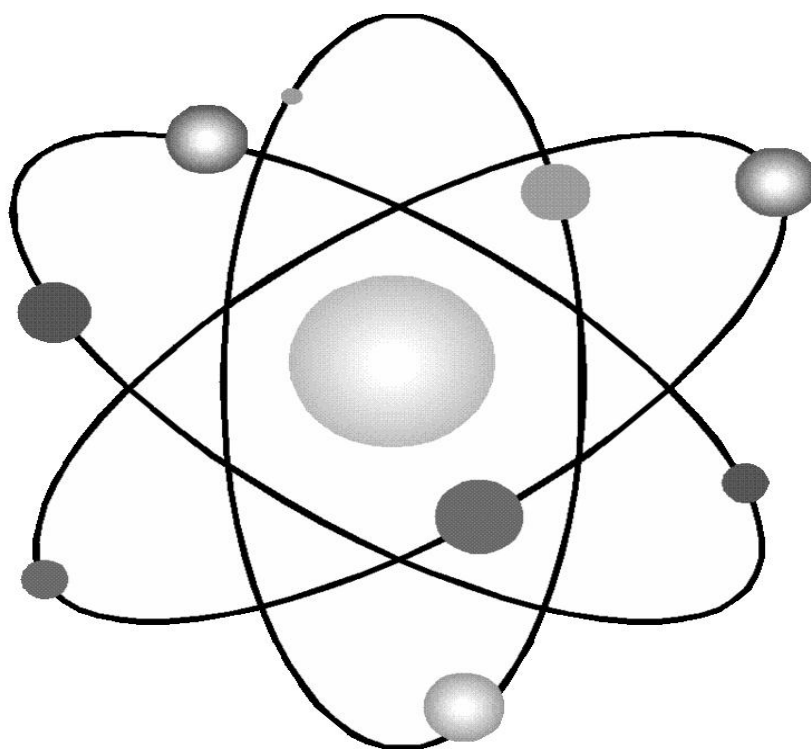


**Ю.А. Балошин, Ю.П. Заричняк  
М.В. Успенская**

**ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ  
(Часть I)**



**Санкт-Петербург  
2015**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

**Ю.А. Балошин, Ю.П. Заричняк, М.В. Успенская**

**ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ (Часть I)**

**Учебное пособие**



**УНИВЕРСИТЕТ ИТМО**

**Санкт-Петербург**

**2015**

**Балошин Ю.А. Заричняк Ю.П. Успенская М.В.** Физические основы ядерной энергетики. Учебное пособие. Часть I. – СПб: Университет ИТМО, 2015. – 49 с.

Пособие адресовано для бакалавров, обучающихся по направлениям 223200 «Техническая физика», 241000 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» и содержит сведения о месте и роли энергетики в развитии общества, тенденции развития топливно-энергетического комплекса в России и мире.

Рекомендовано к печати Ученым советом инженерно-физического факультета, протокол № 6 от 24.06.2014.



**Университет ИТМО** – ведущий вуз России в области информационных и фотонных технологий, один из немногих российских вузов, получивших в 2009 году статус национального исследовательского университета. С 2013 года Университет ИТМО – участник программы повышения конкурентоспособности российских университетов среди ведущих мировых научно-образовательных центров, известной как проект «5 в 100». Цель Университета ИТМО – становление исследовательского университета мирового уровня, предпринимательского по типу, ориентированного на интернационализацию всех направлений деятельности.

© Университет ИТМО, 2015  
© Балошин Ю.А., 2015  
© Заричняк Ю.П., 2015  
© Успенская М.В., 2015

## Содержание

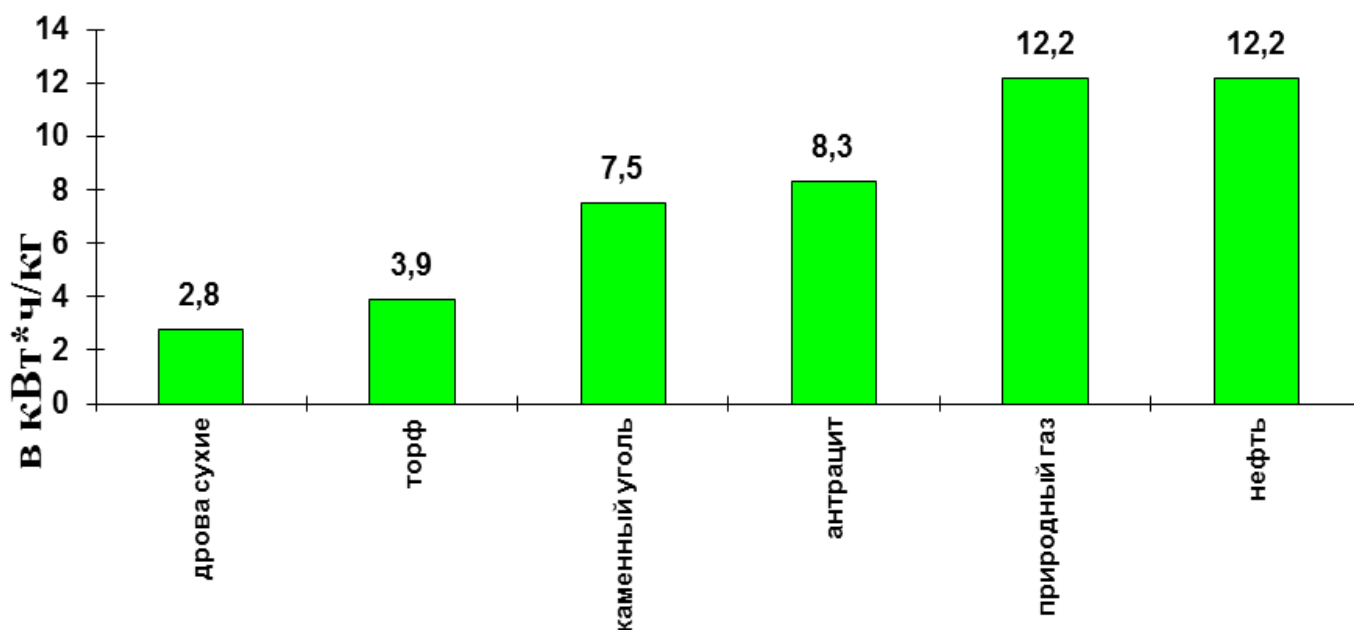
|                                                                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.1 Единицы измерения энергии, удельная энергоёмкость различных видов энергоносителей и масштабы источников выделения и потребления энергии.... | 4  |
| 1.2 Место и роль энергетики в приоритетах технологического развития мира и России .....                                                         | 9  |
| 1.3 Структура топливно-энергетического комплекса .....                                                                                          | 10 |
| 1.4 Методы анализа и прогнозирования производства и потребления энергии                                                                         | 11 |
| 1.5 Основные результаты анализа и прогнозов. Динамика и прогноз мирового потребления первичных источников энергии .....                         | 17 |
| 1.6 Энергетика России – важная часть экономики страны в числе стратегических приоритетов научно-технологического развития.....                  | 25 |
| 1.7 Повышение эффективности энергетики и развитие энергосберегающих технологий.....                                                             | 35 |
| 1.8 Перспективы развития энергетики .....                                                                                                       | 42 |
| Список использованных источников к Разделу 1 .....                                                                                              | 43 |
| О кафедре ИТТЭК НИУ ИТМО .....                                                                                                                  | 44 |

## 1.1 Единицы измерения энергии, удельная энергоёмкость различных видов энергоносителей и масштабы источников выделения и потребления энергии

Энергия измеряется в Джоулях (Дж), мощность в Ваттах (Вт).  $1 \text{ Вт} = 1 \text{ Дж/сек.}$

Масштаб различных неорганических источников энергии, так называемой "Зелёной энергетики", оценивается в тонах нефтяного эквивалента, т.н.э.

### Удельная энергоёмкость топлив



Уран-235 23 000 000 кВт\*ч/кг !!!

Рисунок 1.1 - Удельная энергоёмкость различных энергоносителей

На рисунке 1.1 представлена удельная энергоёмкость различных энергоносителей. В Таблицах 1.1 и 1.2 представлен масштаб изменения уровня потребляемой и производимой энергетической мощности в мире.

Таблица 1.1 - Кратные и дольные единицы энергии

| Кратные единицы |           |             |    | Дольные единицы |           |             |         |
|-----------------|-----------|-------------|----|-----------------|-----------|-------------|---------|
| величина        | название  | обозначение |    | величина        | название  | обозначение |         |
| $10^1$ Вт       | декаВатт  | даВт        | dW | $10^{-1}$ Вт    | дециВатт  | дВт         | dW      |
| $10^2$ Вт       | гектоВатт | гВт         | hW | $10^{-2}$ Вт    | сантиВатт | сВт         | cW      |
| $10^3$ Вт       | килоВатт  | кВт         | kW | $10^{-3}$ Вт    | миллиВатт | мВт         | mW      |
| $10^6$ Вт       | мегаВатт  | МВт         | MW | $10^{-6}$ Вт    | микроВатт | мкВт        | $\mu$ W |
| $10^9$ Вт       | гигаВатт  | ГВт         | GW | $10^{-9}$ Вт    | наноВатт  | нВт         | nW      |
| $10^{12}$ Вт    | тераВатт  | ТВт         | TW | $10^{-12}$ Вт   | пикоВатт  | пВт         | pW      |
| $10^{15}$ Вт    | петаВатт  | ПВт         | PW | $10^{-15}$ Вт   | фемтоВатт | фВт         | fW      |
| $10^{18}$ Вт    | эксаВатт  | ЭВт         | EW | $10^{-18}$ Вт   | аттоВатт  | аВт         | aW      |
| $10^{21}$ Вт    | зеттаВатт | ЗВт         | ZW | $10^{-21}$ Вт   | zeptoВатт | зВт         | zW      |
| $10^{24}$ Вт    | йоттаВатт | ИВт         | YW | $10^{-24}$ Вт   | йоктоВатт | иВт         | yW      |

Таблица 1.2 - Диапазон энергетической мощности различных источников энергии

|                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $10^{-9}$ Ватт             | Поток энергии мощностью примерно в 1 нВт падает на поверхность земли площадью $1 \text{ м}^2$ от звезды яркостью в $+1,4$ звёздной величины.                                                                                                                                                                                 |
| $5 \times 10^{-3}$ Ватт    | Такую мощность (или близкую к ней) имеют обычные лазерные указки.                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 1 Ватт                     | Примерная мощность приёмника/передатчика обычного мобильного телефона.                                                                                                                                                                                                                                                       |
| $10^3$ Ватт                | Небольшой обогреватель имеет мощность порядка 1 кВт. Среднее потребление энергии одного домашнего хозяйства в США составляет примерно $8900 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ за год, это соответствует равномерно потребляемой мощности 1 кВт в течение года.                                                                     |
| $6 \times 10^4$ Ватт       | Легковой автомобиль с двигателем в 80 лошадиных сил имеет мощность примерно равную 60 кВт.                                                                                                                                                                                                                                   |
| $12 \times 10^6$ Ватт      | Электропоезд Eurostar имеет мощность около 12 МВт.                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| $8,2 \times 10^9$ Ватт     | Электростанция Касивадзаки-Карива в городе Касивадзаки (Япония), крупнейшая в мире атомная электростанция, при пиковых нагрузках вырабатывает мощность 8,2 ГВт                                                                                                                                                               |
| $2,24 \times 10^{10}$ Ватт | Самая крупная существующая электростанция Санься (ГЭС «Три ущелья», Китай). Проектная мощность ГЭС — 22,4 ГВт                                                                                                                                                                                                                |
| $10^{12}$ Ватт             | Пиковая мощность среднего удара молнии примерно равна 1 ТВт.                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| $17 \times 10^{12}$ Ватт   | Общее количество потребляемой человечеством электроэнергии в 2007 году оценивалось в $17,1 \text{ ТВт} \cdot \text{часов}$ .                                                                                                                                                                                                 |
| $174 \times 10^{15}$ Ватт  | Исходя из средней мощности потока энергии на поверхности Земли в $1,366 \text{ кВт/м}^2$ , общая мощность потока энергии солнечного излучения, падающего на Землю, примерно равна 174 ПВт (ПетаВатт). Таким образом, если бы Земля не излучала энергию в пространство, она становилась бы тяжелее на 1,94 кг каждую секунду. |
| $3,86 \times 10^{26}$ Ватт | Полная мощность излучения Солнца оценивается учёными в 3,86 ИВт (Йотта Ватт), что более чем в два миллиарда раз больше, чем мощность излучения, падающего на поверхность Земли. Вследствие термоядерных реакций в центре Солнца, наше светило ежесекундно теряет массу около 4 000 000 т, превращая эту массу в излучение    |

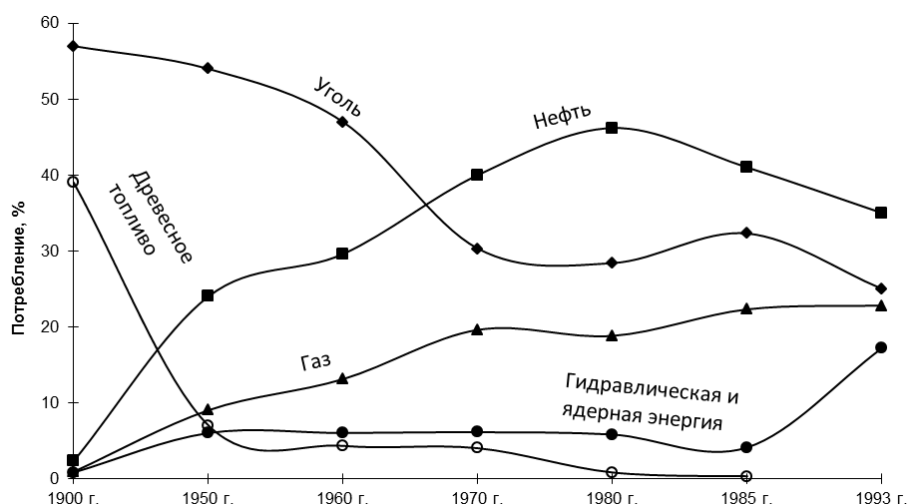


Рисунок 1.2 - Структура потребления топливно-энергетических ресурсов в XX веке

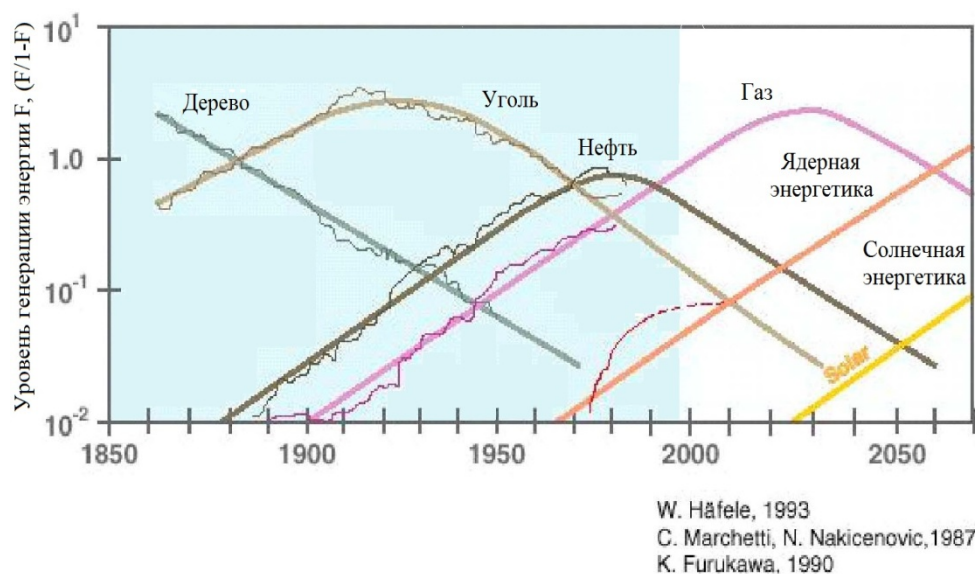


Рисунок 1.3 - Динамика и прогноз потребления различных источников энергии

Структура потребления топливно-энергетических ресурсов в XX веке представлена на рисунке 1.2 [1] и динамика использования различных источников представлена на рисунке 1.3 [2].

Уровень развития энергетики, обеспечивающий масштаб потребления энергии на единицу ВВП развитых и развивающихся стран показан на рисунке 1.4.

Как видно из представленных рисунков, существенное отставание развивающихся стран (около 60 лет) от стран-лидеров обусловлено, прежде всего, уровнем развития технологий нематериального сектора (таких как, сектора финансов, услуг и информационно-коммуникационных технологий) и энергетических технологий.



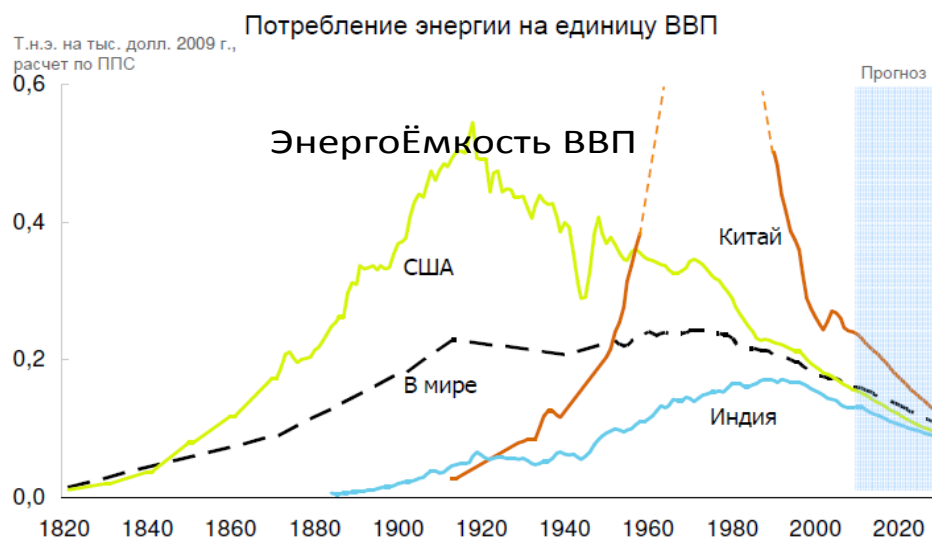


Рисунок 1.4 - Масштаб потребления энергии на единицу ВВП развитыми и развивающимися странами [1-3]

## ВВП и энергетика

Сегодня в большинстве стран неуклонно уменьшается объём энергии, используемый для производства единицы ВВП (далее – энергоёмкость единицы ВВП).

Общая, исторически сложившаяся картина такова: энергоёмкость увеличивается по мере индустриализации стран и роста доли сравнительно более энергоёмкой промышленности в ВВП. Достигает пика: обычно одновременно с пиком доли промышленного сектора в ВВП, кроме того, характер промышленности меняется (от тяжёлых производств с высоким потреблением энергии к предприятиям легкой промышленности с высокой добавленной стоимостью), и она становится более энергоэффективной. Выравнивается в разных странах благодаря торговле энергоносителями, использованию общих технологий и сходствам моделей потребления.

Пиковые уровни со временем снижаются, что происходит по мере повышения энергоэффективности, но оказываются выше в странах, богатых источниками энергии. Глобальная конкуренция и открытость рынков стимулируют сближение уровней энергоэффективности.

*Контрольные вопросы к разделу 1.1.*

1. Что такое энергоэффективность и от чего она зависит?

## 1.2 Место и роль энергетики в приоритетах технологического развития мира и России

Энергетика является одной из ключевых отраслей жизнедеятельности и экономики стран мира. Технологии топливно-энергетического комплекса входят в число важнейших стратегических приоритетных направлений научно-технического развития стран-лидеров входящих в группы G7 и G20 и БРИКС. В обе группы G20 и БРИКС входит и Россия.

Таблица 1.3 - Мировые приоритеты технологического развития 1995 – 2015

| Направления развития                                              | США<br>1995/2001/2007 | Япония<br>1995/2001/2007 | ЕвроСоюз<br>1995/2001/2007 | Ю-В Азия<br>1995/2001/2007 | Средн.Балл/<br>Приоритет |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|
| ИТ (Hard+Soft)                                                    | 1/4/3                 | 5/2/4                    | 6/4/6                      | 5/3/3                      | 15,4/4                   |
| Телекоммуникации                                                  | 2/3/1                 | 2/3/3                    | 2/2/1                      | 1/2/2                      | 7,7/1                    |
| Электротехника<br>+Электроника +<br>Автоматика +<br>Робототехника | 4/2/2                 | 4/1/1                    | 3/1/3                      | 4/1/1                      | 10,1/3                   |
| Энергетика (с новыми<br>источниками энергии)                      | 10/8/3                | 5/6/5                    | 7/6/5                      | 8/6/4                      | 24,3/6                   |
| Транспорт (наземный,<br>водный)                                   | –/5/7                 | /8/7                     | 9/7/3                      | 7/5/5                      | 25,5/7                   |
| Новые материалы +<br>Нанотехнологии                               | 8/6/4                 | 7/4/5                    | 5/3/4                      | /9/4                       | 21,8/5                   |
| Авиация + Космос                                                  | 6/5/5                 | 6/8/6                    | 8/5/9                      | 6/7                        | 25,5/7                   |
| Биотехнологии: Генная<br>+ Клеточная Инженерия                    | 3/1/2                 | 1/4/2                    | –/1/2                      | –/2/4                      | 8,8/2                    |
| High Tech в Медицине                                              | –/–/3                 | –/–/–                    | –/–/2                      | –/–/–                      | –/–                      |

30 ноября 2006 Европарламент принял общий план развития научных исследований в ЕС на период с 2007 по 2013 гг. Framework Programme 7 (FP7).

Научный бюджет ЕС составил 54 млрд. евро.

Самый важный и большой финансовый блок FP7 (более 32 млрд. евро) включает Топ-10 базовых научных направлений:

- Коммуникационные технологии – 9,1 млрд. евро;
- Здравоохранение – 6 млрд. евро (!);
- Транспорт – 4,2 млрд. евро;
- Нано Производство – 3,5 млрд. евро (!!!);
- Энергетика Углеродная промышленная – 2,3 млрд. евро;
- Ядерная энергетика – 2,7 млрд. евро.

Более скромно были профинансированы следующие сектора:

- Продовольственный сектор – 1,9 млрд. евро;
- Охраны окружающей среды – 1,8 млрд. евро;
- Космических исследований – 1,4 млрд. евро;
- Обеспечения безопасности (Security) – 1,4 млрд. евро.

### 1.3 Структура топливно-энергетического комплекса

Основные компоненты структуры топливно-энергетического комплекса представлены на рисунке 1.5.

Место и роль энергетики среди важнейших частей экономики развитых стран мира и России показаны на рисунке 1.6.



Рисунок 1.5 - Основные компоненты структуры топливно-энергетического комплекса

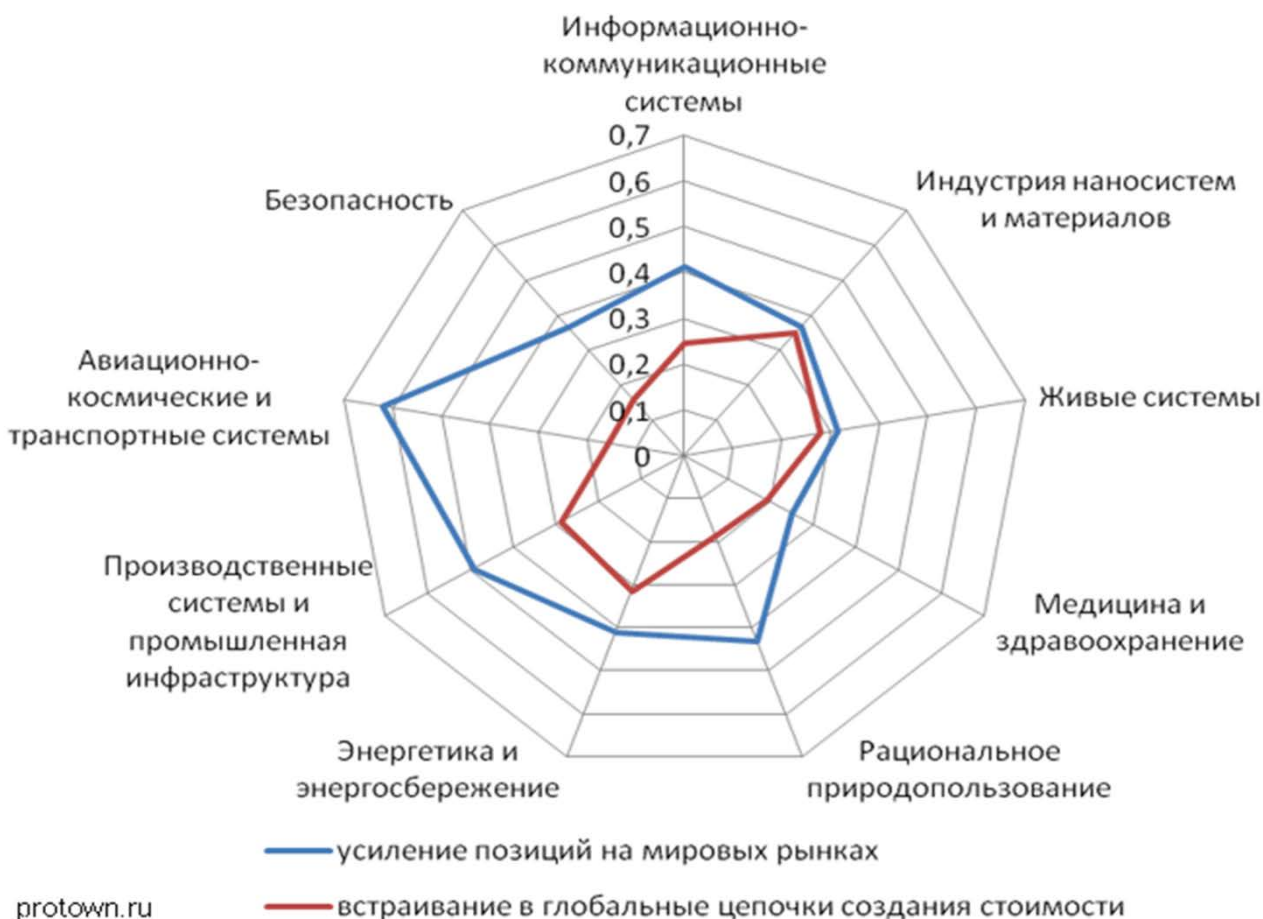


Рисунок 1.6 - Место и роль энергетики в приоритетах технологического развития России. [5]

*Контрольные вопросы к разделу 1.3.*

1. *Расскажите о структуре топливно-энергетического комплекса*

#### **1.4 Методы анализа и прогнозирования производства и потребления энергии [1- 3, 6]**

Последние 40 лет потребление энергии в Европе находится в пределах 800-900 МДж/чел в сутки. За тот же период в Азии потребление выросло с 300 до 450 МДж/чел в сутки, что обусловлено не только ростом населения, но и ростом экономики.

При этом, за последние 30 лет наблюдается общемировой тренд сходимости энергоемкости экономик, в основном за счет Китая и России. В то же время, наблюдается рост объемов мирового энергопотребления – к 2035 году этот показатель вырастет на 39%.

Предполагается, что 94% прироста энергопотребления к 2035 году обеспечат, прежде всего, развивающиеся страны, поскольку их общемировая доля вырастет с 56% до 67%.

В мировой экономике растет интерес к научно-технологическому и социально-экономическому прогнозированию. Прогнозы используются при формировании стратегий развития, подготовки программ и корпоративных планов. Комплексный анализ результативности прогнозов, разнообразия используемых методов, форм организации прогнозов в разных странах не проводился.

В мире разрабатывается примерно 700 прогнозов научно-технологического развития, из них около 230 приходится на долю США, 130 – на долю Европы.

В США прогнозирование считается одной из важнейших форм регулирования экономики. Подчеркивая важность прогнозирования, американский экономист О. Моргенштерн отмечал, что экономическая теория во всех ее видах, в конечном итоге, предназначена для построения прогнозов.

На современном этапе развития экономики стран большое внимание уделяется, прежде всего, обеспечению надежного прогнозирования, позволяющего лучше видеть перспективу и принимать обоснованные решения. Прогнозирование уже не является оторванной от реальности голой теорией, поскольку ассимилировало уже с новейшими достижениями экономической теории, математическими методами моделирования и информационными технологиями.

Для решения технологических и социально-экономических проблем многие ведущие страны привлекают авторитетных ученых, разработчиков технологий, бизнесменов и практиков для формирования научно-технологических прогнозов.

Прогнозы разрабатываются регулярно, но значимым временным интервалом считается 10 лет. В последнее время наряду с рубежными 10-летними прогнозами выполняются ежегодные прогнозы, корректирующие десятилетия.

Важнейшие тренды развития науки и технологий рассматриваются с позиции вклада прогнозируемых технологий в состав базовых технологий четвертого, пятого и развивающегося шестого технологических укладов, включая распределение базовых технологий по всему технологическому укладу, начиная с добычи ресурсов, их переработки, производства машин и оборудования и, заканчивая, конечным потреблением. Тренды рассматриваются как динамические последовательности прогнозируемых событий, к которым относятся научные проблемы и технологии.

Выявленные тренды будут использованы в дальнейшей работе при оценке надежности прогнозов и эффективности используемых способов прогнозирования.

В настоящее время системную работу по мониторингу текущего состояния мировой энергетики и перспектив ее развития проводят в основном три организации [3]:

- *Международное Энергетическое Агентство МЭА*([www.iea.org](http://www.iea.org));
- *Департамент Энергетики США DoE*([www.doe.gov](http://www.doe.gov));

- *Корпорация British Petroleum, Великобритания (www.bp.com).*

Все они могут полностью или в значительной степени считаться разработчиками, действующими в интересах США:

- МЭА – в силу наличия там представителей от этой страны и их политическому авторитету в Агентстве;
- в British Petroleum присутствует влиятельная группа американских акционеров, обслуживающих менеджеров, советников и международных экспертов, благодаря которым поддерживается мнение, что страна, потребляющая до 40% мировых энергетических ресурсов, задает общий вектор развития ТЭК во всем мире.

В последнее время растет число сторонников альтернативной идеи мирового локомотива ТЭК – в лице КНР и ряда других стран Юго-Восточной Азии (прежде всего, Индии), обладающих наиболее высокими темпами роста потребления первичных энергоресурсов. В прогнозах упомянутых трех организаций, развитие экономики стран Юго-Восточной Азии рассматривается как очевидная угроза американскому лидерству в том числе, и в ТЭК.

Главный акцент в прогнозах этих организаций делается на макроэкономическую составляющую энергетики, а именно, на глобальные объемы потребления ресурсов по регионам мира и укрупненным секторам экономики, а также о влиянии цен и некоего абстрагированного – совокупного и постоянно растущего уровня технологий на объемы производства и потребления топливно-энергетических ресурсов.

Сами технологии, как в производстве, так и в потреблении топливно-энергетических ресурсов, как таковые, не являются объектами прогнозирования.

Объемные и ценовые показатели производства, потребления и международной торговли выступают как пассивные результаты внедрения тех или иных новых технологий, таких как, гибридных двигателей, когенерации, солнечной энергетики, водородного топлива и т.п.

Как самостоятельный центр прогнозирования энергетических технологий в США признан Технологический институт штата Массачусетс (МИТ).

Проект «МИТ – энергетическая инициатива» действовала с 2002-2011 гг и за это время были выполнены следующие прогнозы по базовым секторам энергетического комплекса [7], представленные ниже.

- **Будущее ядерной энергетики, 2003-2011 г**

Обзор посвящен, в основном, технологическим урокам аварии на АЭС Фукусима-Даичи. Авария и возможные противоаварийные мероприятия для атомной промышленности: предварительные оценки, июль 2011 г. До аварии на АЭС в Японии в марте 2011г., обновление прогнозов и обзоров по ядерной энергетике шло раз в три года, что соответствовало существующим в стране представлениям о приоритетном развитии данной отрасли, а также интересам к диверсификации в ядерную энергетику деятельности ряда американских сервисных компаний.

- **Роль методов повышения нефтеотдачи пластов в ухудшении**

**коллекторских свойств и истощении карбонатных коллекторов нефтяных пластов, июль 2010 г.**

Работа представляет интерес в свете перспектив развития Российской нефтяной промышленности и использования новых методов увеличения нефтеотдачи пластов. В частности, закачка сухого углеводородного газа, которому посвящено исследование, рассматривается в России как перспективный метод увеличения нефтеотдачи.

- **План мероприятий для автомобильного транспорта: политика, необходимая для сокращения потребления нефти в США и выбросов парниковых газов, декабрь 2009 г.**

Обзор следует рассматривать как продолжение реакции на финансово-экономический кризис. Фактически признается, что технологии потребления ресурсов исследованы недостаточно.

- **Возрождение угольной энергогенерации в США для сокращения зависимости энергетических компаний США и Канады от стремительно дорожающей нефти, март, 2009 г.**
- **Электрификация транспорта, апрель 2010 г.**

Определенное внимание уделяется ориентированным фундаментальным исследованиям, контролируемым американскими компаниями.

- **Будущее геотермальной энергетики: влияние роста производства геотермальной энергии на экономику США в XXI столетии, ноябрь, 2006г.**

Прогноз принципиально не пересматривался в течение последних 5 лет во многом из-за того, что интерес инвесторов к геотермальной энергетике носит регионально-ограниченный характер, а технологические и экономические параметры геотермальных электростанций в значительной мере «разбросаны»: от вполне приемлемых до сверхдорогих и ненадежных.

- **Будущее природного газа.**

Работа представляет собой междисциплинарное исследование МИТ (июль 2010 - май 2011г) из-за пересмотра ранее проведенных исследований 2003 и 2009 годов, связанного с динамичным развитием газовых рынков как в Европе, так и в Азиатско-Тихоокеанском регионе.

Пересмотр ранее проведенного исследования потребовался, предположительно, ради демонстрации возможностей экономики США сократить количество потребляемой нефти (мазута) и газа в свете глобальной тенденции роста цен на энергоресурсы и необходимости сократить зависимость США от ресурсо-добывающих развивающихся стран. Кроме этого, прогноз был подготовлен накануне наиболее острой фазы кризиса в автомобильной промышленности США, сопровождавшейся банкротством GM. Одним из направлений реструктуризации бизнеса этого американского автопроизводителя стало закрытие производства мощных внедорожников и начало работы над моделью более экономичного автомобиля.

- **Будущее угольной промышленности: выбор для мира, ограниченного в углеводородных ресурсах, 2007 г.**

Прогноз в целом показал неплохую сходимость и принципиально не пересматривался в течение последних 4-х лет. Большинство угольных технологий известны в мире, и решающим фактором их внедрения является цена добычи и транспортировки угля в отдельных странах и регионах.

Состав и организация участников разработки прогноза представляет собой стандартный структурированный «пул», в котором четко распределены состав и функции. Он состоит из следующих групп:

- Эксперты – 10-15 человек, в зависимости от направлений исследования. Участвуют собственные эксперты МИТ (до 30% численности) и приглашенные эксперты, включая зарубежных. В последние годы растет число специалистов из технических вузов КНР. Их задача сбор и подготовка материала, написание отчета и формирование исходного массива прогнозной информации для обсуждения наблюдателями и кураторами.
- Наблюдатели – до 5-7 чел., представители компаний-попечителей МИТ, возможно участие представителей других компаний, заинтересованных в развитии определенного типа технологий, отраслей или проектов. Задачи их могут быть различны: от предоставления корпоративной информации до выработки перечня приоритетных направлений технологий и подотраслей, перспективы развития которой представляют интерес. Возможно спонсорство исследований.

В России для согласования мнений основных участников (наука, государство и бизнес) процессов прогнозирования научно-технического и экономического развития энергетики и координации усилий используется особая организационная форма, так называемая Технологическая платформа (ТП) [5].

### **Технологическая платформа "Интеллектуальная энергетическая система России" (STRF.ru).**

Основная цель ТП ИЭС – внедрение интеллектуальных технологий в российской электроэнергетике для обеспечения инновационного прорыва в развитии отрасли, резкого повышения эффективности, надежности и безопасности ее деятельности.

Организационная форма - государственно-частное партнерство.

Технологическая платформа «Интеллектуальная энергетическая система России» сформирована по инициативе ФГУ «Российское энергетическое агентство» и ОАО «ФСК ЕЭС» в соответствии с решением Правительственной комиссии по высоким технологиям и инновациям.

Технологические платформы, как важный элемент инновационной инфраструктуры, широко распространены в Европе и США. Решение о разработке концепций технологических платформ для России было принято в августе 2010 года правительственной комиссией по высоким технологиям и



инновациям под руководством Председателя Правительства РФ Владимира Путина.

Прежде всего, технологическая платформа призвана объединить российские и иностранные энергетические компании, отраслевые научные и конструкторские предприятия, ВУЗы, а также консалтинговые и внедренческие компании, работающие в сфере энергетики. Координатором платформы «Интеллектуальная энергетическая система России» выступает Министерство энергетики Российской Федерации.

Основным целями партнерства являются поддержка эффективного развития энергетической системы нашей страны; создание новых перспективных коммерческих технологий, продуктов и услуг; совершенствование нормативно-правовой базы и стимулирование инновационных разработок в энергетической сфере.

Основное направление разработок в рамках ТП «Интеллектуальная энергетическая система России» – кардинальное повышение эффективности, надежности и безопасности функционирования российской энергетической отрасли.

Такие разработки будут способствовать снижению риска системных аварий; повышению эффективности обслуживания сетей и использования оборудования; вовлечению в энергобаланс возобновляемых источников энергии; снижению потерь при транспортировке; распределению и сбыту электроэнергии, снижению затрат на энергоресурсы бюджетных организаций и ЖКХ, а также сокращению экологических рисков.

В марте 2011 года ЗАО «Российская корпорация средств связи», производитель доверенного телекоммуникационного оборудования, объявила о присоединении к технологической платформе «Интеллектуальная энергетическая система России» (ТП ИЭС). В составе ТП ИЭС РКСС, как разработчик высокотехнологичных систем комплексной безопасности, примет активное участие в перспективных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах по развитию интеллектуальной электрической сети России.

Также консорциум российских компаний "DATA+" и "Esri CIS" объявили о своем присоединении к Технологической платформе (ТП) «Интеллектуальная энергетическая система России».

В соответствии с целями Технологической платформы, консорциум компаний "DATA+" и "Esri CIS" вовлечен в разработку предложений и требований к инновационным продуктам и их применению в российской энергетической отрасли.

Также консорциум примет участие в составлении новых отраслевых образовательных стандартов и подготовке планов мероприятий ТП. При этом, будет задействован опыт партнеров – компаний 3-GIS и Telvent, специализирующихся на ГИС-решениях для электроэнергетики. Как показывает международный и российский опыт, ГИС-технологии служат

сегодня ключевым элементом в построении современных эффективных и безопасных энергетических систем на всех уровнях.

12 апреля 2012 года компания «Астерос» присоединилась к Технологической платформе «Интеллектуальная энергетическая система России». Совместно с государственными, коммерческими и научными организациями «Астерос» будет поддерживать внедрение инноваций в российской энергетике и продвигать интеллектуальные решения.

В рамках партнерства «Астерос» будет участвовать в реализации проектов по созданию ИТ-инфраструктуры интеллектуальных энергетических систем, а также заниматься исследовательской и образовательной деятельностью. Вместе с такими компаниями, как «Oracle», «Cisco», «SAP», «Itron» и «Teradata», «Астерос» будет способствовать распространению инновационных технологий в энергетике, совершенствованию методов автоматизации управления распределенными энергетическими ресурсами.

Заказчикам «Астерос» предложит новейшие разработки и передовые решения для эффективного использования производственных активов энергопредприятия и повышения его конкурентоспособности.

*Контрольные вопросы к разделу 1.4.*

1. *Какие виды экономического прогнозирования вы знаете?*
2. *Перечислите методы анализа и прогнозирования производства и потребления энергии.*
3. *Что такое тренды?*
4. *Перечислите центры экономического прогнозирования.*

### **1.5 Основные результаты анализа и прогнозов. Динамика и прогноз мирового потребления первичных источников энергии [1]**

В настоящее время 80% потребляемой миром энергии создается за счет сжигания ископаемых природных топлив (нефть, уголь и газ), использование которых:

- а) потенциально несет опасность катастрофических экологических изменений;
- б) неизбежно должно когда-нибудь закончиться.

В связи с этим, естественно, возникают следующие серьезные вопросы:

1. Сколько времени еще может продлиться использования природных топлив, особенно с учетом возможных изменений климата планеты?
2. Какие действия должны и можем мы предпринять за это время?

У жителей Саудовской Аравии популярна следующая шутка: «Мой отец ездил на верблюде. Я обзавелся автомобилем, а мой сын уже управляет самолетом. Но вот его сын вновь пересядет на верблюда!».

Потребление первичной энергии по видам топлива в мире

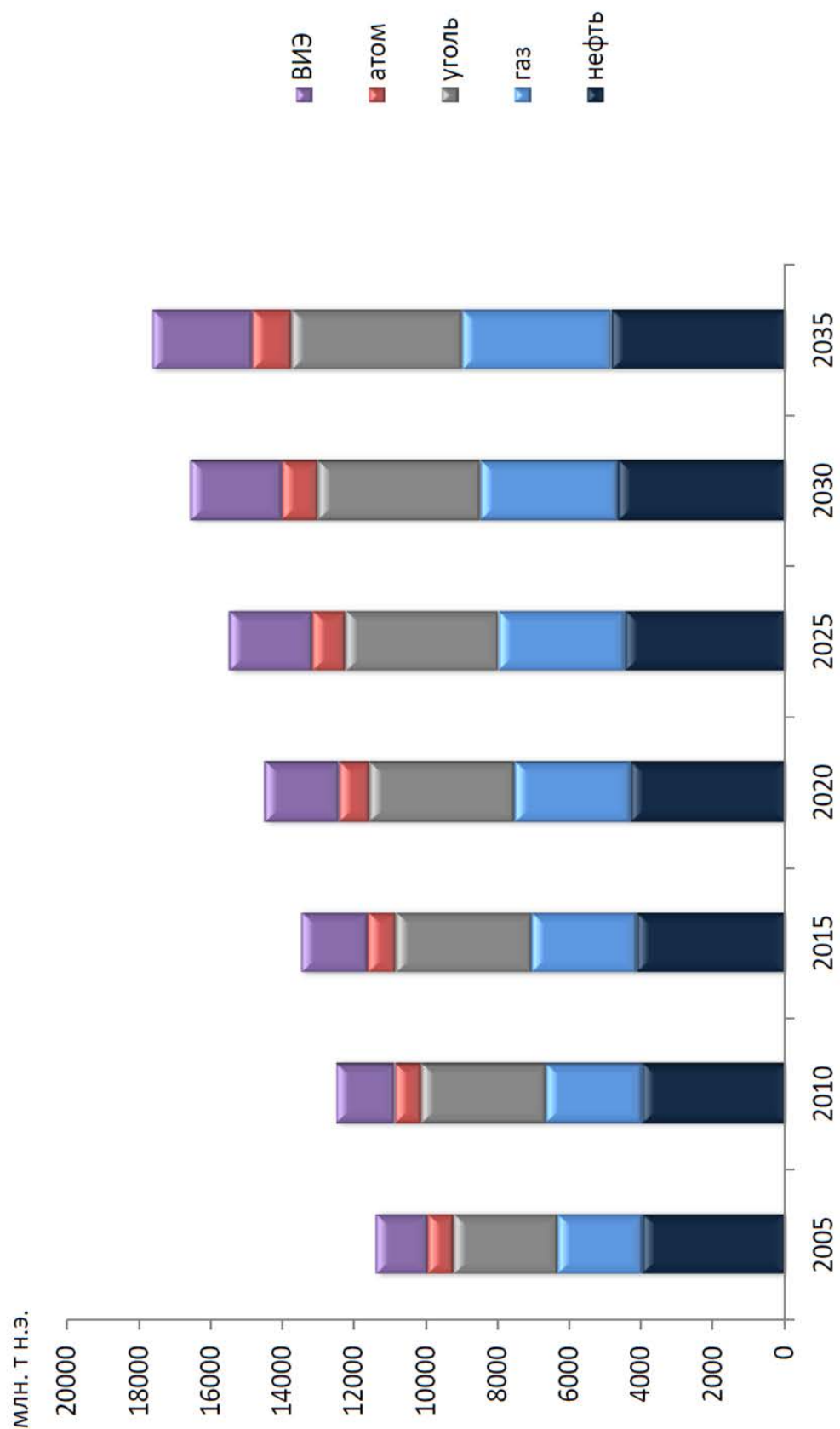


Рисунок 1.7 - Динамика и прогноз мирового потребления первичных источников энергии [1]

# Мировое потребление энергии в коммерческих целях Доля в общем росте потребления энергии

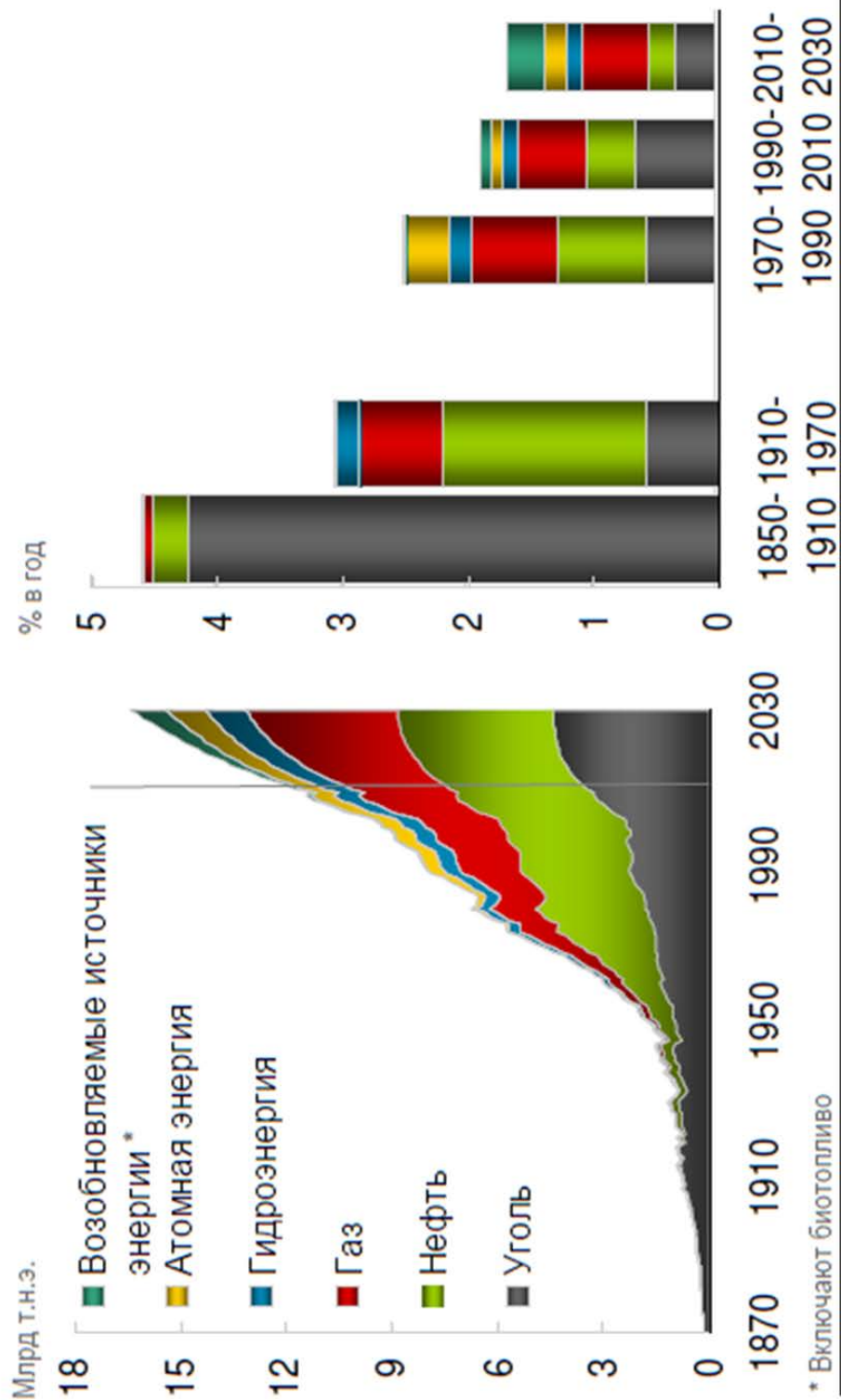


Рисунок 1.8 - Динамика и прогноз мирового потребления первичных источников энергии [3]

## **Динамика и прогноз изменения основных источников энергии.**

Данные прогноза по спросу и добыче нефти, угля и газа на 2010 -2035 гг представлены на рисунках 1.7 – 1.11 и в таблицах 1.4 – 1.6.

По всем серьезным прогнозам запасы нефти в мире закончатся, в основном, примерно через 50 лет.

Таблица 1.4 Основные нефтедобывающие страны [1, 2]

| Страна            | Добыча, млн. т. |
|-------------------|-----------------|
| Саудовская Аравия | 440             |
| США               | 355             |
| Россия            | 350             |
| Иран              | 180             |
| Мексика           | 170             |
| Венесуэла         | 165             |
| Китай             | 160             |
| Норвегия          | 160             |
| Ирак              | 130             |
| Великобритания    | 125             |
| Канада            | 125             |

Даже на основании оценок Геологической службы США (этот прогноз значительно оптимистичнее остальных) рост мировой добычи нефти будет продолжаться не более 20 ближайших лет (другие специалисты предсказывают, что пик добычи будет достигнут уже через 5–10 лет), т.е к 2020-2025 гг., после чего объем добываемой нефти начнет уменьшаться со скоростью около 3% в год.

### **Добыча и потребление угля [1, 2]**

Таблица 1.5 - Основные страны угледобычи [1, 2]

| Страна    | Добыча, млн. тонн |
|-----------|-------------------|
| Китай     | 1170              |
| США       | 970               |
| Индия     | 330               |
| Австралия | 305               |
| Россия    | 270               |
| ЮАР       | 220               |
| Германия  | 200               |
| Польша    | 160               |
| КНДР      | 90                |
| Украина   | 80                |

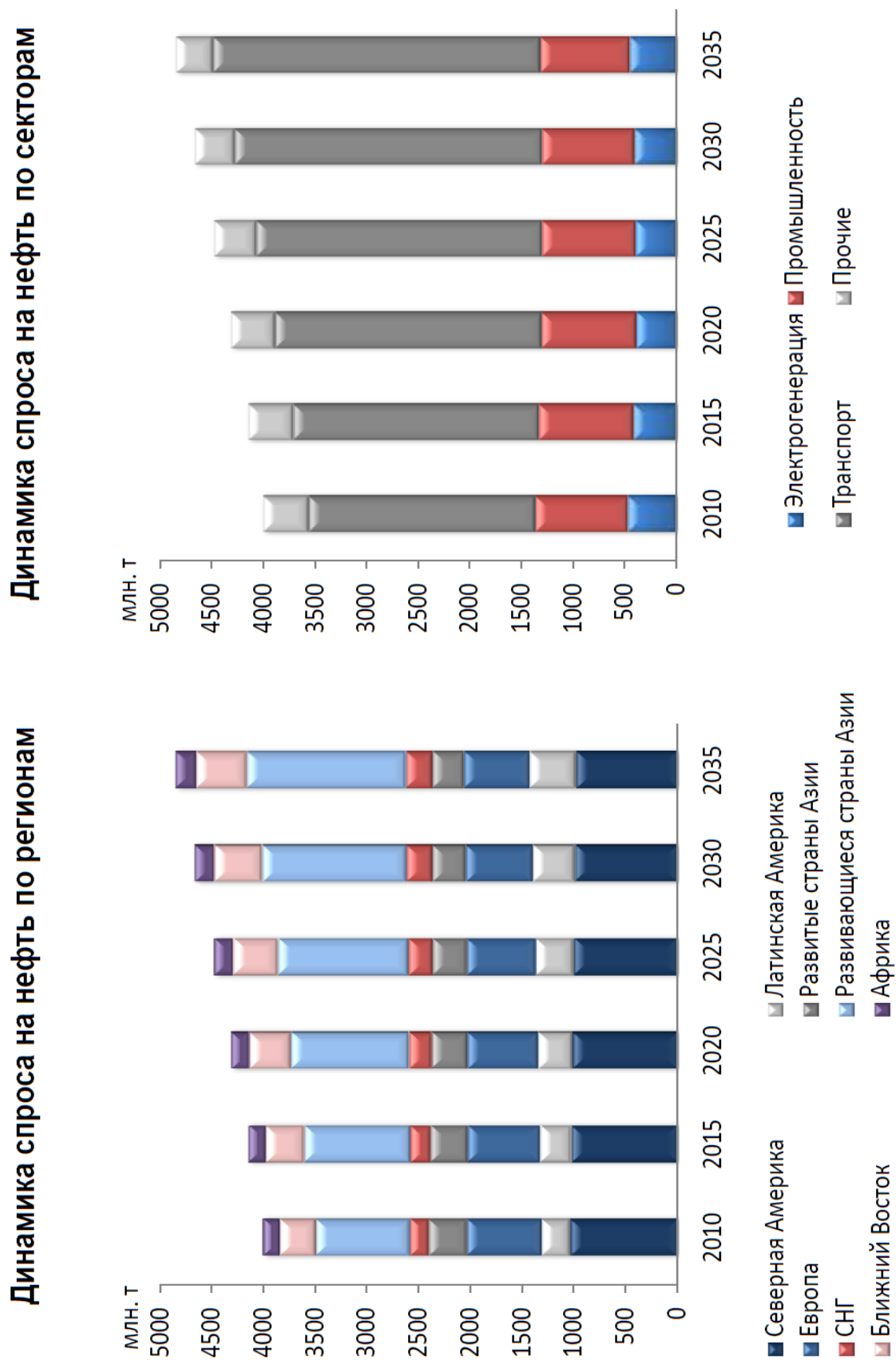


Рисунок 1.9 - Динамика и прогноз спроса на нефть по регионам мира и отраслям экономики [1]

Прогноз потребления угля по регионам мира Доля Китая и Индии в общемировом приросте спроса на уголь

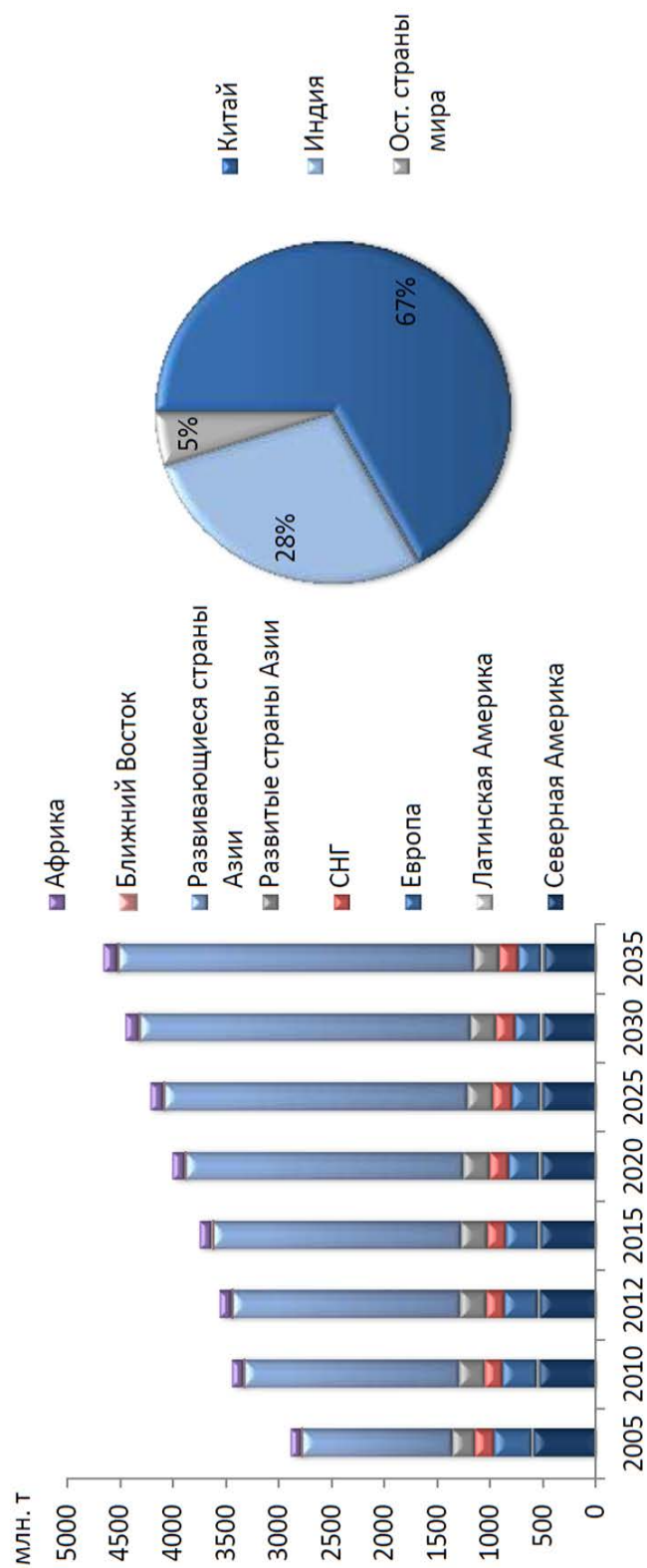


Рисунок 1.10 - Динамика и прогноз спроса на уголь по регионам мира и отраслям экономики [1]

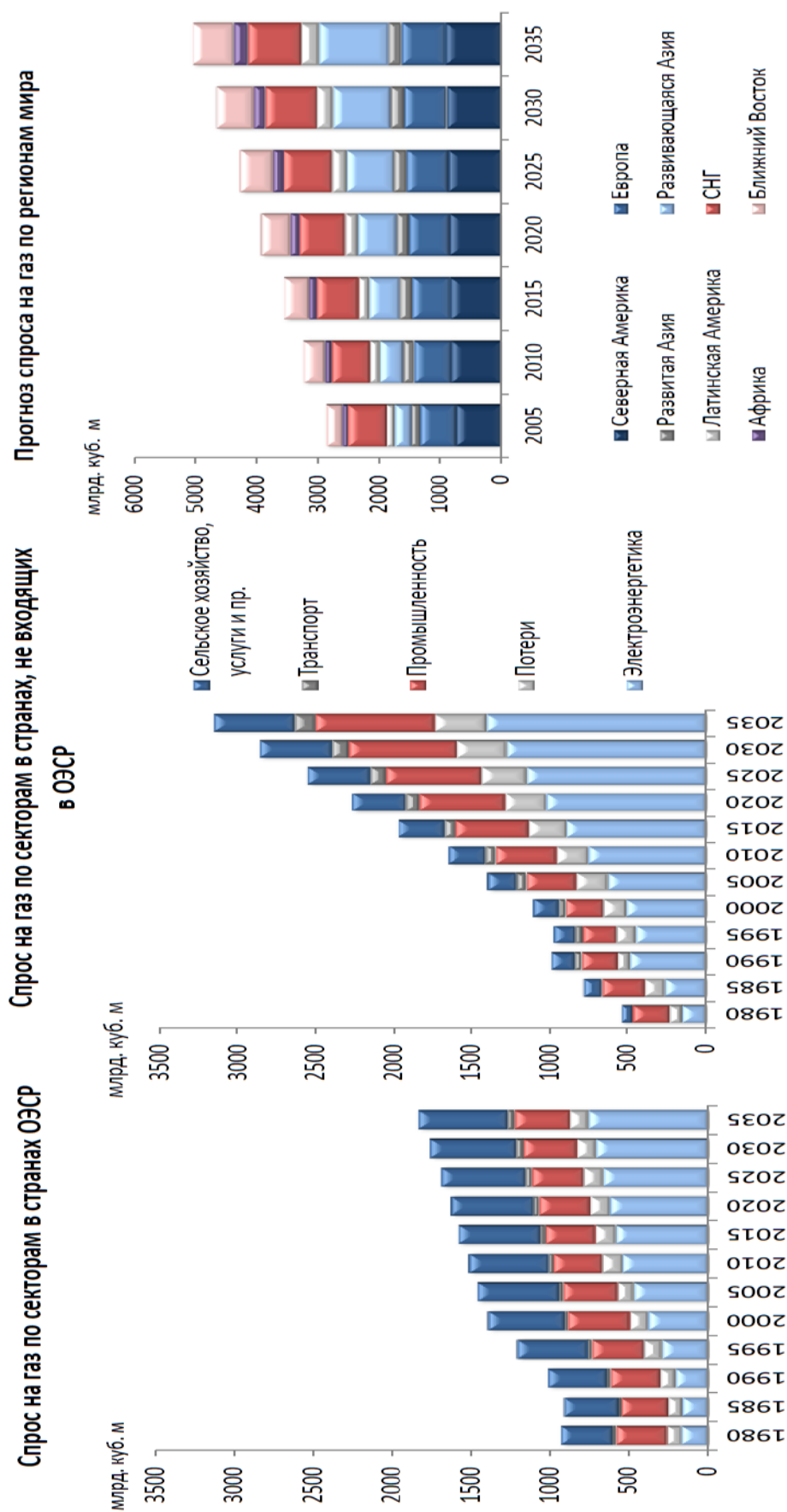


Рисунок 1.11 - Динамика и прогноз спроса и потребления природного газа по регионам мира и отраслям экономики [1]



Перспективы добычи природного газа выглядят не намного лучше [1, 2].

Таблица 1.6 - Основные страны добычи газа [1, 2]

| Страна            | Добыча, 2010 млрд. м <sup>3</sup> |
|-------------------|-----------------------------------|
| Россия            | 585                               |
| США               | 540                               |
| Канада            | 170                               |
| Великобритания    | 110                               |
| Алжир             | 85                                |
| Индонезия         | 65                                |
| Нидерланды        | 60                                |
| Иран              | 60                                |
| Норвегия          | 55                                |
| Узбекистан        | 55                                |
| Саудовская Аравия | 55                                |

Итак, анализ перспектив добычи основных видов ископаемого углеродного и углеводородного сырья (топливной корзины) сводится к следующим выводам:

#### **Топливно́я корзина**

Наблюдается общемировой тренд к снижению потребления угля и к 2035 году, предполагается, произойдет постепенное выравнивание ископаемых видов топлива (нефть - 27%, газ - 27%, уголь-24%) и не ископаемых в сумме 22%!

Значительная часть прироста энергопотребления будет покрываться за счет атомных и возобновляемых источников энергии.

К 2035 году, предполагается, доля ископаемых видов топлива снизится с 81% до 78%.

#### **Развитие рынка**

Такие мощные и долгосрочные тенденции, как индустриализация, урбанизация и автомобилизация, продолжают формировать современную экономику энергетической отрасли.

Эти тенденции связаны с:

- увеличением объема потребляемой энергии;
- повышением эффективности добычи и потребления энергии;
- растущей диверсификацией источников энергии;
- ростом потребительского спроса на чистую и удобную энергию.

Первая волна индустриализации была главным образом обусловлена революционной технологией – паровым двигателем и использованием угля. Уголь оставался преобладающим видом топлива даже после второй мировой войны.

Изобретение электроэнергии и двигателя внутреннего сгорания послужило новой вехой развития, ознаменовавшей диверсификацию источников энергии. Бензин заменил уголь на транспорте. И хотя уголь остается основным видом топлива для выработки электроэнергии, он постепенно вытесняется другими видами топлива, сначала природным газом, затем возобновляемыми источниками энергии.

### **Основные прогнозы**

Нефть сохранит свою роль в качестве основного вида топлива, хотя ее доля в мировом спросе сократится с 35% до 32%.

Спрос на нефть вырастет до 2030 г. на 37% по сравнению с 2006 г.

Можно ожидать, что до 2030 г. произойдет значительное увеличение потребления угля.

Спрос на уголь возрастет на 73%, в результате чего, его доля, в суммарном спросе на энергоресурсы, увеличится с 25% до 28%. Большая часть роста спроса на уголь будет приходиться на Китай и Индию. Доля природного газа возрастет менее значительно - с 21% до 22%.

*Контрольные вопросы к разделу 1.5.*

- 1. Какова динамика мирового потребления первичных источников энергии?*
- 2. Каковы достоинства и недостатки получения энергии за счет сжигания ископаемых природных топлив?*
- 3. Перечислите основные нефтедобывающие страны.*
- 4. Перечислите основные страны угледобычи.*
- 5. Перечислите основные страны по добыче природного газа.*

### **1.6 Энергетика России – важная часть экономики страны в числе стратегических приоритетов научно-технологического развития**

Дмитрий Медведев своим указом утвердил приоритетные направления развития науки, технологий и техники в стране и **перечень критических технологий до 2025 года** (Указ Президента Российской Федерации от 7 июля 2011г., № 899). Этот же перечень утверждён президентом В.В. Путиным в 2012 г.

**«Критическими»** называются технологии, имеющие важное социально-экономическое значение или важное для обороны и безопасности государства.

Перечень критических технологий Российской Федерации:

1. Базовые и критические военные и промышленные технологии для создания перспективных видов вооружения, военной и специальной техники.
2. Базовые технологии силовой электротехники.
3. Биокаталитические, биосинтетические и биосенсорные технологии.
4. Биомедицинские и ветеринарные технологии.
5. Геномные, протеомные и постгеномные технологии.
6. Клеточные технологии.

7. Компьютерное моделирование наноматериалов, наноустройств и нанотехнологий.

8. Нано-, био-, информационные, когнитивные технологии.

9. Технологии атомной энергетики, ядерного топливного цикла, безопасного обращения с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом.

10. Технологии биоинженерии.

11. Технологии диагностики наноматериалов и наноустройств.

12. Технологии доступа к широкополосным мультимедийным услугам.

13. Технологии информационных, управляющих, навигационных систем.

14. Технологии наноустройств и микросистемной техники.

15. Технологии новых и возобновляемых источников энергии, включая водородную энергетику.

16. Технологии получения и обработки конструкционных наноматериалов.

17. Технологии получения и обработки функциональных наноматериалов.

18. Технологии и программное обеспечение распределенных и высокопроизводительных вычислительных систем.

19. Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения.

20. Технологии поиска, разведки, разработки месторождений полезных ископаемых и их добычи.

21. Технологии предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

22. Технологии снижения потерь от социально значимых заболеваний.

23. Технологии создания высокоскоростных транспортных средств и интеллектуальных систем управления новыми видами транспорта.

24. Технологии создания ракетно-космической и транспортной техники нового поколения.

25. Технологии создания электронной компонентной базы и энергоэффективных световых устройств.

26. Технологии создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и использования энергии.

27. Технологии энергоэффективного производства и преобразования энергии на органическом топливе.

В качестве стратегических **приоритетных направлений** научно-технического развития России до 2030 г. определены следующие:

1 Энергоэффективность;

2 Новые виды топлива;

3 Ядерные технологии;

4 Информационные технологии;

5 Медицина.

Основные показатели энергетических ресурсов России показаны на рисунках ниже на рисунках 1.12-1.16.

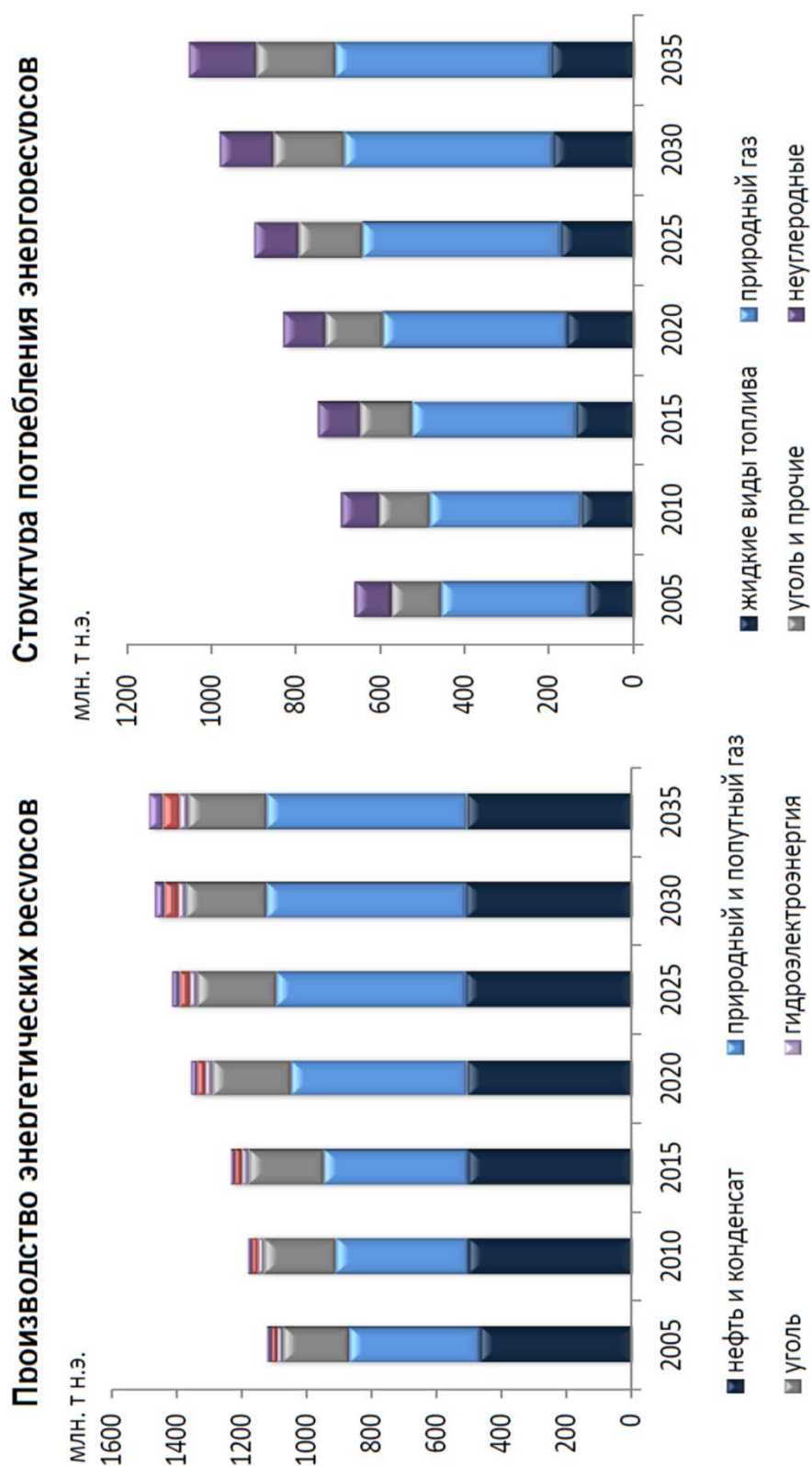


Рисунок 1.12 - Динамика и прогноз производства и потребления энергоресурсов в России [1].

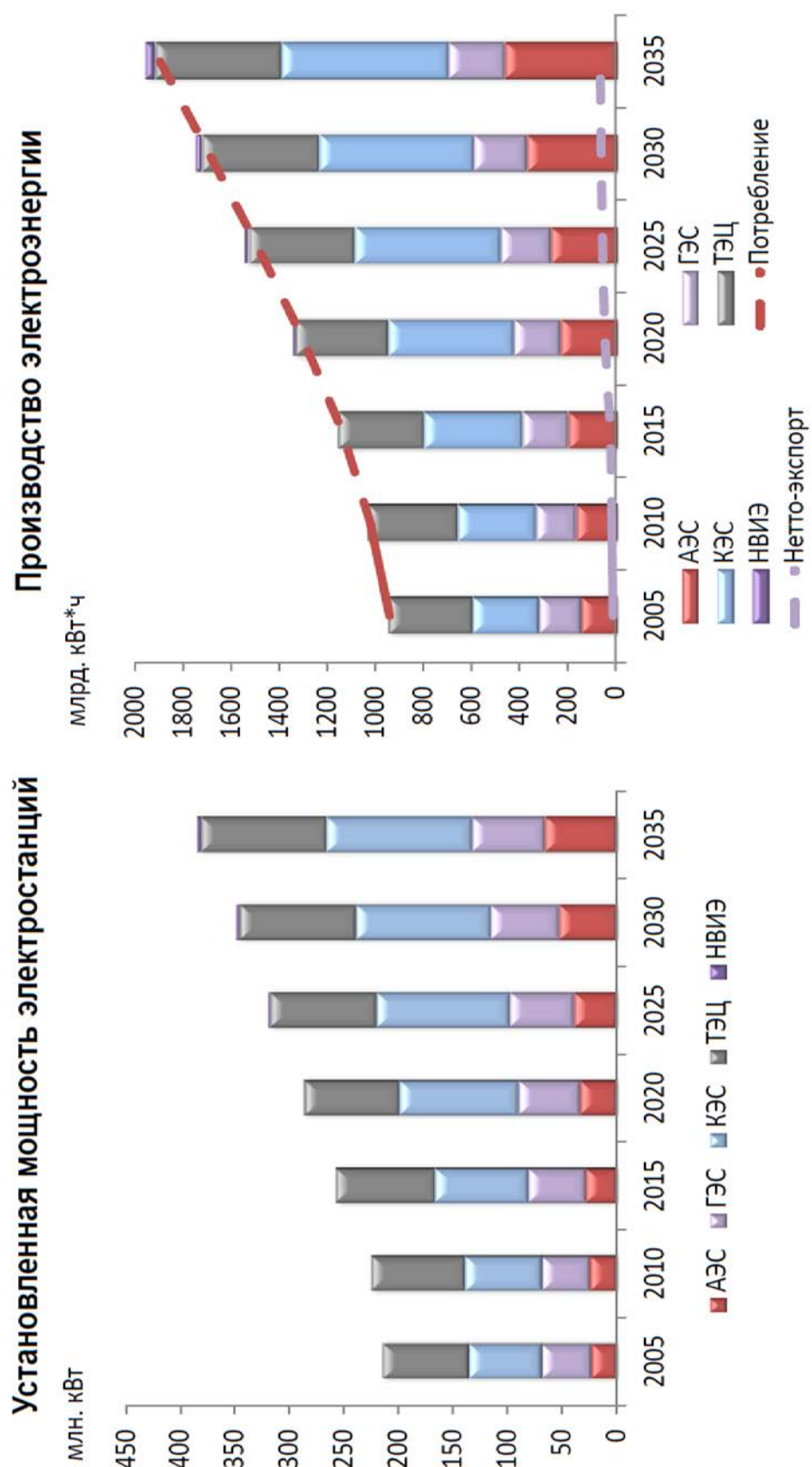


Рисунок 1.13 - Динамика и прогноз производства, потребления электроэнергии в России [1].

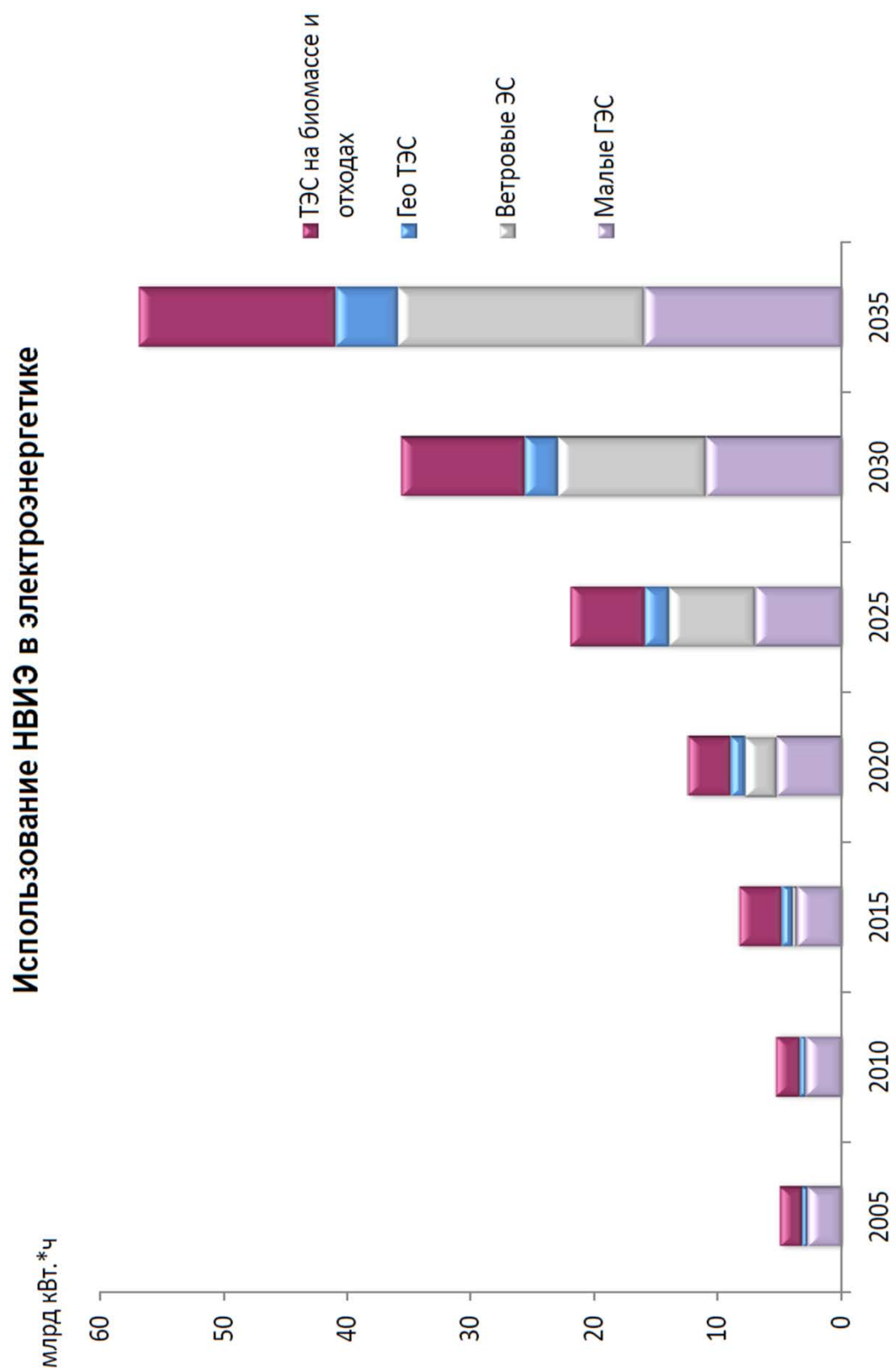


Рисунок 1.14 - Динамика и прогноз производства электроэнергии из возобновляемых энергоресурсов в России [1]

Кризис несколько замедлил снижение энергоемкости российской экономики, но к 2035 г. она снизится на 60%.

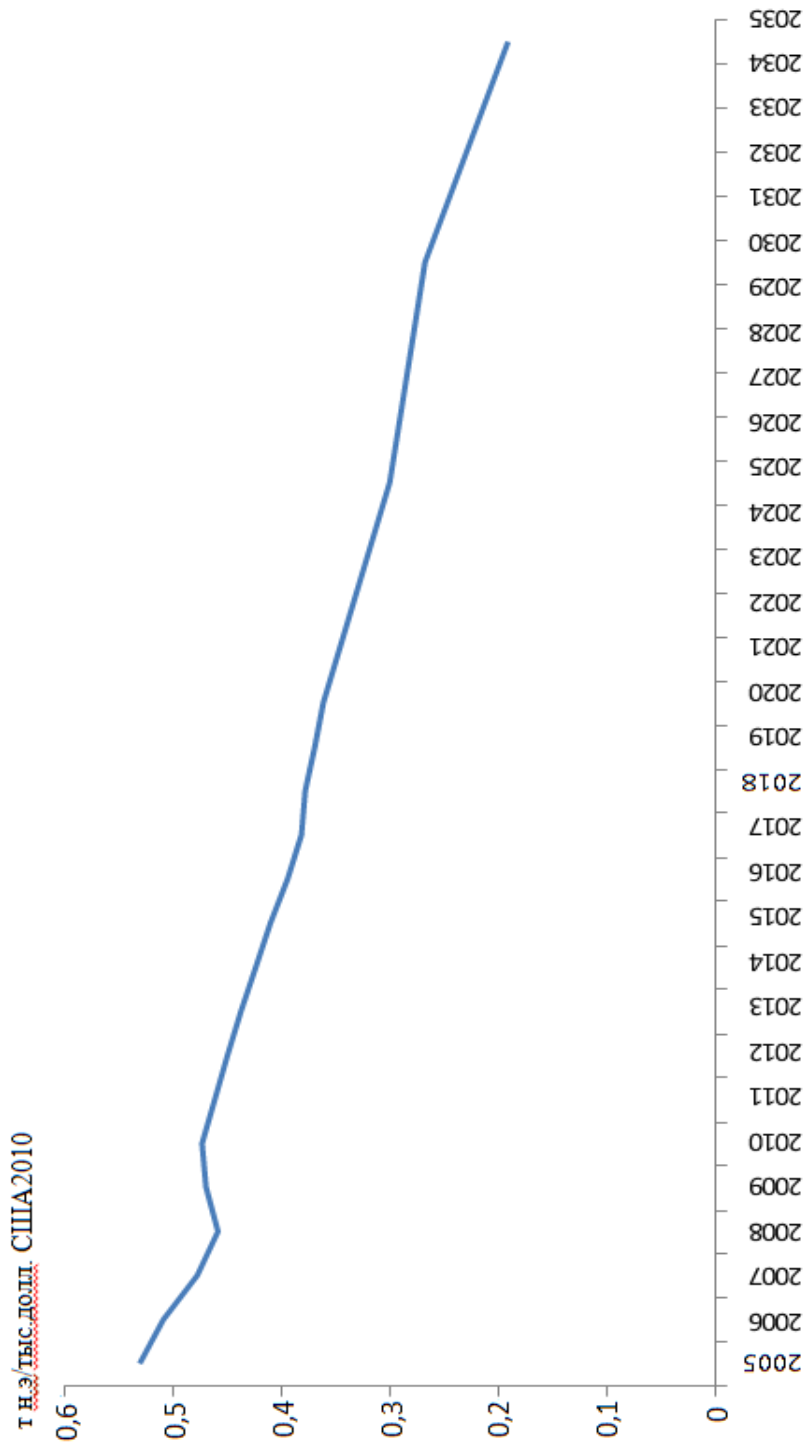


Рисунок 1.15 - Динамика энергоемкости экономики России.

# Энергетика России

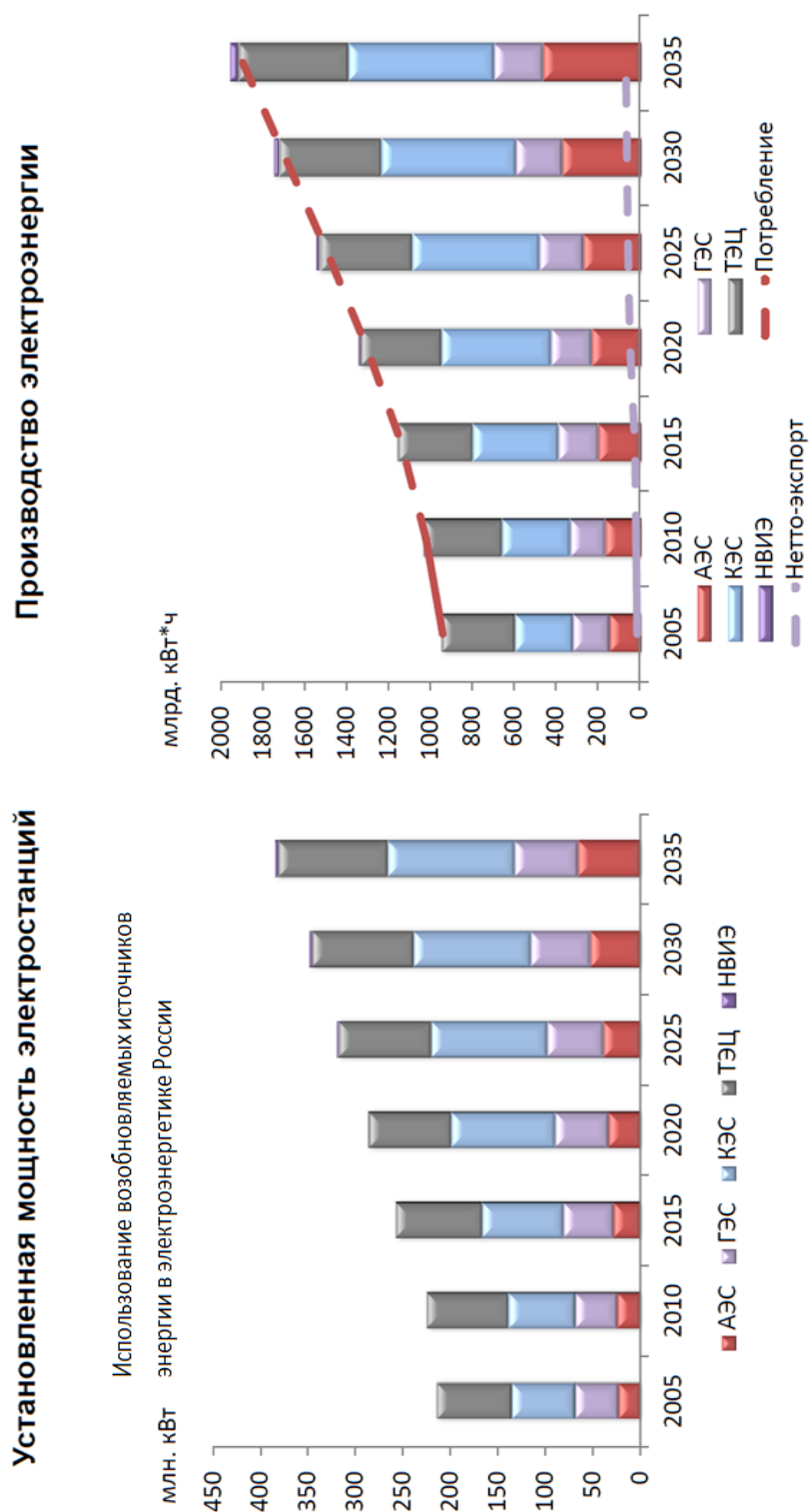


Рисунок 1.16 - Динамика и прогноз производства, потребления электроэнергии в России [1].



Правительство РФ окончательно утвердило ЭнергоСтратегию РФ до 2030 года[5]. Этот факт зафиксирован распоряжением, подписанным главой кабинета министров Владимиром Путиным. При этом предыдущая ЭнергоСтратегия до 2020 года, утвержденная в 2003 году, признается утратившей силу.

За основу «ЭС 2030» приняты укрупненные прогнозные гипотезы социально-экономического развития страны.

Как следует из текста Стратегии, за время ее реализации произойдет снижение зависимости российской экономики от энергетического сектора за счет опережающего развития инновационных малоэнергоемких секторов экономики и реализации технологического потенциала энергосбережения.

Это выразится в сокращении к 2030 году (по сравнению с уровнем 2005 года): доли топливно-энергетического комплекса в валовом внутреннем продукте и доли топливно-энергетических ресурсов в экспорте — не менее чем в 1,7 раза; доли экспорта топливно-энергетических ресурсов в валовом внутреннем продукте — более чем в 3 раза; доли капиталовложений в топливно-энергетический комплекс в процентах к валовому внутреннему продукту — не менее чем в 1,4 раза, их доли в общем объеме капиталовложений — более чем в 2 раза; удельной энергоемкости валового внутреннего продукта — более чем в 2 раза.

Вместе с тем в период действия настоящей Стратегии российский энергетический сектор сохранит свое определяющее значение при решении важных стратегических задач развития страны.

Сама энергостратегия разделена на три этапа.

**Первый этап — 2013—2015 гг.** На этом этапе планируется преодолеть кризисные явления в энергетике и создать условия для роста.

**Второй этап — с 2015 по 2022 годы.** На этом этапе подразумевается общее повышение энергоэффективности на основе инновационного развития ТЭК.

**Заключительный этап — с 2022 по 2030 годы** — будет посвящен эффективному использованию энергоресурсов и созданию задела для перехода к нетопливной энергетике.

Ожидается, что к 2030 году доля малоэнергоемких отраслей, таких как, машиностроение, легкая и пищевая промышленности и др., в структуре промышленного производства вырастет 1,5 — 1,6 раза и составит более половины общего объема промышленного производства в стране против 33% в настоящее время.

Планируется увеличение добычи нефти к 2030 году в России до 530 — 535 млн. тонн, газа — до 880 — 940 млрд. кубометров, производство электроэнергии — до 1,8 — 2,2 трлн. кВт.ч.

Экспорт нефти и нефтепродуктов составит по ЭнергоСтратегии к 2030 году 329 млн. тонн, экспорт газа — 349—368 млрд. кубометров.

Добыча нефти в Восточной Сибири к 2030 г. будет составлять 14% общей добычи в РФ. Согласно утвержденной ЭнергоСтратегии, добыча нефти в этом

регионе в 2008 году составила 500 тыс. тонн. К 2030 году в Восточной Сибири планируется добывать 75 — 69 млн. тонн.

На Северо-Западе РФ к 2030 году смогут добыть 42—43 млн. тонн, в Поволжье — 34—36 млн. тонн, на Урале — 25—29 млн. тонн, на Кавказе и Прикаспийском регионе 21—22 млн. тонн, в Тюменской области — 291—292 млн. тонн и на Дальнем Востоке — 32—33 млн. тонн.

По прогнозам Минэнерго, на Ямале к 2030 году планируется добывать 185—220 млрд. кубометров газа, в Восточной Сибири — 45—65 млрд. кубометров, на Дальнем Востоке — 85—87 млрд. кубометров.

При этом добыча в основном газодобывающем регионе — Надым-Пуртазовском — будет постепенно снижаться — в 2013—2015 годах она прогнозируется на уровне 531—559 млрд. кубометров, при этом, к 2020 — 2022 годам она снизится до 462—468 млрд. кубометров, а к 2030 году — до 317—323 млрд. кубометров.

Максимальный объем добычи на Штокмановском месторождении в 2013 — 2015 годах составит 23 млрд. кубометров, в 2020—2022 годах добыча прогнозируется на уровне 50—51 млрд. кубометров, а к 2030 году — 69—71 млрд. кубометров.

Суммарные инвестиции в ТЭК до 2030 года по Энергостратегии оцениваются в 60 трлн. рублей.

Капитальные вложения в развитие нефтяного комплекса РФ в 2009—2030 гг. составят 609—625 млрд. долларов. На первом этапе (ориентировочно 2013—2015 гг.) капвложения ожидаются на уровне 162 — 165 млрд. долларов, на втором (2020—2022 гг.) — 134—139 млрд. долларов и на третьем этапе (до 2030 г.) — 313—321 млрд.

Из этих средств в добычу и геологоразведку планируется вложить \$491—501 млрд. (первый этап — \$110—111 млрд., второй — \$109—112 млрд., третий — \$272—278 млрд.), на переработку направят \$47—50 млрд. (Цифры приводятся в ценах 2007 года.)

Развитие газовой отрасли в 2009—2030 гг. потребует \$565—590 млрд. капитальных вложений. На первом этапе капвложения ожидаются на уровне \$150—155 млрд., на втором — \$131—136 млрд. и на третьем этапе — \$284—299 млрд.

Из этих средств на добычу необходимо направить \$186—194 млрд. (по этапам: \$45—46 млрд., \$43—45 млрд. и \$98—103 млрд.), на транспорт — \$277—289 млрд. (\$73—75 млрд., \$63—65 млрд., \$141—149 млрд., соответственно), на подземные хранилища газа и переработку — \$103—107 млрд. (\$32—34 млрд., \$25—26 млрд., \$45—47 млрд.).

Объем капитальных вложений, необходимых для развития электроэнергетики России на период с 2009 по 2030 гг., оценивается в \$572—888 млрд. В поэтапном варианте это выглядит следующим образом: \$122—126 млрд., \$110—233 млрд. и \$340—529 млрд. на третьем этапе. Установленная мощность российских электростанций вырастет к 2030 году с нынешних 225 ГВт до 355—445 ГВт.

В области энергосбережения объем, необходимый в инвестициях, впечатляет и составляет не меньше — \$547—588 млрд. за 21 год.

В целом экспорт энергоресурсов к 2030 году составит 974—985 млн. тонн условного топлива (т.у.т.) против 883 млн. т.у.т. в 2008 году. При этом, экспорт нефти и нефтепродуктов составит по энергостратегии к 2030 году 329 млн. тонн (экспорт нефти останется практически на уровне 2008 года), экспорт газа — 349—368 млрд. кубометров. При этом, в сфере экспорта нефти и нефтепродуктов государство будет стремиться к диверсификации товарной структуры и направлений экспортных поставок главным образом за счет развития восточного вектора поставок. Стратегия предусматривает увеличение доли восточного направления в структуре экспорта жидких углеводородов с 8% до 22—25% к концу третьего этапа ее реализации.

Вместе с тем, объемы экспорта нефти и нефтепродуктов в абсолютном исчислении будут оставаться стабильными на всем протяжении действия Стратегии, испытывая незначительные колебания. Ежегодные уровни экспорта жидких углеводородов будут колебаться в диапазоне 315 — 330 млн. тонн.

Стратегическими направлениями внешнеэкономической активности нефтяного комплекса станут расширение присутствия российских компаний в зарубежных технологических цепочках от добычи до переработки и реализации жидких углеводородов, увеличение транзита нефти сопредельных стран через российскую территорию, формирование нового маркерного сорта российской нефти REBCO и содействие организации международной торговли этим сортом.

В документе также предполагается увеличение доли сжиженного природного газа (СПГ) в экспорте газа до 14%-15%.

В сфере недропользования ожидается увеличение прироста запасов на новых территориях и акваториях. Доля добычи нефти на морских месторождениях в воспроизводстве запасов к 2030 году составит не менее 10—15%, газа — не менее 20—25%. Отношение ежегодного прироста разведанных запасов к объемам добычи по основным видам ресурсов (нефть, газ, уголь, уран) будет выше единицы. К 2030 году предполагается повысить коэффициент нефтеотдачи на месторождениях до 35—37%.

Энергостратегия рассчитывает на снижение доли газа в общем потреблении энергоресурсов в РФ с 52% до 47% и на рост доли нетопливной энергетики с нынешних 10% до 14%. При этом, как ожидается, произойдет изменение структуры соотношения цен на газ и уголь, таким образом, что газ станет дороже угля.

И еще одна деталь: доработка и уточнение настоящей Стратегии осуществляется не реже 1 раза в 5 лет с одновременной пролонгацией ее временного диапазона.

Из вышесказанного ясно, что уже сейчас Человечество должно готовиться к окончанию эпохи использования ископаемых типов горючего. Говоря об изменении климата, стоит напомнить, что попадающий в атмосферу углекислый газ CO<sub>2</sub> сохраняется в ней столетиями, так что бороться против его

воздействия надо начинать уже сегодня за счёт роста и развития возобновляемых источников энергии!

*Контрольные вопросы к разделу 1.6.*

1. *Что такое критические технологии? Перечислите основные критические технологии.*
2. *Перечислите основные приоритетные направления развития страны.*
3. *В чем заключается ЭнергоСтратегия РФ до 2030 года.*

### **1.7 Повышение эффективности энергетики и развитие энергосберегающих технологий [2]**

Весьма вероятно, что человечество растратит последние остатки ископаемых топлив за ближайшее столетие, и поэтому единственным средством срочной борьбы с драматическим изменением климата могут стать методы, обозначаемые аббревиатурами EEG (Energy Efficiency Growth - Повышение энергоэффективности), CCS (Carbon Capture and Storage - улавливание и хранение оксидов углерода), основанные на улавливании производимого электростанциями и крупными заводами CO<sub>2</sub> и его дальнейшей изоляции и развитии инновационных технологий производства и потребления не-углеродной энергии в том числе различных возобновляемых источников. Понятно, что любая программа такого типа будет длительной, сложной и дорогостоящей.

Из реальных действий при подготовке к окончанию эпохи использования ископаемых топлив можно выделить следующие:

#### **"Зелёная" энергетика**

Этот путь подразумевает повышение эффективности уже существующих методов получения, передачи и использования энергии. Разумеется, внедрение таких улучшений режимов работы потребует начальных финансовых вложений, но они должны окупиться в дальней перспективе.

Уже сейчас можно указать вполне доступные методики серьезного сбережения энергии (например, за счет повышения эффективности двигателей транспортных средств, рационализации методов строительства и т.п.).

Многофакторная оценка приоритетных направлений представлена на рисунке 1.17.

Повышение эффективности использования энергии должно сократить рост ее потребления в мировом масштабе, а реальное решение проблемы может быть найдено лишь на пути уменьшения огромного разрыва в уровне жизни населения развитых стран и стран третьего мира. Эти страны называют развивающимися, и в них миллионы людей отчаянно нуждаются хотя бы в некотором улучшении условий жизни (особую остроту проблеме придает тот факт, что население бедной части мира должно увеличиться к 2030 году

примерно еще на 30%). Примером эффективного энергосбережения является инициатива известной фирмы Microsoft:

Microsoft хочет отапливать дома при помощи серверов

<http://newsland.com/index/news/tag/244/> (Источник: [vipmolik.net](http://vipmolik.net)).

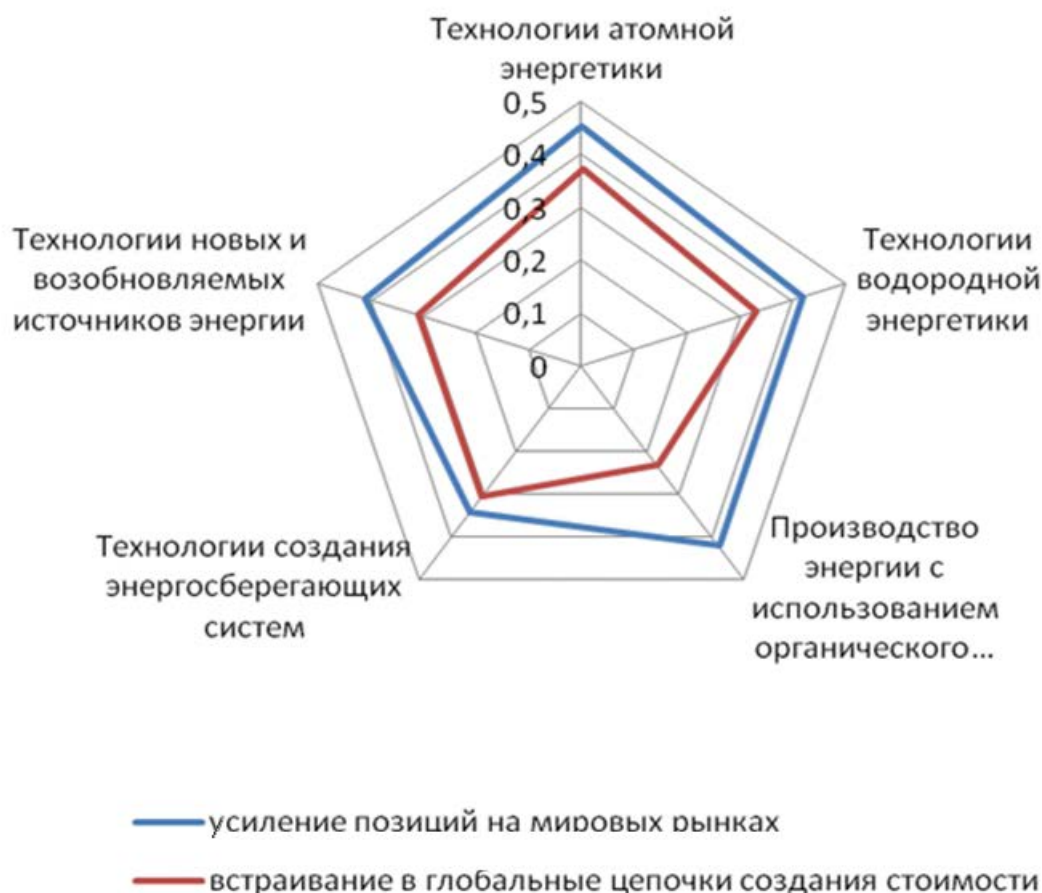


Рисунок 1.17 - Многофакторная оценка приоритетных направлений развития энергетики и энергосбережения [1].

Сейчас все чаще возникает вопрос: Какие источники энергии использовать для обогрева зданий? Компания Майкрософт предложила своё собственное решение. Идея заключается в том, чтобы устанавливать в зданиях серверы, которые до этого стояли на специальных площадках. Как известно, в процессе своей работы серверы выделяют значительное количество тепла, которое сбрасывается в окружающую среду. Задача состоит в том, чтобы выделяемое тепло пустить на круглогодичный подогрев воды и на отопление в зимний период.

Майкрософт вместе с Виргинским университетом успели опубликовать доклад, в котором сказано что один небольшой ЦОД (центр обработки данных) в котором будет от 40 до 400 штук процессоров, будет способен обогревать один жилой дом.



Рисунок 1.18 - Установка серверов Центров хранения и Обработки Данных (ЦОД) в нижних или подвальных этажах производственных, торговых, развлекательных или жилых зданий.

Разработчики предлагают размещать серверы в подвалах, в качестве интернет канала для передачи данных использовать существующие широкополосные соединения. Разработчики говорят, что такие площадки можно обслуживать удаленно.

**Развитие и расширение масштабов использования других источников энергии [1, 5].**

По грубым оценкам, в настоящее время доля разных источников в общемировом производстве энергии составляет:

ископаемое топливо — 80%

сжигание отходов и биомассы — 10%

атомные электростанции — 5%

гидростанции — 5%

другие источники (ветер, солнечные батареи, геотермальные и морские установки и т.д.) — 0,5%.

Приводимые цифры наглядно показывают, что альтернативные источники энергии пока практически неспособны принципиально заменить огромное количество получаемой из ископаемого топлива энергии (13 ТВт), что объясняется следующими причинами.

По самым оптимистичным оценкам, максимальное количество энергии (в указанном тепловом эквиваленте), создаваемое перечисленными источниками, составляет всего 3 ТВт (ветер), 1 ТВт (гидростанции), 1 ТВт (биологические источники) и 100 ГВт (геотермальные и морские установки).

Суммарное количество дополнительной энергии (даже в этом, самом оптимальном прогнозе) составляет лишь около 6 ТВт. При этом стоит отметить, что разработка новых источников энергии является очень сложной технической задачей, так что стоимость производимой ими энергии будет в любом случае выше, чем при привычном сжигании угля и т.п.

Иными словами, наблюдается огромный разрыв между самыми радужными прогнозами возможностей новых источников (6 ТВт) и существующими потребностями (13 ТВт), которые, помимо всего прочего, имеют явную тенденцию к непрерывному росту. Представляется совершенно очевидным, что человечество должно искать какие-то иные источники энергии, в качестве которых в настоящее время реально можно рассматривать только Солнце и реакции термоядерного синтеза.

## ● ● ● | Зелёная энергетика



## Возобновляемые источники энергии

- Энергия ветра
- Гидроэнергия
- Энергия приливов и отливов
- Энергия волн
- Энергия солнечного света
- Геотермальная энергия
- Биоэнергия (биотопливо)

Мировые инвестиции в ВИЭ составили

- 2008 год - \$100 млрд.
- 2009 год - \$160 млрд.
- 2010 год - \$211 млрд.
- 2011 год - \$257 млрд.

➤ Наибольшие финансовые вложения поступают в солнечную и ветровую энергию, а также в биоэнергетику = биотопливо.

Данные и динамика территориального и отраслевого производства и потребления ВИЭ в регионах мира представлены на рисунках 1.19-1.21, представленных ниже.



Рисунок 1.19 - Динамика и прогноз территориального и отраслевого производства и потребления ВИЭ в регионах мира [1]



## **Возобновляемые источники энергии**

Потребление ВИЭ по секторам экономики

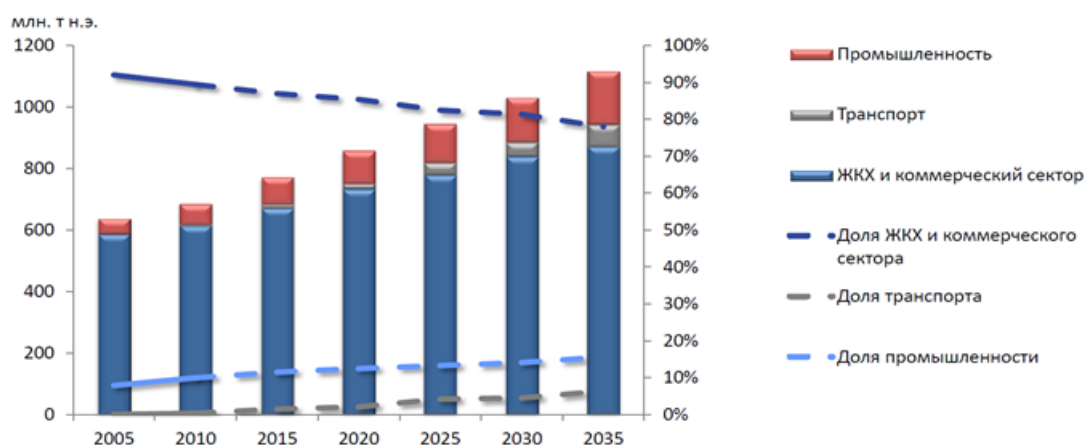


Рисунок 1.20 - Динамика и прогноз территориального и отраслевого производства и потребления ВИЭ в секторах экономики [1]

## **Возобновляемые источники энергии**

Прирост потребления ВИЭ в мире

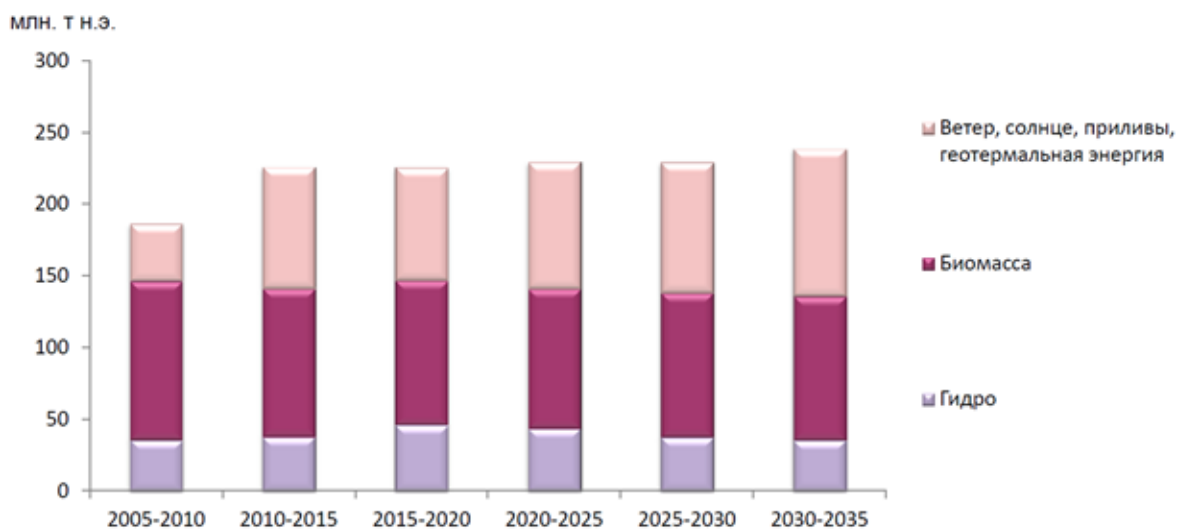


Рисунок 1.21 - Динамика, прогноз и источники производства и потребления ВИЭ [1]

## Солнечная энергетика

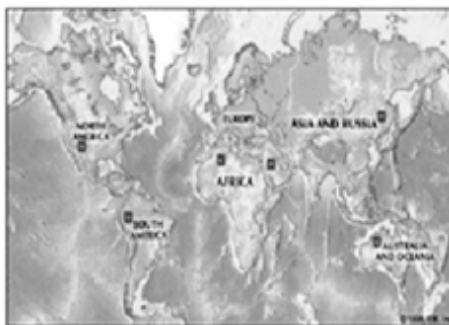
В принципе, потенциально наше Солнце представляет собой практически неистощаемый источник энергии.

Количество энергии, попадающей всего на 0,5% поверхности планеты эквивалентно 19 ТВт (даже при условии его преобразования с эффективностью всего 15%). Проблема заключается в нашем неумении улавливать и преобразовывать эту энергию, что связано как с высокой стоимостью солнечных батарей, так и с проблемами накопления, хранения и дальнейшей передачи получаемой энергии в требуемые регионы.

«Концентрация» солнечной энергии, осуществляемая параболическими зеркалами и гелиостатами, позволяет фокусировать солнечное излучение и производить тепло, однако при этом возникают сложные проблемы его сохранения (например, использование в качестве теплоносителя расплавленных солей осложняется из-за разности дневных/ночных температур и т.п.). Если ученым удастся создать вещества, позволяющие повысить рабочую температуру гелиостатов до требований «каталитического разложения» воды, то такие системы могли бы производить водород, что в значительной степени решило бы проблему накопления энергии. С другой стороны, уже созданы (и производятся коммерчески) фотогальванические элементы с эффективностью выше 15%, и хотя их стоимость пока остается высокой, они уже применяются как для электролитического производства водорода, так и в качестве источников тока.

### Солнечная энергия (Не био-источники)

- Фотоэлектрические панели
- Концентраторы (Параболические концентраторы, башни, гелиостаты)



*Контрольные вопросы к разделу 1.7.*

- 1. Перечислите нетрадиционные источники энергии.*
- 2. Перечислите возобновляемые источники энергии*
- 3. Что такое «зеленая энергетика»?*
- 4. Что такое биотопливо?*

## **1.8 Перспективы развития энергетики [1, 2]**

### **Существенное снижение уровня потребления энергии.**

Этот путь подразумевает повышение эффективности уже существующих методов получения, передачи и использования энергии. Разумеется, внедрение таких улучшений режимов работы потребует начальных финансовых вложений, но они должны окупиться в дальней перспективе. Уже сейчас можно указать вполне доступные методики серьезного сбережения энергии (например, за счет повышения эффективности осветительных устройств, двигателей транспортных средств, рационализации методов строительства и т.п.).

Повышение эффективности использования энергии лишь незначительно сократит рост ее потребления в мировом масштабе, а реальное решение проблемы может быть найдено лишь на пути уменьшения огромного разрыва в уровне жизни населения развитых стран и стран третьего мира. Эти страны называют развивающимися, и в них миллионы людей отчаянно нуждаются хотя бы в некотором улучшении условий жизни (особую остроту проблеме придает тот факт, что население бедной части мира должно увеличиться к 2030 году примерно еще на 30%).

## **Список использованных источников к Разделу 1**

- 1 Прогноз развития энергетики мира и России до 2035 г. // Российское Энергетическое агентство. - ИНЭИ РАН, 2012.- 198 с.
- 2 Институт Народно-хозяйственного прогнозирования Российской академии наук. - Москва, 2011.
- 3 The 2013 Global R&D Funding Forecast. Battelle, R&D Magazine, International Monetary Fund, World Bank, CIA World Factbook
- 4 Заричняк, Ю.П. Теоретические основы прогрессивных технологий: Учебное пособие / Ю.П. Заричняк, Б.В. Медяник, А.Г. Оганова // ФГБОУ ВПО ПГЛУ. - Пятигорск, 2013. - 387 с.
- 5 Стратегия развития науки и инноваций в России. Институт Энергетической стратегии (ГУ ИЭС). Технологическая платформа Интеллектуальная энергетическая система России. - Интерфакс, 2012.
- 6 Заричняк, Ю.П. Актуальность и Стратегические Приоритеты инновационного развития экономики // Международная научная конференция «Современные проблемы математики и естественнонаучного знания». – Архангельск, 2013.

**Миссия университета** – генерация передовых знаний, внедрение инновационных разработок и подготовка элитных кадров, способных действовать в условиях быстро меняющегося мира и обеспечивать опережающее развитие науки, технологий и других областей для содействия решению актуальных задач.

---

### **КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА**

Кафедра химии входила в состав первых 14 кафедр ЛИТМО, сформированных в 1930 году. В 1930–1960 годах кафедра работала в рамках факультета Точной механики; в период деятельности Инженерно-физического факультета (ИФФ) с 1946 года по 1954 год кафедра входила в состав ИФФ. С 1933 года – кафедрой возглавлял известный специалист в области оптического стекла профессор В.Г. Воано, позже – известный русский ученый-химик профессор С.А. Щукарев. С 1954 по 1972 год кафедрой возглавлял доцент Г.С. Кошурников.

С момента второго рождения инженерно-физического факультета в 1976 г. кафедра химии вошла в его состав. В это время на кафедре стали развиваться, в основном, три научно-технологических направления: создание новых композиционных оптических материалов; разработка химических сенсоров; технология оптического волокна.

В последующие годы сотрудники кафедры, прежде всего, профессора Новиков А.Ф. и Успенская М.В., существенно переработали методику преподавания курса химии, адаптировав ее к активно внедрявшейся тогда в Университете системе дистанционного обучения. В результате, преподавание курса химии в Университете ИТМО вышло на новый более высокий уровень.

В дальнейшем на кафедре под руководством профессора М.В. Успенской активно развивалось научно-техническое направление в области химии и физики сорбирующих полимерных материалов и нанокompозитов. В частности, на основе акриловых супервлагоабсорбентов разработан ряд новых материалов многофункционального назначения: сенсоры, жидкие линзы, раневые повязки, искусственные почвы для сельского хозяйства, огнестойкие конструкционные элементы и др.

В связи с этим в 2011 году данная кафедра (исторически – кафедра химии) позиционировала себя как отдельное структурное подразделение Национального исследовательского университета ИТМО в качестве кафедры “Информационных технологий топливно-энергетического комплекса”.

С переходом отечественных предприятий на международные стандарты продукции, повышением требований к охране окружающей среды и внедрением сложных аналитических автоматизированных систем контроля качества и мониторинга, с 2008 года в рамках направления «Техническая физика» кафедра проводит подготовку магистров и бакалавров по профилю «Физико-технические аспекты аналитического приборостроения».

Подготовка включает в себя следующие разделы:

- Компьютерные комплексы для автоматизированного контроля физических, химических, механических, термических, реологических и некоторых других свойств нефтяного сырья и продуктов нефтепереработки;
- Встроенные микропроцессорные комплексы для управления технологическими процессами и измерением широкого круга параметров энергетических установок и систем энергоснабжения;
- Физико-математическое моделирование технологических процессов нефтепереработки и топливно-энергетического комплекса;
- Информационно-аналитические системы и комплексы различного профиля, адаптированные под специфические условия работы на предприятиях ТЭК.

Уникальная программа обучения сочетает фундаментальную подготовку в области информационных систем, физической оптики, молекулярной спектроскопии, аналитической и физической химии, компьютерной метрологии, общехимической технологии и автоматики.

В рамках специальных дисциплин изучаются приборы и методы контроля качества продукции и принципы построения автоматизированных анализаторных систем для предприятий ТЭК, нефтяной и химической промышленности.

Такие системы как основа информационных технологий контроля качества и мониторинга безопасности могут успешно применяться практически на всех предприятиях и лабораториях химического и нефтехимического профиля, а также в металлургической, пищевой и фармацевтической промышленности.

Выпускники кафедры имеют широкие перспективы трудоустройства в современных крупных компаниях ТЭК, таких как Роснефть, ПТК, Газпром, Киришинефтеоргсинтез, Лукойл, ТНК-ВР, а также на предприятиях и лабораториях пищевой, фармацевтической и других отраслях промышленности.

Практика эксплуатации предприятий ТЭК подтверждает необходимость создания и применения эффективных систем контроля за безопасностью и систем экологического мониторинга.

В связи с этим с 2011 года были разработаны и открыты бакалаврская и магистерская программы по направлению подготовки 241000 " Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии ". Основной целью образовательной

магистерской программы "Информационные ресурсосберегающие технологии и экологические аспекты на предприятиях ТЭК" является подготовка высококвалифицированных специалистов, соответствующих современным требованиям к выпускникам вуза, с учетом потребностей рынка труда Санкт-Петербурга и регионов России. Будущие магистры будут способны использовать информационные технологии и математическое моделирование для описания различных физических и физико-химических процессов, для контроля качества продукции нефтепереработки, работать на современном оборудовании в научных, научно-производственных и производственных лабораториях по исследованию выпускаемой продукции и т.д.

Основными направлениями научной деятельности в рамках магистерской программы являются:

- Создание приборов и датчиков физических величин и физико-химических параметров углеводородного сырья и продуктов (в том числе на основе нанотехнологий);
- Разработка приборов для измерения параметров качества нефтепродуктов и пищевых продуктов на основе компьютерных технологий;
- Создание эффективных информационных систем контроля качества продукции и коммерческого учета на предприятиях ТЭК на основе приборов и устройств различного назначения;
- Создание эффективных информационных систем мониторинга безопасности эксплуатации объектов ТЭК.

Подготовка магистров ведется с участием ряда промышленных предприятий, научно-производственных объединений, научно-исследовательских институтов и вузов Санкт-Петербурга, что дает возможность получить отличные знания и неоценимый опыт в различных сферах деятельности: производственной, научно-исследовательской, административной и т.д.

Биотехнология и биоинженерия являются приоритетными направлениями современной науки и промышленного производства. Продукты биотехнологии и биоинженерии востребованы в медицине, фармации, биологии, и других высокотехнологичных отраслях народного хозяйства. Разработка новых источников энергии, создание биосовместимых материалов и синтез биологически активных веществ – главные составляющие этих двух наук и отраслей производства. В частности, интенсивно развиваются производство и применение ферментов в переработке различных видов сырья и в получении биопрепаратов. Ферментные технологии имеют преимущества с экономической, технологической и экологической точек зрения, поэтому годовой оборот ферментных препаратов составляет десятки миллионов долларов США и он непрерывно растёт. По объёму производства ферментные препараты занимают третье место после аминокислот и антибиотиков. Ферментативные процессы, применяемые в технологиях, аналогичны

природным, но они более безопасны и для здоровья человека и для окружающей среды.

Развитие этих отраслей сдерживается недостатком специалистов высшего уровня, подготовленных в области информационного обеспечения и средств измерения живых систем и биологических структур.

Для решения проблемы подготовки магистров на стыке информационных технологий, биологии и инженерии объединены усилия двух кафедр: Кафедра химии и молекулярной биологии ИХиБТ и кафедра ИТТЭК, имеющих опыт подготовки специалистов бакалавров и магистров в информационных технологиях и биотехнологии.

В учебный план предлагаемой программы включены, наряду с общеобразовательными, дисциплины по информационной, биологической, химической, технологической подготовке и ряду других отраслей знаний, необходимых в подготовке специалистов заявленного уровня.

В настоящее время на каф. ИТТЭК под руководством проф. Успенской М.В., ведутся работы по направлениям, связанных с созданием материалов для фармакологии и регенеративной медицины, предметов санитарно-гигиенического назначения, а также биосовместимых и биodeградируемых материалов.

Также на кафедре под руководством проф. Неелова И.М. активно развивается моделирование полимеров и биополимеров, начиная от структуры веществ и физико-химических процессов, протекающих в живых организмах до физико-механических и эксплуатационных характеристик материалов и биосистем.

Профессорско-преподавательский состав на кафедре насчитывает 18 человек, из них 6 профессоров и докторов наук.

В настоящее время на базе кафедр НИУ ИТМО создан Международный научно-исследовательский институт биоинженерии, возглавляемый проф. М.В. Успенской, что значительно расширяет экспериментальную базу и научный потенциал кафедр и способствует повышению уровня подготовки кадров высшей категории.

В настоящее время на кафедре трудятся 18 преподавателей, шестеро из них являются докторами наук, профессорами, признанными на международном уровне, членами ученых советов в России и за рубежом.



Балошин Юрий Александрович  
Заричняк Юрий Петрович  
Успенская Майя Валерьевна

## ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ (Часть 1)

Учебное пособие

В авторской редакции  
Редакционно-издательский отдел Университета ИТМО  
Зав. РИО Н.Ф. Гусарова  
Подписано к печати  
Заказ №  
Тираж  
Отпечатано на ризографе

**Редакционно-издательский отдел**  
**Университета ИТМО**  
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49