870-х гг. здесь был изобретен угольный телефонный микрофон. Следующим продуктом лаборатории стал фонограф, благодаря которому люди смогли записывать и воспроизводить звуки. Несколько первых фонографов Эдисон разослал людям, которых считал величайшими из своих современников, в том числе и Льву Толстому.

Особой вехой в изобретательской деятельности Эдисона было усовершенствование лампы накаливания. Первая такая лампа была создана в 1874 г. русским инженером А.Н. Лодыгиным. Лодыгин выкачивал воздух из стеклянной колбы, в которую была вставлена угольная нить. За счёт накаливания нити лампа начинала светиться. К сожалению, угольная нить часто перегорала, и лампы приходили в негодность. Эдисон усовершенствовал изобретение Лодыгина, заменив материал для нити накаливания на вольфрам. Это позволило сделать лампы более долговечными и пригодными для массового производства. Также Эдисон выкупил права на изобретение Лодыгина: русский физик не мог пролонгировать свой патент из-за финансовых трудностей. Сразу после получения патента изобретатель наладил собственное производство ламп накаливания.

В 1882 г. в Нью-Йорке была открыта первая электростанция Эдисона. Более того, он всерьез задумался над объединением своих компаний в единый концерн. В 1892 г. ему удалось присоединить своего крупнейшего соперника в сфере электричества, образовав крупнейший в мире промышленный концерн «Дженерал электрик компани».

Великолепно разбиравшийся в тонкостях законодательства Эдисон очень часто подчинял себе талантливых изобретателей, лишённых коммерческих способностей. Из-за этого он не раз подвергался критике и при жизни. Многие считали, что Эдисон – плагиатор, лишь слегка переделывавший чужие изобретения.

Томас Эдисон и Никола Тесла. Стремление к наживе и присвоению себе чужих лавров привело к охлаждению отношений, а позже и к открытому противостоянию между американским изобретателем-самоучкой и Николой Тесла, инженером-провидцем с академическим образованием, который некоторое время работал в компании Эдисона. Их пути разошлись в 1885 г. Два изобретателя публично столкнулись по вопросу использования электричества постоянного тока, которое предпочитал Эдисон, против переменного тока, который отстаивал Тесла. По этой причине Тесла вступил в партнерские отношения с Джорджем Вестингаузом, конкурентом Edison, что привело к крупной деловой вражде по поводу электроэнергии.

Изобретения Томаса Эдисона. Число изобретений, появившихся благодаря острому уму и богатому воображению Томаса Эдисона, поистине огромно. Многими из них мы пользуемся и по сей день:

- мимеограф — один из первых копировальных аппаратов;
- кинетоскоп, позволивший снимать фильмы;
- электрический стул;
- сепаратор магнитной руды;
- щелочной аккумулятор;
- электрогенератор;
- угольный микрофон, использовавшийся в телефонии.

Кроме того, Эдисон первым выделил многие вещества, используемые сегодня в фармацевтике и химическом производстве, например, фенол и бензол.

В 1928 г. Эдисон награждён высшей наградой США – Золотой медалью Конгресса, член Национальной академии наук США (1927), иностранный почётный член Академии наук СССР (1930).

Всю свою жизнь изобретатель оставался самоучкой, он так и не получил какого-либо образования. Эдисон считал, что для изобретателя куда важнее практика. Это нередко усложняло его работу, в ряде случаев ему приходилось трудиться как бы вслепую, просто перебирая все доступные варианты, вместо того, чтобы с помощью естественнонаучных законов и математики сразу выбрать лучший из них.

Так, например, известно, что во время разработки щелочного аккумулятора Эдисон провёл почти 60 000 экспериментов. К своей работе Эдисон всегда подходил очень обстоятельно и тщательно, каждый день он проводил за экспериментами и их описанием не менее 16 часов.

Томас Эдисон скончался 18 октября 1931 г. в 84 года в своём доме в Вест Оранже, штат Нью-Джерси. Ещё при жизни он стал признанным гением и фигурой мировой величины.

Итак, развитие паровых турбин, котельного оборудования, тепловых и гидроэлектростанций, электроэнергетических технологий в конечном счете произвели очередную **техническую революцию – человечество вступило в эру электричества.**

Форма и характер заводов в XX в. изменилась кардинально, так как машины с электроприводом можно было установить где угодно. Кроме того, электроэнергия вытеснила конные и паровые повозки троллейбусами. Фрэнк Спарга построил первый коммерчески успешный электрический трамвай в Ричмонде, штат Вирджиния в 1887 г. Так же электроэнергия заменила газ для наружного освещения, керосин для домашнего освещения, дрова и уголь в печах и обогревателях.

Эра атомной энергии. Исследования **Марии Склодовской-Кюри** (1898) привели к открытию радиоактивности. **Альберт Эйнштейн**, опасаясь, что нацистская Германия разработает атомное оружие первой, 2 августа 1939 г. написал знаменитое письмо президенту США Франклину Рузвельту. В нем были изложены потенциальные возможности создания и использования атомной бомбы. В ответ в октябре 1939 г. президент Рузвельт создал Консультативный комитет по урану. **Роберт Оппенгеймер**, **Энрико Ферми** и целая плеяда выдающихся ученых в декабре 1942 г. получили первую контролируемую цепную ядерную реакцию. Таким образом, начался новый этап в энергетике и жизни человечества – *эра атомной энергии*.

Невиданная по своим возможностям атомная энергия сразу же нашла применение в военных целях (атомная бомба в США – 1945; в СССР – 1949; водородная бомба в СССР – 1953) и только позже нашла мирное применение в энергетике (первая в мире АЭС мощностью 5 МВт в г. Обнинске, СССР – 1954; первый в мире атомный ледокол «Ленин», СССР – 1959).

США – единственная страна в мире, которая дважды использовали атомное оружие против мирного населения Японии: 6 августа 1945 г. – Хиросима, 9 августа 1945 г. – Нагасаки.

Мария Склодовская-Кюри – польская и французская учёная-экспериментатор, педагог, общественный деятель. Первая женщина преподаватель Сорбонны. Удостоена Нобелевских премий по физике и по химии, является первой женщиной нобелевским лауреатом в истории и первым дважды нобелевским лауреатом в истории. Первая женщина – член Парижской медицинской академии. Участвовала в создании Институтов Кюри в Париже и в Варшаве. Совместно с мужем, Пьером Кюри, и Анри Беккерелем является первооткрывателем радиоактивности и автором термина «радиоактивность». Совместно с мужем открыла элементы *радий и полоний*. Пьер и Мария Кюри наряду с Анри Беккерелем также являются первыми французами – нобелевскими лауреатами в области физики.

Мария Склодовская родилась 7 ноября 1867 г. в Варшаве. Она была пятым и младшим ребенком учителей Владислава и Брониславы Склодовских. Семья жила бедно (рис. 3.6).

В 10 лет Мария стала посещать школу-интернат, а затем гимназию для девочек, которую она окончила с золотой медалью. Мария не могла получить высшее образование, так как в университеты Польши принимали только мужчин. Тогда Мария с сестрой Брониславой решили пойти на

курсы подпольного Летучего университета, куда принимали и женщин. Мария предложила выучиться по очереди, помогая друг другу деньгами.

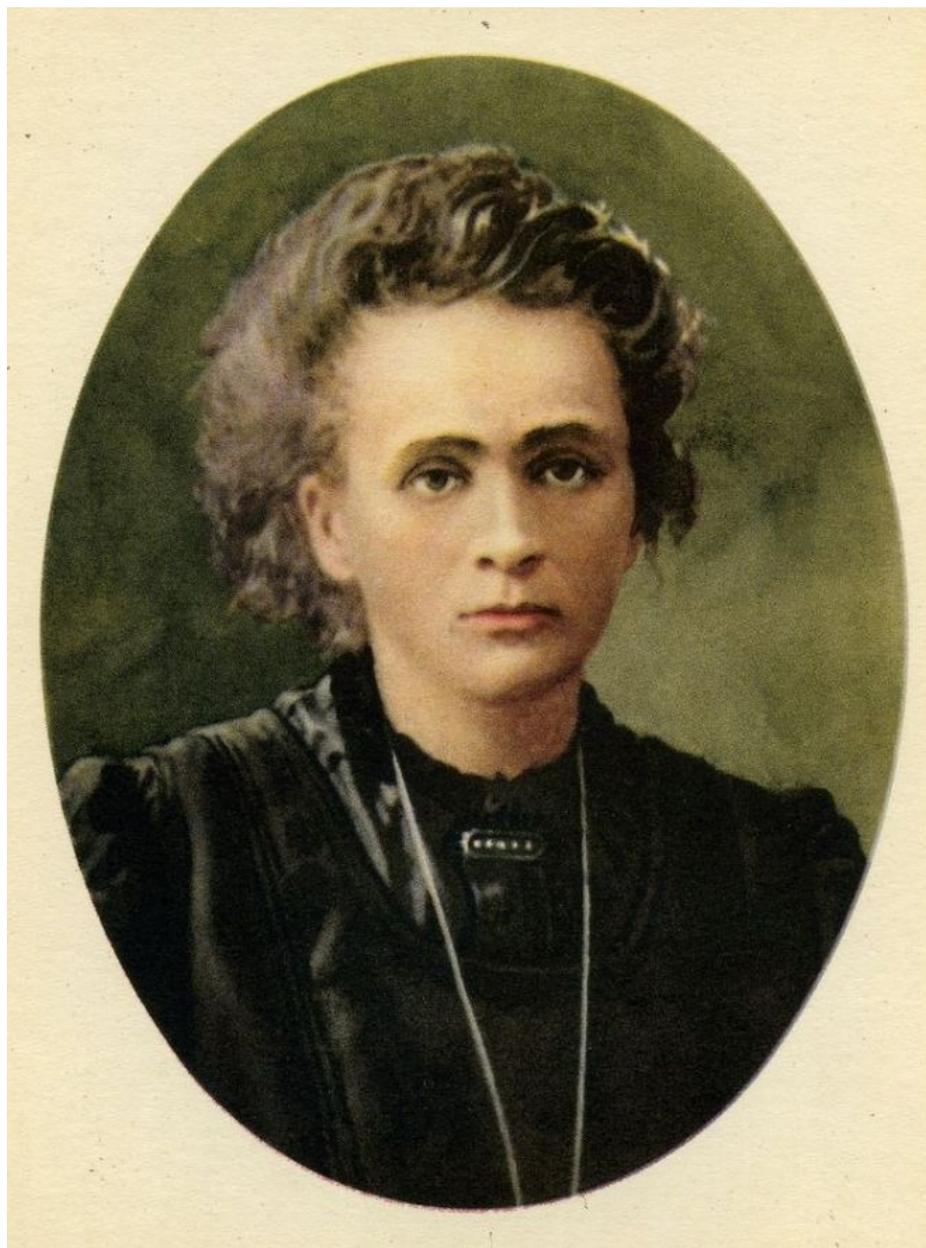


Рис. 3.6. Мария Склодовская-Кюри (1867 – 1934) – польская ученая, открывшая химические элементы радий и полоний. Дважды лауреат Нобелевской премии

Первой в университет поступила Бронислава, а Мария устроилась гувернанткой. В начале 1890 г. Бронислава, вышедшая замуж за врача и активиста Казимера Длуски, пригласила Марию переехать к ней в Париж.

В конце 1891 г. Склодовская переехала во Францию. В Париже Мария (или Мари, как ее будут называть позже) арендовала чердак в доме недалеко от Парижского университета, где девушка изучала физику,

химию и математику. Жизнь в Париже была нелегкой: Мари часто недоедала, теряла от голода сознание и не имела возможности купить теплую зимнюю одежду и обувь.

Днем Склодовская училась, а вечером преподавала, зарабатывая на жизнь сущие копейки. В 1893 г. Мария получила степень по физике и приступила к работе в промышленной лаборатории профессора Габриэля Липпмана, где начала исследовать магнитные свойства разных металлов. В этом же году Склодовская встретила с Пьером Кюри, который стал не только ее коллегой в лаборатории, но и супругом.

Радиоактивность. Впечатленная двумя важными открытиями Вильгельма Рентгена и Анри Беккереля Мария решила изучить урановые лучи как возможную тему для диссертации. Для изучения образцов супруги Кюри применяли инновационные для тех лет технологии. Субсидии на исследования ученые получали от металлургических и горнодобывающих компаний.

Не располагая лабораторией, работая в кладовке института, а затем и в уличном сарае, за четыре года ученые сумели переработать 8 т уранинита. Итогом одного эксперимента с образцами руды, привезенными из Чехии, стало предположение, что ученые имеют дело с еще одним радиоактивным материалом помимо урана. Исследователи выявили фракцию, в разы более радиоактивную, нежели чистый уран.

В 1898 г. Кюри открыли радий и полоний – последний именовали в честь родины Мари. Ученые решили не патентовать свое открытие, чтобы не задерживать развитие науки, хотя это могло принести супругам немало дополнительных средств.

Между 1898 и 1902 гг. Кюри опубликовали, совместно и по отдельности, в общей сложности 32 научных статьи, включая одну, в которой сообщалось, что при воздействии радия опухолообразующие клетки разрушаются быстрее, чем здоровые клетки.

В 1910 г. Мари и французскому ученому Андре Дебьерну удалось выделить чистый металлический радий. После 12 лет экспериментов ученым, наконец, удалось подтвердить, что радий – это самостоятельный химический элемент.

Летом 1914 г. в Париже был основан Радиевый институт, а Мари стала главой отделения использования радиоактивности в медицине. В годы Первой Мировой войны для лечения раненых Кюри изобрела мобильные рентгенографические установки, получившие название «petites Curies» («Маленькие Кюри»). В 1915 г. Кюри придумала полые иглы,

содержащие «эманацию радия» – бесцветный радиоактивный газ, выделяемый радием (впоследствии идентифицированный как радон), который использовался для стерилизации инфицированных тканей. Более миллиона раненых военных успешно прошли лечение с применением данных технологий.

Нобелевская премия. В 1903 г. Королевская академия наук Швеции наградила чету Кюри и Анри Беккереля Нобелевской премией по физике за достижения в исследованиях явлений радиации. Вначале Комитет намеревался отметить только Пьера и Беккереля, но один из членов комитета и защитник прав женщин-ученых, шведский математик Магнус Густав Миттаг-Леффлер, предупредил Пьера об этой ситуации. После его жалобы имя Мари было добавлено в список награждаемых.

Мари – первая женщина, получившая Нобелевскую премию. Гонорар позволил супругам нанять лаборанта и оснастить лабораторию соответствующей аппаратурой.

В 1911 г. Мари получила Нобелевскую премию по химии и стала первым в мире дважды лауреатом этой премии. Также Мари была удостоена 7 медалей за научные открытия.

Личная жизнь. Любовью жизни Марии стал Пьер Кюри, ученый-физик из Франции.

Взаимный интерес к естественным наукам объединил молодых людей, и в июле 1895 г. влюбленные поженились. Молодые отказались от религиозной службы, а вместо свадебного платья Склодовская надела темно-синий костюм, в котором она позже много лет проработала в лаборатории.

У супругов родилось две дочери – Ирен (1897 – 1956), ученый-химик, и Ева (1904 – 2007) – музыкальный и театральный критик и писатель. Мария нанимала польских гувернанток для того, чтобы обучить девочек родному языку, а также часто отправляла их в Польшу к деду.

У супругов Кюри было два общих увлечения, помимо науки: путешествия за границу и длительные велосипедные прогулки – сохранилось фото супругов, стоящих рядом с велосипедами, купленными на свадебный подарок родственника. В Пьере Склодовская нашла и любовь, и лучшего друга, и коллегу. Смерь супруга (Пьера задавил конный экипаж в 1906 г.) стала причиной тяжелой депрессии Мари – лишь несколько месяцев спустя женщина смогла продолжить работу.

4 июля 1934 г. 66-летняя Мари скончалась в санатории Санселлемос в Пасси, на востоке Франции. Причиной смерти стала апластическая анемия, которая, по мнению медиков, была вызвана длительным воздействием радиации на организм женщины.

Радиация стала причиной многих хронических болезней Кюри – в конце жизни она была почти слепой и страдала от болезни почек, но женщина никогда не думала о смене опасной работы. Кюри похоронили на кладбище в местечке Со, рядом с могилой Пьера.

Шестьдесят лет спустя останки супругов были переданы в парижский Пантеон – усыпальницу выдающихся людей Франции.

Интересные факты.

- Среди учеников Кюри – четыре лауреата Нобелевской премии, включая ее дочь Ирен и ее супруга Фредерика Жолио-Кюри.
- Записи и документы, которые вела Мария в 1890-х гг., считаются слишком опасными для обработки из-за высокого уровня радиоактивного загрязнения. Даже поваренная книга Кюри радиоактивна. Бумаги ученой хранятся в свинцовых боксах, а желающим поработать с ними приходится надевать специальную защитную одежду.
- В честь Кюри был назван 96-й синтезированный трансурановый химический элемент — ***кюри***, несколько университетов и школ, центр онкологии в Варшаве, астероид, географические объекты и даже цветок клематис; ее портрет украшает банкноты, марки и монеты разных стран мира.

Альберт Эйнштейн – величайший ученый в истории. Автор более чем 300 работ по физике, а также 150 публикаций в области философии и истории науки. Физик. Мыслитель. Лауреат Нобелевской премии по физике (рис. 3.7).

Альберт родился 14 марта 1879 г. в южногерманском городе Ульме, в небогатой еврейской семье.

Примечательно, что Эйнштейн в детстве вовсе не был вундеркиндом, а его родители даже подозревали слабоумие у своего мальчика. Действительно, в детские годы Альберт не блистал умом (или просто не хотел этого делать?). В школе все считали Эйнштейна чересчур медлительным, ленивым и, как следствие, ни на что не способным. А над его головой – большой, непропорциональной, странной – все откровенно смеялись.

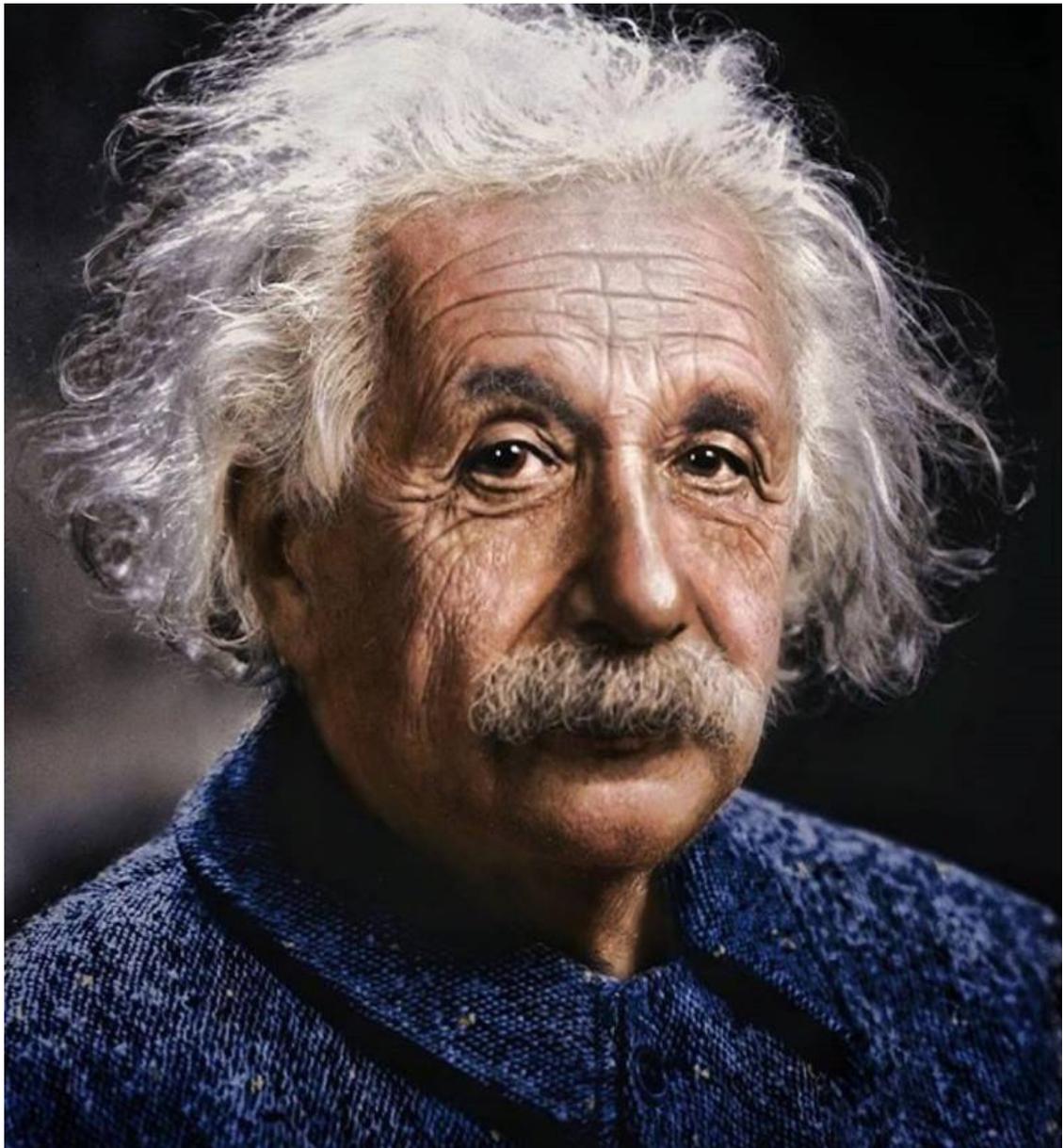


Рис. 3.7. Альберт Эйнштейн (1879 – 1955) – величайший ученый в истории. Физик. Мыслитель. Лауреат Нобелевской премии по физике

Мог ли в таких дурных условиях раскрыться талант юного Альберта? Разумеется, нет. Именно поэтому Эйнштейн так и не получил аттестат об образовании, однако сумел заверить родителей, что это не самое главное, и что он, без всяких сомнений, сможет самостоятельно подготовиться к экзамену в Высшее техническое училище.

Но, первую попытку поступления Альберт провалил... Тут родители будущего гения потеряли и последние крохи веры в своего сына...

Но Альберт реабилитировался и все-таки покорила эту величину, поступив в Политехнику. Но... лекции, которые там читали, показались Эйнштейну неинтересными, и он стал прогуливать занятия, изучая в это

время последние научные теории и выстраивая в своей голове уникальную, доселе невиданную мыслительную конструкцию...

Не любил спорт. Кроме плавания («вид спорта, который требует наименьшей энергии», как говорил сам Эйнштейн), он избегал любой энергичной деятельности. Однажды учёный сказал: «Когда я прихожу с работы, я не хочу делать ничего, кроме работы ума».

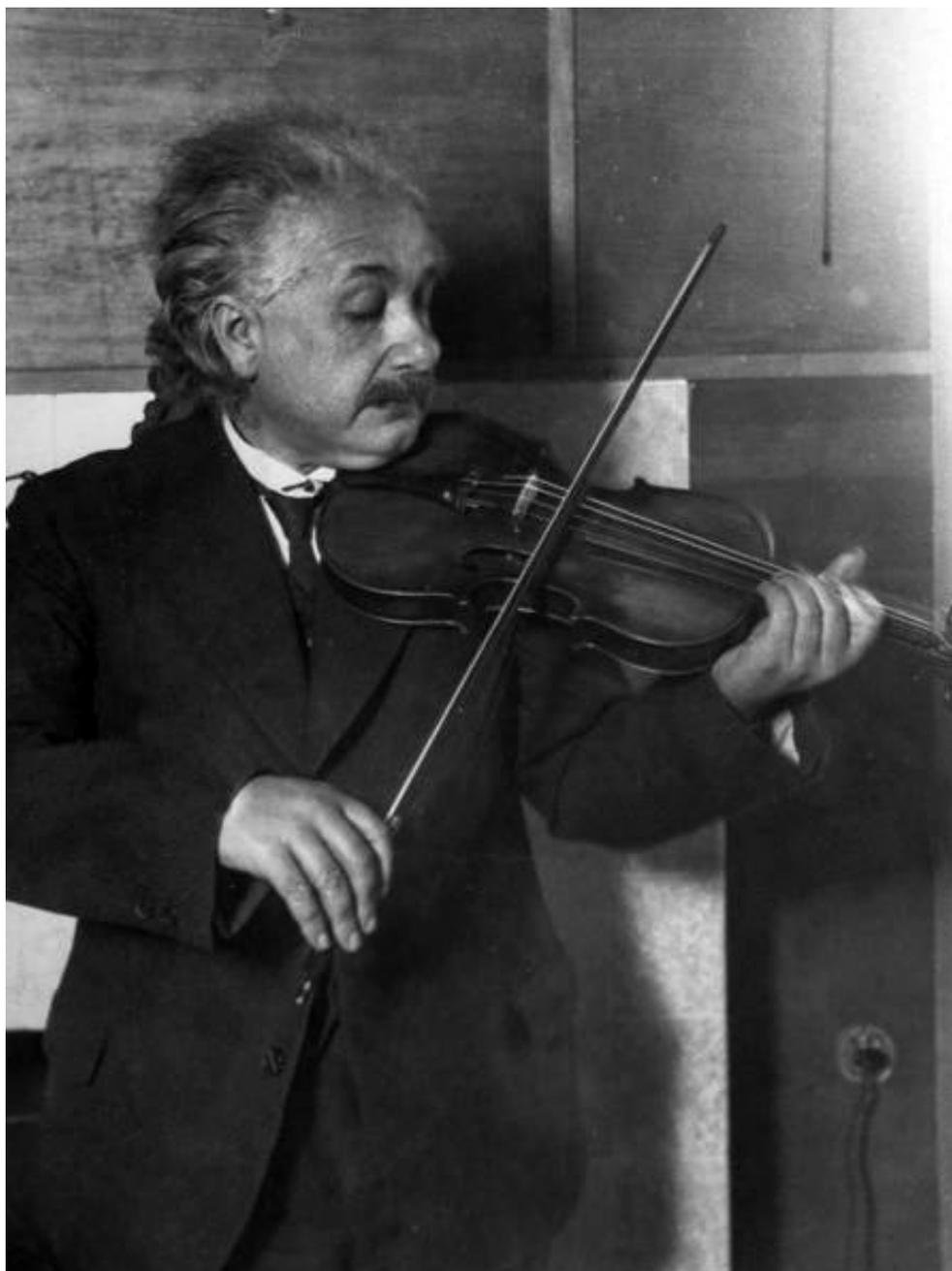


Рис. 3.8. Любимый инструмент Эйнштейна

Решал сложные задачи игрой на скрипке. У Эйнштейна был особый способ мышления. Он выделял те идеи, которые были неизящны

или дисгармоничны, исходя в основном из эстетических критериев. Потом он провозглашал общий принцип, по которому восстановилась бы гармония. И делал прогнозы, как поведут себя физические объекты. Такой подход давал ошеломляющие результаты (рис. 3.8).

Личная жизнь. Эйнштейн познакомился со своей первой женой Милевой Марич в 1896 г. в Цюрихе, где они вместе учились в Политехникуме. Альберту было 17 лет, Милеве – 21 год. Она была из католической сербской семьи, жившей в Венгрии. Родители Эйнштейна были против его первого брака.

Тем не менее, свадьбу скромно отпраздновали 6 января 1903 г.

14 мая 1904 г. у них родился сын Ганс Альберт, единственный продолжатель рода Эйнштейнов.

Фактически первый брак Эйнштейна распался в 1914 г. В 1919 г. при юридическом бракоразводном процессе фигурировало следующее письменное обещание Эйнштейна: «Обещаю тебе, что когда я получу Нобелевскую премию, то отдам тебе все деньги».

Супруги были уверены, что Альберт станет нобелевским лауреатом за теорию относительности. Нобелевскую премию он действительно получил в 1922 г., хотя и с совсем другой формулировкой (за объяснение законов фотоэффекта). Эйнштейн слово сдержал: все \$ 32 000 (огромная сумма для того времени) он отдал бывшей жене. До конца своих дней Эйнштейн заботился о детях.

В феврале 1917 г. 38-летний автор теории относительности не на шутку заболел. Чрезвычайно интенсивная умственная работа при плохом питании в воюющей Германии (это был берлинский период жизни) и без должного ухода спровоцировала острую болезнь печени. Потом добавилась желтуха и язва желудка.

Инициативу по уходу за больным взяла на себя Эльза Ловенталь. Она была на три года старше, разведена, имела двух дочерей. Альберт и Эльза были дружны с детства, новые обстоятельства способствовали их сближению. Добрая, сердечная, по-матерински заботливая, словом, типичная бюргерша, Эльза обожала ухаживать за Альбертом. Как только первая жена Эйнштейна – Милева Марич – дала согласие на развод, Альберт и Эльза поженились, дочерей Эльзы Альберт удочерил и был с ними в прекрасных отношениях.

Нобелевская премия. Эйнштейна неоднократно номинировали на Нобелевскую премию по физике. Первая такая номинация (за теорию относительности) состоялась, по инициативе Вильгельма Оствальда, уже в 1910 г., однако Нобелевский комитет счёл экспериментальные доказательства теории относительности недостаточными. Далее выдвижение кандидатуры Эйнштейна повторялось ежегодно, кроме 1911 и 1915 гг. Среди рекомендателей в разные годы были такие крупнейшие физики, как Лоренц, Планк, Бор, Вин, Хвольсон, де Хааз, Лауэ, Зеeman, Камерлинг-Оннес, Адамар, Эддингтон, Зоммерфельд и Аррениус.

Однако члены Нобелевского комитета долгое время не решались присудить премию автору столь революционных теорий. В конце концов был найден дипломатичный выход: премия за 1921 г. была присуждена Эйнштейну (в ноябре 1922 г.) за теорию фотоэффекта, т.е. за наиболее бесспорную и хорошо проверенную в эксперименте работу; впрочем, текст решения содержал нейтральное добавление: «... и за другие работы в области теоретической физики».

Не относился к неприятностям серьёзно. В обычном состоянии учёный был неестественно спокоен, почти заторможен. Из всех эмоций предпочитал жизнерадостность. Абсолютно не выносил, когда кто-то рядом был печален. Он не видел того, чего видеть не хотел. Не относился серьёзно к неприятностям. Считал, что от шуток беды «рассасываются».

Последний свой труд Эйнштейн сжёг. В последние годы жизни Эйнштейн работал над созданием Единой теории поля. Её смысл, главным образом, заключается в том, чтобы с помощью одного единственного уравнения описать взаимодействие трёх фундаментальных сил: электромагнитных, гравитационных и ядерных. Скорее всего, неожиданное открытие именно в этой области и побудило Эйнштейна уничтожить свой труд. Что это были за работы? Ответ великий физик навеки унёс с собой.

Разрешил исследовать свой мозг после смерти. Эйнштейн считал, что только маньяк, одержимый одной мыслью, способен получить значительный результат. Он дал согласие, чтобы его мозг исследовали после его смерти. Эйнштейн скончался в Принстонской больнице (США) в 1955 г. В итоге мозг учёного был извлечён через 7 часов после смерти выдающегося физика.

Учёные, которые исследовали мозг Эйнштейна, доказали, что серое вещество отличалось от нормы. Научные исследования показали, что

области мозга Эйнштейна, ответственные за речь и язык, уменьшены, в то время как области, ответственные за обработку численной и пространственной информации, увеличены.

Эйнштейн *так, в частности, сформулировал свою систему ценностей.*

«Идеалами, освещавшими мой путь и сообщавшими мне смелость и мужество, были *добро, красота и истина*».

«Кажется, люди утратили стремление к справедливости и достоинству, перестали уважать то, что ценою огромных жертв сумели завоевать прежние, лучшие поколения... В конечном счёте основой всех человеческих ценностей служит *нравственность*».

Он писал о В.И. Ленине в 1929 г.: «Я уважаю в Ленине человека, который всю свою силу с полным *самопожертвованием* своей личности использовал для осуществления *социальной справедливости*. Его метод кажется мне нецелесообразным. Но одно несомненно: люди, подобные ему, являются хранителями и обновителями *совести человечества*».

Чарльз Перси Сноу об Эйнштейне:

«Если бы не существовало Эйнштейна, физика XX в. была бы иной. Этого нельзя сказать ни об одном другом учёном... Он занял в общественной жизни такое положение, какое вряд ли займёт в будущем другой учёный. Никто, собственно, не знает, почему, но он вошёл в общественное сознание всего мира, став живым символом науки и властителем дум двадцатого века».

Он говорил: «Забота о человеке и его судьбе должна быть основной целью в науке. Никогда не забывайте об этом среди ваших чертежей и уравнений». Позднее он также сказал: «Ценна только та жизнь, которая прожита для людей».

«Эйнштейн был самым благородным человеком, какого мы когда-либо встречали».

В честь Эйнштейна назван 99-й трансурановый химический элемент – *эйнштейний*, радиоактивный серебристый металл.

Энрико Ферми – гениальный итальянский физик, изобрел и построил ядерный реактор, признан одним из создателей атомной бомбы, внес неизмеримый вклад в развитие физики элементарных частиц. Лауреат Нобелевской премии по физике. Ферми был одним из немногих физиков, преуспевших как в теоретической, так и в экспериментальной физике (рис. 3.9).

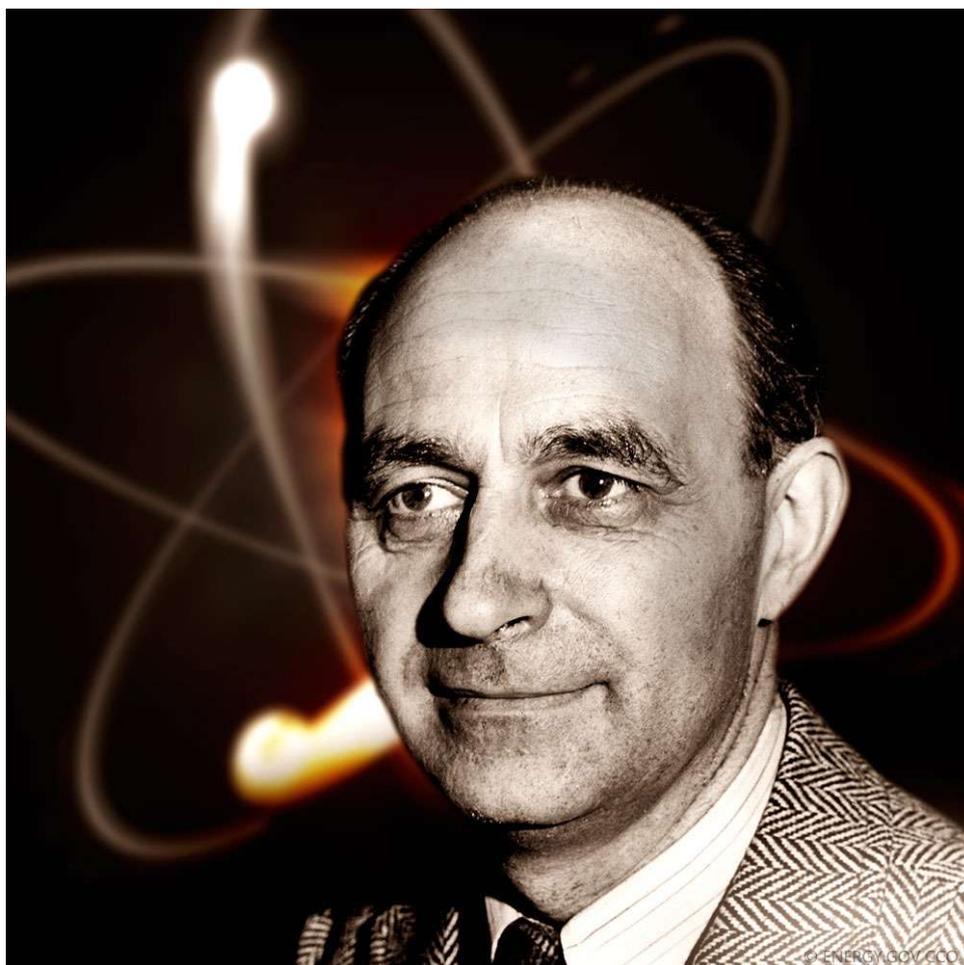


Рис. 3.9. Энрико Ферми (1901 – 1954) – гениальный итальянский физик, изобрел и построил ядерный реактор, один из создателей атомной бомбы. Лауреат Нобелевской премии по физике

Энрико Ферми родился 29 сентября 1901 г. в Риме в семье служащего в министерстве железнодорожного сообщения. С самого детства Ферми проявлял огромный интерес к математике и физике. Его научные знания, в основном полученные в ходе самообразования, позволили ему в 1918 г. поступить в Высшую нормальную школу при Пизанском университете. Спустя четыре года он получил докторскую степень по физике с отличием за работу по экспериментальному исследованию рентгеновских лучей.

После этого молодой учёный стажировался у Макса Борна в Геттингенском университете. Напомним, что Макс Борн является одним из создателей квантовой механики.

Еще в возрасте 24 лет ученый стал профессором Флорентийского университета. Спустя год Ферми становится профессором в Римском университете, где заведует новой кафедрой.

Как большинство ученых Италии, Ферми был членом фашистской партии.

В 1928 г. Энрико женился на Лауре Капон, принадлежащей к известному в Риме еврейскому роду. У них родились двое детей.

Работа группы Ферми получила очень высокую оценку в научном мире, она также явилась началом нейтронной физики.

В 1928 г. 27-летнего Ферми избирают членом Королевской Академии наук Италии, а ещё через год – член-корреспондентом АН СССР.

Эффект Ферми (явление замедления нейтронов веществами, состоящими из лёгких атомов) оказался востребован в атомной технике. За серию работ по получению радиоактивных элементов путём бомбардировки нейтронами и за открытие ядерных реакций под действием медленных нейтронов в 1938 г. Энрико Ферми была присуждена Нобелевская премия по физике.

Выехав в 1939 г. для её получения в Стокгольм вместе с семьёй, Ферми не вернулся в Италию, так как в то время итальянскими властями были приняты законы, существенно ужесточившие положение евреев. Он переезжает в США, где пять университетов предложили ему место профессора физики. Ферми выбрал Колумбийский университет в Нью-Йорке, где и работал с 1939 по 1942 гг.

В 1939 г. он разработал теорию потерь энергии заряженными частицами на ионизацию вещества с учётом его поляризации.

Ферми был избран членом Национальной академии наук США (1945), почетным членом Эдинбургского королевского общества (1949) и иностранным членом Лондонского королевского общества (1950). Президентом США Ферми был назначен членом Генерального консультативного комитета Комиссии по атомной энергии (1946–1950). Он был вице-президентом (1952) и президентом (1953) Американского физического общества.

Помимо Нобелевской премии, Ферми был удостоен золотой медали Маттеуччи Национальной академии наук Италии (1926), медали Хьюза

Лондонского королевского общества (1943), гражданской медали «За заслуги» правительства Соединенных Штатов Америки (1946), медали Франклина Франклиновского института (1947), золотой медали Барнарда за выдающиеся научные заслуги Колумбийского университета (1950) и первой премии Ферми, присужденной Комиссией по атомной энергии Соединенных Штатов Америки (1954). Он был почетным доктором многих высших учебных заведений, в том числе Вашингтонского, Гарвардского, Йельского и Рочестерского университетов, Рокфордского колледжа.

Лето 1954 г. Ферми провёл в Европе, находясь на последней стадии рака желудка. Он побывал с лекциями во Франции, Германии и Италии, встретился со старыми друзьями. По возвращении в Чикаго Ферми два месяца посещал различные медицинские процедуры. Он скончался во сне 28 ноября 1954 г. в возрасте 53 лет.

В честь Ферми назван 100-й трансурановый химический элемент – *фермий*. Его имя носят Чикагский институт ядерных исследований, Национальная ускорительная лаборатория (Фермилаб) и космический телескоп, а также улицы во многих итальянских городах.

Получение и использование атомной энергии в Советском союзе для создания ядерного щита, а также становление атомной энергетики обязано целой плеяде выдающихся советских ученых и инженеров **И. В. Курчатову, Н. А. Доллежалю, П. Л. Капице, И. Е. Тамму, А. Ф. Иоффе, Г. Н. Флерову, Л. Д. Ландау, А. П. Александрову, А. Д. Сахарову, В. Л. Гинзбургу, Ю. Б. Харитону, М. В. Келдышу** и многим другим.

Игорь Васильевич Курчатов – выдающийся советский физик, «отец» советской атомной бомбы. Трижды Герой Социалистического Труда (1949, 1951, 1954). Академик АН СССР (1943) и АН Узбекской ССР (1959), доктор физико-математических наук (1933), профессор (1935). Основатель и первый директор Института атомной энергии (1943–1960). Главный научный руководитель атомной проблемы в СССР, один из основоположников использования ядерной энергии в мирных целях. Лауреат Ленинской премии и четырёх Сталинских премий. Почётный гражданин СССР (рис. 3.10).

Игорь Васильевич Курчатов родился 12 января 1903 г. в г. Симе (Южный Урал) в семье лесничего и сельской учительницы. Его детство и юность прошли в Крыму. Семья бедствовала, поэтому Игорь одновременно с учёбой в Симферопольской мужской казенной гимназии окончил

вечернюю ремесленную школу, получил специальность слесаря и работал на небольшом механическом заводе Тиссена.



Рис. 3.10. И.В.Курчатов (1903 – 1960) – выдающийся советский физик, организатор и руководитель работ по атомной науке и технике в СССР, академик АН СССР

В 1920 г. после завершения учебы в гимназии Курчатов поступил на физико-математический факультет Таврического университета, который он досрочно и с отличными успехами закончил в 1923 г. С тех пор его жизнь была навсегда связана с физикой.

До 1925 г. И. В. Курчатов работал сначала в Магнитометеорологической обсерватории в Павловске под Петроградом, затем в Гидрометеорологическом центре в Феодосии, на кафедре физики Азербайджанского поли-

технического института (г. Баку). Оттуда он был приглашен в Ленинградский физико-технический институт, где началась его научная деятельность под руководством академика А.Ф. Иоффе.

До 1934 г. Игорь Васильевич изучал диэлектрики и полупроводники и вместе с П. П. Кобеко открыл явление сегнетоэлектричества. За исследования по физике диэлектриков 30-летнему Курчатову присуждается в 1933 г. ученая степень доктора физико-математических наук без защиты диссертации.

Параллельно И. В. Курчатов занимался теорией атомного ядра. Результаты, полученные в его отделе, находились на мировом уровне: к ним привели серия работ с нейтронными источниками, открытие ядерной изомерии и наблюдение (впервые в мире) спонтанного деления урана. Последняя работа была осуществлена совместно с молодыми сотрудниками Г. Н. Флёровым и К. А. Петржаком.

В 1935 г. вышли его монография «Расщепление атомного ядра» и два учебных пособия для физических факультетов университетов, и ему присваивается звание профессора.

С 1937 г. Игорь Васильевич возглавлял циклотронную лабораторию в Радиевом институте. Этот циклотрон стал самым мощным в СССР источником нейтронов. В 1938 г. Курчатов вошел в состав Комиссии по атомному ядру при президиуме АН СССР. В 1939 г. под руководством И. В. Курчатова начались работы по строительству циклотрона в ЛФТИ.

Начиная с 1933 г., Игорь Васильевич руководил работой оргкомитетов Всесоюзных конференций по атомному ядру, которые тогда широко проводились в стране. В конференциях принимали участие виднейшие физики мира: Ф. Жолио-Кюри, Р. Пайерлс, П. Дирак, В. Вайскопф и др. В 1940 г. И. В. Курчатов выступил на одной из таких конференций с докладом о делении тяжелых ядер. Тогда же в его отделе в ЛФТИ был составлен план дальнейших исследований, направленных на получение ядерной энергии.

Во время Великой Отечественной войны И. В. Курчатов отдавал свои силы и опыт делу укрепления обороны страны, вел практические работы по размагничиванию кораблей с целью противоминной защиты. Успешное решение поставленной задачи было отмечено правительством в 1942 г. Сталинской премией, первой для Игоря Васильевича.

28 сентября 1942 г. Государственный комитет обороны признал необходимым возобновить прерванные началом войны работы по исследованию возможности овладения внутриядерной энергией. В военные годы это означало, прежде всего, исследование возможности создания урановой

бомбы. Уже в октябре 1942 г. к этим работам был привлечен И. В. Курчатов, а 11 февраля 1943 г. было принято новое распоряжение ГКО, которым 40-летний профессор ЛФТИ Игорь Васильевич Курчатов был назначен научным руководителем работ по осуществлению цепной реакции деления урана («урановая проблема»). В дальнейшем до конца жизни И. В. Курчатов был бессменным научным руководителем большого комплекса проводимых в Советском Союзе работ, охватываемых широким понятием «использование атомной энергии».

В 1943 г. в Москве под руководством И.В. Курчатова была организована Лаборатория № 2 АН СССР, выросшая впоследствии в Институт атомной энергии им. И. В. Курчатова.

В этом же году И. В. Курчатов избирают действительным членом АН СССР.

В этот период он, опираясь на воспитанников школы академика А. Ф. Иоффе, разворачивает широкий фронт работ по различным направлениям атомного проекта: разделение изотопов методом диффузии и электромагнитному разделению, тяжеловодные реакторы и пр. В 1944 г. И. В. Курчатов привлекает к работе в Лаборатории № 2 Ю. Б. Харитона, которого в мае 1945 г. назначают научным руководителем проблемы создания атомной бомбы.

В августе 1944 г. в Лаборатории № 2 завершилось строительство циклотрона.

В 1946 г. под руководством И. В. Курчатова в Лаборатории № 2 был собран первый в Европе и Азии экспериментальный ядерный реактор Ф-1. При его сооружении потребовались уникальный по чистоте графит и металлический уран, изготовленный на Заводе № 12 в Электростали. 25 декабря 1946 г. И. В. Курчатов осуществляет на реакторе Ф-1 первую цепную реакцию деления урана, а 22 декабря 1948 г. на комбинате 817 (База 10) запускает завод по производству плутония из облученного на промышленном реакторе «А» урана.

В 1949 г. под его руководством испытывается первая отечественная атомная бомба РДС-1, что означало ликвидацию монополии США на обладание ядерным оружием и их ядерных амбиций. И. В. Курчатов лично отвечал за разработку и испытание первой советской атомной бомбы. Огромные заслуги И.В. Курчатова перед страной были отмечены тогда присвоением ему звания Героя Социалистического Труда и присуждением второй Сталинской премии.

В 1951 г. под научным руководством И. В. Курчатова были проведены испытания двух усовершенствованных атомных бомб РДС-2 и

РДС-3, и Курчатов получает вторую звезду Героя Социалистического Труда и третью Сталинскую премию.

Он был одним из научных руководителей разработки водородной бомбы РДС-6с, испытание которой состоялось в августе 1953 г. В основе конструкции термоядерного заряда лежали идеи, предложенные А. Д. Сахаровым и В. Л. Гинзбургом. Этими испытаниями также руководил И. В. Курчатов. Взрыв водородной бомбы доказал научно-технический приоритет советской науки в деле освоения атомной энергии. Великая историческая задача, стоявшая перед советской наукой и техникой, была решена под руководством И. В. Курчатова в темпе, удивившем весь мир.

В 1954 – 1955 гг. в КБ-11 был разработан первый отечественный двухступенчатый термоядерный заряд РДС-37, успешно испытанный 22 ноября 1955 г. Этот заряд стал прототипом современного термоядерного оружия. Научным руководителем испытания РДС-37 был И. В. Курчатов, которому пришлось принимать при подготовке и проведении испытания чрезвычайно ответственные решения. За работы по созданию РДС-37 И. В. Курчатову была в 1957 г. присуждена Ленинская премия.

Однако цель и идеалы Игоря Васильевича всегда оставались мирными. «Я глубоко верю и твердо знаю, – говорил он, – что наш народ, наше правительство только благу человечества отдадут достижения этой науки».

Еще до окончания военных разработок он стремился к развитию работ по мирному использованию атомной энергии. По его предложению в конце 40-х гг. развернулись непосредственные исследования в этой области. Перед советскими учеными была поставлена задача спроектировать и построить опытно-промышленную атомную электростанцию для решения научно-технической проблемы сооружения более крупных промышленных АЭС. Научное руководство работой осуществлял Институт атомной энергии.

В 1954 г. И. В. Курчатов возглавил *пуск первой в мире атомной электростанции, открывшей эру мирного использования атомной энергии*. С середины 50-х гг. И. В. Курчатов вместе со своим заместителем по Институту академиком А. П. Александровым возглавил разработку в Государственном комитете по использованию атомной энергии программы развития *атомной энергетики в нашей стране, в которой предусматривалось широкое использование атомной энергии для энергетических, транспортных и других народнохозяйственных целей*.

С самого начала разработки термоядерного оружия И. В. Курчатов думал и о возможности мирного использования энергии синтеза легких ядер. В 1950 г. было высказано предложение об удержании горячей плазмы магнитным полем и указаны принципиальные основы устройства термоядерного реактора. Убедившись в том, что успех возможен, И. В. Курчатов решительно приступил к организации работ по термоядерному синтезу в своем институте. В 1956 г. он выступил в Англии с докладами о развитии атомной энергетики и результатах исследований проблемы управляемого термоядерного синтеза в СССР, имевшими историческое значение для развития международного сотрудничества в ядерной сфере. Его доклад повлиял на программу термоядерных исследований во всем мире, открыл эпоху международного сотрудничества в этой области и способствовал созданию транснационального термоядерного содружества ученых и инженеров.

И. В. Курчатов был не только выдающимся ученым, создавшим в советской ядерной физике школу экспериментаторов, но и крупнейшим организатором науки невиданного в довоенное время масштаба, возглавившим работы по решению атомной проблемы в СССР (рис. 3.11).



Рис. 3.11. Академики С.П. Королев, И.В. Курчатов, М.В. Келдыш – основоположники космической и атомной отраслей в СССР

Ни одному ученому до него не приходилось руководить такими огромными коллективами людей, и ни один ученый не пользовался таким

доверием. Необыкновенное личное обаяние, целеустремленность и полная самоотдача делу буквально заражали всех работавших с ним. Под влиянием Курчатова сложился особый стиль работы ученых и инженеров-атомщиков, который мы сейчас по праву называем «курчатовским». Сочетание простой человеческой непосредственности с величием целеустремленного и волевого ученого делало И.В. Курчатова привлекательным и приятным человеком, вызывало безграничное доверие и горячую симпатию к нему.

Игорь Васильевич не жалел сил для распространения ядерных знаний и «ядерной культуры» как внутри страны, так и за рубежом. Под его руководством ядерные исследовательские центры были созданы в Ташкенте, Тбилиси, Киеве, Алма-Ате, Минске, Риге, Новосибирске и других городах нашей страны. И. В. Курчатов был одним из инициаторов основания в 1956 г. крупнейшего в социалистическом мире научного центра – Объединенного института ядерных исследований в Дубне.

И. В. Курчатов поддержал идею В. И. Векслера в области ускорительной техники и организовал в Дубне сооружение самого мощного тогда в мире синхрофазотрона. При участии И. В. Курчатова в 1954 г. было принято решение о строительстве ускорителей высоких энергий в Харькове, Гатчине и Протвино.

И. В. Курчатов неоднократно избирался депутатом Верховного Совета СССР. Борьба за мир и ядерное разоружение были его неотступной заботой в последние годы жизни. Совершенно закономерно, что Всемирный Совет мира 20 апреля 1959 г. наградил И. В. Курчатова Серебряной медалью им. Жолио-Кюри.

Правительство по достоинству оценило его исключительные заслуги, наградив его высшими наградами. И.В. Курчатов – трижды Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и четырех Сталинских премий. Награжден пятью орденами Ленина и двумя орденами Трудового Красного Знамени, медалями «За победу над Германией», «За оборону Севастополя», удостоен Большой Золотой медали им. М.В. Ломоносова, Золотой медали им. Л. Эйлера Академии наук СССР.

Скоропостижная смерть из-за эмболии сердца тромбом 7 февраля 1960 г. застала его за обсуждением с Ю. Б. Харитоновым очередных результатов полигонных испытаний. Он похоронен у Кремлёвской стены.

Вся жизнь Игоря Васильевича Курчатова – это совершенный им подвиг ученого, гражданина, во имя счастья и процветания нашей Родины, она является ярким примером для ныне живущих и грядущих поколений.

Имя Игоря Васильевича присвоено Институту атомной энергии (ныне Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»), Белоярской атомной электростанции, поселку, где построена Курская АЭС, научно-исследовательскому судну, кратеру на Луне, подводному хребту в Индийском океане, площадям и улицам в Москве, Санкт-Петербурге, Киеве, Липецке, Обнинске, Дубне, Сарове и других городах страны. Город испытателей на Семипалатинском полигоне также носит имя Курчатова.

Памятники И. В. Курчатову установлены в Москве, Челябинске, Дубне, Обнинске, Сыктывкаре, Курчатове, Волгодонске и других городах страны.

«Делайте в работе, в жизни только самое главное. Иначе второстепенное, хотя и ненужное, легко заполнит вашу жизнь, возьмет все силы, и до главного вы не дойдете... Исследуйте то, что приведет вас к цели».

И. В. Курчатов

Николай Антонович Доллежалъ – советский учёный-энергетик, конструктор ядерных реакторов, профессор. Академик АН СССР. Дважды Герой Социалистического Труда. Лауреат трёх Сталинских, Ленинской и двух Государственных премий СССР. Награжден золотой медалью имени И. В. Курчатова. Ключевая фигура в проекте СССР по созданию атомной бомбы. Главный конструктор РБМК и энергетических ядерных реакторов, которые по сей день находятся в эксплуатации. Профессор прожил жизнь длиной более ста лет и всю ее посвятил науке (рис. 3.12).

Николай Антонович Доллежалъ родился в селе Омельник 27 октября 1899 г. Его отец, Антон Фердинандович, чех по происхождению, был земским инженером-путейцем. В 1912 г. семья переехала в подмосковный Подольск, где у отца было новое место работы. В этом городе в 1917 г. Николай окончил училище, после чего стал студентом Московского Высшего технического училища (ныне МГТУ имени Н. Э. Баумана). Учился на механическом факультете, там же в свое время получал образование его отец. Антон Фердинандович считал, что нельзя стать настоящим инженером, если не работать руками и не чувствовать металл, он прививал эти убеждения сыну. Поэтому параллельно с учебой будущий академик Доллежалъ начал трудиться сначала в депо, а затем – на паровозоремонтном заводе. В 1923 г. молодой человек окончил университет и получил специальность инженера-механика.



Рис. 3.12. Академик Н.А. Доллежалъ (1899 – 2000) – советский учёный-энергетик, конструктор ядерных реакторов

В 1925 – 1930 гг. Николай Антонович трудился в проектных организациях. В 1929 г. проходил стажировку в европейских странах: Чехословакии, Австрии и Германии. По возвращении Доллежала арестовали органы ОГПУ СССР, обвинив в связи с вредителями, проходившими по делу Промпартии. Следствие длилось полтора года, и все это время будущий академик пробыл в тюрьме. В январе 1932 г. его освободили без предъявления обвинения.

После заключения Николай Антонович Доллежалъ работал заместителем главного инженера в особом конструкторском бюро техотдела ОГПУ. В 1933 г. его назначили техническим директором Гипроазотмаша в Ленинграде. Годом позже перевели в харьковский Химмаштрест на должность заместителя управляющего. Осенью 1935 г. Николай Антонович стал главным инженером завода «Большевик» в Киеве. В декабре 1938 г. перешел на работу в московский НИИ «ВИГМ».

В июле 1941 г. будущего академика Доллежала назначили главным инженером Уралхиммаша, который строился в Свердловске. В 1943 г. он стал директором и научным руководителем НИИ химического машиностроения. Это был не просто научный институт, а комплекс исследовательских и конструкторских подразделений, имеющий развитые производственную и экспериментальную базы.

В 1946 г. НИИ привлекли к советскому атомному проекту. Николай Антонович и множество его сотрудников занялись разработкой первых ядерных реакторов промышленного назначения для производства оружейного плутония. Внутри института для проведения работ было создано спецподразделение, условно именовавшееся «Гидросектор». Доллежалю к этому времени было 46 лет, и он имел большие познания в разных технических областях: компрессоростроении, теплоэнергетике, химической промышленности. В феврале 1946 г. Николай Антонович предложил вертикальную схему будущего реактора, и ее приняли к реализации. Спроектированный «агрегат А» запустили в июне 1948 г. А в августе 1949 г. успешно испытали первую атомную бомбу из плутония, произведенного на нем. После этого в 1951 г. последовали разработка, проектирование и пуск экспериментального «агрегата АИ», который был предназначен для наработки трития. Полученная продукция позволила нашей стране первой показать мощность термоядерного взрыва. Так стал коваться советский ядерный щит.

Идеи Николая Антоновича, реализованные в первых уран-графитовых аппаратах, были положены в основу конструкции и устройства будущих энергетических канальных реакторов. Отечественная атомная энергетика стала развиваться в этом направлении с начала работы Обнинской АЭС в 1954 г. – первой в мире атомной электростанции, сердцем которой был канальный «агрегат АМ». Пуск АЭС производился, когда Доллежал уже работал директором НИИ-8 – института, созданного в 1952 г. для разработки ядерной энергетической установки, которая должна была использоваться в проектировании и строительстве первой в Союзе атомной подлодки.

С конца 1952 г. коллектив научного института развернул напряженную деятельность по проектированию ЯЭУ с водо-водяным корпусным реактором. В стране такой аппарат создавался впервые, поэтому потребовалось искать новые решения по многим научным и техническим направлениям. В марте 1956 г. ученые на стенде произвели физический пуск реактора ВМ-А, а уже через два года аппарат стал работать на корабле. После ходовых испытаний подлодку приняли в

опытную эксплуатацию, и с этого времени АПЛ первого поколения стали строить массово. В Советском Союзе заслуги коллектива, которым руководил Доллежалъ, были высоко оценены. В 1959 г. НИИ-8 был награжден орденом Ленина. В 1962 г. Николай Антонович стал академиком АН СССР.

Умение Доллежала грамотно координировать работу конструкторов и решать поставленные задачи приносило свои плоды. После ВМ-А был создан первый блочный реактор В-5 – для своего времени самый мощный в мире. Он позволил первой подлодке с титановым корпусом развить рекордную скорость движения под водой, которая до сих пор остается непревзойденной. Затем под руководством академика Доллежала спроектировали МБУ-40 – первую моноблочную реакторную установку. В 1980 – 1990 гг. на ее базе создали энергетику одного из видов кораблей, находящихся в эксплуатации по сей день.

Не менее плодотворно команда Николая Антоновича трудилась и в «наземной» атомной энергетике. В 1958 г. состоялся пуск спроектированного в НИИ-8 двухцелевого реактора ЭИ-2, вырабатывающего оружейный плутоний и энергию в промышленных масштабах. Он стал основой первого блока Сибирской АЭС. Также в институте в 1964 и 1967 годах разработали принципиально новые реакторы для Белоярской АЭС имени И. В. Курчатова – первой большой атомной электростанции в советской энергетике. В них реализовали давнюю идею Доллежала о ядерном перегреве пара, который существенно повышал тепловую эффективность энергоустановок.

В 1960-х гг. у Советского Союза начались трудности с энергоснабжением. Чтобы кардинально и быстро решить эту проблему, стали строить крупные АЭС. Николай Антонович Доллежалъ возглавил работы по конструированию серии реакторов РБМК, предназначенных для энергоблоков мощностью 1 ГВт. В 1967 г. был выпущен проект установки. В конце 1973 г. энергоблок с РБМК начал работать на Ленинградской АЭС. В 1975 – 1985 гг. соорудили и ввели в эксплуатацию еще тринадцать таких установок. Вместе они вырабатывали практически половину атомного электричества СССР. Затем ученые усовершенствовали конструкцию РБМК, что позволило увеличить мощность аппарата в полтора раза. Такие реакторы установили на двух блоках Игналинской АЭС, которые стали наиболее мощными в мире.

Николай Антонович хотел готовить компетентных и квалифицированных специалистов для конструирования новой техники, поэтому еще с конца 1920 гг. начал преподавать в вузах. Занимался такой

деятельностью почти шестьдесят лет, из которых практически четверть века руководил кафедрой ядерных энергоустановок в МВТУ им. Н. Э. Баумана. На протяжении сорока лет выдающийся ученый возглавлял разработки разных ядерных реакторов, прокладывая в этой научной области новые пути, воспитывал в своих сотрудниках дух творческой активности и высокую ответственность за дело. В течение 34 лет Доллежалъ работал директором института, который стал одним из самых крупных в РФ центров ядерной технологии и техники.

В 1986 г. по болезни академик ушел с административных должностей, но продолжал интересоваться делами НИИ и помогать советами и рекомендациями своим последователям и ученикам. В последние годы жизни Николай Антонович увлекался решением старинных математических и геометрических задач о квадратуре круга, трисекции угла и удвоении куба. Также он слушал классическую музыку, читал книги и иногда писал стихи.

Николай Антонович умер в возрасте 101 года 20 ноября 2000 г. Через четыре года скончалась его жена. Они похоронены в селе Козино Московской области.



Рис. 3.13. Памятник академику Н.А. Доллежалю

В 2002 г. в Москве академику Доллежалю был установлен бюст. В декабре 2010 г. его именем назвали одну из улиц города Подольска, где Николай Антонович провел свои детские и юношеские годы. Также в здании бывшего училища, в котором он учился, установлена мемориальная доска.

30 октября 2019 г. к 120-летию со дня рождения состоялось торжественное открытие памятника академику Николаю Антоновичу Доллежалю. Монумент установили на площади, названной в честь Николая Антоновича, перед зданием Научно-исследовательского и конструкторского института энерготехники имени Н. А. Доллежала (НИКИЭТ), основателем которого он был (рис. 3.13).

По мнению большинства специалистов, в начале XXI в. началась постепенная, глубокая трансформация мировой энергетики, **закладываются основы энергетической революции постиндустриально-ноосферного типа** [4].

Ноосферная концепция разработана русским ученым **В.И. Вернадским**. Суть ее заключается в том, что только разум может обеспечить дальнейшее развитие социоприродной системы. «Необходимо разумное развитие человеческого общества, обеспечивающее целенаправленное развитие биосферы, позволяющее в свою очередь обеспечить его гармоничное развитие». Эволюционный процесс, по В.И. Вернадскому, получает особое геологическое значение благодаря тому, что создал новую геологическую силу – научную мысль человека. Рост научной мысли связан с увеличением заселения биосферы человеком, чья бóльшая независимость от биосферы, по сравнению с другими живыми существами, является основным фактором в геологическом эволюционном процессе создания **ноосферы – качественно новой оболочки Земли (Сферы Разума)**.

Основные положения учения В.И. Вернадского о ноосфере заключаются в следующем:

1. Заселение человеком всей планеты.
2. Резкое преобразование средств связи и обмена между странами.
3. Усиление связей, в том числе политических, между всеми странами Земли.
4. Начало преобладания геологической роли человека над другими геологическими процессами, протекающими в биосфере.
5. Расширение границ биосферы и выход в космос.

6. **Открытие новых источников энергии.**
7. Равенство людей всех рас и религий.
8. Увеличение роли народных масс в решении вопросов внешней и внутренней политики.
9. Свобода научной мысли и научного искания от давления религиозных, философских и политических построений и создание в государственном строе условий, благоприятных для свободной научной мысли.
10. Продуманная система народного образования и подъём благосостояния трудящихся. Создание реальной возможности не допустить недоедания и голода, нищеты и чрезвычайно ослабить болезни.
11. Разумное преобразование первичной природы Земли с целью сделать её способной удовлетворить все материальные, эстетические и духовные потребности численно возрастающего населения.
12. Исключение войн из жизни общества.

Владимир Иванович Вернадский – мыслитель, ученый-естествоиспытатель, общественный деятель, основатель ряда научных школ, основоположник учения о биосфере, комплекса современных научных знаний о Земле (биогеохимия, радиогеология, гидрогеология) (рис. 3.14).

В. Вернадский родился в Санкт-Петербурге 12 марта 1863 г. в дворянской семье. Его родители имели украинское происхождение, поэтому Вернадского считают соотечественником и россияне, и жители Украины.

Неблагоприятный климат вынудил семейство Вернадских в 1868 г. сменить место жительства на Харьков, который в то время был известен как один из главных научных центров. В 1873 г. Владимир поступил в Харьковскую классическую гимназию. С третьего класса мальчик учился уже в Первой Санкт-Петербургской классической гимназии, так как в 1876 г. Вернадские вернулись домой. Это учебное заведение считалось одним из лучших в стране и заложило прекрасный фундамент для интеллектуального багажа будущего знаменитого ученого. В частности, гимназия была известна высоким уровнем преподавания философии, истории, иностранных языков.

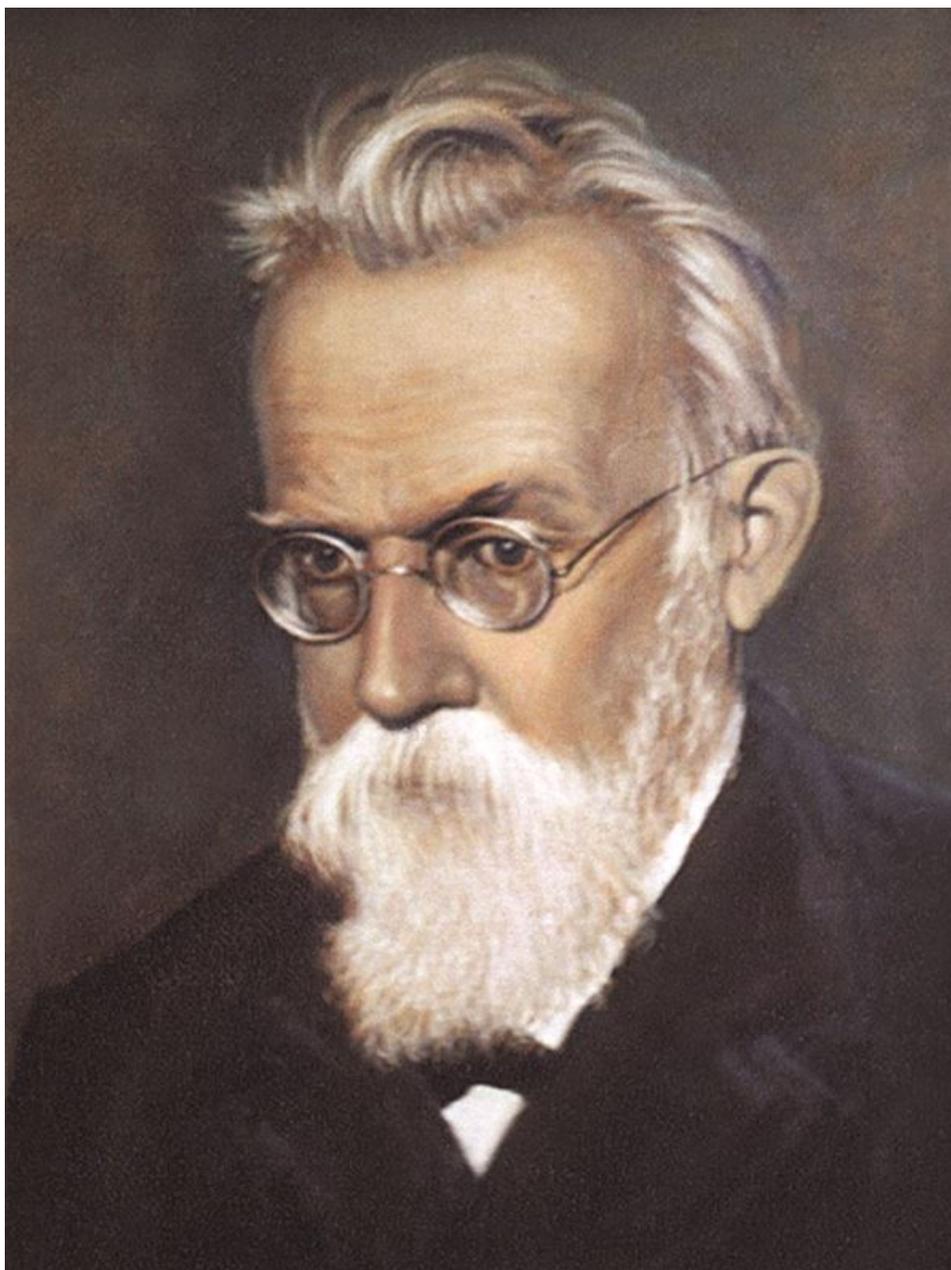


Рис. 3.14. В.И. Вернадский (1863 – 1945) – выдающийся естествоиспытатель, минералог и кристаллограф, основоположник геохимии, биогеохимии, гидрогеохимии, учений о ноосфере и биосфере

Украшением биографии Вернадского стал и такой факт, что он читал научные труды на 15 языках, сам иногда писал на английском, немецком и французском.

В 1881–1885 гг. обучался на естественном отделении физико-математического факультета Санкт-Петербургского университета, который окончил.

Он был участником экспедиций (1882, 1884) и учеником В. В. Докучаева, который дал ему тему кандидатской работы «О физических свойствах изоморфных смесей». Среди его учителей были

химик Д. И. Менделеев и ботаник А. Н. Бекетов.

В 1885 г. его назначили на должность хранителя минералогического кабинета Московского университета. В 1890 г. В. И. Вернадский уже приват-доцент кафедры минералогии. В 1897 г. В. И. Вернадский защитил докторскую диссертацию в Петербургском университете на тему «Явления скольжения кристаллического вещества». В период с 1898 по 1911 гг. являлся профессором Московского университета.

В начале XX в. В. И. Вернадский – заметная фигура не только в мире науки, но и на поприще общественной и политической деятельности. В 1906 г. он становится членом Государственного совета от Московского университета. В этом же году состоялось его избрание на должность заведующего минералогическим отделом Геологического музея имени Петра Великого; становится он и адъюнктом Императорской Академии наук. Через два года, в 1908 г., Вернадского избирают экстраординарным академиком, в 1912 г. ученый становится ординарным академиком, академиком Императорской Санкт-Петербургской академии наук. В 1914 г. Вернадский – директор Минералогического и Геологического музея АН. В 1915 г. он выступает с инициативой создать при Академии наук комиссию, которая изучала бы естественные производительные силы России; с года основания и до 1930 г. являлся ее председателем.

Вместе с Н.П. Василенко в 1918 г. он создал Украинскую академию наук, был первым ее президентом, являлся профессором симферопольского Таврического университета, а в 1920-1921 гг. – ректором этого учебного заведения. В 1921 г. состоялось его возвращение в Петроград, где он занялся организацией Радиевого института.

Вернадский участвовал в создании в январе 1922 г. Радиевого института, который возглавлял по 1939 г. Институт был сформирован путём объединения всех имевшихся к тому времени в Петрограде радиологических учреждений:

- Радиевой и радиохимической лаборатории Академии наук;
- Радиевого отделения Государственного рентгенологического и радиологического института;
- Коллегии по организации радиевого завода.

В период с 1922 по 1926 гг. Вернадский был командирован во Францию для чтения курса геохимии в Сорбонне. Работал в Музее естественной истории и Институте Кюри, где исследовал паризий — вещество, ошибочно принятое за новый радиоактивный элемент. В Париже

на французском языке вышел его фундаментальный труд «Геохимия».

В СССР академик В.И. Вернадский вернулся в 1926 г., и в этом же году вышла одна из самых известных его работ – книга «Биосфера». Именно тема биосферы, эволюционирования ее в ноосферу, сферу разума, остается для него главной, хотя из-под пера Владимира Ивановича продолжало выходить множество разносторонних исследований. В 1927 г. им была создана Биогеохимическая лаборатория, которой он руководил до конца жизни. Именно биогеохимия была одним из двух главных направлений его деятельности как исследователя наряду с историей наук.

В 1915 – 1930 гг. председатель Комиссии по изучению естественных производительных сил России, был одним из создателей плана ГОЭЛРО. Комиссия внесла огромный вклад в геологическое изучение Советского Союза и создание его независимой минерально-сырьевой базы.

В годы политических репрессий В. И. Вернадский ушёл со всех административных постов, оставаясь только научным консультантом (чтобы не участвовать в «чистках»). В это же время он был избран членом геолого-географического, химического, физико-математического отделений Академии наук СССР. В.И. Вернадский, а также А.Е. Ферсман и А.П. Карпинский, обладали колоссальным практическим и теоретическим опытом в геологии, а недра – это необходимая государству валюта.

В 1940 г. ученый выступил инициатором развертывания исследований урана с целью получения ядерной энергии. В начале Великой Отечественной его эвакуировали в Казахстан, где Вернадский продолжал интенсивную научную деятельность вплоть до 1943 г. – года возвращения домой, где его за выдающиеся заслуги в честь 80-летнего юбилея наградили Сталинской премией I степени.

Владимир Иванович Вернадский скончался 6 января 1945 г. в Москве.

В. И. Вернадский при жизни опубликовал 473 научные работы. Основал новую науку – биогеохимию и внёс огромный вклад в геохимию. С 1927 г. до самой смерти занимал должность директора Биогеохимической лаборатории при Академии наук СССР. Был учителем целой плеяды советских геохимиков.

Из философского наследия Вернадского наибольшую известность получило учение о ноосфере; он считается одним из основных мыслителей направления, известного как русский космизм. Его труды оказали заметное воздействие на создание научной картины мироздания, в которой человеку, его разуму отводится центральная роль не созерцателя природы, окружающей среды, а ее творца.

3.2. Перспективные направления развития современной энергетики

В настоящее время доля углеводородной энергетики (ТЭС) в мировой электрогенерации составляет **63 %**, доля гидроэнергии (ГЭС) – **18,5 %**, атомной энергии (АЭС) – **6,4 %**, возобновляемых источников энергии (ВИЭ) без ГЭС – **12,1 %**. Как видим, основой мировой энергетики до сих пор остаются ископаемые виды топлива – нефть, уголь и газ.

Необходимость перемен в энергетике объясняется тем, что на сегодняшний день уже исчерпаны или серьезно истощены лучшие месторождения ископаемого топлива — фундамента современной энергетики. В результате значительно возросла стоимость ископаемого топлива.

Глобальный энергетический кризис будет нарастать и углубляться, а ископаемое топливо непрерывно дорожать, что расширит экономические возможности использования альтернативных, возобновляемых источников энергии и увеличит их долю в структуре энергопотребления (рис. 3.15).



Рис. 3.15. Будущее энергетики – возобновляемые энергоресурсы

Прогноз структуры потребления ПЭР в мире, подготовленный компанией Exxon Mobil Corporation:

«... к **2050 г.** произойдет сокращение использования нефти до **20 %** от суммарного потребления ПЭР в мире. Также сократится потребление

угля и газа. Наиболее динамично будут развиваться такие ВИЭ, как солнечная, ветровая, геотермальная, приливная энергия и энергия биомассы».

Подлинная энергетическая революция развернется в середине XXI в.

В сценарии развития мировой энергетики предполагается, что радикально изменится структура первичных источников энергии: за счет **ядерной энергии** и **возобновляемых источников энергии** еще больше сократится доля нефти и других ископаемых видов топлива.

Более того, к концу XXI в. ВИЭ могут обеспечивать более половины потребления ПЭР в мире.

Переворот охватит и сферу энергопотребления, в результате ее темпы роста будут продолжать снижаться, а к концу века абсолютные объемы мирового энергопотребления начнут сокращаться. Можно дискутировать с авторами этого прогноза о периодах достижения пиков и скорости спада в использовании нефти, газа и угля, однако это не может изменить главного вывода о **переходе на принципиально новую структуру энергетического баланса мировой энергетики** (рис. 3.16).

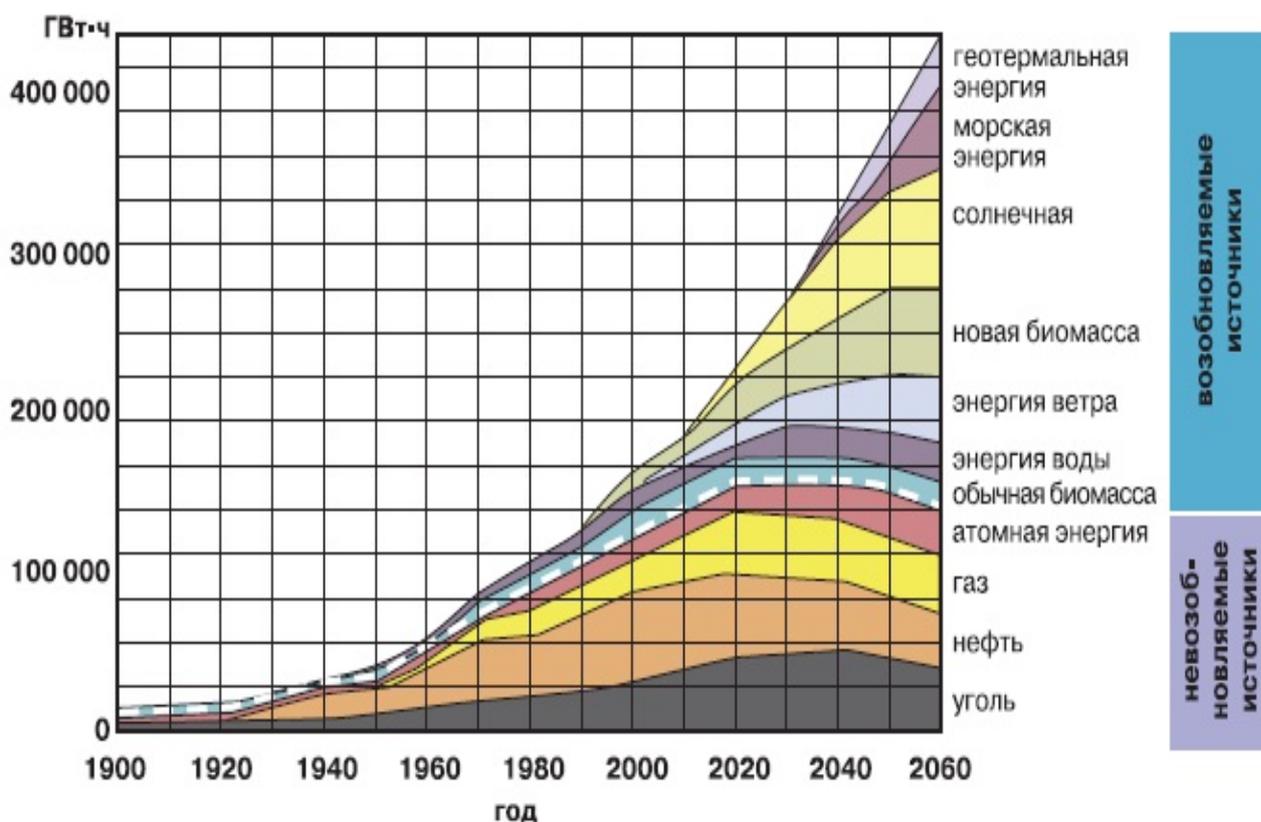


Рис. 3.16. Перспективы развития мировой энергетики

В результате обозначенных перемен появится возможность преодолеть нарастающий глобальный *экологический кризис*, причиной которого является загрязнение атмосферы выбросами предприятий и автомобильного транспорта.

Только значительное сокращение объемов использования ископаемого топлива позволит с 2040 – 2050 гг. постепенно уменьшать загрязнение атмосферы.

Для того чтобы обеспечить рассмотренные изменения в структуре источников мировой энергетики, необходим переход на *новые энергетические технологии*.

Во второй половине XXI в., наряду с *атомной и возобновляемыми источниками энергии*, которые будут играть преобладающую роль в мировой энергетике, появится необходимость в новых «инновационных» технологиях, которые в настоящее время только обсуждаются в научных кругах.

В настоящее время обозначилось порядка десяти перспективных подходов развития принципиально новой энергетики. В одних областях поиска уже получены определённые практически значимые результаты, в других – исследования ведутся на уровне лабораторных или полупромышленных моделей:

1. *Водородная энергетика.*
2. *Управляемый термоядерный синтез (УТС).*
3. *Дальнейшее освоение космического пространства.*
4. *Установки для нагрева жидкости — вихревые теплогенераторы (существуют и другие названия этих установок).*
5. *«Холодный ядерный синтез».*
6. *Магнитомеханический усилитель мощности.*
7. *Индукционные нагреватели.*
8. *Двигатели без выброса массы.*
9. *Напряженные замкнутые контуры.*
10. *Энергоустановки на основе динамической сверхпроводимости.*
11. *Атмосферная электроэнергетика.*

1) Широкое внимание как одно из перспективных направлений развития мировой энергетики привлекает водород. Использование водорода в качестве средства аккумулирования, транспортировки, производства и потребления энергии лежит в основе *водородной*

энергетики. Развитие данной отрасли позволяет применять водород в производстве и для нужд транспортной инфраструктуры.

Водородные топливные элементы. Первый водородный топливный элемент был сконструирован английским ученым Уильямом Гроувом в 1838 г. Гроув пытался осадить медь из водного раствора сульфата меди на железную поверхность и заметил, что под действием электрического тока вода распадается на водород и кислород. После этого открытия Гроув и работавший параллельно с ним Кристиан Шенбейн продемонстрировали возможность производства энергии в водородно-кислородном топливном элементе с использованием кислотного электролита. В это же время появились первые сведения об их эффективности.

Работа над топливными элементами, использующими щелочные электролиты, началась в конце 1930-х гг. Ячейки с никелированными электродами под высоким давлением были изобретены только к 1939 г. Во время Второй Мировой войны для британских подлодок разрабатывались топливные элементы, состоящие из щелочных ячеек диаметром около 25 см.

Позже, в 1959 году, Фрэнсис Т. Бэкон из Кембриджа добавил в водородный топливный элемент ионообменную мембрану для облегчения транспорта гидроксид-ионов. Изобретением Бэкона сразу заинтересовались правительство США и NASA, обновленный топливный элемент стал использоваться на космических аппаратах «Аполлон» в качестве главного источника энергии во время их полетов.

Интерес к ним возрос в 1950-80-х гг. в связи с нехваткой нефтяного топлива. Страны мира начали заниматься вопросами загрязнения воздуха и окружающей среды, стремясь разработать экологически безопасные способы получения электроэнергии. Технология производства топливных ячеек на сегодняшний день переживает активное развитие.

Принцип работы. Тепло и электроэнергия вырабатываются топливными ячейками в результате электрохимической реакции, проходящей с использованием катода, анода и электролита.

Катод и анод разделены проводящим протоны электролитом. После поступления кислорода на катод и водорода на анод запускается химическая реакция, результатом которой становятся тепло, ток и вода.

Молекулярный водород диссоциирует на катализаторе анода, что приводит к потере им электронов. Ионы водорода поступают к катоду через электролит, одновременно электроны проходят по внешней электрической сети и создают постоянный ток, который используется для

питания оборудования. Молекула кислорода на катализаторе катода объединяется с электроном и поступившим протоном, образуя в итоге воду, являющуюся единственным продуктом реакции (рис. 3.17).

Окислительный топливный элемент

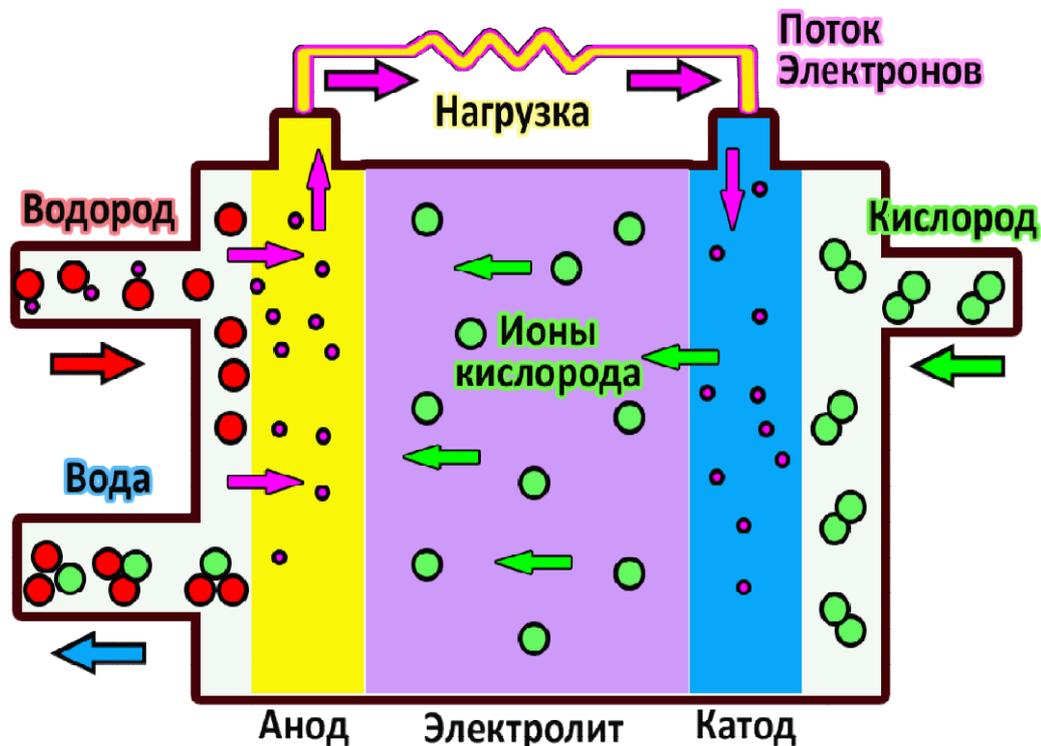


Рис. 3.17. Схема водородного топливного элемента

С точки зрения «зеленой» энергетики у водородных топливных элементов крайне высокий КПД – 60 %. Для сравнения: КПД лучших двигателей внутреннего сгорания составляет 35 – 40 %. Для солнечных электростанций коэффициент составляет всего 15 – 20 %, но сильно зависит от погодных условий. КПД лучших крыльчатых ветряных электростанций доходит до 40 %, что сравнимо с парогенераторами, но ветряки также требуют подходящих погодных условий и дорогого обслуживания.

Проблемы добычи. Водородная энергетика экологична, но не автономна. Для работы топливному элементу нужен водород, который не встречается на Земле в чистом виде. Водород нужно получать, но все существующие сейчас способы либо очень затратны, либо малоэффективны.

Самым эффективным с точки зрения объема полученного водорода на единицу затраченной энергии считается метод паровой конверсии

природного газа. Метан соединяют с водяным паром при давлении 2 МПа (около 19 атмосфер, т. е. давление воды на глубине около 190 м) и температуре около 800 °С, в результате чего получается конвертированный газ с содержанием водорода 55 – 75 %. Для паровой конверсии необходимы огромные установки, которые могут быть применимы лишь на производстве.

Более удобный и простой метод – электролиз воды. *Электролиз* – процесс разложения воды под действием постоянного электрического тока на кислород и водород. Химическая реакция идет по схеме:



Преимущества:

- доступное сырье – деминерализованная вода и электроэнергия;
- во время производства отсутствуют загрязняющие выбросы;
- процесс автоматизирован;
- на выходе получается достаточно чистый (99,99 %) продукт.

Существенный недостаток этого способа – большие энергозатраты, необходимые для проведения реакции. То есть получается несколько странная ситуация: для получения водородной энергии нужна... энергия.



Рис. 3.18. Мобильная установка электролиза воды для получения водорода.

Во избежание возникновения при электролизе ненужных затрат и сохранения ценных ресурсов некоторые компании стремятся разработать системы полного цикла «электричество – водород – электричество», в которых получение энергии становится возможным без внешней подпитки. Примером такой системы является разработка Toshiba H₂One (рис. 3.18).

Мобильная мини-электростанция H₂One преобразует воду в водород, а водород в энергию. Для поддержания электролиза в ней используются солнечные батареи, а излишки энергии накапливаются в аккумуляторах и обеспечивают работу системы в отсутствие солнечного света. Полученный водород либо напрямую подается на топливные ячейки, либо отправляется на хранение во встроенный бак. За час электролизер H₂One генерирует до 2 м³ водорода, а на выходе обеспечивает мощность до 55 кВт. Для производства 1 м³ водорода станции требуется лишь 2,5 м³ воды.

Сейчас Toshiba H₂One используется в нескольких городах в Японии – к примеру, она снабжает электричеством и горячей водой железнодорожную станцию в городе Кавасаки.

Водородное будущее. На грядущих Олимпийских играх в Токио водород будет использоваться в автомобилях, при производстве электричества и тепла, а также станет главным источником энергии для олимпийской деревни. Для этого по заказу Toshiba Energy Systems & Solutions Corp. в японском городе Намиэ строится одна из крупнейших в мире станций по производству водорода. Станция будет потреблять до 10 МВт энергии, полученной из «зеленых» источников, генерируя электролизом до 900 тонн водорода в год.

При наличии неисчерпаемого источника энергии, каким может стать *управляемый термоядерный синтез* получение водорода станет возможным в неограниченных количествах.

Газотурбинная установка на водороде. Ключевая технология, необходимая для масштабного использования водорода в газовой электроэнергетике, – водородная турбина. По оценке компании Mitsubishi Hitachi Power Systems (MHPS), на существующих газотурбинных установках можно увеличить долю водорода до 30 % в смеси его с природным газом без существенных изменений в конструкции. MHPS успешно испытала в Японии сверхмощную газовую турбину серии J в работе на топливной смеси из природного газа (70 %) и водорода (30 %). Испытания были проведены на заводе в Такасаго на парогазовой установке мощностью 700 МВт (КПД – 63 % с температурой газов после камеры сгорания ГТУ – 1600 °С). Для сжигания топлива использовались горелки с вихревым перемешиванием. Благодаря водороду выбросы CO₂

сократились на 10 %, а выбросы оксидов азота NO_x , по мнению компании, «остались на удовлетворительном уровне».

2) Управляемый термоядерный синтез (УТС) представляет собой технологию получения электрической энергии в неограниченных количествах без образования радиоактивных ядерных отходов. В основе УТС лежит процесс слияния легких атомных ядер, происходящий с выделением энергии при высоких температурах в регулируемых, управляемых условиях. Ожидаемое экономическое использование термоядерных реакторов для выработки электроэнергии будет обеспечено безграничным запасом общедоступного топлива (водорода).

Добыча его легко может быть обеспечена из морской воды. Отсутствие продуктов сгорания и невозможность неуправляемой реакции синтеза – другие положительные стороны УТС.

Есть технология повторного использования радиоактивных отходов в энергетических целях. Речь идет о **термоядерном синтезе**. Термоядерный реактор использует энергию синтеза ядер изотопов водорода. Изотопы выгорают, почти не оставляя радиоактивных отходов. На единицу термоядерного топлива получается в 100 раз больше энергии, чем при расщеплении урана. Но образуемое вещество будет таким горячим, что нужен особый реактор. Группа ученых из США, ЕС, России, Китая, Японии, Южной Кореи и Индии выбрали место **во Франции** для строительства **первого рабочего термоядерного реактора**.

Международный термоядерный экспериментальный реактор (ITER) – первый после МКС совместный проект ученых разных стран. Температура превысит солнечную – свыше **150 млн °С**. Он будет давать в 10 раз больше энергии, чем потреблять.

Инновационный реактор под названием ITER (ИТЭР) является сложнейшей технологией за всю историю человечества. Этот проект может обеспечить людей всей планеты бесплатной энергией. Основная цель ITER – контроль высокотемпературной плазмы. Уже названа дата экспериментального запуска – **декабрь 2025 г.**

Ажиотаж будет как при запуске **большого адронного коллайдера – БАК в ЦЕРН**. Что только не придумывали СМИ и архаичные скептики: черные дыры, разрыв материи, двери в другие миры и т.д. и т.п.

Большой адронный коллайдер (БАК) – самый большой и мощный в мире ускоритель заряженных частиц на встречных пучках,

предназначенный для разгона протонов и тяжёлых ионов свинца и изучения продуктов их соударений. Он был построен **Европейской организацией ядерных исследований (ЦЕРН)**, около Женевы, на границе Швейцарии и Франции (рис. 3.19, 3.20).



Что такое Большой адронный коллайдер

Рис. 3.19. БАК – самый большой и мощный ускоритель заряженных частиц в мире

БАК является самой крупной экспериментальной установкой в мире. В строительстве и исследованиях участвовали и участвуют более **10 тысяч учёных и инженеров** более чем из **100 стран**.

«Большим» назван из-за своих размеров: длина основного кольца ускорителя составляет **26 659 м**; «адронным» – из-за того, что ускоряет адроны: протоны и тяжелые ядра атомов; «коллайдером» (англ. collider — сталкиватель) – из-за того, что два пучка ускоренных частиц сталкиваются во встречных направлениях в специальных местах столкновения – внутри детекторов элементарных частиц.

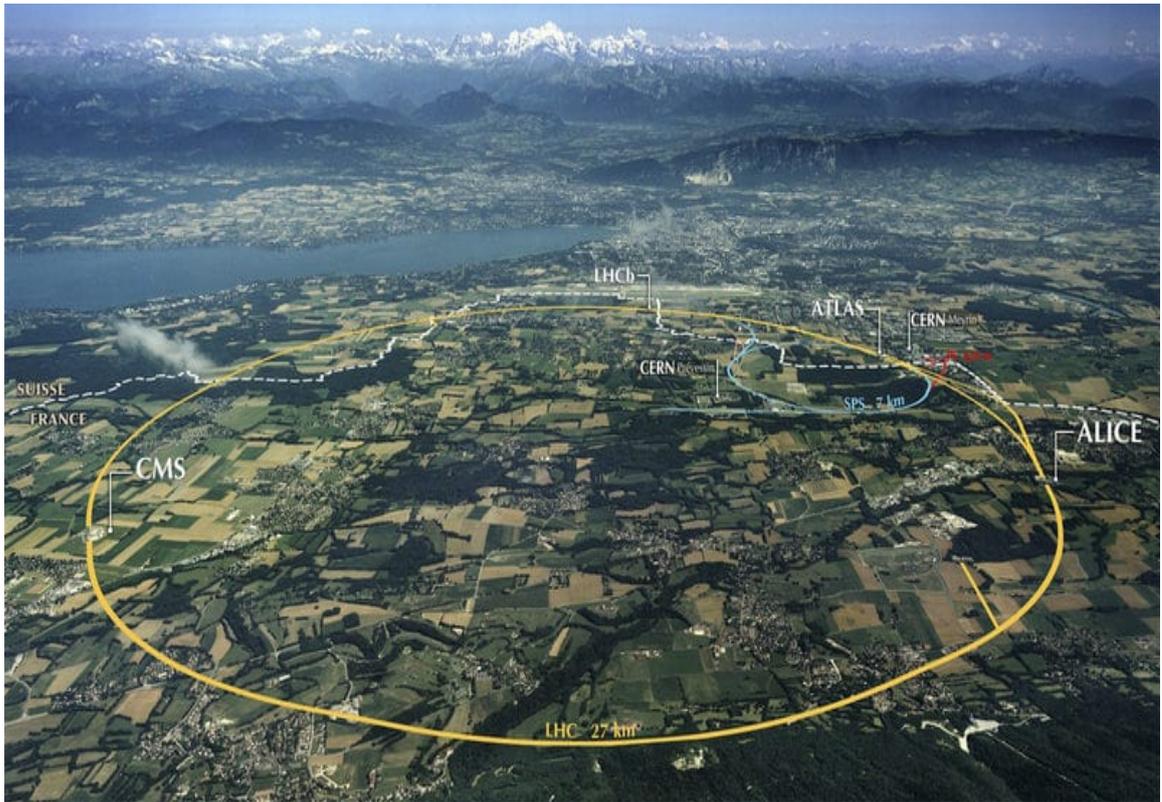


Рис. 3.20. БАК – это гигантский замкнутый тоннель

Большой адронный коллайдер – это гигантский замкнутый тоннель, построенный под землей. Он имеет длину 27 км и уходит на глубину от 50 до 175 м.

БАК состоит из трёх основных частей:

1. **Ускоритель частиц.** Разгоняет и сталкивает протоны с помощью системы мощных электромагнитов, расположенных вдоль всего тоннеля (рис. 3.21).
2. **Детекторы.** Результаты столкновения нельзя наблюдать напрямую, поэтому мощные детекторы улавливают максимум данных и направляют их на обработку.
3. **Грид.** С детекторов поступают петабайты данных. Для их интерпретации используется грид-инфраструктура – сеть из компьютеров в **36 странах**, которые совместно образуют один суперкомпьютер. Но даже этого хватает на обработку только **1 % данных**.



Рис. 3.21. Ускоритель БАК сталкивает адроны (протоны и нейтроны) – класс частиц, состоящих из нескольких кварков, которые удерживаются сильной субатомной связью

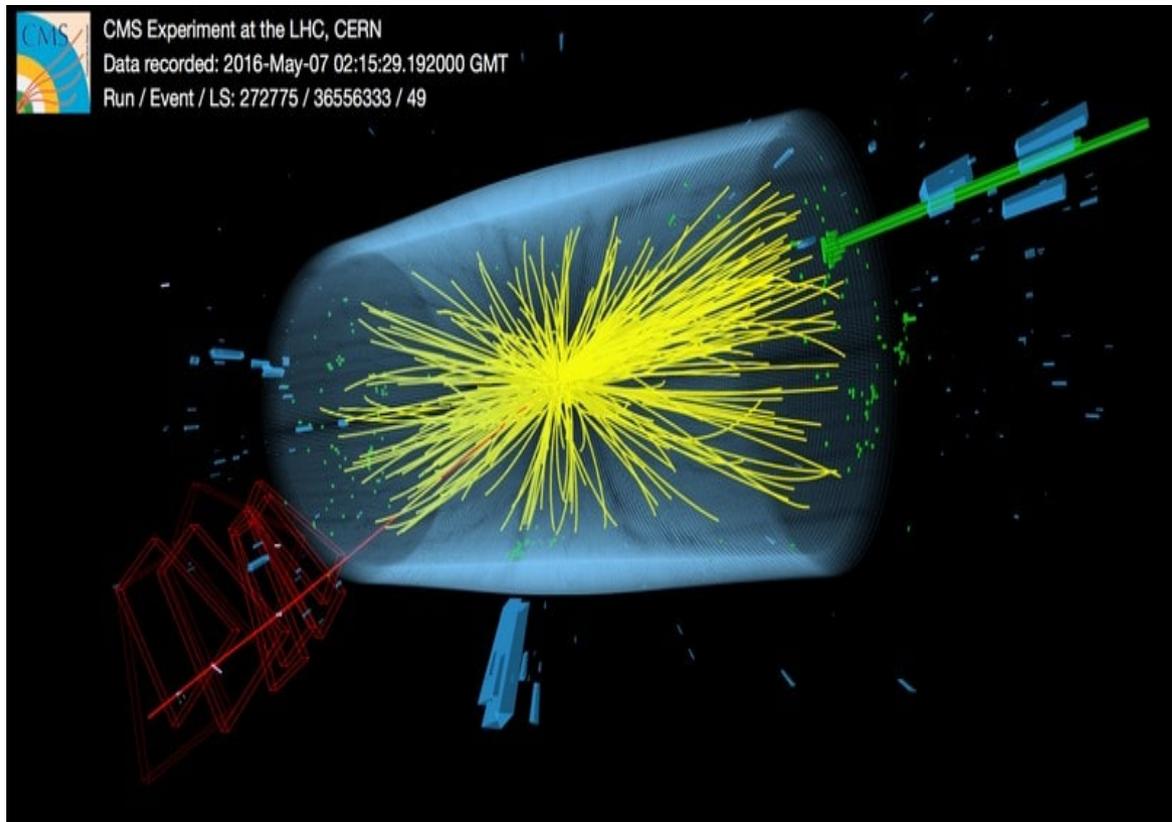


Рис. 3.22. Столкновение протонов в БАК

Протоны – это части атомов с положительным зарядом. Коллайдер ускоряет эти протоны в тоннеле, пока они не достигнут почти скорости света. Различные протоны направлены через тоннель в противоположных направлениях. Когда они сталкиваются, то можно зафиксировать *условия, подобные ранней Вселенной* (рис. 3.22).

С момента запуска БАК стал объектом разнообразных домыслов. Самый известный – в ходе экспериментов может образоваться чёрная дыра и поглотить планету (рис. 3.23).

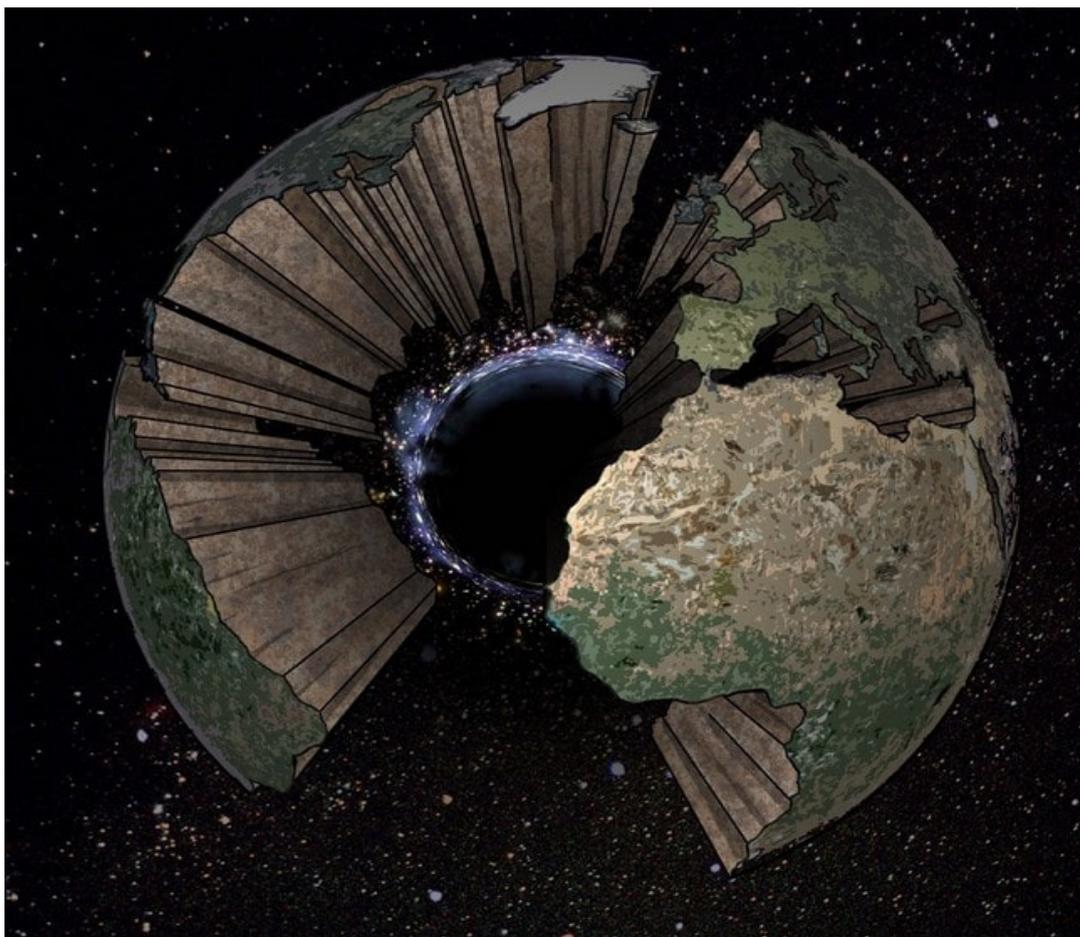


Рис. 3.23. Может ли коллайдер уничтожить Землю?

Есть две причины, чтобы не волноваться.

1. На **БАК** не происходит ничего такого, чего не делают космические лучи, которые ежедневно попадают на Землю, и эти лучи не создают чёрных дыр.
2. Даже если **БАК** действительно создаст чёрную дыру, то она будет крошечной. Чем меньше чёрная дыра, тем короче ее жизнь. Такая чёрная дыра превратится в энергию, прежде чем сможет причинить вред людям.

Возвратимся вновь к Международному термоядерному экспериментальному реактору (ITER). Строительная площадка ITER расположена на юге **Франции**. Стоимость проекта составляет \$19 млрд. (рис. 3.24).

Это настоящий международный прорыв, так как в проекте участвует 35 стран. *Если в 2025 г. будет получена первая плазма в ходе термоядерного синтеза, то это станет новой главой в сфере энергетики.*

Основное отличие такого источника получения энергии от “классической” атомной энергетики в том, что синтез не приносит такого вреда окружающей среде, а значит сам процесс значительно безопасней. Следовательно, такой трагедии, как на Чернобыльской АЭС, можно не опасаться. На данный момент основной вопрос, с которым столкнулись инженеры и ученые, – это поддержка устойчивой термоядерной реакции в течение длительного отрезка времени.

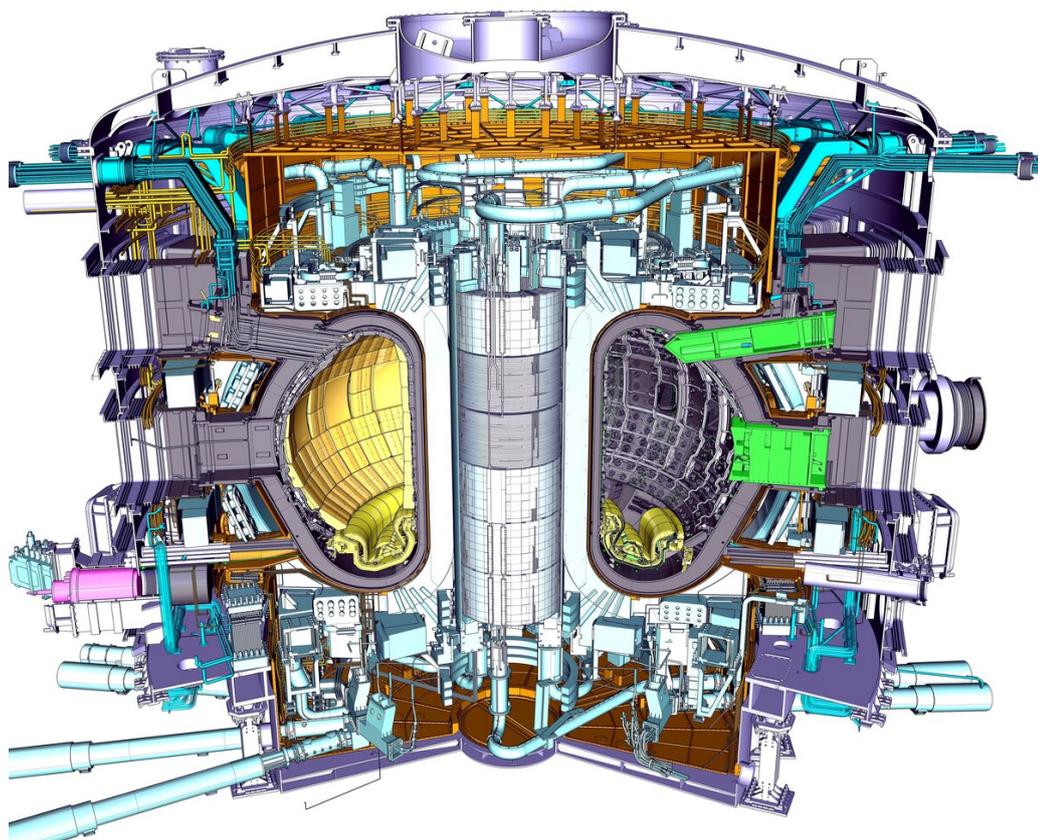


Рис. 3.24. Схема ITER в разрезе. По бокам расположены криостаты

Центральная часть реактора ITER (токамак) является **60-метровой** постройкой, имеющей массу в **23 тыс. т**. Токамак представляет собой камеры, окруженные магнитными катушками, именно в нем будет получена плазма температурой в **150 млн градусов**. К слову, в центре

Солнца температура **меньше в 10 раз** (рис. 3.25).

Ученые говорят, что пройдет еще минимум 10 лет с 2025 г., прежде чем **ITER** выйдет на полную мощность. Предполагаемая мощность устройства оценивается в **500 МВт**.



Рис. 3.25. Трудно представить, что на Земле будет место, где температура станет больше, чем в звезде

3) Развитие энергетических технологий во второй половине XXI в. может быть связано с *дальнейшим освоением космического пространства.*

В этот период может быть реализован ряд проектов по созданию космических энергетических систем, утилизирующих солнечную энергию и передающих ее на Землю с использованием сверхвысокочастотного (СВЧ) или микроволнового излучения.

Предполагается, что основой этой системы будут *солнечные энергетические спутники на геостационарной орбите мощностью порядка 5 ГВт* (рис. 3.26) и *лунная энергетическая система мощностью 20 тыс. ГВт.*

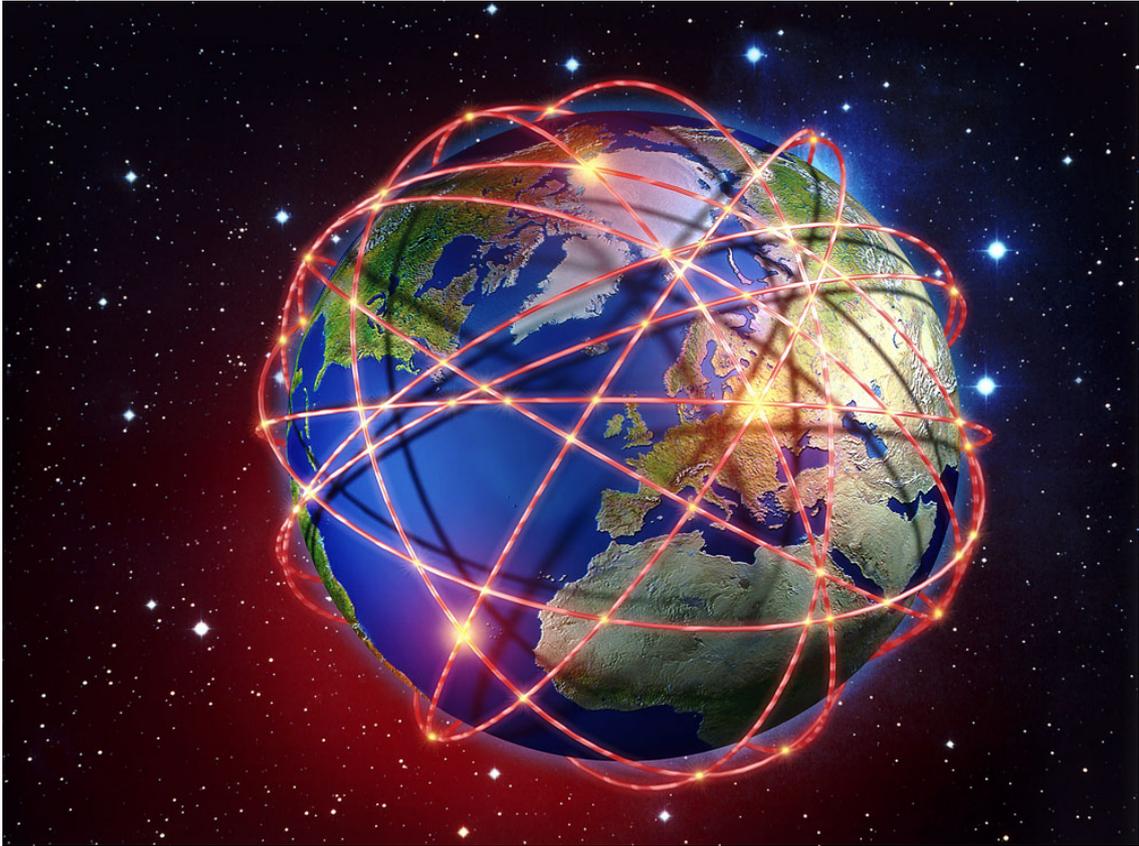


Рис. 3.26. Солнечные энергетические спутники на геостационарной орбите

Проект *Лунной энергетической системы* представлен компанией Shimizu в 2010 г. По задумке японских инженеров, это должен быть пояс из солнечных батарей, протянутый по всему экватору Луны (11 тыс. км) и шириной 400 км (рис. 3.27).

Солнечные панели. Так как производство и транспортировка такого количества солнечных батарей с Земли не представляется возможным, то, по замыслу ученых, солнечные элементы должны будут производиться прямо на Луне. Для этого можно использовать лунный грунт, из которого можно делать солнечные батареи.

Передача энергии. Энергия с этого пояса будет передаваться радиоволнами с помощью громадных 20-километровых антенн и приниматься ректеннами здесь, на Земле. Второй способ передачи, который может использоваться, – это передача световым лучом с помощью лазеров и прием светоприемником на Земле.

Преимущества системы. Так как на Луне нет атмосферы и погодных явлений, энергию можно будет вырабатывать круглосуточно и с большим коэффициентом эффективности.

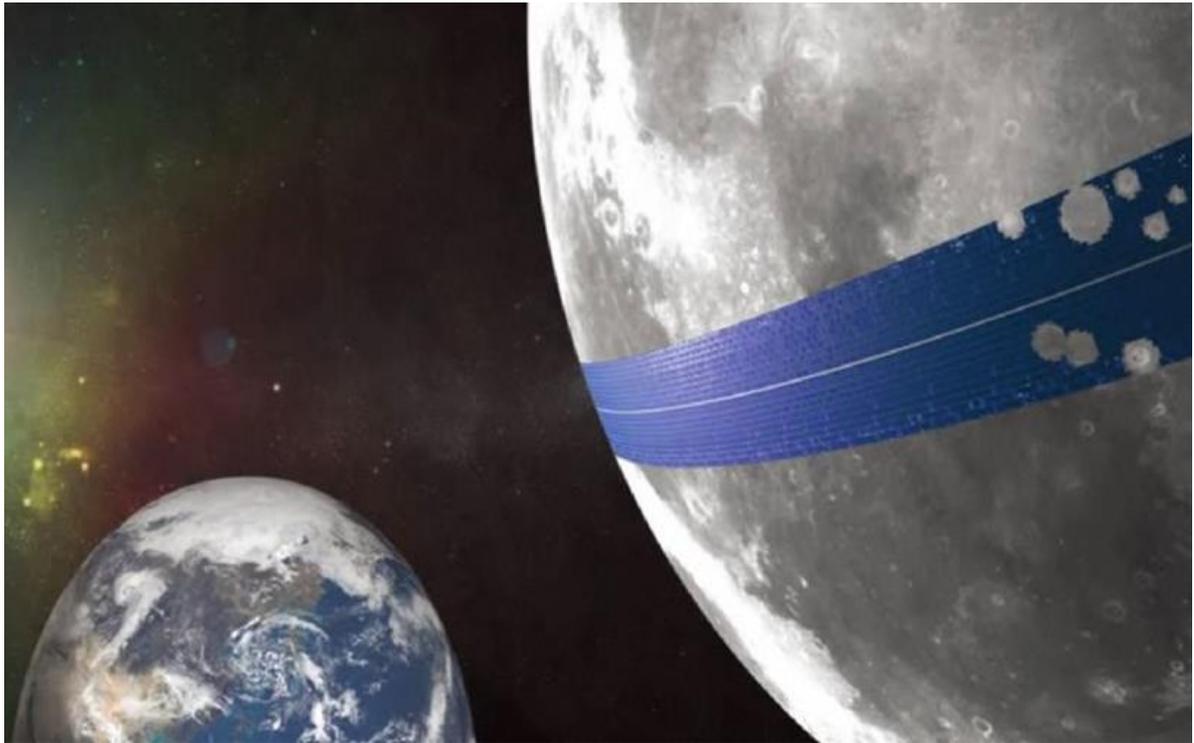


Рис. 3.27. Солнечные батареи на экваторе Луны

Луна является оптимальным местом для солнечных электростанций. Основное преимущество размещения солнечных коллекторов энергии на Луне в том, что большая часть солнечных батарей может быть построена из местных материалов вместо земных ресурсов, что значительно снижает транспортируемую массу и, следовательно, расходы по сравнению с другими вариантами космических солнечных электростанций.

Еще один крупномасштабный проект предполагает добычу на Луне гелия-3 с последующей перевозкой его на Землю и использованием затем в термоядерных реакторах.

В Роскосмосе разрабатывают лунную базу с **мини-АЭС**, места на которой будут сдавать в аренду. Стоимость проекта составляет \$462 млн.

На лунной базе под названием **Patron Moon** смогут жить одновременно **50 человек**, причем для окупаемости в течение года предприятие планирует сдавать места в аренду. Стоимость аренды одного места для одного человека площадью **10 м²** составит **\$10 – 30 млн** (рис. 3.28).



Рис. 3.28. Лунная база с мини-АЭС Роскосмоса

Patron Moon представляет собой заглубляемое в грунт сооружение, внутри которого имеются универсальный стыковочный люк, многофункциональные буры, три выдвижных цилиндра с отсеками для проживания людей и стволопроходческая буровая установка на конце.

Отправить Patron Moon на Луну планируется уже в **2028 г.** на ракетеносителе сверхтяжелого класса «Енисей». Заглубление в лунный грунт будет производиться удаленно, а уже после этого на базу отправятся первые космонавты.

Риски и возможности для России. Для преодоления вызовов будущего и реализации возможностей, заложенных в нем, необходима корректировка государственной энергетической политики с ориентацией на перспективу создания *энергетики постиндустриального типа*.

Рассмотренные выше перспективы развития мировой энергетики создают для России как значительные риски, так и новые возможности.

Энергетическая стратегия России на период до 2030 г. (с актуализацией до 2035 г.) предусматривает различные сценарии развития мировой энергетики и возможности для адаптации к ним.

Однако более отдаленное будущее предполагает принципиально новые вызовы, которые практически не учитываются в современной государственной энергетической политике.

Например, это неотвратимость климатических изменений и потребность в соответствующей климатической политике.

Россия пока не принимает достаточных мер для перехода к *возобновляемым источникам энергии (ВИЭ)*, что делает ее позиции в системе мирового климатического регулирования весьма уязвимыми (системы квот на выбросы, штрафы за их превышение, снижение экспорта ископаемого топлива, возможные тарифные и нетарифные ограничения на поставки углеводородоемкой продукции и пр.).

В России весьма слабо развивается индустрия возобновляемых источников энергии, энергосервисных и энергосберегающих услуг, несмотря на их значительный рыночный потенциал.

Имеется крайне серьезный риск глубокого технологического отставания. Развитие энергетики в России и государственная политика в этой области выдержаны в духе индустриальной энергетики и ориентированы на наращивание добычи ископаемого топлива и энергетических мощностей.

Недостаточное внимание уделяется ключевым направлениям в создании энергетики нового типа – *«умным сетям», управлению энергопотреблением и энергоинформационным системам, технологическому энергосбережению, децентрализации энергоснабжения.*

Переход мира на ВИЭ ставит под вопрос источники доходов в бюджеты стран, которые в значительной мере зависят от экспорта углеводородов.

Для преодоления вызовов будущего и реализации возможностей, заложенных в нем, необходима корректировка государственной энергетической политики с ориентацией на перспективу создания энергетики постиндустриального типа.

Энергетический интернет (Smart grid) – это концепция полностью интегрированной, саморегулирующейся и самовосстанавливающейся электроэнергетической системы, имеющей сетевую топологию и включающей в себя все генерирующие источники, магистральные сети (в том числе межгосударственные системообразующие ЛЭП), местные распределительные сети и все виды потребителей электрической энергии, управляемые единой сетью устройств и систем в режиме реального времени.

Smart grid появилось как коммерческое явление, своего рода PR-акция. Около 15 лет назад придумали схему связи ветроустановки с энергосистемой, и чтобы продать, ее назвали «умной сетью». Потом этот термин стал жить и развиваться.

Интеллектуальная сеть предполагает интеграцию двух инфраструктур — электрической и информационной. По сути дела **smart grid** — это «энергетический интернет». Благодаря ему в любой момент человек знает, сколько стоит электроэнергия и сколько он может ее потребить (рис. 3.29).



Рис. 3.29. Схема smart grid — «энергетического интернета»

Как и в случае с информационными технологиями, нам придется предметно изучать вопросы безопасности применительно к smart grid. Информационная безопасность — ключевая задача для интеллектуальной энергетической системы. Затраты на ее обеспечение пока не подсчитаны, но они могут оказаться существенно большими, чем стоимость создания самой системы.

Эффект же от внедрения интеллектуальных энергосистем будет виден на всех уровнях — от государства до потребителя.

Внедрение комплексных инновационных решений — **smart grid технологий** — основа повышения энергоэффективности электросетевого комплекса в современных условиях.

Таким образом, развитие человечества в **XXI в.** столкнется с необходимостью проведения радикальных преобразований в сфере энергетики.

В период до **2100 г.** произойдет радикальная перестройка структуры мирового энергетического баланса.

Традиционные источники энергии (нефть, газ, уголь) перестанут играть доминирующую роль и уступят место возобновляемым источникам энергии (рис. 3.30).



Рис. 3.30. Будущее за ВИЭ

Многokратно возрастет значение новых технологий, основы развития которых надо закладывать уже сейчас.

Для России это означает необходимость смены приоритетов в развитии энергетики уже в ближайшем будущем.

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

- АЭС – атомная электростанция.
- БАК – большой адронный коллайдер.
- БиоТЭС – биоэлектростанция.
- ВЭС – ветровая электростанция.
- ГАЭС – гидроаккумулирующая электростанция.
- ГеоТЭС – геотермальная электростанция.
- ГРЭС – государственная районная электростанция.
- ГТУ – газотурбинная установка.
- ГЭС – гидроэлектростанция.
- ИТП – индивидуальный тепловой пункт.
- КЭС – конденсационная электростанция.
- СЦТС – система централизованного теплоснабжения.
- ПТУ – паротурбинная установка.
- ПГУ – парогазовая установка.
- ПЭС – приливная электростанция.
- СЭС – солнечная электростанция.
- ТЭС – тепловая электростанция.
- ТЭЦ – тепловая электроцентраль.
- УТС – управляемый термоядерный синтез.
- ЦТП – центральный тепловой пункт.
- ITER – International Thermonuclear Experimental Reactor –
Международный термоядерный экспериментальный реактор.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ветошкин, А. Г. Технология защиты окружающей среды (теоретические основы) [Текст] : учеб. пособие / А. Г. Ветошкин, К. Р. Таранцева; под ред. д-ра техн. наук, проф., академика МАНЭБ и АТП РФ А. Г. Ветошкина. – Пенза : Изд-во Пенз. технол. ин-та, 2004. – 249 с.
2. Иванов, В. Д. Основы теплоснабжения [Текст] : учеб. пособие / В. Д. Иванов, В. Н. Притула, С. В. Иванов. — СПб : СПбГТУРП, 2013. — 404 с.
3. Энергетика: история, настоящее и будущее в 5 т. [Текст] / С. Г. Плачкова и др. – Киев : Издательский дом "АДЕФ-Украина", 2012. – 2013.
 - Т. 1. От огня и воды к электричеству,
 - Т. 2. Познание и опыт – путь к современной энергетике,
 - Т. 3. Развитие теплоэнергетики и гидроэнергетики,
 - Т. 4. Развитие атомной энергетики и объединенных энергосистем,
 - Т. 5. Электроэнергетика и охрана окружающей среды. Функционирование энергетики в современном мире.
4. Энергетическая революция. XXI век. Перегрузка. Земля. Хроники Жизни [Электронный ресурс] – <http://earth-chronicles.ru/news/1-0-28> – 2011 – 2020.
5. Электронные библиотеки [Электронный ресурс] – Режим доступа: свободный (Интернет).

Учебное издание

ИВАНОВ ВЛАДИМИР ДМИТРИЕВИЧ

ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ

ЧАСТЬ 2. ТОПЛИВНЫЕ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ЭНЕРГЕРЕСУРСЫ, ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ

Учебное пособие

Редактор Н.П. Новикова

Техн. редактор Л.Я. Титова

Темплан 2021 г., поз. 12

Подп. к печати 27.04.2021. Формат 60x84/16. Бумага тип. № 1.

Печать офсетная. 8,25 печ.л.; 8,25 уч.-изд.л. Тираж 80 экз.

Изд. № 12. Цена "С". Заказ №

Ризограф Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД, 198095,
Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4.