



# **POST HYDROCARBON ECONOMY:**

Issues of Transformation

Moscow 2017

# **ПОСТУГЛЕВОДОРОДНАЯ ЭКОНОМИКА:**

вопросы перехода

Под общей редакцией члена-корреспондента РАН,  
профессора Е. А. Телегиной

Москва 2017

*Авторский коллектив*

Член-корр. РАН, докт. экон. наук, профессор **Телегина Е. А.** — главы 8, 9, 11, 18; докт. экон. наук, профессор **Сорокин В. П.** — главы 1-5; докт. экон. наук, профессор **Халова Г. О.** — главы 8, 9, 11; докт. экон. наук, профессор **Мастепанов А. М.** — глава 7; канд. техн. наук, профессор **Бессель В. В.** — 14, 15, 16; канд. экон. наук, доцент **Полаева Г. Б.** — глава 12; канд. экон. наук, доцент **Еремин С. В.** — главы 6, 13; канд. экон. наук, доцент **Студеникина Л. А.** — главы 12, 18; канд. экон. наук **Афанасьева М. В.** — глава 17; канд. географ. наук, доцент **Громов А. И.** — глава 10; **Иванов Н. А.** — глава 10; **Йорданов С. Г.** — глава 9; **Иллерицкий Н. И.** — главы 8, 11; **Рева А. Р.** — глава 12.

ISBN 978–5–91961–220–9

**Постуглеводородная экономика: вопросы перехода:** Монография / Под. ред. члена-корреспондента РАН, профессора Е. А. Телегиной. — М.: Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М.Губкина, 2017. — 406 с.

Предлагаемая монография «Постуглеводородная экономика: вопросы перехода» представляет собой уникальный научный труд коллектива авторов, посвященный переходу мировой экономики к постуглеводородному технологическому укладу и формированию новой структуры глобальной энергетики под влиянием фундаментальных сдвигов в сторону развития возобновляемой энергетики, компьютеризации, широкого применения цифровых технологий и с учетом экологических аспектов функционирования топливно-энергетического комплекса как отдельных стран, так и регионов.

ISBN 978–5–91961–220–9

© Коллектив авторов, 2017  
© РГУ нефти и газа (НИУ)  
имени И. М. Губкина, 2017

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Предисловие.....</b>	<b>9</b>
<b>ЧАСТЬ I Новое измерение мировой энергетики.....</b>	<b>11</b>
<b>Глава 1. Прогнозы мирового энергобаланса.....</b>	<b>13</b>
1.1. Долгосрочное прогнозное видение мировой энергетики.....	13
1.2. Экономический рост, спрос на энергию и выбросы CO <sub>2</sub> .....	14
1.3. Декарбонизация мировой энергетики.....	23
1.4. Энергетическая безопасность.....	25
<b>Глава 2. ЕС: на пути к низкоуглеродной экономике.....</b>	<b>28</b>
2.1. Потребление энергии в Европейском союзе.....	28
2.2. Производство энергии в Европейском союзе.....	30
2.3. Импорт первичной энергии Евросоюзом.....	31
2.4. Энергетическая стратегия и стратегия энергетической безопасности ЕС.....	32
<b>Глава 3. Энергетика США.....</b>	<b>47</b>
3.1. Об энергетическом положении США.....	47
3.2. Потребление энергии и энергоёмкость экономики США.....	49
3.3. Сырьевая база ископаемых видов топлива.....	50
3.4. Прогнозируемое производство энергии.....	50
3.5. Импорт энергии.....	52
3.6. Энергетическая стратегия США.....	52
3.7. Климатический фактор: движение экономики США к низкоуглеродной модели развития.....	53
3.8. Контуры энергетической политики президента Трампа.....	55
<b>Глава 4. Китай.....</b>	<b>63</b>
4.1. Текущие и перспективные энергетические потребности Китая.....	65
4.2. Энергетические потребности Китая.....	67
4.3. Энергетическая безопасность.....	73
4.4. Другие виды энергии.....	75
4.5. Выбросы углекислого газа.....	76
<b>Глава 5. Индия.....</b>	<b>78</b>
5.1. Спрос на первичную энергию и энергоёмкость развития Индии.....	79
5.2. Движение Индии по пути декарбонизации.....	85

<b>Глава 6. Латинская Америка.....</b>	<b>87</b>
<b>6.1. Энергетический сектор в Латинской Америке: в поисках оптимальных моделей развития.....</b>	<b>97</b>
<b>6.2. Нефтяной сектор.....</b>	<b>90</b>
<b>6.3. Газовый сектор.....</b>	<b>93</b>
<b>6.4. Электроэнергетика.....</b>	<b>102</b>
<b>6.5. Проблемы либерализации рынков электроэнергии и газа стран Латинской Америки.....</b>	<b>104</b>
<b>6.6. Дилеммы энергетической политики Латинской Америки.....</b>	<b>106</b>
<b>Глава 7. Развитие мировой энергетики в условиях глобальных изменений и вызовов.....</b>	<b>109</b>
<b>7.1. Важнейшие факторы развития мировой энергетики.....</b>	<b>109</b>
<b>7.2. Нефтегазовая отрасль как составная часть глобальной экономики .....</b>	<b>111</b>
<b>7.3. Мир на пороге глобальных потрясений.....</b>	<b>112</b>
<b>7.4. Глобализация и ее влияние на мировую энергетику .....</b>	<b>117</b>
<b>7.5. Глобализация. Но не только она.....</b>	<b>123</b>
<b>ЧАСТЬ II Изменение роли ВИЭ в мировой энергетике.....</b>	<b>133</b>
<b>Глава 8. Изменение структуры мирового потребления энергии, рост доли ВИЭ.....</b>	<b>135</b>
<b>8.1. Причины и предпосылки развития возобновляемых источников энергии.....</b>	<b>135</b>
<b>8.2. Изменение роли ВИЭ в мировом энергобалансе.....</b>	<b>143</b>
<b>8.3. Потенциал ВИЭ в мире.....</b>	<b>146</b>
<b>8.4. Страны и регионы, располагающие мощностями для генерации энергии из возобновляемых источников.....</b>	<b>150</b>
<b>8.5. Основные виды поддержки производства и потребления ВИЭ в странах и регионах.....</b>	<b>156</b>
<b>8.6. Переход от рынка энергетических ресурсов к рынку энергетических технологий. Монополизация рынка возобновляемой энергетики.....</b>	<b>159</b>
<b>Глава 9. Роль ВИЭ в энергетике Европейского Союза.....</b>	<b>165</b>
<b>9.1. Становление возобновляемой энергетики как части энергетической политики ЕС.....</b>	<b>165</b>
<b>9.2. Стимулирование освоения ВИЭ в ЕС: программы поддержки.....</b>	<b>170</b>
<b>9.3. Компании, ведущие деятельность в секторе ВИЭ в ЕС.....</b>	<b>175</b>
<b>9.4. Вызовы для возобновляемой энергетики ЕС.....</b>	<b>180</b>

<b>Глава 10. Текущее состояние и перспективы развития возобновляемой энергетики в США.....</b>	<b>186</b>
10.1. ВИЭ в США: трактовка и сущность понятия.....	187
10.2. Возобновляемая энергия в экономике США.....	188
10.3. Гидроэнергетика.....	189
10.4. Энергетика на биомассе.....	191
10.5. Биотопливо.....	194
10.6. Ветроэнергетика.....	197
10.7. Солнечная энергетика.....	199
10.8. Геотермальная энергетика.....	201
10.9. Государственные требования и стимулы по развитию возобновляемой энергетики в США.....	202
10.10. План чистой энергетики Барака Обамы.....	209
10.11. Политика Дональда Трампа и развитие возобновляемой энергетики в США.....	211
10.12. Программы, стимулы и цели Калифорнии.....	211
10.13. Возобновляемая энергетика в Техасе.....	213
<b>Глава 11. Усиление позиций КНР в производстве ВИЭ — важнейшая тенденция развития мирового энергетического рынка.....</b>	<b>215</b>
11.1. Изменение роли ВИЭ в энергобалансе КНР.....	215
11.2. Государственное регулирование развития возобновляемой энергетики в Китае.....	223
11.3. Китай как крупнейший мировой инвестор в «чистую» энергию.....	226
11.4. Добыча и производство редкоземельных металлов как ключевой фактор увеличения мощностей и объема инвестиций в ветряную и солнечную энергетику Китая и мира.....	229
<b>Глава 12. Возобновляемая энергетика Индии.....</b>	<b>232</b>
12.1. Краткая характеристика экономического развития Индии на современном этапе.....	232
12.2. Топливо-энергетический комплекс Индии.....	234
12.3. Развитие возобновляемой энергетики в Индии на текущем этапе.....	241
12.4. Государственная политика по поддержке и регулированию развития возобновляемой энергетики в Индии.....	242
12.5. Перспективы российско-индийского сотрудничества в области возобновляемой энергетики.....	247

<b>Глава 13. Возобновляемая энергетика Латинской Америки.....</b>	<b>250</b>
<b>13.1. Возобновляемые источники в балансе потребления         первичных энергоресурсов.....</b>	<b>252</b>
<b>13.2. Синергетические эффекты и взаимодополняемость         ВИЭ и крупной гидроэнергетики.....</b>	<b>258</b>
<b>13.3. Инвестиции в возобновляемую энергетику.....</b>	<b>259</b>
<b>13.4. Потенциал ВИЭ и планы развития.....</b>	<b>263</b>
<b>ЧАСТЬ III Нетрадиционные ресурсы углеводородного сырья.....</b>	<b>269</b>
<b>Глава 14. Обзор мировых ресурсов нетрадиционных         углеводородов.....</b>	<b>271</b>
<b>14.1. Оценка доказанных запасов органического топлива в мире.....</b>	<b>272</b>
<b>14.2. Классификация нетрадиционных углеводородов.....</b>	<b>278</b>
<b>Глава 15. Газ «нетрадиционных» источников.....</b>	<b>286</b>
<b>15.1. Газ газовых гидратов.....</b>	<b>287</b>
<b>15.2. Метан угольных пластов.....</b>	<b>293</b>
<b>15.3. Газ сланцев.....</b>	<b>299</b>
<b>Глава 16. «Нетрадиционные» нефти.....</b>	<b>306</b>
<b>16.1. Нефть битуминозных песков.....</b>	<b>307</b>
<b>16.2. Сланцевая нефть .....</b>	<b>315</b>
<b>16.3. Нефть «баженовской» свиты .....</b>	<b>317</b>
<b>16.4. Матричная нефть .....</b>	<b>321</b>
<b>16.5. Синтетическое жидкое топливо по технологии GTL.....</b>	<b>325</b>
<b>ЧАСТЬ IV Трансформация энергетических рынков и         технологическое прогнозирование.....</b>	<b>337</b>
<b>Глава 17. Технологический форсайт.....</b>	<b>339</b>
<b>17.1. Развитие методик прогнозирования.....</b>	<b>339</b>
<b>17.2. Перспективы долгосрочного развития         энергетического комплекса.....</b>	<b>351</b>
<b>17.3. Роль менеджмента инноваций в условиях перехода к         новому технологическому укладу.....</b>	<b>353</b>
<b>17.4. Приоритеты научно-технологического развития.....</b>	<b>361</b>
<b>Глава 18. Трансформация энергетических рынков: новый этап         технологического развития мировой энергетики.....</b>	<b>371</b>
<b>Источники и литература .....</b>	<b>385</b>



## ПРЕДИСЛОВИЕ

Современный мир переживает этап глобальной трансформации технологических укладов, где на смену традиционным сырьевым экономикам приходят виртуальные цифровые системы, заменяющие человека во многих сферах рутинной производственной деятельности. Углеродородная экономика, составлявшая основу экономического развития на протяжении многих десятилетий, со временем окончания второй мировой войны и до начала нового тысячелетия, и основанная на масштабном использовании органических видов топлива, уступает место новой системе производства и использования энергии, так называемой зеленой или чистой энергетике, определяющий уровень и качество жизни людей в экологически чистой среде.

Жесткая вертикальная интеграция как основа промышленного производства сырьевой экономики уступает место горизонтальной сетевой структуре организации бизнеса, в том числе и энергетического, трансформируя энергетический рынок в модель множества участников, в отличие от предшествующей модели рынка крупных глобальных игроков.

Блокчейны, умные сети, диджитализация энергетики и возможности использования искусственного интеллекта в формировании новой структуры энергетического рынка принципиально изменяют конфигурацию моделей управления энергетическими системами, делая участников энергетического рынка равноправными партнерами в цепочке производства и реализации электроэнергии от стадии генерации до конечной реализации через биржевую торговлю.

Безусловно, закат углеродородной эпохи происходит не стремительно, нефть, газ и уголь еще многие десятилетия будут широко востребованы как энергетические товары, топливные элементы и составляющие в производстве сложной продукции нефтегазохимии. Однако, скорость масштабного перехода к низко углеродной и безуглеродной экономике является разной для отдельных стран и регионов мира.

Так, на развитых рынках, особенно в рамках Европейского Союза, политическая поддержка однозначно находится на стороне зеленой энергетики, поэтому региональные рынки внутри ЕС и весь общий интегрированный энергетический рынок Европы является глобальным лидером по динамике такого перехода. В то же время, неожиданным стало стремление развивающихся рынков, особенно такого крупного, как китайский, к ускорению в движении к экологически чистым технологиям и источникам производства электроэнергии, при сохранении значительного использования собственного дешевого угля как основы энергетического баланса КНР.

Наша книга является логическим продолжением вышедшей в свет впервые в 2012 году и пережившей несколько изданий монографии «Углеродная экономика», посвященной становлению, расцвету и началу увядания экономической системы, основанной на широком использовании нефти и газа как драйвера экономического могущества и процветания целого ряда государств, геополитических противоречий и особенностей современного мира, где интересы доступа и обладания углеводородными ресурсами становились катализаторами глобальных политических процессов и противостояний.

В данной монографии «Постуглеродная экономика: вопросы перехода», мы хотели показать, как происходят изменения глобального энергетического рынка, как в целом, так и на уровне региональных интеграционных объединений и отдельных стран. В первой части дана характеристика динамики развития мировой энергетики под влиянием процессов глобальной трансформации рынков. При этом многие тенденции не являются линейными, вызывают много споров о неизбежности и моделях их проявлений и последствиях их развертывания. Тем интереснее сегодня наблюдать за разными сторонами дискуссии и вырабатывать свой взгляд на вызовы и риски таких изменений.

Вторая часть книги посвящена роли возобновляемых источников энергии в построении энергетического будущего стран и регионов и поиску оптимальной модели развития в новых условиях рынка.

В третьей части мы попытались определить судьбу нетрадиционных углеводородов, то есть, тех сложных запасов органического сырья, которые находятся в недрах и могут быть извлечены и использованы человечеством при эффективном развитии новых технологий, снижающих риски и затраты по производству этого сегмента нефти и газа сложных пород. Здесь же приведены методы и модели экономического прогнозирования, позволяющие оценить технологические возможности развития нефтегазовой отрасли в новых условиях.

Заканчивает наш труд анализ процесса трансформации энергетических рынков как нового этапа технологического перехода, сопровождаемого большой неопределенностью и многовариантностью будущего.

Таким образом, эта монография является также элементом перехода от изучения углеводородного мира к пост-углеводородной реальности, и, как мы надеемся, основой будущего исследования сформировавшегося нового мира чистой энергетики как базы благополучия и процветания человечества.

**Е.А.Телегина,**  
член-корреспондент РАН  
профессор

Часть I

# Новое измерение мировой энергетики

---



# ПРОГНОЗЫ МИРОВОГО ЭНЕРГООБАЛАНСА

---

### ***1.1. Долгосрочное прогнозное видение мировой энергетики***

Являясь двигателем социально-экономического развития мира и одновременно всё более испытывая на себе его обратное влияние по многим направлениям, мировая энергетика находится на распутье. Пожалуй, впервые в истории человечества она не только перестаёт быть почти безусловным благом, но и рассматривается как важная системная причина формирующегося планетарного кризиса, грозящего необратимыми последствиями для мировых экосистем. Тот факт, что энергетика в своей существующей модели вносит свой вклад в обострение ситуации, признаётся всё большей частью экспертного сообщества и всё чаще принимается во внимание государствами при формировании своей энергетической стратегии. И уже поэтому она сейчас нуждается в пристальном внимании, определённой коррекции и трансформации.

Проблема в том, что нынешняя глобальная энергетическая система, обеспечивая развитие мировой экономики, способствует перегреву нашей планеты, что вызывает изменения климата. На энергетический сектор приходится 2/3 всех выбросов парниковых газов. В общем виде ответ на этот вызов заключается в последовательной декарбонизации экономики в целом и энергетики в первую очередь.

Именно это становится новым измерением мировой энергетики, основы которого закладываются на наших глазах. Историческая трансформация такой важнейшей глобальной системы, как энергетическая, требует изменений от всех стран, готовности к трудному выбору. Энергетика будущего не только должна быть низкоуглеродной, безопасной, надёжной, доступной и достаточной для всех участников энергетического обмена, но и её становление не должно расшатывать экономическую, социальную и политическую устойчивость в мире, регионах и отдельных странах.

Реализация этой исторической задачи идёт на многих уровнях, в разных форматах и по многим направлениям. Однако очевидно, что на текущий момент вершиной иерархии этой трансформации, обобщающей волю государств, обеспечивающей правовую основу и концентрирующей мировой экспертный потенциал, является Парижское

соглашение в рамках Рамочной конвенции ООН об изменении климата (далее — Парижское соглашение) и соответствующие международные органы. Успех этого процесса может быть достигнут только при активном участии всех экономически и энергетически крупных государств.

По мере ратификации Парижского соглашения страны делают юридически обязательными ранее объявленные обязательства по продвижению к общей согласованной цели — «удержания прироста глобальной средней температуры намного ниже 2 °С сверх доиндустриальных уровней<sup>1</sup> и приложения усилий в целях ограничения роста температуры до 1,5 °С» в период до 2100 г.

Традиционные ежегодные долгосрочные прогнозы ведущих экспертных энергетических центров<sup>2</sup> опубликовали свои последние по времени сценарии в 2016 г., в основном, на период до 2040 г. Все они строят свой анализ и оценки в контексте декарбонизации экономики и энергетики, в т.ч. и первые оценки выполнения странами своих климатических обязательств<sup>3</sup>.

Все эти обязательства учтены в основном сценарии («с учётом политических инициатив») МЭА на период до 2040 г., хотя наиболее «климатически радикальный» сценарий (т.н. «сценарий 450») также опубликован.

## **1.2. Экономический рост, спрос на энергию и выбросы CO<sub>2</sub>**

По основному сценарию МЭА-2016, *глобальный спрос* на первичную энергию в период до 2040 г. вырастет на 30 % — с 13 684 млн т н.э. до 17 866 млн т н.э. Наибольшая часть спроса придётся на Китай (22 %), Европейский союз-28 (13 %), США (12 %) и Индию (11 %).

Доля ископаемых видов топлива в глобальном спросе в 2014 г. составила 81 %, и за предстоящие 35 лет она снизится до 74 %. Быстрее всего будет расти спрос на ВИЭ и атомную энергию — в 1,8 раза по сравнению с 2014 г. Спрос на газ увеличится в 1,4 раза, а на нефть и уголь повысится незначительно (соответственно в 1,12 раза и в 1,05 раза). Но здесь надо быть осторожным в оценках: например, из всех

1. В контексте Парижского соглашения — температура глобальной атмосферы в 1850–1900 гг.

2. МЭА, EIA, Enerdata, HIS Markit, Всемирный банк, ИРЭИ РАН и АЦ при Правительстве РФ, ОПЕК, компании BP, ExxonMobil, Shell, Bloomberg.

3. В контексте темы перехода к низкоуглеродной экономике следует выделить две публикации: Energy and Climate Change. IEA World Energy Outlook Special Report 2015; и Redrawing the Energy Climate Map. IEA World Energy Outlook Special Report 2013.

Таблица 1.1

**Структура доказанных запасов углеводородов  
по регионам мира (2013 г.)**

	<b>2014</b>	<b>2030</b>	<b>2040</b>
Всего	13 684	16 185	17 866
По странам			
Китай	3 070	3 728	3 892
США	2 212	2 130	2 094
Индия	824	1 457	1 938
Европейский союз	1 563	1 441	1 360
Прочие	6 015	7 429	8 582
По виду топлива			
Нефть	4 266	4 630	4 775
Природный газ	2 893	3 686	4 313
Уголь	3 926	4 039	4 140
ВИЭ, в т.ч.:	1 937	2 827	3 456
Биоэнергия	1 421	1 721	1 883
Гидроэнергия	335	463	536
Проч. ВИЭ	181	643	1 037
Ядерная энергия	662	1 003	1 181

Источник: IEA WEO-2016.

ВИЭ самый высокий спрос — на использование твёрдой биомассы. А это говорит не столько о вкладе ВИЭ в декарбонизацию, сколько о масштабах энергетической бедности и отсутствии доступа к современным видам энергии. Также стоит учитывать, что на сегодняшний день не существует чёткой методики оценки углеродного следа от использования твёрдой биомассы в энергетике<sup>4</sup>.

В 2014-2016 гг. ежегодные мировые выбросы CO<sub>2</sub>, связанные с

4. Например, см.: [http://www.euractiv.com/section/climate-change/opinion/embargo-wednesdaymagic-tricks-in-the-forest-when-member-states-make-their-emissions-vanish/?nl\\_ref=32771729](http://www.euractiv.com/section/climate-change/opinion/embargo-wednesdaymagic-tricks-in-the-forest-when-member-states-make-their-emissions-vanish/?nl_ref=32771729).

энергетикой, оставались на одном уровне (32,1 Гт)<sup>5</sup>, хотя мировая экономика росла (по оценке МВФ, за 2016 г. — на 3,1 %. Такое соотношение показателей сложилось в результате структурной перестройки экономики и существенного снижения энергоёмкости глобального ВВП, что стало возможным в результате роста энергоэффективности, всё большего переключения с угля на газ, увеличения доли «чистой энергии», прежде всего энергии возобновляемых источников, а также сокращения мирового субсидирования потребления ископаемых видов топлива (по оценкам МЭА, с 500 млрд долл. в 2014 г. до 325 млрд долл. в 2015 г.). Лидирующие страны, поддерживающие через субсидии ископаемые виды энергии, включают Иран (52 млрд долл.), Саудовская Аравия (49 млрд долл.), Россия (30 млрд долл.) и Венесуэла (20 млрд долл.).

Напротив, субсидии на развитие производства энергии из возобновляемых источников возросли с 140 млрд долл. в 2014 г. до 150 млрд долл. в 2015 г. Разница по сравнению с субсидиями ископаемых видов энергии всё ещё большая, но стоит вспомнить, что в 2008 г. соотношение между ними было 10:1 в пользу ископаемых видов энергии, а в 2015 г. — уже 2:1. Ожидается, что своего пика (240 млрд долл.) финансовая поддержка ВИЭ достигнет в 2030 г., а затем будет снижаться — до 200 млрд долл. в 2040 г. По данным МЭА, больше всех субсидирует ВИЭ Европейский союз — 60 млрд долл. в год, за ним идут США (18 млрд долл. в год), Китай (17 млрд долл. в год) и Япония (10,5 млрд долл. в год). К 2040 г. прогнозируется отказ от субсидирования большинства направлений использования ВИЭ в мире.

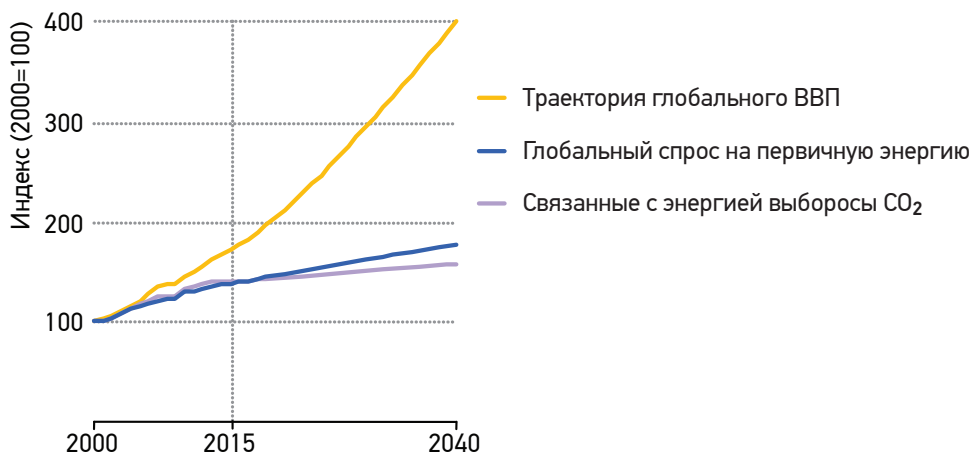
Важнейшим выводом всех прогнозных сценариев является то, что и впредь будет нарастать отрыв динамики экономического роста от спроса на энергию и от выбросов углекислого газа.

Однако радикальность этого разрыва зависит от выбора сценария. Приведённые на рисунке 1.1 траектории взяты из основного сценария МЭА, который предвидит довольно быстрый рост спроса на энергию и роста выбросов CO<sub>2</sub>. Только климатический сценарий МЭА, предусматривающий решительные меры по декарбонизации, прогнозирует падение выбросов углекислого газа ниже уровня 1990 г.

---

5. При этом в 2016 г. выбросы CO<sub>2</sub> в США снизились на 3 % (при росте ВВП на 1,6 %), а в Китае — на 1 %.





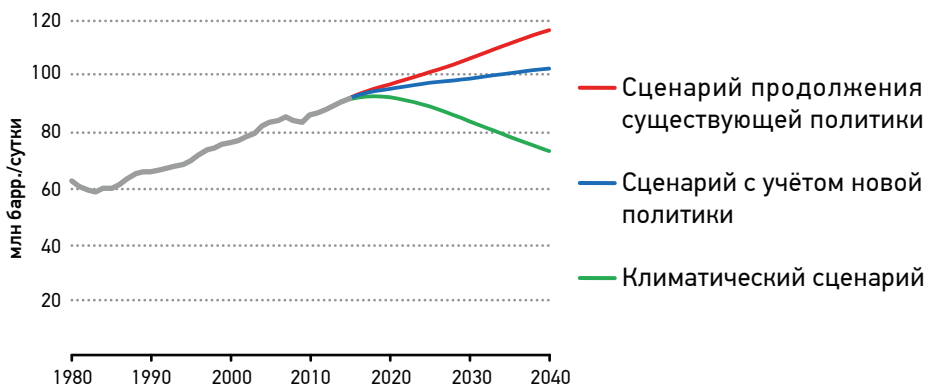
**Рис. 1.1. Прогнозная динамика глобального ВВП, спроса на энергию и связанных с энергией выбросов CO<sub>2</sub>**

Источник: IEA WEO-2016.

## Нефть

### Спрос

В основном прогнозном сценарии МЭА исходит из того, что пик спроса на нефть к 2040 г. ещё не будет достигнут, поскольку невозможно будет найти ей замену для удовлетворения энергетических потребностей грузовых железнодорожных перевозок, авиации и нефтехимии. Главными переменными на глобальном нефтяном рынке станет то, что в начале 2030-х гг. Китай обгонит США по потреблению нефти и займёт первое место в мире, а Индия обеспечит наибольший прирост спроса на нефть в прогнозируемом до 2040 г. периоде.



**Рис. 1.2. Глобальный спрос на нефть до 2040 г.**

Источник: IEA WEO-2016.

Превышение предложения нефти в мире над спросом вызвало обвал цен на неё, что, в свою очередь, стимулировало спрос. Ожидается, что в ближайшие пять лет темпы прироста спроса на нефть замедлятся; дальше динамика роста спроса по трём сценариям существенно различается.

Климатический сценарий допускает существенное падение спроса на нефть к концу прогнозного периода, но он маловероятен. Основные отличия основного сценария (с учётом изменений в политике) от сценария простого продолжения нынешнего курса (меньше на 13,5 млн б/д в 2040 г.) заключаются в учёте последствий более строгих стандартов топлива и переключения с нефтяных топлив на другие виды энергии — биотопливо, природный газ и электроэнергию. Такой динамики, по мнению экспертов, будет недостаточно, чтобы обеспечить траекторию достижения главной цели Парижского соглашения.

### Запасы

На мировом уровне сырьевая база для добычи нефти обширна: на конец 2015 г. её доказанные запасы оценивались в 240 млрд т (а технически извлекаемых ресурсов — в 3,5 раза больше). Но распределены они крайне неравномерно. «Большая тройка» стран по доказанным запасам: Венесуэла — 47 млрд т (18%), Саудовская Аравия — 37 млрд т (16%) и Канада — 28 млрд т (11%). На долю ОПЕК приходится 71 % всех мировых доказанных запасов (170 млрд т).

### Добыча нефти

Согласно основному прогнозу МЭА, мировая добыча нефти вырастет с 92,3 млн б/д в 2015 г. до 100,5 млн б/д в 2040 г. (+8,9%). При этом доля ОПЕК в мировой добыче нефти вырастет соответственно с 42 % до 48 %.

Из стран-независимых производителей нефти США сохраняют своё лидерство в течение всего прогнозного периода, и после пиковой добычи в районе 2025 г. (14,7 млн б/д) они выйдут в 2040 г. на уровень 12,8 млн б/д. Россия сохранит за собой второе место (8,5 млн б/д). Канада, которая в 2015 г. делила с Китаем третье место (по 4,4 млн б/д), останется одна на третьем (6,1 млн б/д).

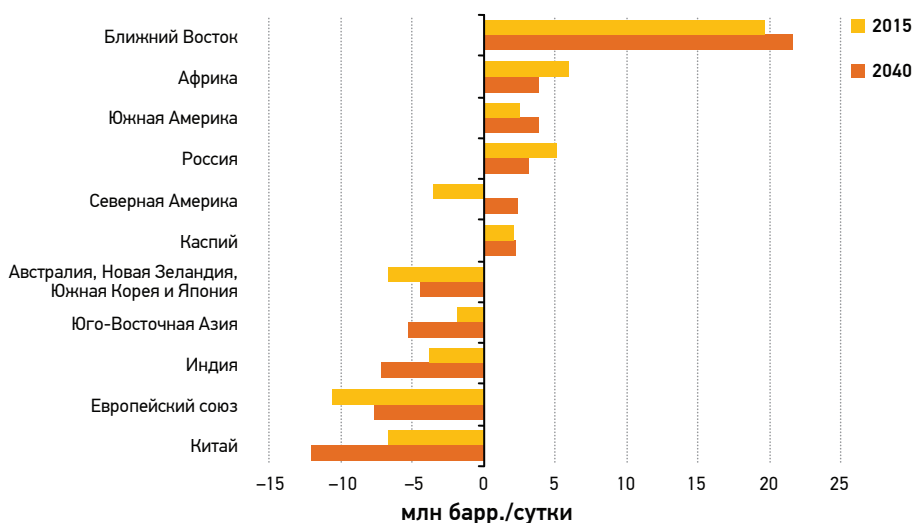
Среди членов ОПЕК бесспорным лидером в 2040 г. останется Саудовская Аравия (13,7 млн б/д). За ней будет следовать Ирак (7,1 млн б/д) и Иран (5,9 млн б/д).

Стоит отметить, что в обеих группах стран-производителей существенно вырастет добыча нефти из нетрадиционных источников — совокупно с 8,5 млн б/д в 2015 г. до 15,3 млн б/д в 2040 г.

### Международная торговля

В области международной торговли на период до 2040 г. прогнозируются изменения в составе стран-экспортёров и импортёров нефти, а также в направлениях и структуре торговых потоков. Эти изменения также являются частью геополитических процессов в мире, поэтому более подробно затрагиваются в разделе «энергетическая безопасность» ниже.

Некоторые моменты этих изменений иллюстрирует рисунок 1.3:



**Рис. 1.3. Международная торговля сырой нефтью (2015 г. и 2040 г.; основной сценарий МЭА-2016)**

Источник: IEA WEO-2016.

Прогнозируется, что в глобальном экспорте сырой нефти существенно вырастет доля ближневосточных стран, а Северная Америка «поменяет полярность» и присоединится к клубу экспортёров. Изменения в лагере импортёров связаны, прежде всего, со значительным ростом импорта нефти в Китае и Индии, в результате чего их совокупная доля в мировом нефтяном импорте вырастет с нынешних 25 % до 50 % в 2040 г. В этот же период снизится импорт сырой нефти в странах Азии и Океании-членах ОЭСР и Европейского союза.

### Инвестиции

Реализация основного сценария МЭА-2016 потребует в предстоящие 35 лет инвестиций в энергетический сектор мира в размере 22 836 млрд долл. (2015), из которых на добычу нефти и газа пойдёт 17 489 млрд долл., транспорт — 4 064 млрд долл. и на нефтепереработку — 1 283 млрд долл. Наибольшую инвестиционную активность ожидают в США и Канаде (5 268 млрд долл.) и Ближнем Востоке (3 315 млрд долл.).

### **Природный газ**

#### Спрос

В 2015-2040 гг. прогнозируется рост глобального спроса на природный газ почти в полтора раза. В результате, его доля в глобальном спросе на первичную энергию поднимется с нынешних 21 % до 24 % в 2040 году.

Несмотря на очевидные преимущества природного газа как «топлива будущего», снижение темпов роста его потребления в мире в текущем десятилетии поставило газовые компании в трудное положение. Сделанные ранее колоссальные вложения в разработку новых газовых месторождений, мощностей по сжижению газа и созданию флота танкеров-метановозов в расчёте на быстрорастущий рынок оправдываются не полностью. Эта ситуация повлияла на долгосрочные прогнозы в газовом секторе.

Основную причину такого разворачивающегося сценария эксперты усматривают в особенностях функционирования электроэнергетических систем во многих странах мира. Например, в Европейском союзе сочетание медленных темпов экономического роста и быстрого развития использования энергии возобновляемых источников обрушило цены на выбросы углекислого газа, что вновь сделало экономически выгодным использовать в генерации уголь. Даже снижение цены на газ не изменило картины. В результате, потребление газа в европейской электроэнергетике в период 2010-2014 гг. ежегодно снижалось на 12 %. В Азии газ сталкивается с острой конкуренцией со стороны угля и ВИЭ. В Китае, например, после очень быстрого роста темпы импорта СПГ в 2015 г. заметно снизились.

### Производство

В результате смягчения спроса на газ в 2014-2015 гг. заметно снизились инвестиции в его добычу. Тем не менее, ранее запущенные проекты (особенно американские и австралийские проекты СПГ) продолжают выбрасывать на уже перегретый насыщенный рынок всё новые объёмы газа. Другое ограничение «газового будущего» связано с движением мира к низкоуглеродной экономике. И хотя природный газ — наименее углеродоёмкий из всех видов ископаемых топлив, он с трудом вписывается в долгосрочную траекторию выполнения главной цели столетия. В связи с этим укрепляется экспертное мнение, что природный газ — топливо переходного периода и не может быть постоянным «мотором» декарбонизации. Именно поэтому где-то после 2020 г. сценарии МЭА сильно расходятся, но лишь один — «климатический» — предсказывает стагнацию спроса на газ до 2040 г. на уровне 2 трлн м<sup>3</sup>.

Сырьевая база позволяет без труда обеспечить природным газом выполнение любого долгосрочного сценария. На конец 2015 г. остающиеся технически извлекаемые ресурсы газа в мире оценивались в 784 трлн м<sup>3</sup>, 45 % этого показателя составляют ресурсы нетрадиционного газа.

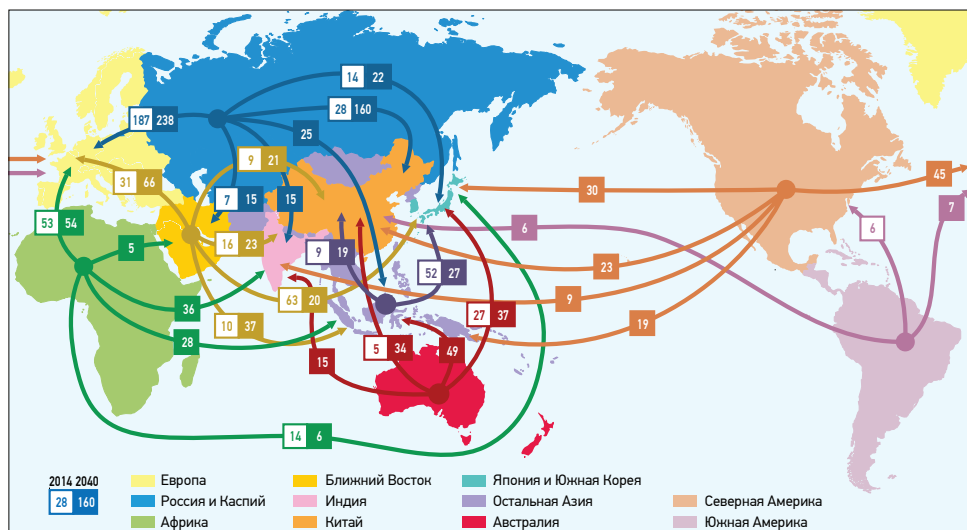
По основному сценарию МЭА-2016, мировая добыча природного газа возрастёт с 3 536 млрд м<sup>3</sup> в 2014 г. до 5 219 млрд м<sup>3</sup> в 2040 г. В период до 2020 г. две трети прироста этой добычи будут обеспечиваться США и Австралией. После этого развитие добычи газа будет более диверсифицировано между странами, в т. ч. в результате развития этой отрасли в Восточной Африке и Аргентине.

При этом производство газа из нетрадиционных источников (сланцы, угольные пласты и низкопроницаемые породы) вырастет почти в два с половиной раза — с 701 млрд м<sup>3</sup> до 1 704 млрд м<sup>3</sup> в 2040 г. Две трети этого прироста придётся на сланцевый газ.

### Торговля

К 2040 г. межрегиональная торговля природным газом вырастет на 70 %. Рисунок 1.4 даёт представление о динамике и географической структуре таких основных потоков.

В предстоящие десятилетия международная торговля должна помочь газовому рынку найти новый баланс, скорректировать его с учётом



**Рис. 1.4. Основные поставки природного газа в мире (2014–2040 гг.; основной сценарий МЭА-2016)**

Источник: IEA WEO-2016.

новых реалий. Ожидается, что в ближайшие годы восстановится спрос на газ в ЕС, и в начале 2020-х гг. он будет расширяться дальше — примерно в это же время избыточное предложение СПГ обретёт свой рынок, чему будет способствовать быстрый рост спроса в Китае и Индии. Во многих случаях поставки СПГ выигрывают конкуренцию с потенциальными новыми, более дорогостоящими и длительными в реализации газопроводными проектами. В связи с этим прогнозируется рост доли СПГ в импорте газа с 42 % в 2014 г. до 53 % в 2040 г.

Осуществление основного прогноза МЭА до 2040 г. в области природного газа предполагает инвестиции в объёме 9,4 трлн долл. Из этой суммы на добычу газа из традиционных источников должно пойти 47 %, нетрадиционных — 21 %, на сжижение и регазификацию — 9 % и на транспортировку и распределение — 23 %.

## Уголь

В 2015 г. спрос на уголь упал — впервые с конца 1990-х гг. Уголь занимает особое место в расчётах возможных сценариев дальнейшего развития мировой энергетики. На обозримое будущее экономический рост крупнейших развивающихся стран связан с большим потреблением угля. Согласно основному прогнозу до 2040 г. МЭА-2016, позволить себе резко снизить потребление угля смогут только экономиче-

ски благополучные и богатые страны — например, США (на 40 %) и страны-члены ЕС (коллективно — на 60 %). На другом полюсе — Индия и страны Юго-Восточной Азии, которые по многим причинам будут подталкивать будущий спрос на уголь. Медленно разворачивается крупнейший потребитель угля (50 % текущего мирового показателя) — Китай. Его потребление угля достигло пика в 2013 г., после чего пошло на снижение и к 2040 г. должно уменьшиться ещё на 13 %.

Всеобщие извлекаемые ресурсы угля огромны (на конец 2014 г. — 22 966 млрд т), и они встречаются во всех регионах мира. Использование угля сдерживается исключительно политическими, климатическими и экологическими соображениями.

В прогнозный период глобальная добыча угля вырастет менее чем на 4 % — с 5700 млн т у.э. до 5915 млн т у.э. Этот прирост обеспечат, главным образом, Индия, Индонезия и Австралия. Одновременно наиболее существенно добыча угля сократится в США, Китае и Европейском союзе.

В 2014 г. в международный оборот поступило 1083 млн т у.э., затем этот показатель снизился, и затем медленно поднялся до 1120 млн т у.э. Из всего объёма потребляемого в мире угля доля импорта останется более-менее стабильной на протяжении 2015-2040 гг. — около 20 %.

Инвестиционные потребности отрасли на этот период оцениваются в 1135 млрд долл. (2015 г.), из которых большая часть приходится на Азию (62 %).

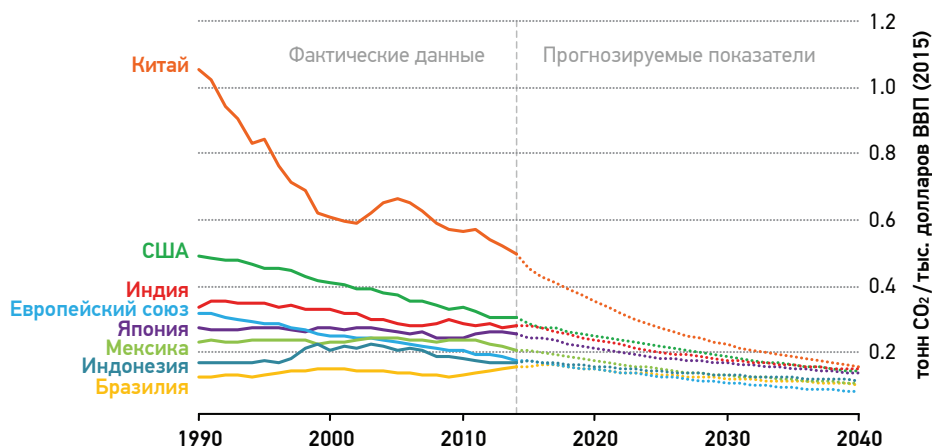
### ***1.3. Декарбонизация мировой энергетики***

Выше уже отмечалось большое значение Парижского соглашения для декарбонизации экономического развития и энергетики. МЭА попыталось спрогнозировать возможные сценарии достижения его целей в энергетике. На сегодняшний день можно констатировать, что данные последних лет и намеченные (и обоснованно ожидаемые) шаги позволяют считать реалистичным увеличение генерации электроэнергии к 2040 г. на две трети без заметного роста выбросов углекислого газа.

Обзор заявленных и официально принятых на себя странами климатических обязательств позволил МЭА сделать вывод, что в случае их выполнения выбросы парниковых газов (ПГ) в энергетике и связанных с нею областях составят к 2030 г. 42 гигатонны эквивалента CO<sub>2</sub>, из которых 35 Гт CO<sub>2</sub> — от сжигания ископаемых видов топлива.

С учётом же обязательств по снижению выбросов в не связанных с энергетикой областях, общая их сумма поднимается до 50 Гт.

Пожалуй, одним из самых обобщающих показателей декарбонизации является индекс углеродоёмкости экономического развития. Фактическую картину положения дел в этой области и прогноз до 2040 г. даёт рисунок 1.5.



**Рис. 1.5. Углеродоёмкость экономического развития (1990–2040 гг.; основной прогнозный сценарий МЭА)**

Источник: IEA WEO-2016.

Углеродоёмкость экономики всех представленных на рисунке 1.5 стран снижалась фактически с 1990 г. и будет снижаться на протяжении всего прогнозного периода. Особенно впечатляет динамика Китая — однако и к 2040 г. этот показатель у него будет худшим из 8 стран.

По некоторым аналитическим оценкам, принятых странами-участницами Парижского соглашения климатических обязательств может оказаться недостаточно, чтобы вывести мир на траекторию, ведущую к сдерживанию повышения атмосферной температуры двумя градусами Цельсия к концу века. На этот случай предусмотрены процедурные возможности корректировки таких обязательств. Первое мероприятие по этому вопросу состоится в 2018 г. — консультативный диалог заинтересованных сторон. Его результатом могут стать рекомендации по второму раунду принятия климатических обязательств странами-участниками до 2020 г. В 2023 г. должно состояться рассмотрение результатов выполнения странами-участницами своих обяза-



тельств и процесса в целом. Именно тогда и будет решаться дальнейшая судьба движения мира к низкоуглеродной экономике.

Тем временем возникает деликатная — и потенциально опасная для механизма реализации обязательств по сокращению выбросов ПГ — проблема. Уже довольно долгое время циркулирует неофициальная информация о том, что многие страны-участницы манипулируют статистикой в этой области, получая для себя незаслуженные выгоды. Последней по времени (март 2017 г.) стала публикация о том, что государства-члены ЕС используют юридические лазейки, чтобы получать такие выгоды от деятельности в области землепользования и лесного хозяйства<sup>6</sup>. Подтверждение этой информации может, по меньшей мере, усилить позиции скептиков в отношении эффективности Киотского протокола, и заодно — Парижского соглашения.

#### **1.4. Энергетическая безопасность**

Само по себе движение к низкоуглеродной экономике не представляет угрозы энергетической безопасности, однако, введение новых обязательных правил, ограничений или стимулов на международном или национальном уровне, а также несовершенство методики контрольных расчётов расширяет набор инструментов, которые могут использоваться в конкурентной борьбе и геополитике.

Изменения в глобальной энергетической системе, которые просчитываются на ближайшие 25 лет, могут расставить некоторые новые акценты в понимании энергетической безопасности. При этом вряд ли изменится разделение двух взаимосвязанных состояний энергетической безопасности на ситуационное и долгосрочное. Первое подразумевает наличие механизма предупреждения и противостояния внезапному и краткосрочному перебою с поставками в страну (группу стран, регион) остро необходимых энергоресурсов. Второе обеспечивается выстраиванием устойчивого и рационального энергетического самообеспечения, максимальной диверсификации источников энергии как внутри страны, так и внешних поставок, а на практике — сочетанием этих двух принципов. Объединяет эти два понятия риск недостаточно-го или неправильно структурированного инвестирования в энергосистему. Последствием ошибки здесь наряду с ослаблением долгосрочной безопасности может стать и краткосрочный, но острый дефицит

6. См. «Leaked paper exposes EU countries' abuse of climate loophole». EURACTIV.com <http://euractiv.com/7nbm>.

энергии. Судя по перспективному балансу, в предстоящие десятилетия основные риски для безопасности будут по-прежнему связаны с ископаемыми видами топлива, прежде всего нефти и природного газа.

Однако предвидятся и новые моменты, и влияние некоторых из них на энергетическую безопасность неоднозначно. В их числе — повышение роли электроснабжения и особенно быстрое развитие производства энергии из возобновляемых источников. С одной стороны, этот подход расширяет диверсификацию структуры внутреннего энергоснабжения, с другой — повышает его зависимость от нестабильной генерации. Из общей для значительных участников энергетического обмена тенденции несколько выпадает Индия с очень высокой зависимостью её энергобаланса от угля. В необычный период неопределённости вступил и Европейский союз — и не только из-за Брекзита, но и в результате углубляющихся политических разногласий между остающимися в Союзе странами, возможного перехода к модели «Европы нескольких скоростей», что может ослабить роль Брюсселя в энергетике.

Всё большую роль для гарантии мирового газового снабжения будет играть диверсификация его видов: если в настоящее время на долю СПГ, с его географически разнообразными поставщиками, приходится 42 % объёма глобальной торговли природным газом, то в 2040 г. она прогнозируется на уровне 53 %. В области поставок нефти картина другая — мир всё больше будет зависеть от Ближнего Востока.

В определённой степени курс на снижение использования угля в качестве топлива сужает возможность манёвра при необходимости заменять другой, «отключаемый» вид энергоносителя. До сих пор уголь считался довольно удобным инструментом обеспечения энергобезопасности некоторых стран и регионов: его запасы большие, широко разбросаны по планете, добытый уголь легко перевозится и хранится, отработана технология замещения им «выпадающего» снабжения другими видами энергии.

Со снижением роли угля в мировом энергобалансе и торговле и сохранением позиций нефти и газа повышаются риски перебоев в энергоснабжении стран-импортёров в силу того, что перевозки нефти и газа более уязвимы, чем перевозки угля. Всего, по прогнозам МЭА, в 2040 г. пятая часть использованной энергии в мире будет поставлена потребителям из-за рубежа. Центры потребления энергии и притяжения международных нефтяных и газовых потоков смещаются в Азию. В результате, доля Азии в международной торговле нефтью и газом вырастет с нынешних 50 % до 75 % в 2040 г., что повысит критическое

значение уязвимости «узких мест» системы морской транспортировки энергоносителей. Например, усложняет положение то, что эта эволюция происходит и продолжит происходить в период обострения геополитического напряжения в связке Южно-Китайское море-Малаккский пролив, от которой зависят поставки нефти и СПГ в Китай, Японию и Южную Корею. В частности, встаёт вопрос — кто и в каких формах будет обеспечивать безопасность соответствующей инфраструктуры и маршрутов.

Наконец, предвидится, что со временем проблемы могут возникнуть и с гидроэнергетикой — из-за снижения водного потенциала. Однако намечающаяся нехватка воды может сказаться и в других областях энергетики, где она нужна для технологических процессов. И эта взаимная зависимость энергии и воды будет сильнее проявляться в качестве фактора энергетической безопасности.

# ЕС: НА ПУТИ К НИЗКОУГЛЕРОДНОЙ ЭКОНОМИКЕ

---

Энергетическое положение Европейского союза<sup>7</sup>, несмотря на растущий высокий уровень зависимости от импорта энергии, является в целом устойчивым и не представляет особых проблем для дальнейшего экономического развития ЕС. Европейская энергетическая политика нацелена на переход к низкоуглеродной экономике и стремится к снижению к 2020 г. потребления энергии на 20% по сравнению с прогнозируемой динамикой по сценарию «бизнес как обычно». В ходе эволюции модели энергоснабжения идёт снижение энергоёмкости и углеродоёмкости экономического развития (разрыв прямой зависимости экономического роста от роста потребления энергии и выбросов парниковых газов), снижение спроса на энергию, повышение эффективности использования энергии и оптимизация импорта энергии.

## **2.1. Потребление энергии в Европейском союзе**

Валовое внутреннее потребление первичной энергии<sup>8</sup> 28 странами-членами ЕС с 1990 г., достигнув максимума в 2005 г. (1,8 млрд т н.э.), снизилось к 2014 г. на 3,7% — до 1,6 млрд т н.э.<sup>9</sup>

Из всех стран ЕС больше всего энергии потребляет Германия — в 2014 г. её доля составила 19,5% (313,0 млн т н.э.), за ней следуют Франция — 15,5% (248,9 млн т н.э.), Великобритания — 11,8% (202,0 млн т н.э.) и Италия — 9,4% (151,0 млн т н.э.). На долю этих четырёх стран в потреблении энергии Евросоюза приходится 56,2%. Структурно в конечном потреблении энергии лидирует транспортный сектор (33,2%), обрабатывающая промышленность (25,9%) и жилищный сектор (24,8%).

---

7. Последние по времени полные официальные данные по энергетике по ЕС (за 2014 г.) опубликованы Евростатом в июле 2016 г. и МЭА в ноябре 2016 г.

8. Показатель объёма энергии, необходимой для удовлетворения спроса на неё в рамках рассматриваемой географической зоны. Он включает в себя первичное производство энергии и её импорт, восстановленные продукты и изменения в запасах, за вычетом экспорта и бункерного топлива. Показатель характеризует все энергетические потребности страны (или географической зоны) и включает энергию, потребляемую в самом энергетическом секторе, потери при распределении и преобразовании энергии, потребление энергии конечными потребителями, использование энергетических продуктов не в энергетических целях и статистические погрешности.

9. Eurostat-2016: Валовое внутреннее потребление энергии, 1990-2014 гг. (млн т н.э.) YB16.png.

Таблица 2.1

**Европейский союз: спрос на первичную энергию  
(1990–2040 гг., основной сценарий МЭА–2016)**

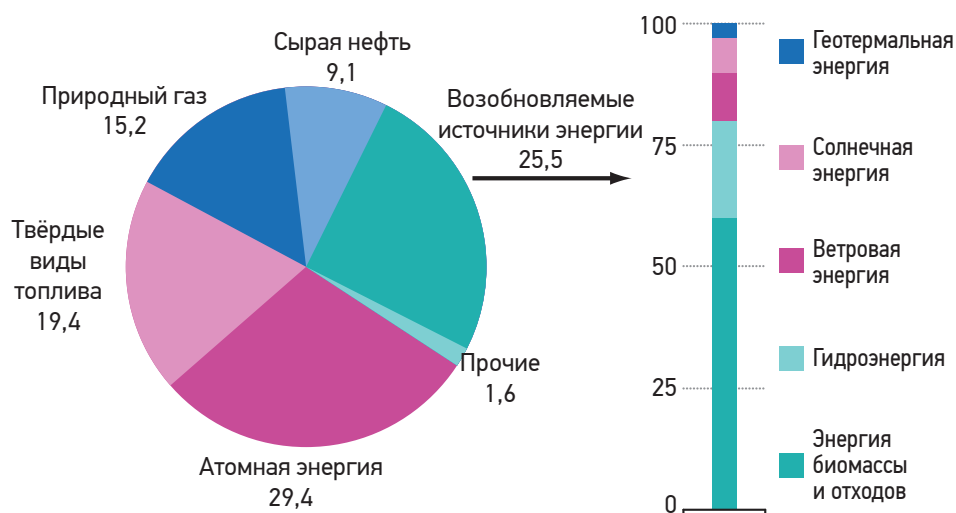
	Спрос на первичную энергию (млн т н.э.)					Доля (%)	
	1990	2014	2020	2030	2040	2014	2040
Всего	1 643	1563	1547	1441	1360	100	100
Природный газ	297	343	377	392	376	22	28
Энергия возобновляемых источников, в т.ч.:	75	214	258	326	384	14	28
Гидроэнергия	25	32	32	34	36	2	3
Биоэнергия	47	142	165	194	213	9	15
Другие ВИЭ	3	40	61	98	135	3	10
Нефть	607	509	469	384	314	33	23
Атомная энергия	207	228	219	188	187	15	14
Уголь	456	268	223	152	100	17	7

Источник: IEA WEO-2016.

Показатель потребления первичной энергии всеми странами-членами Европейского союза снизился с 1990 г. по 2014 г. почти на 5% — при росте совокупного валового внутреннего продукта ЕС за этот период на 47% (в ценах 2010 г). В результате, энергоёмкость европейской экономики снизилась за этот же период на 34%. Лидерами этой долгосрочной тенденции выступают Литва (–68%), Словакия (–63%) и Польша (–61%).

На сегодняшний день в структуре спроса ЕС на первичную энергию на нефть приходится 33%, на природный газ — 22% и на уголь — 17%.

Согласно этому прогнозному сценарию Международного энергетического агентства, в 2040 г. из всех видов первичной энергии наибольшим спросом в ЕС будут пользоваться природный газ и энергия возобновляемых источников (по 28%), за ними будет следовать нефть



**Рис. 2.1. Структура производства первичной энергии в ЕС-28 (2014 г., %, на основе т н.э.)**

Источник: Eurostat, 2016.

(23%) и уголь (7%). Доля спроса на атомную энергию чуть снизится — до 14%.

ЕС удовлетворяет этот спрос на энергию как за счёт своего собственного производства, так и за счёт импорта.

## **2.2. Производство энергии в Европейском союзе**

Производство первичной энергии 28 странами ЕС составило в 2014 г. 771 млн т н.э. За последнее десятилетие этот показатель снизился на 17,3% в силу действия ряда факторов, в т.ч. общего снижения энергоёмкости экономического развития, истощения собственных запасов энергоносителей и падения рентабельности национального энергетического бизнеса. Наибольший вклад в энергобаланс ЕС в 2014 г. внесли Франция (17,6%), Германия (15,6%) и Великобритания (14,0%).

Наиболее масштабно производство первичной энергии сократилось с 2004 г. в Великобритании (на 116,7 млн т н.э.), Германии (на 16,9 млн т н.э.), Дании (на 15,1 млн т н.э.) и Польше (на 11,2 млн т н.э.). Самый крупный прирост производства первичной энергии за этот период был зарегистрирован в Италии (на 7,6 млн т н.э.), за ней с разбросом в 2-2,5 млн т н.э. идут Австрия, Испания, Португалия, Финляндия и Эстония.

По видам энергии наибольшая доля совокупного европейского производства первичной энергии приходится на атомную энергию (29,4 %). В тройку стран-лидеров по этому показателю входят Франция (82,8 %), Бельгия (71,2 %) и Словакия (64,1 %). При этом 14 стран-членов ЕС вообще не производят атомную энергию. Несколько лет назад Германия объявила, что она закроет все свои АЭС к 2022 г.

Второе место в собственном производстве первичной энергии ЕС в 2014 г. заняли возобновляемые источники (25,5 %). Примечательно, что использование ВИЭ за рассматриваемое десятилетие выросло на целых 73,1 %.

19,4 % производства первичной энергии приходится на твёрдые виды топлива — в основном, уголь, 15,2 % — на природный газ и 9,1 % — на нефть. Динамика их производства контрастирует с укреплением позиций ВИЭ: за 2004-2014 гг. добыча нефти в ЕС упала на 52 %, природного газа — на 42,9 % и твёрдых видов топлива на 25,5 %. Также производство атомной энергии снизилось на 13,1 %.

С учётом интересов энергобезопасности и по геополитическим соображениям ЕС уделяет повышенное внимание развитию собственных энергопроизводящих возможностей. В двух своих прогнозных сценариях (основном и климатическом) до 2040 г. МЭА оценивает долю собственной энергии на едином энергетическом рынке ЕС следующим образом: в 2014 г. она составила 50 %, а в 2040 г. должна подняться, согласно сценариям, до уровня 55 % или 65 % (из-за быстрого развития ВИЭ и по причине снижения импорта природного газа).

### ***2.3. Импорт первичной энергии Евросоюзом***

С 1980-х гг. (когда она была чуть ниже 40 %) зависимость Евросоюза от импорта энергии почти неуклонно росла и достигла в 2014 г. уровня 53,3 %.

Наибольшая зависимость у стран Евросоюза — от импорта сырой нефти (88,2 %) и природного газа (67,4 %). Однако в 2004-2014 гг. их зависимость от ввозимого газа росла быстрее (на 13,8 п.п.), чем от нефти (на 7,5 п.п.) и твёрдых видов топлива (на 7,4 п.п.). Из стран-членов ЕС от импорта первичных видов энергии зависят на более чем 90 % Мальта, Люксембург и Кипр; менее чем на 30 % — Эстония, Дания, Румыния и Польша.

Россия традиционно и с большим отрывом удерживает лидерство в поставках всех основных видов первичной энергии в Европейский

Таблица 2.2

**Европейский союз-28: основные внешние поставщики  
первичной энергии (2004–2014 гг.; %)**

Твёрдые виды топлива			Сырая нефть			Природный газ		
	2004	2014		2004	2014		2004	2014
Россия	18,0	29,0	Россия	32,5	30,4	Россия	43,6	37,5
Колумбия	12,0	21,2	Норвегия	18,7	13,1	Норвегия	24,3	31,6
США	7,2	20,5	Нигерия	2,6	9,1	Алжир	17,9	12,3
ЮАР	25,2	9,9	С. Аравия	11,3	8,9	Катар	1,4	6,9
Австралия	14,5	6,2	Казахстан	3,3	6,4	Ливия	0,4	2,1
Индонезия	6,6	3,4	Ирак	2,2	4,6	Нигерия	3,6	1,5
Канада	2,4	2,5	Азербайджан	0,9	4,4	Тринидад и Тобаго	0,0	0,9
Украина	2,3	1,5	Алжир	3,3	4,2	Перу	0,0	0,4
Норвегия	0,6	0,7	Ангола	0,6	3,3	Турция	0,0	0,2
Прочие	11,3	5,1	Прочие	24,5	15,5	Прочие	8,7	6,5

Источник: Eurostat.

союз — угля, нефти и природного газа. Доля РФ в импорте Евросоюзом твёрдых видов топлива была наибольшей в 2006 г., когда она обогнала по этому показателю своего основного конкурента — Южную Африку<sup>10</sup>. В 2014 г. российская ниша на европейском угольном рынке составила 29 %.

По мнению МЭА, которое разделяет Евросоюз<sup>11</sup>, зависимость ЕС от внешних поставок нефти с нынешних 88 % вырастет до более чем 90 % в 2035 г., а по газу — с 60 % до 80 %).

#### **2.4. Энергетическая стратегия и стратегия энергетической безопасности ЕС**

Энергетическая стратегия Европейского союза всегда была одним из его наиболее комплексных внутри- и внешнеполитических подходов. Стратегия энергетической безопасности является не просто её неотъемлемой частью, но и — в значительной части — её сутью. На наших

10. До этого Россия обогнала Колумбию в 2002 г. и Австралию в 2004 г.

11. COM (2014) 15 final.



глазах постоянной темой энергетической стратегии ЕС становится переход к низкоуглеродной экономике. Синхронизация стратегических подходов к решению энергетических проблем и борьбы с изменением климата возрастает, эти два направления настолько переплетаются между собой, что всё чаще говорится об «энергетической и климатической стратегии» как об одном целом.

Соответственно, энергетическая стратегия формулируется во взаимосвязанных документах: (1) «собственно» по энергетической стратегии, (2) по стратегии энергетической безопасности и климатической стратегии (что включает в себя движение к низкоуглеродной экономике) и (3) документы стратегического характера в отдельных областях, так или иначе близко связанных с общей системой энергообеспечения (экология, энергоэффективность, использование ВИЭ, транспорт и т.д.).

Понимаемую таким образом «энергетическую стратегию Европейского союза» можно кратко охарактеризовать следующим образом:

- направленность на переход к низкоуглеродной модели социально-экономического развития;
- тесная связь со стратегией развития ЕС в других областях;
- геополитическое измерение, где во главу угла ставится устойчивость, безопасность и надёжность энергоснабжения ЕС;
- признание того, что энергообеспечение блока является частью глобальных проблем развития.

Принятая в 2011 г. «Энергетическая дорожная карта-2050»<sup>12</sup> провозгласила долгосрочные — до середины века — цели в области энергетики. Качественно новым стало введение целевого показателя по сокращению выбросов парниковых газов на 80-95 % по сравнению с уровнем 1990 г. и «выстраивание» соответствующей стратегии для его достижения с соблюдением установок на повышение конкурентоспособности и безопасности энергоснабжения. В «Дорожной карте» определены четыре главных направления: энергоэффективность, использование ВИЭ, ядерная энергия и улавливание и хранение углекислого газа. На основе комбинаций этих элементов было создано семь возможных сценариев на период до 2050 г. Исходными положениями для них стали следующие:

- декарбонизация экономики и энергосистемы ЕС технически и экономически возможна. Выполнение любого сценария, ведущего

12. EnergyRoadmap2050.CommunicationfromtheCommissiontotheEuropeanParliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions (COM/2011/0885 final).

к достижению поставленной цели по снижению выбросов парниковых газов, обойдётся дешевле, чем продолжение проводимой в настоящее время политики;

- увеличение доли энергии возобновляемых источников и повышение энергоэффективности критически важно для любого выбранного сценария;
- ранние инвестиции в инфраструктуру с упором на низкоуглеродные технологии экономически выгоднее, чем произведённые в этих же целях более поздние капиталовложения<sup>13</sup>;
- именно общеевропейский, а не страновой подход обеспечивает оптимальную энергетическую модель, при которой энергия производится там, где на это требуются наименьшие затраты, и доставляется туда, где она нужна.

Руководствуясь целями «Дорожной карты» и в русле её принципиальных положений, в 2014 г. Евросоюз активно начал строить основы своей обновлённой энергетической стратегии. В этой связи надо прежде всего упомянуть два фундаментальных документа — «Стратегию энергетической безопасности»<sup>14</sup> и «Рамочную политику в области климата и энергии на период 2020-2030 гг.»<sup>15</sup>. Принятие этих документов придало новый концептуальный, политический и институциональный импульс движению Европы к низкоуглеродной, безопасной и конкурентной экономике.

«Рамочная политика-2014» подтвердила известные целевые показатели предыдущего пакета мер 2008 г. в области климата и энергетики — 20/20/20<sup>16</sup>, скорректировала их в сторону повышения и установила новые показатели на 2030 г.: по сравнению с 1990 г. планируется сократить выбросы ПГ на 40 % (это провозглашено главной целью климатической и энергетической политики Союза) и повысить долю

13. По оценкам МЭА, сравнимые инвестиции в энергетический сектор (которые всё равно надо делать — например, в области опасно устаревшей и изношенной инфраструктуры), осуществлённые после 2020 г., обойдутся в 4,3 раза дороже, чем капиталовложения до 2020 г.

14. European Energy Security Strategy. Communication from the Commission to the European Parliament and the Council. Brussels, 28.5.2014 COM (2014) 330 final.

15. A policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions (COM/2014/015 final).

16. Снижение к 2020 г. выбросов парниковых газов на 20 %, доведение доли ВИЭ в энергопотреблении до 20 % и повышение энергоэффективности на 20 % от уровня 1990 г.

энергии возобновляемых источников в общем потреблении энергии как минимум до 27%. Помимо этого, в документе формулируются обновлённые установки для реформирования Системы торговли выбросами ПГ, усиления конкуренции на интегрированных энергетических рынках, доступности энергии для всех потребителей и обеспечения безопасности энергоснабжения, а также излагаются положения относительно механизма реализации поставленных целей.

В «Рамочной политике-2014» кратко и ёмко определены три направления действий по повышению безопасности энергоснабжения ЕС:

- развитие собственных источников энергии — возобновляемых, традиционных и нетрадиционных запасов ископаемых видов топлива (прежде всего природного газа) и атомной энергии; при этом должно соблюдаться не только законодательство ЕС, но и международные обязательства, например, инициатива Группы 20 по постепенной отмене субсидий для ископаемых видов топлива;
- коллективная деятельность стран-членов ЕС по диверсификации стран-поставщиков энергии и маршрутов её доставки, повышению конкурентности энергетических рынков и созданию единого внутреннего энергетического рынка Евросоюза;
- активизация усилий по рентабельному снижению энергоёмкости экономического развития, сбережению энергии и повышению энергоэффективности.

В последнее время традиционный тезис о снижении зависимости от поставок российского газа стал дополняться установкой на снижение зависимости и от ближневосточной нефти. Согласно экспертному мнению, опубликованному во влиятельном информационно-аналитическом издании «Euractiv», Брюссель оказался перед не совсем политкорректной для него необходимостью налаживать или расширять поставки энергоносителей из «неудобных» для ЕС стран, в числе которых называются Азербайджан, Туркменистан, Ливия, Ирак и Иран. Там же утверждается, что «энергия и реальная политика (*Realpolitik*) идут рука об руку». В качестве доказательства приводится тот факт, что правительства многих стран ведут дела с Саудовской Аравией, несмотря на то, что «она регулярно называется худшей из всех худших стран в докладах о соблюдении политических прав»<sup>17</sup>.

Озабоченность Европейского союза своей энергетической безопасностью продиктована прежде всего тем, что более половины нужной

17. Euractiv 2017-02-06.

для её экономики энергии поступает из-за рубежа. В условиях более или менее спокойной международной обстановки этот факт не вызывал особых политических эмоций. Однако, по мере роста противоречий в мире и нарастания международной напряжённости и неопределённости по многим параметрам, вопрос надёжности внешних энергетических поставок резко поднялся в политической повестке дня ЕС.

Вопрос энергетической безопасности встаёт остро, когда внешние поставки энергии сконцентрированы в руках нескольких стран. С этой точки зрения ситуация в области европейского энергетического импорта такова: на долю «большой тройки» внешних поставщиков природного газа приходится 81,4 % нетто-импорта ЕС (Россия, Норвегия и Алжир), угля — 71 % (Россия, Колумбия, США) и нефти — 52,6 % (Россия, Норвегия и Нигерия). При этом стоит отметить, что в поставках нефти понемногу набирают силу новые страны-партнёры — Казахстан и Ирак, а в поставках природного газа — Катар и Ливия (см. табл. 2.2).

Особенно болезненно воспринимается тот факт, что больше всего ЕС импортирует энергоносителей из России, которая выведена Брюсселем из числа стратегических партнёров, и чья внешняя политика признаётся всё более противоречащей линии Евросоюза по слишком большому спектру международных проблем.

ЕС тревожит ряд конфликтов Москвы со своими странами-соседями, которые одновременно являются звеньями транзитной системы для российских энергоносителей. Одним из результатов пересмотра законодательных рамок в области безопасности энергопоставок стало принятие Советом Европейского союза директивы, требующей от всех государств-членов ЕС создать и поддерживать минимальные запасы сырой нефти, а также нефтепродуктов<sup>18</sup>. В сочетании с другими решениями, это положило начало создания современного коллективного механизма предупреждения потенциальных нарушений снабжения стран-членов ЕС нефтью (а также газом) и смягчения отрицательных последствий в случае, если они всё же произойдут.

В «Стратегии энергетической безопасности-2014» не только рассматриваются долгосрочные угрозы безопасности газоснабжения ЕС,

---

18. Council Directive 2009/119/EC of 14 September 2009 imposing an obligation on Member States to maintain minimum stocks of crude oil and/or petroleum products. Это — в дополнение к требованиям МЭА (а большинство государств ЕС являются членами этой организации) к каждой стране-участнице держать запасы нефти, обеспечивающие (в случае перебоя внешних поставок) внутреннее потребление в течение трёх месяцев.

но и предусматриваются краткосрочные меры реагирования. В соответствии со Стратегией, 38 европейских стран, в т.ч. все государства-члены ЕС, провели стресс-тест по двум сценариям перебоев в поставках газа от одного до шести месяцев из России (полное прекращение поставок и перебои транзитных поставок через территорию Украины).

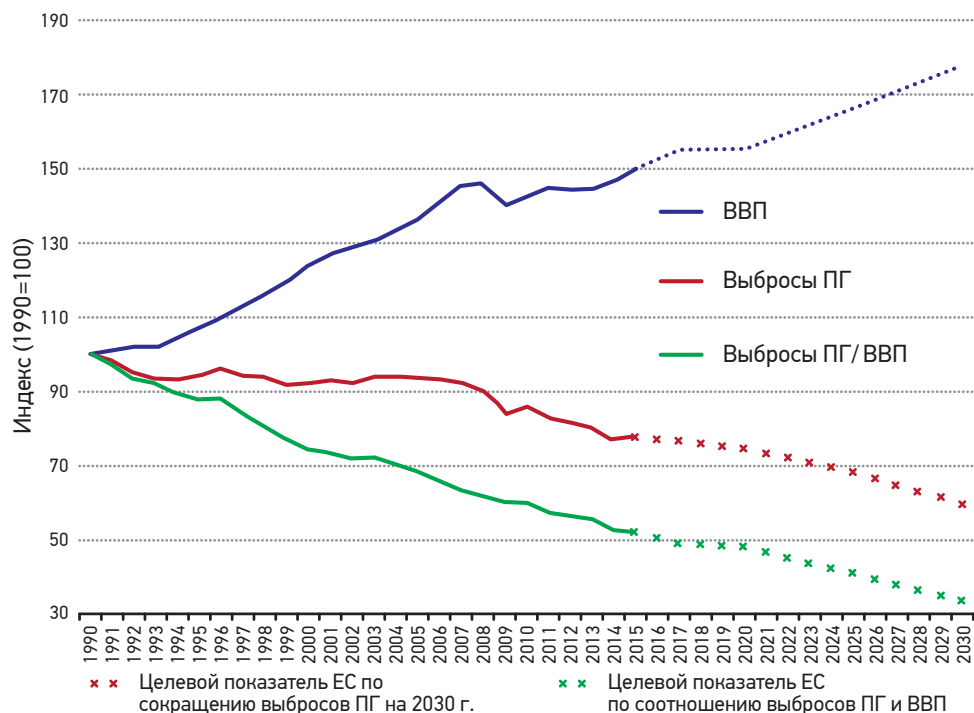
Основным инструментом контроля за реализацией Рамочной политики и Стратегии энергетической безопасности (обе — 2014 г.) стали доклады «О состоянии Энергетического союза», позволяющие отслеживать реализацию принятых инициатив и установок в энергетической области, деятельность самого Энергосоюза, выявлять возникающие проблемы и намечать пути их решения. В числе прочего, этот документ консолидирует связанные с этой тематикой доклады и инициативы Еврокомиссии.

«Второй доклад о состоянии Энергетического союза», опубликованный в феврале 2017 г.<sup>19</sup> утверждает, что деятельность Энергетического союза и переход всей модернизированной экономики ЕС на низкоуглеродную и энергоэффективную модель развития должны осуществляться «социально справедливым образом». Кроме того, подчёркивается, что в быстро меняющейся геополитической обстановке успешный Энергетический союз играет решающую роль в защите долгосрочных экономических интересов и благосостояния Европы и её граждан. В этом ему должна помочь «усиленная» энергетическая дипломатия, которая призвана расширить для Европы поле для манёвра, а климатическая дипломатия — продемонстрировать лидерство ЕС в борьбе с глобальным потеплением.

Внешнее измерение Энергетического союза претерпело минимальные изменения по сравнению с заявленными ранее стратегическими задачами. Можно сказать, что основные новшества связаны с реализацией мер по усилению роли Брюсселя во внешнеэнергетических делах государств-членов ЕС в соответствии с пакетом документов по безопасности энергоснабжения (февраль 2016 г.): речь идёт о дисциплине планирования и переговоров по международным соглашениям отдельных государств-членов ЕС по поставкам энергии из третьих стран, включающей

---

19. Second Report on the State of the Energy Union. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee, the Committee of the regions and the European Investment Bank. Brussels, 1.2.2017. COM (2017) 53 final. Первый доклад «О состоянии Энергетического союза» был опубликован в ноябре 2015 г.



**Рис. 2.2. ЕС: Историческая и прогнозируемая до 2030 г. динамика ВВП в постоянных ценах, выбросов парниковых газов и коэффициент выбросов ПГ/ВВП (1990 г. = 100 %)**

*Источник:* Second Report on the State of the Energy Union. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee, the Committee of the regions and the European investment bank. Brussels, 1.2.2017. Com (2017) 53 final.

требования по открытости и полному соответствию законодательству Евросоюза<sup>20</sup>.

### **Климатически чистое развитие**

В этом же ряду фундаментальных документов находится «Энергетическая стратегия-2030» (2014 г.)<sup>21</sup>, подтвердившая цели на 2030 г. в области борьбы с изменением климата (сокращение выбросов парниковых газов и увеличение доли энергии возобновляемых источников в общем энергопотреблении). Стратегия-2030 также поставила задачу обеспечить сбережение не менее 27% энергии по сравнению с пред-

20. См. COM (2016) 53.

21. A policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions (COM/2014/015 final).

полагаемой динамикой «бизнеса как обычно». В числе предлагаемых мер — введение новых целевых показателей конкурентоспособности и безопасности энергосистемы, диверсификация энергоснабжения, соединение энергосистем внутри ЕС и повышение координации действий в рамках Евросоюза.

ЕС достиг впечатляющего прогресса в снижении объёма выбросов парниковых газов на единицу валового внутреннего продукта и планирует продолжить движение в этом направлении. За последние 25 лет совокупный ВВП Евросоюза в постоянных ценах вырос наполовину, в то время как выбросы ПГ упали на 22 %. Рисунок 2.2 иллюстрирует динамику трёх показателей этой тенденции за последние 25 лет и намеченную траекторию на период до 2030 г.

### **Энергетический союз**

Постоянное дополнение перспективных целевых энергетических показателей, их усложнение и усиление взаимосвязей с показателями других направлений шло на фоне неспособности уже провозглашённых инициатив, по свидетельству самой Европейской комиссии, решить проблемы стареющей инфраструктуры, слабой интеграции энергетических рынков и неоднородной энергетической политики государств-членов Евросоюза. Провозглашаемые сроки завершения создания единого энергетического рынка ЕС всё время сдвигались. Нужна была консолидация «энергетической функции» Евросоюза, новый концептуальный и политический импульс. Так родилась идея учреждения Энергетического союза государств-членов Европейского союза<sup>22</sup>.

По замыслу инициаторов, Энергетический союз должен обеспечить своим странам-участницам надёжное и доступное по цене энергоснабжение, не наносящее ущерба климату. При этом более умное использование энергии в сочетании с мерами по борьбе с изменением климата рассматривается в качестве стимула экономического роста и создания новых рабочих мест — своего рода инвестиции в будущее Европы.

---

22. Учреждён в соответствии с «Энергетическом пакетом-2015» (в который входит «Рамочная стратегия для устойчивого Энергетического союза с перспективной политикой в отношении изменений климата» с приложениями дорожной карты, обзора продвижения в пяти ключевых областях и некоторой статистики). A Framework Strategy for a Resilient Energy Union with a Forward-Looking Climate Change Policy. Communication from the commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee, the Committee of the regions and the European investment bank. Brussels, 25.2.2015 COM (2015) 80 final.



Создание Энергетического союза было вызвано не только внутри-европейскими проблемами на пути дальнейшей интеграции, но и геополитическими соображениям в условиях обострения международной обстановки и роста неопределённости её дальнейшего развития. Особенности новой администрации США и начинающийся выход Великобритании из Европейского союза не успокоили ситуацию.

Несмотря на то, что появление Энергосоюза не знаменовалось прорывными идеями или новизной подходов (и в этом смысле он унаследовал всю энергетическую повестку дня ЕС последних лет), он придал обновлённую динамику энергетической стратегии и политике ЕС, расставил некоторые новые акценты и в целом оживил становившееся невыразительным продвижение к единой Европе. Определённой новизной стало закрепление (пусть во многом формальное) заметного перераспределения влияния в энергетической политике в пользу Брюсселя за счёт государств-членов ЕС. Наконец, символично и административное возвышение «энергетического столпа» Евросоюза<sup>23</sup>. Упор делается не столько на новые инициативы, сколько на своевременное выполнение уже заявленных и реализуемых программ.

Энергетический союз — один из десяти приоритетов современной политической повестки дня Европейского союза. Этот проект тесно взаимосвязан юридически и институционально со многими другими частями всей конструкции ЕС<sup>24</sup>.

Перед Энергетическим союзом поставлены шесть тесно связанных между собой целей: обеспечение энергетической безопасности; укрепление солидарности и доверия между странами-участницами; завершение полной интеграции энергетического рынка ЕС; повышение энергоэффективности, способствующей сдерживанию спроса на энергию; декарбонизация экономики; стимулирование исследований, инноваций и повышение конкурентоспособности.

23. Традиционная иерархия и структура управления энергетической функцией ЕС — Генеральный директор Генерального департамента по энергетике и курирующий его член Европейской комиссии по энергетике и климату — была надстроена постом Заместителя председателя Европейской комиссии по вопросам Энергетического союза.

24. Консолидируя все аспекты энергетической политики, Энергетический союз тесно связан с деятельностью ЕС по достижению целей устойчивого развития и создания экономики «замкнутого цикла», а также взаимосвязан с множеством других проектов, например, с Союзом рынка капиталов, Единым цифровым рынком, Повесткой дня по новым навыкам для Европы, Инвестиционным планом для Европы и Союзом безопасности.



### **Энергия возобновляемых источников**

В последние годы (в русле основной тенденции развитого мира) всё больше внимания уделяется использованию ВИЭ. Именно эта тема является основной, например, в последних по времени (2016 г.) глобальных прогнозных сценариях до 2040 г. МЭА. Стратегия ЕС по развитию возобновляемых источников энергии наиболее полно изложена в «Директиве по возобновляемой энергии» 2009 г.<sup>25</sup> Она устанавливает общую политику по вопросам производства и внедрения энергии возобновляемых источников в систему энергоснабжения в Евросоюзе. Там же зафиксирована стратегическая цель — довести долю ВИЭ в совокупном потреблении энергии в ЕС до не менее чем 20 % к 2020 г. Для этого установлены отдельные целевые показатели для каждого государства-члена ЕС — от 10 % для Мальты до 49 % для Швеции. Особо оговаривается, что все страны должны добиться, чтобы к 2020 г. не менее 10 % потребляемого в них моторного топлива приходилось на ВИЭ.

О продвижении к этим целям, закреплённым в соответствующих «национальных планах действий по развитию возобновляемых источников энергии», сообщается в публикуемых странами каждые два года специальных отчётах.

Динамика реального развития сектора энергии возобновляемых источников Европейского союза находится в русле установленной в 2009 г. траектории по достижению к 2020 г. провозглашённой цели ЕС — 20-процентной доли в валовом потреблении энергии. Движение ЕС в области развития использования ВИЭ идёт с превышением «контрольных» цифр.

В конце 2016 г. Еврокомиссия опубликовала проект пересмотренной «Директивы по возобновляемой энергии»<sup>26</sup>. В ней предлагается утвердить новую стратегическую цель — довести долю энергии из возобновляемых источников в энергопотреблении к 2030 г. до 27 %, что, в случае выполнения, выведет Европейский союз в мировые лидеры в этой области.

О прогрессе в переходе к низкоуглеродной экономике свидетельствует тот факт, что в 2016 г. 86 % прироста поступающей в европейские сети электроэнергии пришлось на возобновляемые источники — ветровые,

25. Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC.

26. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources. Brussels, 30.11.2016 COM (2016) 767.

солнечные, биомассу и гидроресурсы (21,1 ГВт из 24,5 ГВт всей введённой в ЕС мощности). Впервые удельный вес ветропарков превысил половину всей вновь установленной электромощности и, в результате, занял второе место в общей структуре генерации, оттеснив уголь (газ остаётся лидером).

Лидером этого процесса выступает Германия (44%), а Франция, Нидерланды, Ирландия и Литва установили свои национальные рекорды по вводу ветрогенерирующих мощностей. Совокупные инвестиции в ветровую энергетику ЕС, главным образом, из-за более дорогостоящих проектов морских ветропарков, составили в 2016 г. рекордную сумму — 27,5 млрд евро.

Однако не стоит переоценивать нынешнюю и будущую роль ветровой энергетики в Европе. Несмотря на впечатляющую динамику последних лет, установленные ветроэнергетические мощности в ЕС оцениваются в 153,7 ГВт, что составляет лишь одну шестую часть всех установленных электроэнергетических мощностей (918,8 ГВт). Технологические проблемы, препятствующие непрерывному поступлению электроэнергии ветровых устройств в сеть, не решены.

Отмечается, что политическая (и материальная) поддержка развития ветровой энергетики в Европе слабеет. Ещё не так давно «флагманские» страны этого движения, такие как Испания, Португалия, Италия и Греция, резко снизили свою активность в этой области. Некоторые ограничения ввела и Польша. По сути, главная надежда отрасли на новую нишу связана с возможностью правительств государств-членов ЕС разработать программы вывода из эксплуатации к определённому сроку старых электростанций, работающих на угле, чтобы выполнить взятые на себя обязательства по снижению выбросов парниковых газов в рамках борьбы с глобальным потеплением<sup>27</sup>.

Эксперты осторожно оценивают долгосрочные перспективы ветровой энергетики, признавая, что из нынешних 28 государств-членов ЕС лишь у семи есть чёткие планы и база для достижения общих поставленных целей после «рубежного» 2020 г.

### ***Борьба с глобальным потеплением***

ЕС активно участвовал в выработке Парижского соглашения по климату и ратифицировал его в рекордные для себя сроки. После вступления Соглашения в силу Еврокомиссия приняла «Пакет мер в области

---

27. По примеру покидающей Евросоюз Великобритании, установившей для себя такой срок — 2025 г.

чистой энергии», вводящий регуляторные установки в этой области на период после 2020 г. Разворачивается подготовительная работа по участию в первом «поддерживающем диалоге» стран-участниц Парижского соглашения в 2018 г. для сравнения и координации подходов к выполнению взятых на себя обязательств, а также обзора принятых для этого мер. Постоянно совершенствуется Система торговли выбросами парниковых газов ЕС, пересмотрена в сторону ужесточения Директива по страновым предельным уровням выбросов парниковых газов. В 2016 г. Еврокомиссия опубликовала стратегию по снижению выбросов парниковых газов транспортом, согласно которой к 2050 г. они должны быть снижены на 60 % по сравнению с уровнем 1990 г.

Инициативы в области энергетики являются частью усилий ЕС по переходу к «экономике замкнутого цикла», в которой повышается степень эффективности использования всех ресурсов на протяжении их жизненного цикла, в т.ч. в результате сокращения потерь и переработки для повторного использования. Утилизация отходов и повышение энергоэффективности добычи/производства, транспортировки/передачи и использования энергии/энергоносителей всё чаще рассматривается как особый источник энергии<sup>28</sup>.

Поскольку модернизация экономики по новым принципам возможна только при наличии реальной конкуренции, инноваций и устойчивой регуляторной системы, в ЕС предпринимаются активные усилия в этом направлении. Основным стратегическим документом здесь является документ «Ускорение инноваций в области чистой энергии»<sup>29</sup>, направленный на стимулирование исследований существующими и вновь учреждаемыми европейскими компаниями новых решений в области чистой энергетики и на ускорение их внедрения на рынках.

Довольно успешно реализуется «План развития стратегических энергетических технологий»<sup>30</sup>, целью которого является внедрение коммерчески рентабельных низкоуглеродных технологий в европейскую энергосистему. Также стоит отметить присоединение ЕС к глобальной

28. Стоит напомнить, что лидеры стран и ЕС-участники «Группы 8» под председательством Российской Федерации ещё в 2006 г. выдвинули тезис: «Сэкономленная энергия — это произведённая энергия». В этой связи, интересен норвежский опыт, где за последние 10 лет сортировка и утилизация отходов для тепло- и электрогенерации была налажена настолько эффективно, что Норвегия теперь ввозит мусор из соседних стран и даже из Италии и Великобритании для этих целей.

29. COM (2016) 763.

30. См.: [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/set-plan\\_progress\\_2016.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/set-plan_progress_2016.pdf).

инициативе 22 стран «Миссия: нововведения»<sup>31</sup>. Участники этой инициативы обязались в течение пяти лет удвоить свои государственные инвестиции в исследования и разработки в области чистой энергии. В частности, уже в недалёком будущем можно ожидать введения в ЕС пересмотренных или новых соответствующих показателей, например, по экспорту, импорту и рыночной доли технологий чистой энергии. Полученная картина может скорректировать соответствующие планы исследований и разработок.

Достаточная и устойчивая инфраструктура, способная выстоять перед возможными вызовами будущего, считается «хребтом» Энергосоюза. Соответствующие вложения в текущем десятилетии оцениваются в размере 200 млрд евро. Ожидается, что половина этих инвестиций придёт из частного сектора. Основными направлениями здесь являются создание приоритетных энергетических коридоров и в их рамках — координированное строительство интерконнекторов (внутри- и межсистемных соединительных трубопроводов и линий передачи электроэнергии).

Приоритетные внутриевропейские энергетические коридоры определяются в стратегии развития трансъевропейских сетей (TEN-E). Они призваны преодолеть изоляцию некоторых энергетических рынков ЕС, расширить пропускную мощность трансграничных соединений и способствовать интеграции энергии возобновляемых источников в общеевропейский рынок.

В области *электроэнергетики* — это соединение морских сетей в северных морях с линиями передачи электроэнергии Северной и Центральной Европы; соединение линий электропередачи в Юго-Западной Европе, Юго-Восточной Европе и восточной части Центральной Европы; соединение балтийского (Литва, Латвия и Эстония) электроэнергетического рынка с остальной частью энергосистемы ЕС.

Приоритетные коридоры транспортировки газа включают в себя Южный коридор (для поставок газа напрямую с месторождений Каспийского моря); интеграцию газовых рынков стран Балтии и их подсоединение к системе Центральной и Юго-Восточной Европы; газопроводы Север-Юг в Западной Европе (для устранения узких мест в газотранспортной системе внутри ЕС и расширения возможности принимать и оптимально распределять импортируемый газ); газопроводы

---

31. Участвуют 22 страны и ЕС. Цель — сотрудничество в ускорении инновационных процессов в области чистой энергии. См.: <http://mission-innovation.net/about/>.

по направлению Север-Юг в Центральной, Восточной и Юго-Восточной Европе, включая региональные интерконнекторы Балтийского региона, Адриатического и Эгейского морей, восточной части Средиземного моря и Чёрного моря.

Для нефти приоритетный коридор состоит из трубопроводов в Центральной и Восточной Европе.

В настоящее время ЕС руководствуется решением — к 2020 г. добиться уровня соединимости электросистем своих стран-членов в 10%. Это означает, что все страны-члены ЕС должны располагать технологическими возможностями передачи не менее 10% производимой в них электроэнергии своим странам-соседям. Европейская стратегия энергетической безопасности 2014 г.<sup>32</sup> предлагает добиться 15-процентного уровня соединимости к 2030 г. Образована Группа экспертов, которая должна дать до конца 2017 г. технически обоснованные рекомендации по разбивке этого обновлённого показателя соединимости электросистем на показатели регионального, странового и трансграничного уровня.

Продвижение к этим показателям и конкретные работы в рамках приоритетных энергетических коридоров ведутся по спискам «проектов общеевропейского интереса», обновляемым каждые два года. В настоящее время таких проектов 195. Во второй половине февраля 2017 г. ЕС принял решение инвестировать из фонда «Соединение Европы» 444 млн евро в 18 приоритетных проектов своей энергетической инфраструктуры<sup>33</sup>, в том числе 7 проектов в электроэнергетике и 10 — в газовой области, включая строительство терминала по приёму СПГ на хорватском острове Крк, соединительный трубопровод между Польшей и Хорватией, а также изучение возможности превращения Болгарии в газовый хаб. Объявленная цель этих газовых проектов — избавиться от доминирования в этом регионе «единственного газового поставщика».

Однако узкие места в транспортировке энергии существуют не только из-за отсутствия соединительных звеньев, но и по причине *неэффективного управления* некоторыми уже имеющимися элементами энергетической инфраструктуры, используемыми не на полную мощность. Решение этой проблемы требует ускоренной интеграции ветропарков, особенно морских, в европейскую сеть.

*Физическая защита критически важной энергетической инфраструктуры от природных катастроф, террористических актов и*

32. COM/2014/0330 final.

33. См. список: <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/list>.

преступной деятельности, в основном, обеспечивается национальными органами государственного управления. Однако по мере роста взаимозависимости и риска распространения последствий сбоев в одной стране на другие страны, в последнее время усиливается общеевропейский подход к вопросам защиты энергосистем и отдельных их элементов. В настоящее время в основе этого подхода лежит Программа защиты европейской критически важной инфраструктуры, утверждённая десять лет назад. В 2013 г. Европейская комиссия запустила пилотный проект по анализу угроз европейской электроэнергетической и газовой сетям (а также управлению воздушного сообщения и глобальной спутниковой системы навигации ЕС «GALILEO»).

По оценкам Еврокомиссии, на выполнение целей 2030 г. в области энергетики и борьбы с изменением климата ежегодно потребуется 379 млрд евро в течение всего периода с 2020 г. по 2030 г.

В целом, обзор тенденций в области энергетики и борьбы с изменением климата показывает, что движение ЕС к низкоуглеродной экономике продолжается — соответствующие показатели находятся на траектории, ведущей к достижению поставленных целей.

Однако время для долгосрочных прогнозов в области энергетики ЕС и системы его энергоснабжения очень рискованное. Дело не только в том, что один из важнейших участников блока — Великобритания — покидает его. Результаты всеобщих выборов во Франции и Германии в 2017 г. могут привести к подвижкам в идеологии, концепциях и политике, которые сложно просчитать заранее.

К этому надо добавить неопределённости, вызванные попытками новой администрации США существенно изменить свою энергетическую и климатическую политику и обновить акценты внешней политики. Такие шаги неизбежно повлияют на сложившуюся модель мирового взаимодействия в области энергетики и затронут все связанные с ними области.

Европейская комиссия запланировала провести до конца 2017 г. подробный анализ энергетической и климатической политики государств-членов ЕС, по результатам которого вероятно будут внесены коррективы в общую энергетическую стратегию.

# ЭНЕРГЕТИКА США

---

### 3.1. Об энергетическом положении США

Параметры энергетического положения Соединённых Штатов меняются. США вышли на первое место в мире по совокупной добыче нефти и природного газа. Эта динамика связана с широким внедрением новейших технологий и огромной сырьевой базой. Зависимость потребления нефти от импорта упала до самого низкого уровня за последние 45 лет. Заметно выросла энергоэффективность (например, по сравнению с 2005 г. потребление автомобильного бензина в стране снизилось на 3 %, хотя численность населения выросла на 8 %, а ВВП — на 15 %). Меняется структура энергоснабжения США: спрос на нефть и нефтепродукты почти стабилизировался, в то время как потребление природного газа и энергии возобновляемых источников растёт. Снизились цены на энергию для промышленности.

Симбиоз усилий частных компаний, федерального центра и правительств заинтересованных штатов в последнее десятилетие привёл к настоящей энергетической революции в США — технологическому прорыву и масштабному налаживанию рентабельной добычи нефти и природного газа из сланца и других труднопроницаемых пород. Этот феномен больше нигде по-настоящему не возникал. США — прямо или косвенно — стоят за мировой тенденцией глобализации рынка газа в результате создания сложной и всё ещё развивающейся системы международной торговли СПГ. Они по разным каналам и в разных форматах продвигают рыночные, конкурентные принципы работы энергетических рынков. США также находятся в рамках других мировых трендов (хотя не всегда формально лидируют): использования ВИЭ и диверсификации транспортного топлива. США также постепенно снижают долю атомной энергии в общем объёме производимой энергии, она уменьшится с 9,8 % в 2016 г. до 6 % в 2050 г.

Энергетическая система США — одна из самых сложных, технологически продвинутых и надёжных в мире. Её основная инфраструктура состоит из междуштатных и внутриштатных нефте- и газопроводов общей протяжённостью 4,2 млн км, 414 газохранилищ, 330 портов, через которые проходит сырая нефть и нефтепродукты, железных дорог протяжённостью 225 тыс. км, по которым перевозится сырая нефть



Таблица 3.1

**Текущее и прогнозируемое потребление энергии в США**  
 (2016–2050 гг.; квадрант БТЕ; базовый прогнозный сценарий EIA, без учёта возможных последствий предложенного два года назад «Плана развития чистой энергии», который президент Д. Трамп решил отменить)

	2016	2020	2030	2040	2050
Всего	96,47	99,84	101,45	104,30	109,60
Нефть и другие топливные жидкости	36,89	37,86	36,05	36,35	38,75
Природный газ	28,59	28,52	29,49	32,27	34,73
Уголь	13,93	15,38	15,64	15,19	15,30
Атомная энергия	8,34	7,97	8,03	7,34	6,36
Энергия возобновляемых источников, в т.ч.:					
Гидроэнергия	2,50	2,94	2,96	2,97	3,00
Биоэнергия	2,76	2,82	2,94	2,96	3,01
Прочие ВИЭ	3,04	4,20	5,91	6,77	8,00
Прочее	0,42	0,42	0,44	0,43	0,44

Источник: на базе EIA-2017.

и нефтепродукты, СПГ и уголь. В электроэнергетике работает более 19000 генерирующих устройств мощностью более 1 МВт, установленных на более чем 7 тыс. электростанциях. Сетевое хозяйство насчитывает более 1 млн км высоковольтных линий электропередачи и более 10 млн км распределительных линий.

Постепенно политические, профессиональные и общественные дискуссии по энергетической тематике переходят от проблемы импорта энергоресурсов и высоких цен на бензин на внутреннем рынке к вопросам о том, какие виды произведённой в США энергии, куда и в каком объёме направлять на экспорт, о безопасности транспортировки сырой нефти внутри страны (прежде всего, по железной дороге), о том, какими должны быть изменения в американской энергетике (и экономике), чтобы продвинуться к модели низкоуглеродного развития. Ниже более подробно рассматриваются некоторые из вышеупомянутых вопросов — с упором на долгосрочные сценарии.



Таблица 3.2

**Текущее и прогнозируемое производство энергии в США**  
(2016–2050 гг.; квадрант БТЕ; базовый (reference) сценарий, без учёта возможных последствий предложенного два года назад «Плана развития чистой энергии», который президент Д. Трамп решил отменить)

	2016	2020	2030	2040	2050
Всего	84,65	95,96	103,34	106,12	107,65
Природный газ (сухой)	27,41	31,85	35,38	38,64	40,97
Нефть и конденсат	23,06	26,88	28,35	27,80	26,72
Уголь	15,19	16,86	17,41	17,23	17,23
Ядерная энергия (уран)	8,34	7,97	8,03	7,34	6,36
Энергия возобновляемых источников, в т.ч.:	9,74	11,52	13,32	14,18	15,45
Гидроэнергия	2,50	2,94	2,96	2,97	3,00
Биомасса	4,20	4,38	4,45	4,44	4,45
Прочие ВИЭ	3,04	4,20	5,91	6,77	8,00
Прочая энергия	0,92	0,88	0,86	0,92	0,93

Источник: на базе EIA-2017.

### 3.2. Потребление энергии и энергоёмкость экономики США

В значительной степени потребление энергии в США в будущем зависит от того, как сложится общая динамика их валового внутреннего продукта и её расклад по секторам. Основным предположением МЭА является то, что после среднегодовых темпов роста реального ВВП США в 2000–2014 гг. в 1,8% они вырастут до 2,2% в период 2014–2040 гг.

Приводимые в данной части главы данные взяты, в основном, из национальных источников и публикаций Международного энергетического агентства. Оценки на период 2040–2050 гг. появились уже после выхода «классического» доклада Управления энергетической информации (EIA) с временным горизонтом до 2040 г. (январь 2017 г.). Автор дополнил ими соответствующие таблицы и рисунки. EIA проецирует тенденции развития американской энергетики по 7 сценариям, учитывая возможные сочетания предположительных факторов. В работе

используется, как правило, «базовый» (reference) сценарий Управления<sup>34</sup>.

Фундаментальной тенденцией здесь является снижение энергоёмкости экономики США: к 2014 г. она снизилась по сравнению с 1990 г. на 35 % — примерно на столько же, насколько энергоёмкость экономики Евросоюза. И эта тенденция продолжится в будущем.

По этому сценарию потребление Соединёнными Штатами энергии с 2016 г. по 2050 г. возрастёт на 14 %. С учётом ожидания, что ВВП (в ценах 2009 г.) за это же время вырастет вдвое, энергоёмкость американской экономики снизится в 1,8 раза — с 5,79 БТЕ/1 долл. ВВП до 3,25.

Использование нефти и других топливных жидкостей в общем потреблении энергии к 2050 г. незначительно вырастет (на 5 %), но этого будет достаточно для того, чтобы сохранить их лидирующее положение (35 % потребления), хотя эта доля по сравнению с 2016 г. и несколько снизится. В прогнозе уверенно растёт доля потребления природного газа — в 2050 г. она составит 32 %. На третьем месте, теряя позиции, всё же останется уголь — 14 %; на четвёртое поднимется энергия из возобновляемых источников (13 %). Потребление энергии США будет обеспечиваться собственным производством и импортом.

### **3.3. Сырьевая база ископаемых видов топлива**<sup>35</sup>

На конец 2015 г. доказанные запасы *нефти и конденсата* в США составили 35,2 млрд барр., а *природного газа* — 9183,2 млрд м<sup>3</sup>. Доказанные запасы *угля* в США в 2015 году оценивались в 433 млрд т (а извлекаемые запасы — в 231,3 млрд т). В пересчёте на БТЕ угольные ресурсы больше имеющихся нефтяных и газовых.

### **3.4. Прогнозируемое производство энергии**

Таблица 3.2 характеризует долгосрочный энергетический прогноз ЕИА в пересчёте на британские тепловые единицы.

Исходя из «базовых» сценарных условий, ЕИА прогнозирует рост производства энергии в США к 2050 г. на 27 %. Самый быстрый рост демонстрирует добыча природного газа — с 27,41 млрд куб. футов БТЕ до 40,97, в результате чего он прочно займёт первое место с 38 % всей производимой в Соединённых Штатах энергии. За ним последует сы-

34. Базовый сценарий ЕИА основан на умеренных предположениях в области развития технологии, последствий действующего законодательства и регулирования, и не учитывает возможного появления новых законодательных и административных инициатив, в т.ч. введения новых стандартов.

35. ЕИА-2016.

рая нефть и конденсат из попутного газа (их доля в 2050 г. — 19%). На третьем месте останется уголь — 16%. В итоге и через 33 года удельный вес ископаемых видов энергии будет самым высоким (73% всего объема производимой в США энергии), что гораздо больше нынешнего показателя (62%). Одновременно вырастет совокупное производство энергии из возобновляемых источников — в 1,6 раз.

Доля собственного производства в общем внутреннем спросе на энергию США составила чуть более 90% в 2014 г. По основному прогнозному сценарию МЭА, к 2040 г. она ненамного превысит 97%, а по «климатическому сценарию» — превысит необходимый для национального потребления объем на 10%, т.е. США будут экспортировать энергию, благодаря быстрому росту удельного веса энергии возобновляемых источников.

Таблица 3.3

**США: будущий внешнеэнергетический баланс**  
(2016-2050 гг.; квадрант БТЕ; базовый (reference) сценарий,  
без учёта возможных последствий предложенного два года назад «Плана  
развития чистой энергии», который президент Д. Трамп решил отменить)

	2016	2020	2030	2040	2050
<b>ИМПОРТ</b>					
Нефть и конденсат	21,67	20,39	20,76	21,36	22,85
Природный газ *	3,07	2,21	1,48	1,34	1,31
Прочее	0,45	0,35	0,23	0,19	0,27
<b>ВСЕГО</b>	<b>25,19</b>	<b>22,95</b>	<b>22,47</b>	<b>22,88</b>	<b>24,43</b>
<b>ЭКСПОРТ</b>					
Нефть и конденсат	10,19	11,97	15,37	15,16	13,08
Природный газ **	2,09	5,57	6,86	7,07	6,88
Уголь	1,46	1,59	1,78	2,03	2,01
<b>ВСЕГО</b>	<b>13,74</b>	<b>19,13</b>	<b>24,19</b>	<b>24,53</b>	<b>22,26</b>

Источник: на базе EIA-2017.

\* Включая импорт СПГ, который позже экспортируется.

\*\* Исключая реэкспортированный СПГ.

### **3.5. Импорт энергии**

Соединённые Штаты являются нетто-импортёром энергии с 1953 г. Десятилетиями США с помощью всего арсенала влияния выстраивали и подгоняли под свои интересы глобальную систему снабжения нефтью своей экономики, которая до сих пор функционирует достаточно надёжно. Уровень диверсификации стран-поставщиков нефти в США очень высок<sup>36</sup>. В области поставок газа также никаких серьёзных проблем не возникало (традиционно, главный экспортёр — Канада, ближайший партнёр и союзник).

В энергетическом взаимодействии США с остальным миром на период до 2050 г. доминируют операции с сырой нефтью (самый популярный вид энергетического импорта США) и нефтепродуктами (преобладают в их экспорте). В торговле природным газом до сегодняшнего дня наблюдалось своеобразное «разделение труда»: США импортировали газ из Канады, и экспортировали его в Мексику. Теперь же постепенно растёт американский экспорт СПГ на удалённые рынки.

Согласно базовому прогнозному сценарию EIA, по обобщённому показателю США будут нетто-экспортёром энергии в течение 18 лет — с 2026 г. по 2044 г., а затем вновь станут нетто-импортёром.

### **3.6. Энергетическая стратегия США**

В отличие от многих других экономически развитых стран, у США традиционно не было чётко выраженной общенациональной энергетической стратегии. Обычно принимались важные документы (часто — «инициативы»), которые либо фокусировались на какой-нибудь проблеме, либо имели отраслевую или секторальную, а то и более узкую направленность. Как правило, государство влияло на решение практических вопросов в области энергетики через контроль федеральных земель или зон федеральной юрисдикции, налоговую систему, финансирование из федерального бюджета, регулирование (например, через выдачу разрешений на разведку и добычу углеводородов на морских месторождениях) и открытие (или закрытие) возможностей для американских энергетических компаний вести бизнес с зарубежными партнёрами.

---

36. За последние 35 лет в разное время и в разных объёмах США импортировали нефть и нефтепродукты из более чем 100 стран. В настоящее время на долю стран ОПЕК приходится чуть меньше трети общего импорта нефти и нефтепродуктов.

В ряду этих документов трудно назвать какие-либо по-настоящему прорывные, но некоторые можно рассматривать как традиционные. Например, начиная с президента Дж. Картера каждый новый президент США публиковал стратегию, политику или план по обеспечению энергетической независимости страны. Интересно отметить, что по целому ряду причин наиболее эффективными (и популярными) для США в наиболее спорных областях стали не столько стимулирующие, сколько ограничивающие меры (прежде всего — моратории)<sup>37</sup>.

Придя в Белый дом в 2008 г. под лозунгом перемен, Б. Обама пытался продвинуть «новую энергетику» с упором на ускоренное развитие ВИЭ, энергоэффективность и уменьшение роли ископаемых видов топлива в национальном энергетическом балансе. Однако экономический кризис на довольно длительное время отвлек внимание его администрации от этих целей, хотя сами цели сохранились.

Сравнительно комплексными документами в области энергетики последнего времени можно назвать «Закон о восстановлении экономики и возобновлении инвестирования» 2009 г.<sup>38</sup>, принятый в 2011 г. «План обеспечения безопасного энергетического будущего»<sup>39</sup> и «План Президента по борьбе с изменением климата» 2013 г.

### **3.7. Климатический фактор: движение экономики США к низкоуглеродной модели развития**

В своей экономической и энергетической политике Соединённые Штаты Америки довольно долго разворачивались в сторону большего учёта озабоченностей, связанных с экологией и изменением климата. Продвинутым в этом отношении стало 8-летнее президентство Б. Обамы, наиболее значительными достижениями которого стали последовательное укрепление концептуальной основы борьбы с глобальным потеплением, политические и практические шаги в этой области,

37. Например, федеральное законодательство США накладывает жёсткие ограничения на экспорт нефти и газа. Ещё в 1975 г., после нефтяного кризиса, вызванного эмбарго ОПЕК, экспорт из США был запрещён без получения специального разрешения президента. С тех пор эта система продолжает действовать, за исключением соседних стран, входящих в североамериканскую зону свободной торговли. Иногда вводится мораторий на бурение и добычу углеводородов на морских месторождениях.

38. См.: <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/BILLS-111hr1enr/pdf/BILLS-111hr1enr.pdf>.

39. См.: <https://obamawhitehouse.archives.gov/blog/2011/03/30/obama-administration-s-blueprint-secure-energy-future>.

активное участие в работе над Парижским соглашением по климату и присоединение к нему, а также публикация в ноябре 2016 г. всесторонней «Стратегии США по глубокой декарбонизации на период до середины столетия»<sup>40</sup>. Этот документ, охватывающий все секторы американской экономики, является своего рода проектом плана по принятию мер, необходимых для того, чтобы избежать глобального кризиса, вызванного изменением климата<sup>41</sup>.

Однако кульминация этой деятельности случилась уже на излёте президентства Обамы. Пришедший в Белый дом президент Д. Трамп во время предвыборной кампании жёстко критиковал климатическую политику демократической администрации, неоднократно и эмоционально характеризовал всю проблему глобального потепления и Парижское соглашение как жульническую мистификацию, созданную под влиянием Китая<sup>42</sup>. На руководящие должности в правительстве были назначены люди, разделяющие эти установки.

С точки зрения формирования энергетической стратегии и перспектив снижения углеродоёмкости экономики США интересна дальнейшая судьба инициативы Б. Обамы трёхлетней давности, первые результаты которой появляются в наши дни. В 2014 г. он установил своим меморандумом практику опубликования в режиме четырёхлетнего цикла официальных консолидирующих тематических энергетических обзоров (QER). Участие в этом процессе большого числа федеральных департаментов и агентств призвано трансформировать политические цели правительства США в набор аналитически обоснованных, интегрированных действий (мер исполнительной власти и законопроектов, а также определения бюджетных и кадровых потребностей предлагаемых инвестиций) в режиме планирования на несколько лет вперёд. Заседания Целевой межведомственной группы по этим обзорам проходят под совместным председательством Совета по внутренней политике при Белом доме и Управления политики в области науки и технологии. Цель — рекомендации с гласным контролем за их выполнением.

40. United States Mid-Century Strategy for Deep Decarbonization.

41. О становлении климатической политики США последних 8 лет см.: [https://obama.whitehouse.archives.gov/sites/obamawhitehouse.archives.gov/files/achievements/theRecord\\_climate\\_0.pdf](https://obama.whitehouse.archives.gov/sites/obamawhitehouse.archives.gov/files/achievements/theRecord_climate_0.pdf).

42. Для многих стало неожиданной согласованная синхронная ратификация Договора Вашингтоном и Пекином в сентябре 2016 г., что означало его неминуемое вступление в силу.

Первый такой обзор был выпущен в апреле 2015 г. и посвящён преобразованиям энергетических структур США в период быстрых изменений<sup>43</sup>. Он фокусировался на несущем каркасе энергетической системы США — инфраструктуре для передачи, хранения и распределения энергии, включая сети трубопроводов, линий электропередачи, водные и железнодорожные пути сообщения.

Второй обзор (январь 2017 г.) концентрируется на преобразовании электроэнергетической системы США<sup>44</sup>. В нём анализируются проблемы и возможные тенденции развития электроэнергетического сектора страны на период до 2040 г. по всему циклу — от генерации до конечного потребления. Делается это через призму трёх взаимосвязанных целей: усиления экономической конкурентоспособности, стимулирования ответственности за окружающую среду и обеспечения безопасности Соединённых Штатов.

Электроэнергетическая отрасль США сталкивается с немалым числом проблем внутреннего и внешнего характера, в т.ч. — старением инфраструктуры, изменением структуры генерации, растущим подключением к сетям непостоянной генерации, низким ростом нагрузки, изменением климата, возросшей угрозой физической и компьютерной безопасности. В докладе содержится 76 рекомендаций по модернизации и изменению электроэнергетической системы страны. Эти рекомендации, в работе над которыми принимали участие представители руководства отдельных штатов и местного управления, политические деятели, отрасли, эксперты и НГО, призваны служить основой для разработки и планирования долгосрочных изменений в структуре отрасли, её функционировании, базе потребителей и юридических условиях дальнейшего развития.

### **3.8. Контурь энергетической политики президента Трампа**

Начинают проступать контурь энергетической политики новой республиканской администрации. При этом очевидно, что в значительной мере она формируется буквально «на ходу», по принципу «отменяй и заменяй политику предшественника»<sup>45</sup>. Учитывая важность энергетики

43. См.: <https://energy.gov/epsa/downloads/quadrennial-energy-review-first-installment>.

44. См.: <https://www.energy.gov/epsa/downloads/quadrennial-energy-review-second-installment>.

45. Именно под лозунгом «Repeal and Replace» была предпринята попытка (неудачная) быстро избавиться от важного наследия Б. Обамы — реформы медицинского страхования.



для любого политического сценария, не случайно, что в самом начале своего президентства Д. Трамп официально поставил её на первое место среди своих шести тематических приоритетов и дал ему название — Энергетический план политики «Америка прежде всего». В нём нет конкретики, только несколько тезисов, которые обыгрывались во время избирательной компании, но они уже предвещали кардинальные изменения в вопросах, тесно связанных с изменением климата, с процессами декарбонизации экономического развития.

Провозглашается, что энергетическая политика Д. Трампа будет направлена на снижение расходов американцев на энергию и на максимизацию использования американских ресурсов, что должно обеспечить освобождение США от зависимости от иностранной нефти. Энергетическая политика должна стимулировать американскую экономику, обеспечивать безопасность страны и защищать здоровье американцев.

Поскольку основной проблемой признаётся обременительное регулирование энергетической отрасли, заявляется о решимости отказа от «вредных и ненужных» политических нововведений вроде «Плана развития чистой энергии»<sup>46</sup> Б. Обамы и законопроекта «О чистой воде»<sup>47</sup>.

Другая политическая установка заключается в том, что энергетическая политика США базируется на более активной разработке отечественной энергосырьевой базы — прежде всего, запасов сланцевой нефти и газа. Именно доходы от этой деятельности будут использоваться для финансирования обновления американской инфраструктуры. Большая роль отводится технологии чистого угля, которая призвана оживить американскую угольную отрасль.

Приоритетом высокого порядка формально провозглашены защита чистого воздуха и чистой воды, сохранение окружающей среды и природных запасов и ресурсов.

46. Clean Power Plan, представленный президентом Обамой в августе 2015 г., направлен на снижение выбросов CO<sub>2</sub> электрогенерирующей отраслью, которая ответственна за 30 % выбросов парниковых газов из-за широкого использования угля (на долю угольных электростанций приходится 71 % выбросов углекислого газа электроэнергетики США). Документ предусматривал снижение объёма этих выбросов американскими электростанциями на 32 % к 2030 г. (по сути — возвращение к ситуации двенадцатилетней давности). Основной инструмент — введение первого в истории США общенационального лимита на выбросы электростанциями углекислого газа. План также предусматривал сбережение энергии и расширение производства энергии из возобновляемых источников.

47. Clean Water Rule был также предложен в 2015 г. Он предусматривает предоставление федеральному правительству регулирующих полномочий относительно небольших рек.



Наконец, говорится о достижении независимости от ОПЕК. При этом делается ставка на «позитивные отношения в области энергии» со странами Персидского залива — союзниками США в рамках анти-террористической стратегии.

Вскоре последовали другие шаги.

### ***По конкретным национальным энергетическим проектам***

Решение Трампа о возобновлении строительных работ по нефтепроводу Keystone XL показало, что демонтаж энергетической политики его предшественника начался. И хотя официальная и отраслевая реклама подаёт этот проект как «внутренний» — для перекачки канадской битуминозной нефти в штат Небраска — на самом деле это только часть правды. Соединившись с более южными нефтепроводами, Keystone XL будет транспортировать нефть на побережье Мексиканского залива, откуда продукты её переработки пойдут на зарубежные рынки. Для снижения зависимости США от импорта нефти проект будет иметь маржинальный эффект. Реализация Keystone XL призвана немного сбалансировать взаимные претензии США и Канады по широкому спектру других вопросов. Соответствующие разрешения (в т.ч. Государственного департамента) уже выданы.

Второе решение — о завершении строительных работ практически готового к эксплуатации нефтепровода Dakota Access для транспортировки нефти с месторождения Баккен (Северная Дакота) в Иллинойс. Для этого получены все ранее не выдаваемые Вашингтоном разрешения на работы на узком (блокирующем) участке земли в федеральной собственности; ввод в действие нефтепровода ожидается в 2017 г.

### ***На международной арене***

Отход от линии администрации Б. Обамы в климатической политике обозначился и на международном уровне: в рамках Группы 20 США не поддержали включение в коммюнике встречи министров финансов и глав Центральных банков<sup>48</sup> стандартной формулировки о свободной торговле; а по энергетическо-климатической тематике была принята только фраза о приверженности рационализации и постепенной отмене «в среднесрочной перспективе» неэффективных субсидий ископаемых видов топлива — с учётом необходимости оказывать помощь бедным странам.

---

48. Communiqué G20 Finance Ministers and Central Bank Governors. March 18, 2017, Baden Baden.

### ***Проект федерального бюджета США на 2018 год***

В своём первом проекте бюджета Д. Трамп предложил урезать на 31 % бюджет Агентства защиты окружающей среды (EPA), де-факто ведущего в вопросах климатической политики, а также закрыть соответствующие программы Национального управления по океанам и атмосфере (NOAA), Национального агентства по авиации и космическому пространству (NASA), Министерства сельского хозяйства (USDA) и Государственного департамента. Бюджет Министерства энергетики (в основном, разработка инновационных энергетических технологий) предлагается урезать на 6 %. Также предложено отказаться от американских взносов в программы ООН по борьбе с изменением климата.

### ***Объявленные новые направления в энергетической политике***

Кульминацией этого процесса стало подписание президентом Трампом 28 марта 2017 г. указа «*Об укреплении энергетической безопасности США и экономического роста*»<sup>49</sup>. И хотя этот документ не во всём последователен и носит признаки спешки, запущенные им процессы могут существенно повлиять на параметры дальнейшего развития мировой экономики и энергетики и скорректировать международные отношения во многих областях. Ниже изложены основные моменты «плана Трампа», дающие представление о сути готовящихся изменений в энергетической политике США, их масштабе и методах осуществления.

#### **Национальными интересами США в энергетике объявляются:**

- чистое и безопасное развитие собственных энергетических ресурсов при одновременном отказе от излишей регуляторной нагрузки, которая предположительно мешает производству энергии, сдерживает экономический рост и препятствует созданию новых рабочих мест;
- разумная разработка этих природных ресурсов для обеспечения геополитической безопасности США;
- доступность, надёжность, безопасность и чистота электроэнергии, её производство из угля, природного газа, ядерных материалов, речных вод и других национальных ресурсов, включая возобновляемые.

49. Presidential Executive Order on Promoting Energy Independence and Economic Growth. March 28, 2017.

### Основные направления мер по энергетической политике

Энергетическая политика США осуществляется при соблюдении общественных интересов и соответствующих законов, прерогатив Конгресса и штатов и состоит из следующих основных моментов:

- инвентаризация существующих регуляторных инструментов в энергетике в целом, способных мешать развитию или использованию производимых в стране энергоресурсов, оценка их соответствия заявленным национальным интересам и, когда это целесообразно, приостановление их действия, пересмотр или отмена;
- обеспечение соответствия регуляторных инструментов в области окружающей среды законодательству; они должны приносить больше выгод, чем издержек, и разрабатываться в рамках прозрачных процедур с использованием беспристрастных обзоров с привлечением авторитетных специалистов технической науки и экономики;
- фокусировка деятельности всех министерств и ведомств на обеспечении «чистого воздуха и чистой воды для американского народа» (в пределах их полномочий).

### Инвентаризация, обзор и рекомендации

Под эту процедуру подпадают все действующие регулирующие документы, приказы, руководства, проводимая политика и другие действия министерств и ведомств, которые могут потенциально затруднять разработку или использование производимых в стране национальных энергетических ресурсов, особенно нефти, природного газа, угля и ядерной энергии.

Эта работа должна быть проведена в три этапа (45, 125 и 180 дней со дня опубликования Указа), её результаты затем будут направлены в исполнительный офис президента США. За выполнение согласованных рекомендаций (приостановку действия, пересмотр или отмену) отвечают руководители соответствующих министерств и ведомств.

### Немедленная отмена

- (1) Немедленно отменяются некоторые введённые Б. Обамой и регуляторами решения и действия в области энергетики и климата:
  - *Президентские решения* (указ и три меморандума): о подготовке США к последствиям изменения климата (2013 г.), о стандартах

углеродного загрязнения электроэнергетическим сектором (2013 г.), о смягчении последствий разработки природных ресурсов и стимулировании соответствующих частных инвестиций (2015 г.) и об изменении климата и национальной безопасности (2016 г.).

- *Доклады Исполнительного офиса президента США*: президентский план действий в области климата (2013 г.) и президентская стратегия плана действий в области климата по сокращению выбросов метана (2014 г.).
- (2) *Совет по качеству окружающей среды* отменяет Окончательную редакцию Руководства для федеральных министерств и ведомств по учёту в своей работе фактора выбросов парниковых газов и влияния изменения климата (2016 г.). Соответствующим министерствам и ведомствам предстоит определить свою деятельность, вытекающую из вышеуказанных документов и не отвечающую поставленным целям, и обеспечить её приостановление, пересмотр или прекращение.

### Пересмотр

- (1) Агентство по охране окружающей среды должно провести работу по приостановлению действий, корректировке или отмене *Плана по чистой энергии, а также связанных с ним правил и деятельности*, а также в отношении действующих или предложенных норм в области электрогенерации (руководства по вопросам углеродного загрязнения существующими генерирующими объектами; стандартов работы новых, модернизированных или отремонтированных стационарных генерирующих объектов в отношении выбросов парниковых газов; и федерального плана по введению требований в отношении выбросов парниковых газов для генерирующих устройств, произведённых до 8 января 2014 г.).

Без всяких консультаций АООС предписывается приостановить действие, скорректировать или отменить «*Юридический меморандум по некоторым вопросам в связи с Планом по чистой энергии*».

- (2) в области оценки социальных последствий выбросов ПГ:
- предписывается использование анализа издержки-выгоды;
  - распускается Межведомственная рабочая группа по социальным последствиям выбросов ПГ (IWG), отзываются 6 документов,

выпущенных ею в 2010-2016 гг. и объявленных «не представляющими политику правительства США»;

- отменяется существующая методика и предписывается использование Руководства 2003 г. *при денежной оценке изменений в выбросах ПГ*, происходящих в результате регулирующих мер, в т.ч. и при сравнении национальных и международных последствий.

### Пересмотр или отмена

**Уголь.** Предписывается изменить или отозвать Мораторий на лицензирование добычи угля на федеральных землях от 15 января 2016 г., а также отменить все связанные с ним другие моратории в области лицензирования добычи угля на федеральных землях.

**Нефть и газ.** Предписывается пересмотреть регулирующие документы в области отраслевых стандартов выбросов, а также связанные с ними нормы и руководства с целью приостановления их действия, изменения или отмены.

Такие же предписания относятся к гидравлическому разрыву пластов на федеральных землях и землях индейцев, праву на нефть и газ на нефедеральных землях и управлению ими, предупреждению отходов, роялти и сбережению ресурсов.

В целом, первые месяцы президентства Д. Трампа проявили следующие контуры его энергетической политики:

- упор на наращивание добычи энергоносителей в самих США;
- сужение фокуса борьбы с изменением климата до сохранения окружающей среды;
- снижение уровня регулирования энергетической отрасли;
- смягчение ограничений на развитие энергетики по соображениям борьбы с глобальным потеплением;
- сдвиг в сторону ископаемых видов топлива (прежде всего — нефти и «чистого» угля).

В заключение стоит отметить следующее. В рамках изменений энергетической политики США Белый дом проводит фундаментальный пересмотр наследия демократической администрации. Фактически речь идёт не столько об инициативах, сколько о — в значительной степени — контр-инициативах, реставрации предыдущего подхода.

Шансы на осуществление этих перемен в полном объёме представляются неопределёнными — из-за дефицита времени, масштабов необходимой юридической, технической и организационной работы (только на инвентаризацию ситуации и подготовку рекомендаций отво-

дится 180 дней); наличия широкой, профессионально квалифицированной и опытной оппозиции — как внутри страны, так и на международной арене; нетщательной проработанности предлагаемой программы (например, её международной части); необходимости осмысления сложных практических последствий возможных вариантов действий, а также климатических и политических реалий, в т.ч., международных. Неясно, насколько эти обстоятельства дадут Трампу ревизовать десятилетия проводимой до него энергетической и климатической политики.

Окончательно не обозначена официальная позиция нынешней администрации в отношении ключевого международного документа по борьбе с изменением климата — Парижского соглашения, судьба которого опять оказалась под вопросом. Дальнейшее участие в нём США, когда Вашингтон вывел изменение климата и глобальное потепление из числа угроз национальной безопасности Соединённым Штатам, проблематично.

Всё это займёт значительную часть президентского срока Трампа, отвлекая его от других важных вызовов внутренней и внешней политики. В результате больше времени будет тратиться на точечное «управление» энергетическим сектором и внешними энергетическими отношениями.

Что касается используемых в этой работе последних по времени долгосрочных прогнозов развития энергетики США, то было бы необоснованным ожидать их особо ускоренную существенную корректировку. Это связано не только с конъюнктурным характером тезисов нынешнего президента, и не только с тем, что время выработки и реализации радикальных инициатив в принципе ограничено. Прежде всего, долгосрочные прогнозы учитывают огромную инерцию такой большой и сложной системы энергоснабжения, как американская, базирующейся на частной собственности, а также то, что декарбонизация экономического развития становится нормой экономического и политического выживания, ареной острой тотальной международной конкуренции. Имеющимися государственными рычагами (прежде всего, регулированием, федеральными налоговыми льготами и изменением структуры прямого бюджетного финансирования в энергетической области) возможно сдерживать уже сложившиеся в стране тенденции, расставить новые акценты, но добиться устойчивого возврата к подобию модели двадцатилетней давности представляется проблематичным. Однако очевидно, что траектория продвижения США к низкоуглеродной экономике станет более пологой.

Китай, с крупнейшим в мире валовым внутренним продуктом (по ППС)<sup>50</sup>, является и крупнейшим производителем и потребителем энергии<sup>51</sup> — при довольно ограниченной собственной ресурсной базе. Поэтому любые изменения в системе энергоснабжения страны, прежде всего, её операции в международном энергетическом обмене, оказывают сильное влияние на мировую энергетическую систему и инвестиционную деятельность. Это особенно важно в нынешний период острой международной неопределённости. Не случайно, главной темой очередного ежегодного долгосрочного прогноза в области мировой энергетики МЭА станет энергетика КНР (конец 2017 г.).

Эволюция китайской экономической политики в последние десятилетия от преимущественного инвестирования в тяжёлую промышленность к упору на внутреннее потребление и развитие сектора услуг уже оказывает — и будет продолжать оказывать — большое влияние как на энергетическую стратегию КНР, так и на мировую энергетическую систему. Дело в том, что с 1990-х годов именно быстрое развитие энергоёмких отраслей выступало главным движущим фактором потребления энергии в Китае.

Китайская энергетическая стратегия направлена на оптимизацию энергетического снабжения страны в соответствии с долгосрочными установками социально-экономического развития и с учётом международных обязательств. Ключевым вызовом здесь является необходимость сокращения доли угля в структуре потребления энергии и, в целом, существенное повышение удельного веса неископаемых видов энергии.

Основной действующий документ развития энергетики («Стратегический план действий по развитию энергетики в 2014-2020 гг.»), одобренный Госсоветом КНР 18 мая 2016 г., нацелен на снижение энергоёмкости китайской экономики в результате достижения набора обязательных целевых показателей по повышению эффективности, энергетической самодостаточности, экологичности и технологичности производства и потребления энергии.

---

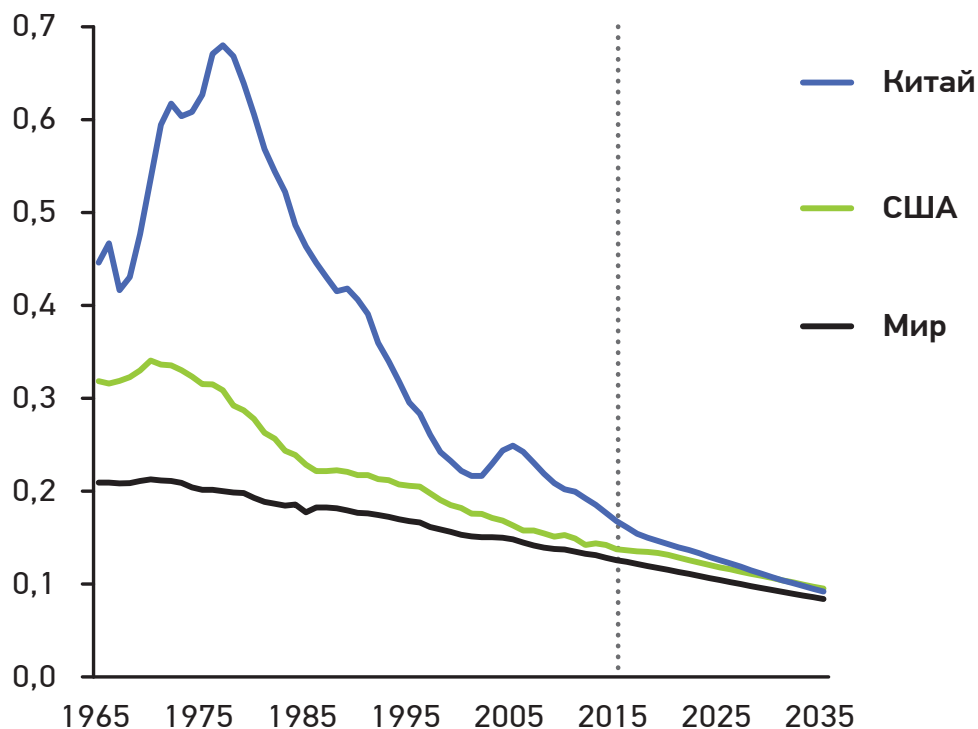
50. См. <http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.PP.CD?contextual=max&locations=CN>; IEA Key World Energy Statistics 2016 (Selected Indicators for 2014).

51. IEA Key World Energy Statistics 2016 (Selected Indicators for 2014).

Сочетание замедления экономического роста (со среднегодовых 9,6% в 2000-2014 гг. до запланированных 6,5% на 2017 г. и прогнозируемых 3,2% на 2030-2040 гг.), изменения структуры экономики (в первую очередь падения производства в энергоёмких отраслях — сталелитейной и цементной) и повышения энергоэффективности способствовали резкому падению энергоёмкости китайского ВВП со второй половины 1970-х гг. к 2015 г. По прогнозу ВР, эта динамика в менее резкой форме продолжится и до 2035 г., когда этот показатель сравняется с показателем США (у обеих стран уровень, кстати, будет чуть выше среднемирового).

Подтверждая такую оценку, МЭА в своём основном прогнозном сценарии 2016 г. считает, что в период 2014-2040 гг. энергоёмкость экономики Китая будет ежегодно снижаться в среднем на 3% в год.

т н.э./ тыс. долл. США (2010 г.) ВВП



**Рис. 4.1. Энергоёмкость экономического развития мира, Китая и США (1965-2035 гг.)**

Источник: BP 2017 Energy Outlook.



#### **4.1. Текущие и перспективные энергетические потребности Китая**

В 2000-2014 гг. спрос на *первичную энергию* в Китае вырос в 2,7 раза, в то время как в мире в целом — в 1,4 раза. Упомянутый Стратегический план устанавливает, в частности, верхний предел ежегодного потребления первичной энергии на период 2014-2020 гг. в 4,8 млрд т у.э., что требует, в свою очередь, ограничиться его ежегодным приростом в 3,5 %.

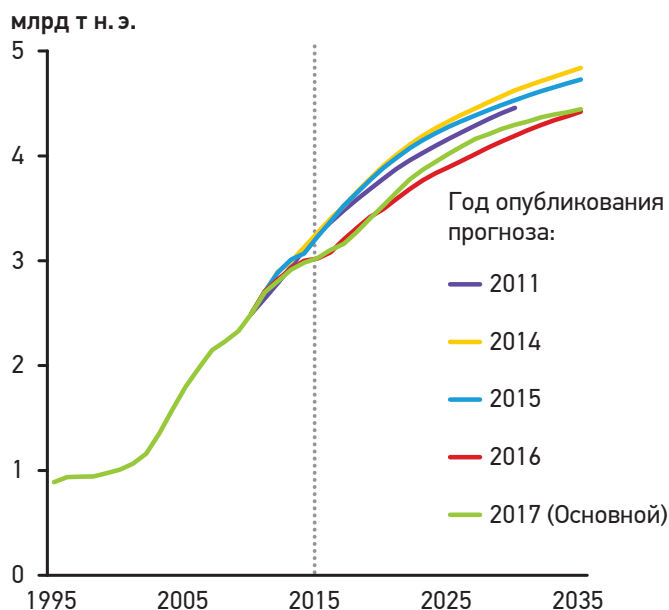
По основному сценарию МЭА-2016, с 2014 г. по 2040 г. спрос Китая на первичную энергию ещё возрастет (хотя и существенно замедленными темпами) на 26 % — с 3070 млн т н.э. до 3 892 млн т н.э. Этот показатель китайской динамики будет ниже, чем мира в целом (30 %).

О приблизительности и изменчивости долгосрочного прогноза при быстро меняющихся «сценарных условиях» развития событий в Китае и мире можно судить по хронологической картине таких пяти публикаций ВР в последние годы (Рис. 4.2).

Иногда корректировка существенная — например, в силу ранее отмеченных обстоятельств, прогноз спроса на энергию в Китае в 2035 г. был пересмотрен в сторону снижения по сравнению с оценкой 2014 г. на 8 %. Тем не менее, такие прогнозные сценарии полезны, и служат определённой точкой отсчёта не только для формирования национальной энергетической стратегии, но для понимания возможных её последствий для выстраивания отношений с Китаем на двустороннем, региональном и глобальном уровнях.

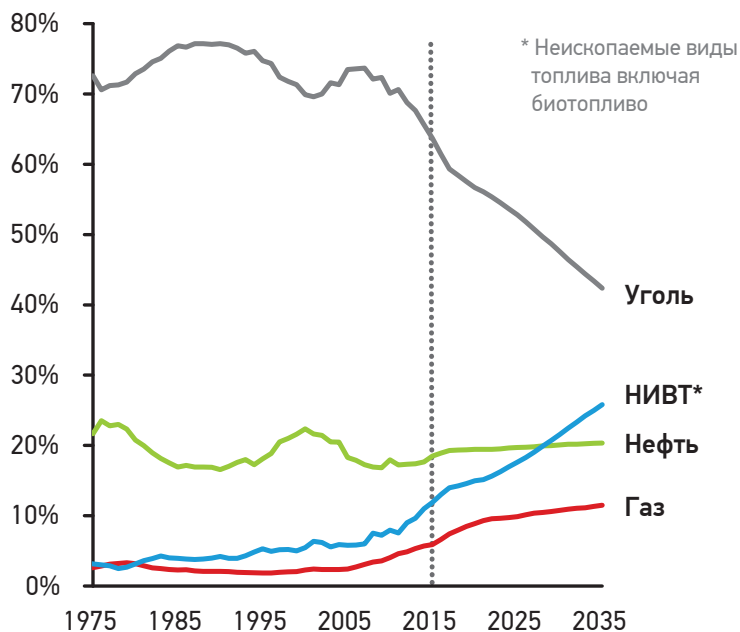
В структуре ВВП Китая растёт удельный вес более технологически продвинутых секторов, производящих товары с высокой добавленной стоимостью и потребляющих, в основном, электроэнергию и природный газ. Перестройка структуры китайского спроса на первичную энергию, отражающая изменения в структуре экономики и политики Пекина по расширению использования более чистых и низкоуглеродных видов топлива, проиллюстрирована на рисунке 4.3.

Прогноз ВР на период до 2035 г. ускоренно продолжает тенденции, заложенные в последние 40 лет. В рамках снижения удельного веса *ископаемых видов энергии* с 2015 г. к 2035 г. произойдёт резкое падение доли угля (с 66 % до менее 45 %), практически не изменится доля нефти, и заметно улучшит свои позиции природный газ (с 6 % до 11 %). Одновременно будет расти доля неископаемых видов энергии (ВИЭ, атомной и гидроэнергии) — с 12 % в 2015 г. до более 25 % в 2035 г.



**Рис. 4.2. Китай: прогнозы потребления первичной энергии до 2030 г.**

Источник: BP 2017 Energy Outlook.



**Рис. 4.3. Китай: Структура спроса на первичные виды энергии (1975–2035 гг.)**

Источник: BP 2017 Energy Outlook.

Эти оценки более сдержанны, чем целевые показатели Стратегического плана, которая постулирует рост доли неископаемых видов энергии с 9,8% в 2013 г. до 15% в 2020 г. и, индикативно, до 20% в 2030 г. Удельный вес газа планируется поднять выше 10% в 2020 г., а угля — снизить до менее чем 60%.

#### **4.2. Энергетические потребности Китая**

##### **Уголь**

В значительной степени нынешнюю экономику Китая сделал уголь. Именно он в последние 40 лет обеспечивал две трети энергетических потребностей развития экономики КНР. При 13% мировых запасов угля, на Китай приходится 48% его мировой добычи и более половины его потребления.

Как уже отмечалось, в большой степени динамику глобального спроса на уголь определяет Китай. По Стратегическому плану, до 2020 г. ежегодное потребление угля в Китае не будет превышать 4,2 млрд т (в 2013 г. — 3,6 млрд т). После бурного роста использования угля в последние два десятилетия, ожидается, что спрос на него в Китае в период до 2035 г. стабилизируется в результате политики перехода экономического развития на более энергетически устойчивую и учитывающую климатические озабоченности модель. Тем не менее, и к 2035 г. КНР останется лидером — на неё придётся чуть менее половины мирового потребления угля.

В международной торговле углём Китай уже прошёл быструю эволюцию: в 2001 г. его нетто-экспорт угля составил 87 млн т у.э., по этому показателю его обходила только Австралия. Спустя 8 лет Китай превратился в нетто-импортёра угля. За этим стояла государственная налоговая политика, сдерживающая вывоз угля за границу. Сильное падение этого импорта в 2014 и 2015 гг. озадачило участников мирового угольного бизнеса, и даже появилось мнение, что стоит ожидать возвращения Китая на мировой рынок угля в качестве экспортёра, особенно в свете троекратного снижения налога на экспорт угля в 2015 г.

Однако, основной прогноз МЭА до 2040 г. исходит из того, что Китай всё-таки останется нетто-импортёром угля (см. рисунок 4.4). Такой вывод базируется на следующих двух соображениях: (1) государственное вмешательство в формирование торгового баланса угля и себестоимости его добычи останется минимальным и (2) Пекин будет

Таблица 4.1

**Мир, Китай и Индия: доказанные запасы,  
добыча и потребление угля (2015 г.)**

	Доказанные запасы (на 12.2015)		Добыча		Потребление	
	Млн т	%	Млн т н.э.	%	Млн т н.э.	%
МИР	891 531	100,00	3 830,1	100,00	3 839,9	100,00
Китай	114 500	12,8	1827,0	47,7	1 927,1*	50,2
Индия	60 600	6,8	283,9	7,4	407,2	10,6

\* включая Гонконг

Источник: BP Statistical Review of World Energy, June 2016.

эффективно проводить политику сокращения добывающих мощностей в угольной отрасли и одновременного создания рабочих мест в других отраслях для увольняемой на шахтах рабочей силы.

## Нефть

Нефть играет важную роль в обеспечении энергоснабжения Китая, особенно для удовлетворения быстрорастущих потребностей в топливе со стороны резко расширяющегося транспортного сектора. По данным «Статистического ежегодного доклада Китая» (2016 г.), с 1990 г. по 2014 г. потребление нефти в стране выросло в 4,5 раза и достигло

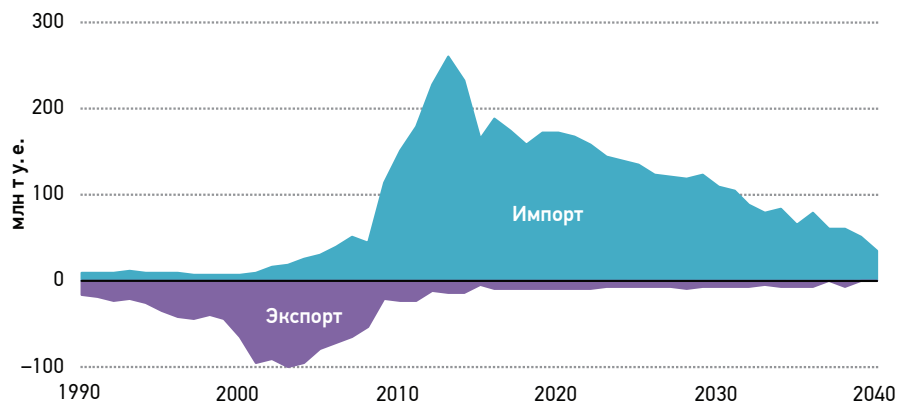


Рис. 4.4. Китай: внешняя торговля углём (основной сценарий МЭА-2016 г.)

Источник: IEA WEO-2016.

Таблица 4.2

**Мировой спрос на жидкие углеводороды  
(основной прогноз МЭА-2016, млн б/д)**

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
МИР	76,9	94,1	97,9	100,8	102,8	105,3	107,7
в том числе:							
Китай	4,7	11,0	12,6	13,8	14,3	14,9	15,1
США	18,9	18,0	17,9	16,9	15,5	14,2	13,1
Индия	2,3	3,9	5,0	5,9	7,1	8,5	9,9
ЕС	13,1	10,8	9,9	9,0	8,1	7,3	6,6
Россия	2,6	3,0	3,0	3,1	3,1	3,0	2,9
Прочие	34,6	51,2	49,5	52,1	54,7	57,4	60,1

Источник: на основе IEA WEO-2016.

518 млн т. В начале этого периода собственного производства вполне хватало для удовлетворения внутреннего спроса, и КНР даже была страной-нетто экспортёром нефти. По мере роста внутреннего спроса в результате быстрого экономического развития Китай был вынужден наращивать импорт нефти. По сравнению с 1990 г. ввоз нефти к 2014 г. вырос в 48 раз (а экспорт — всего в 1,4 раза).

Текущее положение КНР характеризуется следующим<sup>52</sup>. В 2015 г. доказанные запасы нефти составляли 2,5 млрд т, потребление — 578 млн т, собственная добыча — 215 млн т. Разрыв между внутренним потреблением и экспортными поставками, с одной стороны, и собственным производством — с другой, покрывается импортом.

Табл. 4.2 иллюстрирует основной прогнозный сценарий МЭА-2016 для роста спроса на жидкие углеводороды в Китае в сравнении с некоторыми другими мировыми игроками в течение следующих 25 лет.

По первым оценкам, спрос на нефть в Китае в 2016 г. составит 11,2 млн б/д, а в 2017 г. — 11,5 млн б/д.<sup>53</sup> В долгосрочном плане ожидается, что спрос на нефть в Китае с 2015 г. по 2040 г. вырастет на 37%. В результате на КНР придётся треть всего мирового прироста спроса на

52. BP Statistical Review of World Energy, июнь 2016 г.

53. По факту в 2016 г. спрос на нефть в Китае составил 12381 тыс. б/д (BP Statistical Review of World Energy 2017).

Таблица 4.3

**Китай: Добыча сырой нефти  
(на 2020–2040 гг. основной прогноз МЭА–2016, млн б/д)**

2010	2015	2016*	2017*	2020	2025	2030	2035	2040
3,3	4,4	4,1	3,9	3,9	3,7	3,4	3,3	3,2

\* оценка

Источник: на основе IEA WEO-2016; OPEC MOMR, January 2017.

нефть к 2040 г. В результате, в начале 2030-х гг. Китай обгонит США и выйдет на первое место в мире по потреблению нефти. Третье место в середине 2030-х годов займёт Индия, отодвинув Европейский союз (к тому времени статистика может быть существенно подкорректирована и в связи с трансформацией ЕС). Для России МЭА прогнозирует стагнацию спроса в пределах 3,1–2,9 тыс. б/д.

Собственная добыча нефти в Китае достигла пика в 2015 г. Затем, к 2040 г. она постепенно снизится на 27 % и составит 3,2 млн б/д.

Таблица 4.4

**Китай: нетто-импорт нефти и нефтепродуктов (млн т)**

	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2040
Сырая нефть	118,8	234,7	251,3	268,6	280,1	308,1	333,9	381,0	600
Нефте-продукты	23,7	19,7	24,7	24,6	21,4	11,6	4,0	27,8	н/д

Источник: General Administration of Customs. People's Republic of China; Global Energy Statistical Yearbook 2016; IEA WEO-2016.

Впервые Китай стал нетто-импортёром нефти в 1993 г., а в 2003 г. надолго занял второе место по её импорту после США. По ввозу из-за рубежа «нефти и других жидких топлив» КНР вышла на первое место в мире к 2014 г., а по темпам роста импорта «сырой нефти» стала лидером в 2016 г. При росте внутреннего спроса нефть и снижении своей и без того недостаточной её добычи, Китай вынужден стремительно наращивать нефтяной импорт.

Только за один год 2015/2016 ввоз нефти из-за рубежа вырос на 13,6 %, и при этом средняя цена импортируемой нефти упала на 18,6 %. По прогнозу ИНЭИ и АЦ при правительстве РФ-2016, доля нетто-импорта в общем потреблении нефти Китаем с 80 % в 2015 г. постепенно вырастет до 86 % в 2040 г.

### ***Природный газ***

По прогнозу МЭА-2016 (основной сценарий), в ближайшие десятилетия Китай станет основным игроком на глобальном газовом рынке. И это несмотря на то, что к 2040 г. доля газа в структуре снабжения Китая первичными видами энергии составит «всего» 12 %.

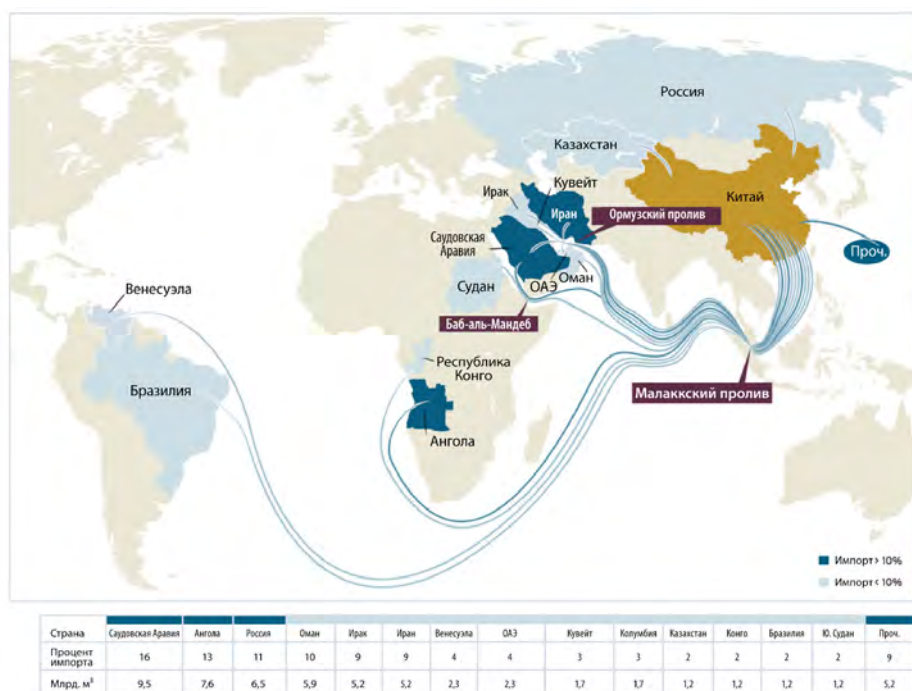
Внутренний спрос на газ, по оценкам, вырастет с нынешних 185 млрд м<sup>3</sup> до более чем 600 млрд м<sup>3</sup> в 2040 г. При этом спрос на газ со стороны электроэнергетического сектора взлетит в прогнозируемый период в 5 раз — до 170 млрд м<sup>3</sup>.

За это же время добыча природного газа в КНР вырастет (сначала резко, а потом стабилизируется) на 210 млрд м<sup>3</sup> и достигнет 340 млрд м<sup>3</sup> в 2040 г. В этой динамике заложено производство газа из нетрадиционных источников в объёмах, уступающих только США. Наибольший прирост ожидается за счёт сланцевого газа (90 млрд м<sup>3</sup>), метана угольных пластов (45 млрд м<sup>3</sup>), а также производства газа из других низкопроницаемых пород и из угля (вместе — 40 млрд м<sup>3</sup>).

Китай располагает ресурсной базой для обеспечения такой динамики. По данным ЕИА, его доказанные запасы природного газа выросли в 2016 г. по сравнению с предыдущим годом на 7 % и составили 5 трлн м<sup>3</sup>. В результате КНР стала 10-й страной мира по этому показателю.

Тем не менее, для удовлетворения внутреннего спроса до 2040 г. Китай должен будет нарастить импорт природного газа больше всех других стран. По оценкам МЭА, китайский импорт газа возрастет на 210 млрд м<sup>3</sup>, из которого большая часть (120 млрд м<sup>3</sup>) поступит в ближайшее десятилетие.

Китай проводит политику диверсификации импорта природного газа — как по его видам, так и по источникам поставок. Предполагается, что в период 2015-2025 гг. подавляющая часть природного газа (около 70 %) будет поступать в Китай по трубопроводам. Первый импортный газопровод начал действовать в 2009 г. (поставки из Туркменистана и Узбекистана). Впервые поступление в страну газа по трубопроводам превысило импорт СПГ в 2012 г. В 2013 г. вошёл в строй газопровод из Мьянмы (см. подробнее ниже). Небольшие объёмы газа приходят из



**Рис. 4.5. Уязвимые места морской транспортировки импортируемой нефти в Китай и основные страны-поставщики (2014 г.)**

Источник: на базе EIA-2012, IEA WEO-2016; Statista (2017).

Казахстана. Продвигается российско-китайский газопроводный проект «Сила Сибири», введение в эксплуатацию которого планируется на 2018 г. В дальнейшем будет быстро нарастать импорт СПГ, чья доля в китайском газовом нетто-импорте достигнет 45 % в 2040 г.

Сценарные прогнозы импорта газа Китаем, выполненные ИНЭИ РАН и АЦ при Правительстве РФ в 2016 г., рисуют три возможные его динамики на период до 2040 г. Их «критическому сценарию» вполне созвучен основной прогнозный вариант МЭА: китайский нетто-импорт природного газа (составивший в 2014 г. 58 млрд м³) вырастет до 176 млрд м³ в 2025 г. и до 268 млрд м³ в 2040 г. По этому показателю Китай опередит все страны мира. Соответственно, импортируемый газ удовлетворит 45 % внутреннего спроса КНР в 2025 г. и 44 % в 2040 г. (в 2014 г. — 31 %).

Всего для прогнозируемого снабжения своей экономики в добычу и транспортировку нефти и газа, а также в переработку нефти в течение предстоящих 25 лет Китаю потребуется вложить в этот сектор 1580 млрд долл. (в ценах 2015 г.).



### **4.3. Энергетическая безопасность**

Неизбежный и существенный рост импорта нефти и природного газа в обозримом будущем в сочетании с изменением геополитической обстановки в Тихоокеанском регионе (прежде всего, пересмотром Вашингтоном своей роли и возможным снижением активности участия США в обеспечении безопасности морских торговых маршрутов, обострением напряжённости в Южно-Китайском море) требует от Пекина уделять больше внимания критической зависимости от узких мест морской инфраструктуры транспортировки энергоносителей до китайских приёмных портов. Эта уязвимость очевидна на примере внешних поставок нефти. Как минимум три таких узких места вызывают озабоченность Пекина — Ормузский и Баб-аль-Мандебский проливы, и особенно — Малаккский, через который, в конечном счёте, поступает 80 % всей импортируемой Китаем нефти (см. рисунок 4.5).

Всего через Малаккский пролив в Китай поставляется ежегодно не менее 47 млн т нефти. Этот маршрут очень важен для азиатского рынка — в случае его блокады половина мирового танкерного флота была бы вынуждена идти круглым путём, что создало бы напряжённость в фрахтовании, повысило бы стоимость транспортировки и цены на нефть и природный газ. По Малаккскому маршруту в Восточную Азию также идёт поток СПГ из стран Персидского залива и Африки, основными импортёрами которого являются Япония и Южная Корея.

Китай балансирует риски, связанные с высоким импортом энергии, прежде всего наращиванием собственной добычи, развитием системы хранилищ энергоносителей и диверсификацией внешних поставок. Скоро к этому списку добавится повышение доли СПГ в общем объёме ввозимого газа. Часть этого «нового» СПГ — из Австралии — будет транспортироваться через Южно-Китайское море минуя Малаккский пролив.

Китай минимизировал риски, а заодно и снизил стоимость и время транспортировки по сравнению с «малаккским маршрутом», построив в Мьянме трубопроводы — и не только в качестве обходного маршрута, но и для получения газа с морских месторождений Мьянмы. Так, в 2013 г. был введён в эксплуатацию газопровод от Бенгальского побережья Мьянмы до китайской промышленно развитой провинции Юньнань мощностью до 12 млрд м<sup>3</sup>. В 2015 г. был открыт

параллельный ему 2400 километровый нефтепровод (South East Asia Crude Oil Pipeline — SEAOP) мощностью до 22 млн т в год.

В последнее время вновь растёт значение военного аспекта обеспечения безопасности морских перевозок через Малаккский пролив — теперь уже в более широком контексте. Раньше допускалась, по сути, только теоретическая возможность флота США блокировать малаккский канал поступления нефти в Китай в случае резкого обострения отношения между Пекином и Вашингтоном или возникновения угрозы американским союзникам в регионе. Затем обстановка развивалась вялотекущим образом, появлялись даже признаки сближения позиций двух стран по некоторым международным вопросам. Однако, усилия КНР по утверждению своего суверенитета и юрисдикции в Южно-Китайском море выдвинули ситуацию в число важнейших вопросов международной повестки дня.

По подсчётам экспертов, КНР претендует на 90% акватории Южно-Китайского моря со всеми соответствующими природными ресурсами. Чтобы почувствовать «энергетическую цену» (не говоря о транспортировке энергоресурсов, торговом судоходстве и рыболовстве) проблемы, достаточно сказать, что наиболее оптимистичные оценки доказанных и вероятных запасов нефти в Южно-Китайском море доходят до 213 млрд барр., а природного газа — до 900 трлн куб. футов.

В 2016 г. Постоянная палата Третейского суда в Гааге (в ответ на обращение Филиппин) признала китайские претензии необоснованными. Пекин отреагировал на это резко. Первые же ответные шаги администрации Трампа также были жёсткими, упоминалась даже возможность американской блокады доступа китайских судов к спорным островам.

Ситуация накаляется и в связи с КНДР, особенно из-за размещения американцами элементов ПРО в Южной Корее в ответ на провоцирующие испытательные взрывы ядерных устройств и запуски ракет Пхеньяном, в том числе баллистических. Пекин также отреагировал на этот шаг Вашингтона очень резко.

Всё указывает на то, что ситуация вокруг Малаккского пролива и Южно-Китайского моря обещает стать одной из самых острых проблем современности, и в этом качестве — долгосрочным фактором развития глобальной энергетической системы.

#### 4.4. Другие виды энергии

Глубокие структурные изменения в экономике и целенаправленная политика привели к быстрым и серьёзным изменениям в электроэнергетическом секторе. В период 2000–2013 гг. производство электроэнергии в Китае росло ежегодно в среднем на 11 %, однако, в 2014 г. прирост упал больше, чем наполовину, а в 2015 г. составил всего 0,5 %. Среднегодовые темпы роста потребления электроэнергии в период 2016–2040 гг. составят порядка 2,4 %. Ниша в энергобалансе Китая, освобождаемая углём, занимается энергией возобновляемых источников (солнечной, ветровой и гидроэнергией), а также атомной энергией.

В области *энергии возобновляемых источников* Китай демонстрирует впечатляющую динамику: его прирост использования ВИЭ в следующие два десятилетия превысит совокупный ввод соответствующих мощностей США и Европейского союза.

По оценкам МЭА, рост выработки электроэнергии на солнечных и ветровых установках в Китае с 185 ТВт/ч в 2014 г. до 2 000 ТВт/ч в 2040 г. В случае успеха, Китай станет абсолютным мировым лидером по выработке электроэнергии из возобновляемых источников с непостоянным режимом функционирования.

МЭА прогнозирует рост производства ГЭС почти наполовину с 2014 г. до 2040 г.; однако под натиском других видов ВИЭ, их доля в генерации снизится до 15 %.

В целом, на долю всех ВИЭ в электрогенерации КНР в 2040 г. придётся 38 %. Китай уверенно идёт по этому пути — в 2015 г. он инвестировал в генерацию на базе ВИЭ 90 млрд долл., что более чем вдвое больше его вложений в генерацию на основе ископаемых видов топлива и гораздо больше других мировых игроков (ЕС, США и Японии). Субсидии Пекина на развитие генерации, базирующейся на ВИЭ, в 2015 г. составили 16,8 млрд долл., и вырастут к 2040 г. до 24,1 млрд долл.

В ходе перестройки структуры своего энергетического баланса Китай продолжит быстрое развитие *атомной энергетики*. Введя в строй в 2010–2014 гг. 10 новых атомных реакторов, к началу 2016 г. КНР располагала 34 работающими реакторами общей мощностью 27 ГВт. В настоящее время строятся ещё 20 реакторов, которые добавят более 22 ГВт к уже существующим мощностям. «Стратегический план дей-

ствий по развитию энергетики на 2014-2020 гг.» предусматривает ежегодный ввод в эксплуатацию в период до 2020 г. по 6-8 атомных реакторов (что в совокупности добавит ещё 34-45 ГВт мощности, доведя её к 2025 г. до 90 ГВт). На деле получается, что каждые три месяца будет вводиться в эксплуатацию по одному новому реактору. Прогнозируется, что такая высокая динамика сохранится до 2040 г.

В период с 2016 г. по 2035 г. на Китай придётся почти три четверти прироста мировой генерации на базе АЭС. А по оценкам МЭА и ЕИА, к 2040 г. по сравнению с 2014 г. атомная генерация в КНР возрастет в 9 раз — до 1 200 ТВт/ч.

По мнению ведущих международных организаций, в результате реализации усреднённого сценария, к 2040 г. половина собственной электроэнергии Китая будет производится из низкоуглеродных источников.

#### **4.5. Выбросы углекислого газа**

Выбросы  $\text{CO}_2$  в Китае выросли с 1990 г. к 2014 г. в 4,3 раза и составили 9,1 Гт. Для перелома этой ситуации и набранной динамики КНР поставила перед собой следующие задачи: пройти пик выбросов углекислого газа примерно к 2030 г., но предпринимать активные усилия к тому, чтобы это произошло раньше; снизить к тому же времени выбросы  $\text{CO}_2$  на единицу валового внутреннего продукта на 60-65 % от уровня 2005 г.; увеличить к 2030 г. долю неископаемых видов топлива в потреблении первичной энергии до 20 %.

В действующем Стратегическом плане поставлена задача снизить углеродоёмкость энергетического сектора на 18 % к 2020 г. по отношению к уровню 2015 г.

Главное направление по стабилизации уровня выбросов углекислого газа в Китае в будущем видится в резком сокращении использования угля в промышленности — более чем на треть за период 2014-2040 гг. Предполагается, что в результате принимаемых Пекином мер ежегодный объём выбросов углекислого газа сначала вырастет до 9,3 Гт во второй половине 2020 гг., а затем упадёт к 2040 г. до 8,8 Гт.

Из вышеизложенного следует, что путь Китая к низкоуглеродной экономике не будет таким впечатляющим, как казалось после того, как он тесно координировал свои действия с США на заключительном этапе переговоров, при принятии и введении в действие Парижского

соглашения по климату осенью 2016 г. Продвижение Пекина в этом направлении, скорее, будет прагматичным, с поправкой на новые реалии его социально-экономического развития, поведения его крупнейших стран-партнёров (прежде всего, последствий разворота политики США в сторону ископаемых видов топлива и их ревизии подхода к проблеме глобального потепления) и международных отношений в целом.

# ИНДИЯ

---

Очень часто Индия рассматривается в сравнении с Китаем. Эти два азиатских гиганта, не входящих в ОЭСР, столь не похожие друг на друга и находящиеся в непростых отношениях между собой, во многом определяют тенденции и будущее развитие региона и нередко оказывают влияние на мировые процессы. Энергетика — одна из таких важнейших областей. Учитывая это, в данном разделе будут приводиться параллельные показатели по обеим странам, где возможно. Уступая Китаю по многим индикаторам, Индия, как указывают практически все прогнозные сценарии, по некоторым важным направлениям в период до 2040 года продемонстрирует опережающую динамику и усилит свои позиции в мировых энергетических отношениях.

С основными социально-экономическими показателями Индии картина следующая. После 2025 года она выйдет на первое место в мире по численности населения — 1,6 млрд человек (среднегодовые темпы её роста в ближайшие 35 лет будут в 9 раз превышать китайские). По размеру ВВП (ППС) Индия (7,9 трлн долларов 2014 г.) почти в два с половиной раза отстаёт от Китая; к 2040 г. этот разрыв сократится в пять раз (30,7 и 46,2 трлн долларов соответственно). Несмотря на то, что темпы роста индийского спроса на первичную энергию в этот период будут намного превышать китайские, по объёму этого спроса (1,9 млрд т н.э.) к 2040 году. Индия всё ещё будет уступать Китаю — вдвое. Важное отличие Индии в том, что «мотором» индийского развития стал экспорт услуг (прежде всего — программное обеспечение), что, по определению, менее энергоёмко, чем традиционная промышленность. В отличие от Китая, где у всего населения есть доступ к электроэнергии, по данным 2014 года, в Индии 244 млн человек живут без электроэнергии; государство поставило цель — обеспечить такой доступ всему населению к 2040 году. Наконец, на всю экономическую и энергетическую политику страны накладывает отпечаток то, что, в отличие от Китая, в Индии нет централизованного планирования и государственная собственность не доминирует в экономике.

### 5.1. Спрос на первичную энергию и энергоёмкость развития Индии

Долгосрочные перспективы индийского спроса на первичную энергию ИНЭИ РАН и АЦ при Правительстве РФ прогнозируют следующим образом (2016 г.).

Уголь играет очень важную роль в энергобалансе Индии. Он прочно удерживает главную роль в структуре потребления первичной энергии — на его долю приходится 44 %. И, что нетипично для многих других стран (прежде всего, для США и Китая), где использование угля сокращается в прогнозном периоде, у Индии эта доля непрерывно растёт и прогнозируется на уровне 51 % в 2040 г.

Уголь исключительно важен для электроэнергетической отрасли Индии — на его долю сейчас приходится 73 % генерации. И несмотря на борьбу с глобальным потреблением, к 2040 г. этот показатель останется ведущим в электрогенерации, правда, снизившись до 66 %.

На втором месте в потреблении первичной энергии на сегодняшний день стоит нефть, поднявшись с третьего в 2013 г. Энергия возобновляемых источников, хотя и возрастает в физическом исчислении на 68 %, займёт в 2040 г. всего лишь 16-процентную долю в индийском

Таблица 5.1

#### Потребление первичных энергоресурсов в Индии (2013–2040 гг.; вероятный сценарий; млн т н.э.)

	2013		2020	2025	2030	2035	2040	
<b>Всего</b>	780	100%	1078	1320	1572	1828	2083	100%
<b>Уголь</b>	341	44 %	514	645	781	923	1064	51 %
<b>Нефть</b>	181	23 %	241	291	344	399	455	22 %
<b>ВИЭ, в т.ч.:</b>	204	26 %	240	266	293	318	342	16 %
Гидроэнергия	12	1,5 %	16	19	23	27	30	1,4 %
Биоэнергия	188	24 %	214	231	248	264	280	13 %
Другие ВИЭ	4	0,5	10	16	22	27	32	1,5 %
<b>Газ</b>	44	6 %	62	86	112	138	162	8 %
<b>Атомная энергия</b>	9	1,2 %	21	31	41	51	60	3 %

Источник: на основе данных ИНЭИ РАН.

потреблении первичной энергии — более чем в полтора раза меньшую, чем в 2013 г.

Потребление природного газа и атомной энергии быстро растёт (соответственно в 3,5 и почти в 7 раз), но их доли и в 2040 г. в энергетическом балансе Индии останутся небольшими (соответственно 8 % и 3 %).

Спрос на энергию в Индии в 2014 г. удовлетворялся за счёт отечественных источников менее, чем на 70 % (причём из них на долю ВИЭ приходилось менее 30 п.п.). На 2040 г. МЭА прогнозирует некоторое снижение этого показателя по сценарию с учётом политических инициатив — до чуть более 60 % (из них на ВИЭ будет приходиться менее 20 п.п.) и сохранение уровня в 70 % по низкоуглеродному сценарию (на ВИЭ — около 30 п.п.).

По расчётам ИНЭИ РАН, энергоёмкость экономики Индии находится вполне в общей тенденции — к 2040 г. она должна снизиться на 37 % по сравнению с сегодняшним днём. Эту тенденцию подтверждает прогноз динамики выбросов CO<sub>2</sub> при использовании энергии, рассчитанной Управлением энергетической информации США. При этом, расхождение в прогнозах объёмов выбросов углекислого газа ИНЭИ и ЕИА достаточно велико. По прогнозу ИНЭИ, они вырастут в 3 раза и в 2040 г. составят 5 474 млн т., а ВВП — в 4,5 раза. По базовому сценарию ЕИА, динамика ВВП Индии (по ППС) такая же, но выбросы CO<sub>2</sub> возрастут вдвое, и составят 3 732 млн т. При этом углеродоёмкость экономического развития Индии снизится на треть, а использования энергии — на 12 %.

Таблица 5.2

**Потребление первичных энергоресурсов в Индии  
(2013–2040 гг.; вероятный сценарий; млн т н.э.)**

		2013	2020	2025	2030	2035	2040
Энергоёмкость ВВП, т н.э./тыс. долл.	ИНЭИ РАН-2016	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,07
Углеродоёмкость использования энергии, т./млрд ВТЕ	ЕИА IEO-2016	68,0*	65,4	62,3	60,0	59,9	59,9
Выбросы CO <sub>2</sub> , млн т	ИНЭИ РАН-2016	1875	2727	3386	4063	4753	5475
	ЕИА IEO-2016	1778*	2143	2394	2693	3161	3732

Источник: ИНЭИ РАН-2016; ЕИА IEO-2016.



## Уголь

Постоянно растущий спрос на уголь в Индии стимулирует развитие её собственной добычи. Государственная политика, регулирование отрасли и инвестиции помогают этому процессу (угольная отрасль — единственная в топливно-энергетическом комплексе с сильным государственным присутствием<sup>54</sup> и влиянием).

Как уже упоминалось выше, уголь исключительно важен для электроэнергетической отрасли Индии — на его долю сейчас приходится 73 % электрогенерации. И даже к 2040 г. этот показатель снизится не драматическим образом — до 66 %.

Управление энергетической информации США (2016 г.) прогнозирует, что Индия, третья страна в мире по потреблению угля, нарастит свою добычу вдвое — с 13 млрд т в 2012 г. до 25 млрд т в 2040 г., по пути обогнав США по этому показателю, и займёт второе место после Китая. В метрическом измерении картина на период до 2040 г. выглядит следующим образом.

Таблица 5.3

### Добыча угля в Индии и Китае (млн т)

	2012	2020	2025	2030	2035	2040
Индия	604,2	762,9	835,5	919,9	1075,0	1277,0
Китай	3861,0	4192,1	4269,2	4236,6	4171,2	4076,9

Источник: на базе данных EIA IEO-2016.

В 2012 г. угольная добыча Индии была в 6,4 раз меньше китайской. Прогнозируется, что к 2040 г. этот разрыв сократится более чем вдвое. При этом Китай пройдёт пик добычи угля около 2025 г., и затем будет её постепенно снижать. Напротив, Индия будет неуклонно наращивать добычу угля, несмотря на дефицит перевозочных мощностей железных дорог, сдерживающий темпы прироста.

И всё же увеличение собственной добычи угля будет недостаточным для удовлетворения ещё более быстро растущего спроса. По прогнозам, к 2040 г. спрос на уголь в Индии вырастет в три раза, а собственная его добыча — только в два. В результате, Индия, которая уже в 2015 г. вышла на первое место в мире по импорту угля, будет удерживать первенство по этому показателю до конца прогнозного периода — к 2040 г. ввоз угля из-за границы вырастет на 90 % и достигнет 340 млн т у.э.

54. Государственная компания Coal India Ltd. доминирует в отрасли.

Таблица 5.4

**Китай и Индия: спрос на жидкие углеводороды  
(вероятный сценарий ИНЭИ и АЦ при правительстве РФ; млн т)**

	2015	2020	2025	2030	2035	2040
Китай	613	705	734	736	717	680
Индия	198	245	296	351	408	465

*Источник:* Прогноз развития энергетики мира и России 2016. ИНЭИ РАН АЦ при Правительстве РФ.

### **Нефть**

В долгосрочном плане для глобального рынка нефти очень важно, сможет ли Индия компенсировать постепенно «выпадающий спрос» традиционных импортёров: Китая и стран ОЭСР. Различные эксперты и сценарии дают широкий диапазон прогнозных оценок индийского спроса на нефть. Ниже приводится вероятный сценарий ИНЭИ РАН и АЦ при Правительстве РФ для динамики спроса Индии и Китая на жидкие углеводороды на период до 2040 г.

Ожидается, что в 2015–2040 гг. спрос на нефть в Индии вырастет в 2,3 раза и достигнет 465 млн т. В 2015 г. спрос на нефть в Индии составлял 32 % от объёма китайского спроса, а к 2040 г. этот показатель вырастет до 68 %. С учётом того, что спрос на нефть в Китае, достигнув пика в 2025–2030 гг., будет существенно снижаться, именно Индия будет основным двигателем мирового спроса на нефть к 2040 г.

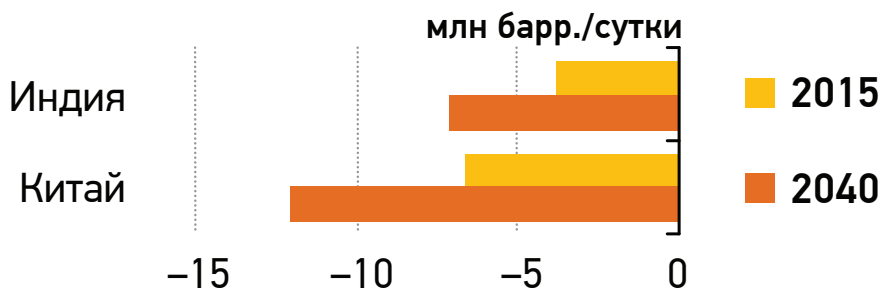
Подтверждённые запасы нефти в Индии на конец 2015 г. оценивались в 5,7 млрд т. Собственной добычи жидких углеводородов для полного удовлетворения своего внутреннего спроса Индии будет не хватать — в следующие 25 лет (базовый сценарий EIA IEO-2016) она будет держаться на плато в 55 млн т, в том числе 35 млн т сырой нефти.

Таблица 5.5

**Индия: доля нетто-импорта в общем потреблении нефти (%)**

2015	2020	2025	2030	2035	2040
43	43	43	42	40	39

*Источник:* на основе IEA WEO-2016; ИНЭИ и АЦ при правительстве РФ.



**Рис. 5.1. Импорт нефти Индией и Китаем (2015 и 2040 гг.; млн б/д)**

Источник: IEA WEO-2016.

Огромный разрыв между спросом на нефть и её собственным производством Индия вынуждена покрывать импортом, объёмы которого быстро растут. Ввоз в страну сырой нефти в 2005 г. составил 99,4 млн т, в 2010 — 163,6 млн т, а в 2015 г. — уже 199,2 млн т. Динамика импорта нефтепродуктов волатильная — с 10,7 млн т в 2005 г. она быстро росла, достигнув пика (53,2 млн т) в 2013 г. После этого импорт нефтепродуктов снизился (до 39,8 млн т в 2015 г.). По своему основному сценарию МЭА предсказывает следующую динамику для Индии и Китая до 2040 г.

Зависимость Индии от импорта нефти будет постепенно снижаться после 2025 г., достигнув к 2040 г. 39% от общего потребления нефти в стране (см. таблицу 5.5).

К 2040 г. на совместную долю Индии и Китая придётся почти половина всего мирового импорта нефти — вдвое больше, чем сейчас.

### **Природный газ**

Спрос на газ в Индии в 2014 г. составил 50 млрд м<sup>3</sup>. По основному варианту прогноза МЭА, к 2040 г. он вырастет до 189 млрд м<sup>3</sup> (в 3,8 раза). В Китае соответствующие показатели равны 188 млрд м<sup>3</sup> и 605 млрд м<sup>3</sup>.

Газовая ресурсная база Индии небольшая. По данным ВР, к началу 2016 г. доказанные запасы природного газа в стране составляли 1,5 трлн м<sup>3</sup>.

Собственная добыча природного газа в Индии также невелика, и в прогнозном периоде её динамика будет вялая — с 39,6 млрд м<sup>3</sup> в 2012 г. до 45,3 млрд м<sup>3</sup> в 2040 г. Для сравнения: в Китае прогнозируется повышение собственной добычи газа с 104,7 млрд м<sup>3</sup> в 2012 г. до 529,5 млрд м<sup>3</sup> в 2040 г.

Неожиданное снижение добычи газа в бассейне Кришна-Годавари, начавшееся в 2013 г., обострило потребность Индии в импорте природного газа. По прогнозу американского Управления энергетической информации («базовый сценарий» 2016 г.), в предстоящие 25 лет Индия будет наращивать импорт природного газа в среднем на 6,7 % в год, доводя его до 110,4 млн м<sup>3</sup> в 2040 г.

При этом упор делается на ввоз СПГ. Новые государственные субсидии, стимулирующее использование газа в электрогенерации подтолкнули спрос на СПГ, и частные энергетические компании инвестируют в развитие соответствующей инфраструктуры. В 2015 г. на общую долю Китая и Индии (соответственно третьего и четвертого импортёра сжиженного газа в мире) пришлось 14 % глобального импорта сжиженного природного газа. С 1 января по конец июня 2016 г. индийский импорт СПГ вырос на 41 %.

И Индия, и Китай сочетают долгосрочные и краткосрочные контракты на СПГ. Однако, в последние годы Индия приращивает свой импорт сжиженного газ почти исключительно посредством краткосрочных сделок, в то время как КНР проводит более консервативную линию.

По оценке МЭА, в 2040 г. Индия будет платить за импортируемые нефть и газ 460 млрд долл., сейчас (2015 г.) — на это уходит 65 млрд долл.

Всего для инвестиций в нефтегазовый сектор (добыча, транспорт и переработка) в период 2016-2040 гг. Индии потребуется 533 млрд долл., что втрое меньше, чем Китаю.

### ***Прочие виды энергии***

Удвоив в прошлое десятилетие производство атомной энергии, Индия будет продолжать наращивать ускоренными темпами установленные мощности АЭС. По прогнозам МЭА, в 2016-2025 гг. Индия должна ввести в строй мощностей на 10 ГВт, а в 2026-2040 г. — ещё на 24 ГВт.

В таблице 5.6 приводятся данные по капиталовложениям Индии и Китая в возобновляемые источники энергии в первую и вторую половину прогнозного периода. Темпы индийских инвестиций вдвое выше китайских, однако по абсолютному накопленному объёму они будут в 2,5 раза меньше капиталовложений КНР за весь период. Индия, опережая Китай по темпам развития ВИЭ, намного отстаёт от него по абсолютным показателям.

Таблица 5.6

**Индия: производство атомной энергии  
и энергии возобновляемых источников (млн т н.э.)**

	2005	2010	2015
Атомная энергия (млн т н.э.)	4,0	5,2	8,6
Энергия возобновляемых источников, в т.ч.:	24,3	32,2	43,6
<i>гидроэнергетика</i>	22,0	25,0	28,1
<i>прочие виды ВИЭ*</i>	2,3	7,2	15,5

\* ветровая, геотермальная, биомасса и отходы

*Источник:* на основе BP Statistical Review of World Energy June 2016.

## **5.2. Движение Индии по пути декарбонизации**

Продвижение Индии к модели низкоуглеродной экономики происходит в условиях острой необходимости обеспечения быстрого экономического развития. Эти два целенаправленных процесса не полностью совпадают. Производство ВВП на душу населения в Индии — менее 40 % среднемирового уровня, в стране почти четверть миллиарда людей не имеет доступа к электроэнергии, а 820 млн человек для приготовления пищи используют биомассу. Поддержание социальной и экономической устойчивости страны, которая скоро выйдет на первое место в мире по численности населения, в условиях трансформации модели развития — сложная задача.

В соответствии с взятыми на себя национальными обязательствами в рамках Парижского соглашения, к 2030 г. Индия должна сдерживать выбросы парниковых газов<sup>55</sup> до «пикового» уровня 4,0 Гт (в 2014 г. — 2,1 Гт). Кроме того, в числе заявленных мер в области энергетики упомянуты стимулирование низкоуглеродных технологий (энергия возобновляемых источников и ядерная), технологий чистого угля в электроэнергетике, повышения энергоэффективности в зданиях и промышленном секторе, совершенствование городских транспортных систем.

55. Включают выбросы CO<sub>2</sub> при сжигании ископаемых видов топлива, а также выбросы метана и закиси азота, связанные с добычей, транспортировкой и использованием энергии.

Таблица 5.7

**Индия и Китай: накопленные инвестиции в ВИЭ  
(2016-2040 гг., млрд долл. 2015 г.)**

	2016-2025	2026-2040	Рост
Индия	225	445	+98 %
Китай	666	997	+50 %

Источник: IEA WEO-2016.

Несмотря на некоторые моменты (вроде замедленного начала выполнения обязательства по установленной мощности генерации на базе неископаемых видов энергии), МЭА считает, что пока Индия находится на заявленной траектории достижения целей Парижского соглашения. По оценке Агентства, темпы повышения углеродоёмкости энергетического сектора Индии в период до 2040 г. будут почти в четыре раза ниже, чем за предыдущую четверть века.

# ЛАТИНСКАЯ АМЕРИКА

---

### ***6.1. Энергетический сектор в Латинской Америке: в поисках оптимальных моделей развития***

Латинская Америка, простирающаяся от реки Рио-Гранде на севере — до аргентинской Патагонии на юге, — является многонациональным и мультикультурным регионом, отличающимся географическим, климатическим и биологическим разнообразием, обладающая уникальными природными ресурсами. Здесь можно найти огромные традиционные и нетрадиционные энергетические ресурсы. Регион содержит большие запасы нефти и природного газа, обладает огромным потенциалом гидроэнергии рек. Также имеются благоприятные условия для развития других возобновляемых источников энергии (ВИЭ), таких как солнце, ветер, биомасса и геотермальная энергия.

В то же время Латинская Америка весьма однородна по своим многим аспектам, так как ее образуют государства, имеющие сходные или очень близкие исторические, политические, экономические и социальные характеристики. Почти все страны континента в разной степени вовлечены в добычу нефти и газа. Многие из них являются признанными мировыми лидерами отрасли, такие как Венесуэла, Мексика, Колумбия, Эквадор, Боливия и Бразилия.

На рубеже 2000-х гг. большинство стран континента вошли в глубокий кризис, который стал для них фактически перманентным, периодически обостряющимся и ослабевающим под воздействием мировых политических и экономических трендов, взлетов и падений международных товарных и финансовых рынков. Переход от военных диктатур к демократии в 1990-е гг. оказался весьма болезненным и продолжительным. Он происходил при ведущей роли международных финансовых институтов, которые применяли на практике неоклассические монетаристские теории, добиваясь не столько оздоровления национальных экономик, сколько снижения внутреннего потребления в латиноамериканских странах и обеспечения их возможности платить по внешним долгам. В итоге крайне жесткие экономические меры привели в большинстве стран к тяжелым социально-экономическим последствиям, которые заставили либералов оставить власть. Континент

резко полевел: в Аргентине, Бразилии, Боливии и Венесуэле пришли к власти левые и популистские партии.<sup>56</sup> Неолиберальные реформы и политика «открытых дверей» для инвестиций были приостановлены либо вовсе свернуты. Им на смену вернулись концепты, характерные для дирижистских режимов левого толка, в том числе, деприватизация, расширение прямого участия государства в хозяйственной деятельности, «ресурсный патриотизм», ограничение, а иногда просто выдавливание иностранных инвесторов из нефтегазового бизнеса.

Наиболее радикальные преобразования были осуществлены в Венесуэле и Аргентине. Национализация нефтегазовых активов в обеих странах вызвала массовый исход международных инвесторов из этих стран. Правительство Боливии не было столь последовательным в давлении на иностранных инвесторов, которые все же продолжили работу в апстриме. Снизились рейтинги национальных нефтегазовых компаний. Правительства стали превращать их в инструменты внешней и внутренней политики, оставлять без достаточных инвестиционных ресурсов, изымать нефтяные доходы для непосредственного финансирования государственных бюджетов. Кроме того, в практику вошла поставка энергоресурсов в «страны-союзники» по дисконтированным к мировым ценам.

Внутренние цены на нефтепродукты и газ были во многих случаях «заморожены» и поставлены под жесткое государственное регулирование, ориентированное на обеспечение «социально приемлемых» уровней. Все это происходило на фоне ухудшающейся экономической ситуации, финансового кризиса и дефолта по внешним долговым обязательствам. Последовавшие снижение денежного потока и дефицит инвестиций привели к стагнации и, в отдельных случаях, — снижению объемов добычи, что на фоне падения мировых цен на углеводороды, крайне негативно отразилось на социально-экономическом положении этих стран.

Одна из проблем, унаследованных странами континента еще с колониальных времен, — слабая внутриконтинентальная интеграция и преимущественная ориентация экономических связей на внешний мир, — вновь дала о себе знать. Оказались свернутыми или «заморо-

---

56. В Аргентине — у власти находилась Перонистская партия (2000 — 2016 гг.), в Бразилии — Партия трудящихся (с 2002 г.), в Боливии — партия «Движение к социализму» (с 2005 г.), в Венесуэле — Единая социалистическая партия Венесуэлы (с 2000 г.).



женными» многие программы региональной экономической интеграции, весьма активные осуществляемые в 1990-е гг. в рамках Общего рынка стран южного конуса (МЕРКОСУР), Андского сообщества, Латиноамериканской ассоциации интеграции, других интеграционных группировок. Выходить из кризиса каждая из стран предпочла поодиночке, интеграционная повестка была отодвинута на второй план. Отсюда — протекционизм, ценовые войны, субсидии, ограничительные меры и т.п.<sup>57</sup> В результате усилились диспропорции между национальными энергетическими рынками, определение направлений взаимного экономического сотрудничества сместилось из рыночной области в политическую, а процесс энергетической интеграции замедлился и в чем-то пошел вспять.

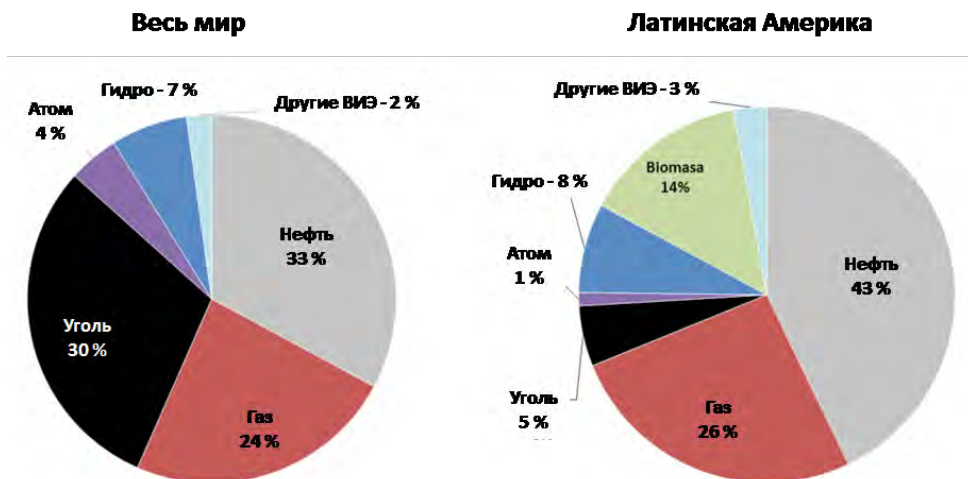
Топливо-энергетический баланс Латинской Америки основан на традиционных ископаемых углеводородах и возобновляемых источниках энергии. Если сравнивать его структуру с усредненным мировым энергобалансом (рис. 6.1), то можно отметить несколько большую долю потребления нефти и нефтепродуктов: 43 % против 33 %, фактически одинаковую долю газа: 26 % — Латинская Америка, 24 % — весь мир, практическое отсутствие угля — 5 %, в то время как в мировом балансе его доля уверенно держится на уровне 30 %. Обращает внимание чрезвычайно высокая суммарная доля ВИЭ — порядка 25 %, что существенно превосходит аналогичные показатели и для всего мира (9 %) и для других континентов.

Возобновляемая энергетика является основной энергополитики крупнейших не нефтяных стран. Она опирается на значительные гидроресурсы (Бразилия, Колумбия, Парагвай, Перу, Уругвай) и биомассу, прежде всего, этанол, производимый, главным образом, из сахарного тростника. Здесь безусловным лидером является Бразилия, которая проводит наиболее благоприятную политику в отношении этого ресурса. На ее долю приходится половина мировой торговли этанолом и порядка 20 % от общего объема потребления моторного топлива в стране.

Наличие больших сельскохозяйственных площадей, в купе с относительно низким потреблением транспортного топлива на душу населения, позволяет Бразилии наращивать производство биодизеля. Отведение под зерновые, масличные и сахарные культуры всего 3 % площади культивируемых земель позволит нарастить до 10 % долю биодизеля в «корзине» моторного топлива.

---

57. Подробнее — Еремин С.В., «Рынки природного газа в условиях региональной экономической интеграции», Нефть, газ и бизнес, 2015, № 7.



**Рис. 6.1. Топливо-энергетический баланс первичных энергоресурсов всего мира и Латинской Америки**

Источник: Asturias J.

В 2015 г. на долю Латинской Америки пришлось порядка 20% от мирового производства гидроэлектроэнергии, 13% — нефти и 6,6% — природного газа.

Обращает на себя внимание, что высокая доля возобновляемых источников в структуре топливного баланса делает Латинскую Америку наиболее благоприятным регионом, с точки зрения негативного воздействия на атмосферу. Так, если в среднем на каждого жителя планеты в 2011 г. пришлось 4,9 кг выбросов парниковых газов (в эквиваленте CO<sub>2</sub>), то в Латинской Америке этот показатель составил — 2,1 кг на человека т.е. был ниже более, чем в два раза. Если на 1 доллар ВВП объем выбросов в 2014 г. составил 0,4 кг, то в Латинской Америке — 0,3 кг.

## 6.2. Нефтяной сектор

Латинская Америка располагает колоссальными запасами нефти. По доказанным запасам — 51,9 млрд т — она уступает только странам Ближнего Востока (110,1 млрд т). Северная Америка (США и Канада) и Евразия, занимающие третью и четвертую строчки мирового рейтинга, располагают соответственно, 33,4 и 21,8 млрд т.<sup>58</sup> Запасы расположены крайне неравномерно. Их львиная доля приходится на Венесуэлу (47 млрд т). Однако это в основном «тяжелая» нефть, извлечение которой, помимо высоких затрат, требует применения специальных технологий

58. Запасы категории Proved Reserves — по данным BP World Energy Review 2017.

и особой инфраструктуры транспортировки и переработки.

Страны Центральной Америки и Карибского бассейна фактически лишены нефтяных ресурсов. Бразилия, сделавшая прорыв в освоении глубоководной разработки энергоресурсов, находится на втором месте по объемам нефтяных запасов в регионе с запасами 1,8 млрд т.

Несмотря на высокий рейтинг по объему запасов, по абсолютным объемам нефтедобычи Латинская Америка (506 млн т) существенно уступает большинству континентов. Здесь лидерство принадлежит Ближнему Востоку — 1496 млн т, за которым следуют Евразия — 861 млн т и Северная Америка — 761 млн т.

Такое положение свидетельствует о том, что нефтяной потенциал континента еще далек от исчерпания. Его реализация сдерживается как географическими, технологическими факторами, так и политическими и финансово-экономическими факторами. С одной стороны, здесь весьма высоки расходы на разработку нефтяных месторождений, поскольку наиболее масштабные из них сосредоточены в труднодоступных районах либо на шельфе, относятся к трудноизвлекаемым ресурсам и не могут быть доставлены на рынки сбыта в виду отсутствия транспортной инфраструктуры. С другой стороны, неустойчивость политических режимов (и, как следствие, регуляторных режимов), жесткий ресурсный национализм и социальная нестабильность оставляют этот регион вне ключевых мировых инвестиционных потоков.

Темпы освоения новых нефтеносных областей недостаточны, что предопределяет отсутствие в течение последних 10-15 лет прироста добычи в среднем по континенту. При этом, если Венесуэла демонстрировала снижение с 170 млн т в 2004-2005 гг. до 124 млн т в 2016 г., то Бразилия и Колумбия — рост добычи с 80 до 137 млн т и с 30 до 49 млн т, соответственно. Сложилась ситуация, когда в одних странах основной объем ресурса продолжает оставаться в недрах (Венесуэла), а там, где изначально запасы небольшие, но делаются новые открытия (бразильский шельф, лицензирование новых участков в Колумбии) нефтедобыча растет. Стоит отметить, что реальные объемы добычи Венесуэлы трудно определить из-за того, что государственная компания *Petróleos de Venezuela S.A. (PDVSA)* не публикует регулярных данных, а с 2008 года к тому же перестала представлять ежегодные доклады в комиссию по ценным бумагам и биржам (SEC) США.

Аргентина, Боливия и Бразилия производят нефть в достаточных объемах для удовлетворения потребностей внутренних рынков. Перу близка к уровню самообеспеченности. И только Парагвай, Уругвай,

страны Центральной Америки и Карибского бассейна (за исключением Тринидада и Тобаго и Белиза) образуют список нетто-импортеров нефти. Куба, Гватемала и Барбадос также добывают нефть, но в количествах, которые не покрывают их внутренние потребности.

Современные нефтяные компании адаптируются к новым реалиям мировых энергетических рынков, которые сегодня переживают глубокие трансформации. Они мультиплицируют направления развития бизнеса: из преимущественно нефтяных они становятся нефтегазовыми, от добычи, переработки и коммерциализации углеводородов они переходят к развитию сервисных услуг, разрабатывают и распространяют новые технологии, приобретают зарубежные активы и интернационализируют свою деятельность, превращаясь в игроков глобального энергетического рынка.

Две латиноамериканские компании — бразильская *Petróleo Brasileiro S.A (Petrobras)* и колумбийская *Ecopetrol S.A.* демонстрируют наиболее динамичные результаты такого развития. В 2016 г. они вошли в рейтинг 25-ти самых крупных нефтяных компаний мира по версии *Forbes*,<sup>59</sup> где заняли, соответственно, 8-ю и 21-ю строчки.

*Petrobras*, частично приватизированный на волне либерализации, охватившей Латинскую Америку в начале 1990-х гг., хотя и претерпел определенные структурные изменения, сумел сохранить доминирующее положение на внутреннем рынке.

Ключевыми направлениями компании стали:

- наращивание компетенции глубоководного бурения на шельфе;
- превращение в мирового игрока сервисных услуг;
- интернационализация деятельности — перенос производственной активности в зарубежные страны.

Бразильская модель предполагала реинвестирование нефтяных доходов, получаемых государственной монополией в развитие национальной отрасли и технологий, активное привлечение иностранных инвесторов (хотя и в качестве миноритарных партнеров). Такая стратегия позволила Бразилии уже в 2006 году отказаться от импорта нефти.

---

59. Рейтинг составлен на основе оценки «Стоимости компании» — *Enterprise Value (EV)*. Данный показатель считается более объемлющим, по сравнению с рыночной капитализацией. *EV* рассчитывается как рыночная капитализация плюс долг, стоимость долей миноритариев и привилегированных акций, минус общая сумма денежных средств и их эквивалентов.

### 6.3. Газовый сектор

За исключением Аргентины, все другие страны Латинской Америки достаточно поздно приступили к освоению газовых ресурсов, которые в основном были разведаны только в 1980-1990 гг. Объем доказанных запасов традиционного газа в странах относительно невелик — 6,8 трлн м<sup>3</sup>, или порядка 3% от мировых запасов, и отличается чрезвычайно неравномерным расположением.

Крупнейшими запасами обладает Венесуэла — 5,6 трлн м<sup>3</sup>. На долю Бразилии приходится 0,5 трлн м<sup>3</sup>, Перу — 0,4 трлн м<sup>3</sup>, Аргентины и Боливии — по 0,3 трлн м<sup>3</sup>, Мексики — 0,2 трлн м<sup>3</sup>. Следует отметить, что экспертная оценка потенциальных ресурсов, включая нетрадиционные, значительно выше. Они разнятся от источника к источнику, но наиболее значительные из них привел Wertheim P.H.<sup>60</sup> Так, для Венесуэлы это 150 трлн м<sup>3</sup>, Аргентины — 29,4 трлн м<sup>3</sup>, Боливии — 27,8 трлн м<sup>3</sup>, Бразилии — 9 трлн м<sup>3</sup>. Суммарно объем ресурсов только этих 4-х стран превосходит общемировой объем доказанных запасов по состоянию на 2015 г.<sup>61</sup> При этом запасы газа в других странах региона — Чили, Парагвае и Уругвае — фактически отсутствуют.

Особые надежды связываются с нефтегазовым плеем Вака Муэрта в Аргентине, где ведется разведка газа из нетрадиционных источников (сланца и низкопроницаемых песков). По оценкам IHS Market, объем добычи газа к 2040 г. может составить 6 млрд фут<sup>3</sup> в день<sup>62</sup> (свыше 62 млрд м<sup>3</sup> в год). Так или иначе, газовый потенциал региона, особенно с учетом перспектив сланцев, достаточен для удовлетворения растущего внутреннего спроса на газ. Будет ли он реализован? Ответ на этот вопрос зависит от сложения действий многих факторов, в том числе от того, насколько успешной будет региональная интеграция рынков природного газа.

В 2016 г в Латинской Америке было добыто порядка 224 млрд м<sup>3</sup>, из них в Мексике — 47,2; Аргентине 38,3; Венесуэле — 34,5; в Бразилии — 23,5; в Боливии — 19,7 млрд м<sup>3</sup>. Газодобыча в Уругвае не

60. Wertheim P.H. "Accord signed for Venezuela-Argentina Gasline", Oil & Gas Journal, vol.104, # 2, 2006, p.28.

61. 186,9 трлн м<sup>3</sup> — по данным BP Statistical Review of World Energy 2016.

62. Boyadjian C. «Vaca Muerta ya tiene pozos con niveles récord de producción», Diario Clarin Economía, 26/02/2017 // [https://www.clarin.com/economia/economia/vaca-muerta-pozos-niveles-record-produccion\\_0\\_S101o-Cte.html](https://www.clarin.com/economia/economia/vaca-muerta-pozos-niveles-record-produccion_0_S101o-Cte.html)





Венесуэле — 34,5; в Чили — 4; в Боливии — менее 1 млрд м<sup>3</sup>. За исключением Боливии, ни одна страна Южного конуса не может обходиться без импорта газа. Больше всего импортирует Мексика — 38 млрд м<sup>3</sup> сетевого газа и 15 млрд м<sup>3</sup> СПГ, Бразилия — 10 млрд м<sup>3</sup> сетевого газа и 5 млрд м<sup>3</sup> СПГ, Аргентина 5 млрд м<sup>3</sup> сетевого газа и 5 млрд м<sup>3</sup> СПГ.

Газ является стратегическим ресурсом региона, производство которого увеличится до 516 млрд м<sup>3</sup> в 2030 г. Такой рост обусловлен растущим спросом в секторе генерации электроэнергии. Правительства ряда стран пытаются уменьшить зависимость от гидроэнергетики, производительность которой зависит от неустойчивых погодных и гидрологических условий. Ключевую роль в развитии газовой инфраструктуры в регионе будет играть Бразилия, которая ставит перед собой амбициозные планы увеличить газопотребление в стране к 2030 году до 20% от регионального спроса.<sup>63</sup>

### Газотранспортная инфраструктура

Схема основных газотранспортных систем в странах Южной Америки приведена на рис. 6.2. В современном виде ГТС сложилась только на рубеже 2000-х годов. До этого действовал единственный межгосударственный газопровод, по которому газ ставился из Боливии в Аргентину.

Изначально ресурсной базой служили месторождения на северо-западе Аргентины, долгое время игравшую роль единственного экспортера газа в Бразилию, Уругвай и Чили. Затем наступило время интенсивной разработки боливийских месторождений. На схеме отсутствует Венесуэла. Это единственная страна, которая не связана газопроводами со своими партнерами по объединению. О ситуации вокруг Венесуэлы говорилось выше.

Сооружение крупных газопроводов, связавших в 1997 г. Аргентину и Чили, а в 1999 г. — Боливию и Бразилию, совпало по времени с формированием МЕРКОСУР, укладывалось в рамки региональной интеграции и тех стратегий, которые вырабатывались для ее обеспечения. По условиям межправительственного протокола между Аргентиной и Чили от 1991 г. к участию в финансировании, строительстве и эксплуатации газопровода принимали частные компании, которые к

---

63. Castillo E., «El sector energético en América Latina y el Caribe: retos y perspectivas integracionistas tipo ALBA», 22 de mayo de 2012, <http://www.monografias.com/trabajos93/sector-energetico-america-latina-y-caribe/sector-energetico-america-latina-y-caribe.shtml#ixzz4vhLYNasF>.

тому времени появились в результате приватизации и реформирования энергетического сектора в этих двух странах. Строительство газопровода между Боливией и Бразилией осуществляли государственные компании.

Новые газопроводы значительно расширили имеющуюся газотранспортную инфраструктуру. С вводом в эксплуатацию трансграничной газотранспортной системы создавался крупный газовый

Таблица 6.1

**Межстрановые газопроводы стран Южного конуса  
и их ключевые характеристики**

№	Оператор	Страна-экспортер	Страна-импортер	Мощность (млн ф <sup>3</sup> /д)	Длина (км)	Загрузка (%)	Год пуска
1	Yabog Yacimientos	Боливия	Аргентина	230	435	17	1972
2	Gasbol	Боливия	Бразилия	1000	3219	2	1999
3	Parana-Uruguayana	Аргентина	Бразилия	100	415	20	2000
4	Gasoducto del Litoral	Аргентина	Уругвай	4,9	19	2	1998
5	Cruz del Sur	Аргентина	Уругвай	180	402	1	2002
6	Tierra de Fuego	Аргентина	Чили	71	84	10	1996
7	Gas Andes	Аргентина	Чили	310	476	2	1997
8	Gas Atacama	Аргентина	Чили	300	933	2	1999
9	NorAndino	Аргентина	Чили	250	781	3	1999
10	Gasoducto del Pacifico	Аргентина	Чили	340	531	2	1999
11	El Condor Posesion	Аргентина	Чили	71	10	10	1999
12	Patagonico	Аргентина	Чили	99	32	7	1999

Источник: Casarin A.A., Nicollier L.A.



кластер, главными центрами потребления которого становились промышленные агломерации, географически расположенные по дуге «Сан-Пауло — Буэнос — Айрес — Сантьяго», а центрами газодобычи — месторождения Аргентины и Боливии. Сегодня интегрированная сеть магистральных газопроводов в регионе насчитывает 17 ниток различного диаметра и пропускной мощности, большая часть которых связывает Аргентину с Чили (7 ниток), с Боливией (4), Уругваем (3), Бразилией (1). Два газопровода связывают Боливию и Бразилию.<sup>64</sup> Перечень газопроводов и их ключевых характеристик приведены в таблице 6.1.

В этот же период были запланированы несколько других магистральных газопроводов, которые закольцовывали бы действующие сети, создавали возможность для маневрирования потоками газа и более гибкой его поставки. Идея создания такого рода «газового кольца» обсуждалась и получила одобрение на саммите МЕРКОСУР 2005 г. (Асунсьон). Один из трубопроводов предполагалось построить из пункта Акамбуко (на северо-востоке Аргентины) до бразильского города Куриitiba, через который проходит газотранспортная магистраль, связывающая все крупные бразильские города на атлантическом побережье. Попутно, за счет этого трубопровода предполагается решить проблемы газификации Парагвая, прежде всего его столицы — Асунсьона. Другая группа маршрутов должна связать аргентинскую и бразильскую ГТС, пройдя через территорию Уругвая и также, повысив степень его газификации. Строительство газопроводной перемычки между чилийскими городами Сантьяго и Консепсьон позволит аналогичным образом закольцевать ГТС, связывающую Чили и Аргентину.

Таким образом, реализация этих планов существенным образом может повысить энергобезопасность вовлеченных стран. Для экспортеров создавались дополнительные гарантии отбора газа потребителями, и, соответственно, — гарантий инвестиций и возможности более полной монетизации ресурсного потенциала, для принимающих стран — возможность повысить надежность газоснабжения, ликвидность торгов, создать условия для развития конкуренции между поставщиками. Идея реализации потенциала комплементарности локального газового ресурса в Боливии и растущего спроса на газ в Бразилии и Чили могла превратиться в реальность, однако выполнение интеграционных пла-

64. Лавут А.А. «ЮАСН — новый экономико-политический блок» // Латинская Америка. 2006. N 1. С. 23.

нов замедлилось и пока находится далеко от завершения.

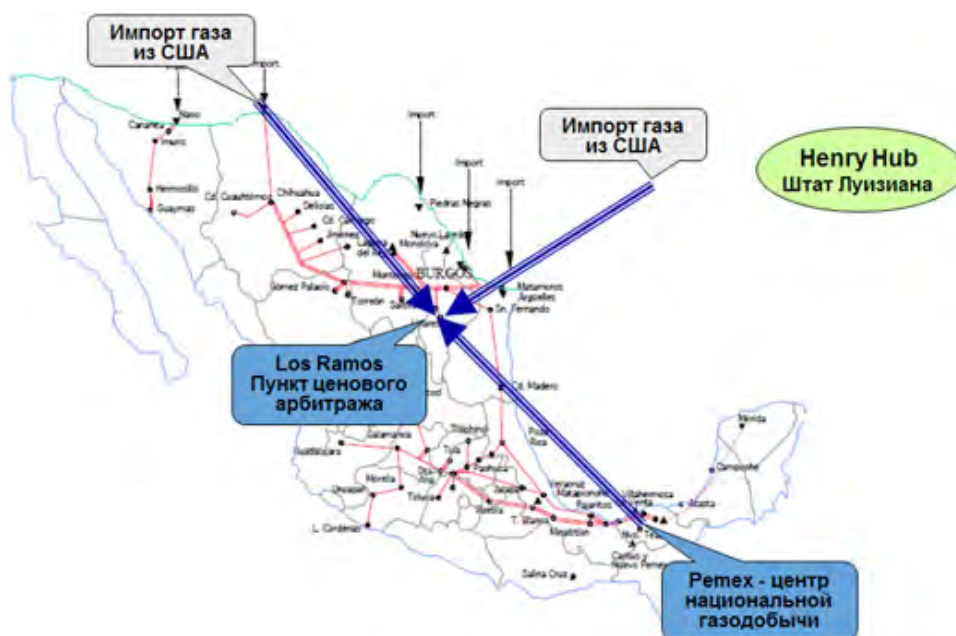
Обращает внимание отсутствие трубопроводной инфраструктуры между Боливией и Чили. Их взаимодействие в газовой, равно как и в других областях, сдерживается неразрешимым до настоящего времени территориальным спором: Чили препятствует выходу Боливии к Тихому океану. А без территориальных уступок Боливия воздерживается от реализации планов строительства газификационного терминала на тихоокеанском побережье и соответствующего газопровода для подачи сырья.

С 2014 г. Мексика проводит неолиберальные реформы в энергетическом секторе, направленные на раскрытие внутреннего рынка газа для иностранных инвесторов и поставщиков, без которых монетизация углеводородных ресурсов этой страны была бы практически невозможна.

Мексика в меньшей степени, по сравнению с Канадой интегрирована с газовым рынком США. В течение нескольких десятилетий Мексика была экспортером газа, однако в начале 2000-х гг. вследствие сокращения собственной газодобычи она стала испытывать трудности с обеспечением экспортных поставок. Государство даже вводило административные ограничения в отношении крупных промышленных потребителей, пытаясь избежать дефолта поставок газа населению. При том, что цены для регулируются и поддерживаются на относительно низком уровне. На рубеже 2010-х гг., в результате сланцевой революции США перестали испытывать дефицит газа, напротив, его избыток в возрастающих объемах пошел в Мексику, которая окончательно превратилась в газового нетто-импортера.

Примечателен факт, что Мексика, на протяжении многих лет членства в НАФТА более, чем другие партнеры по объединению, использовала неформальные методы интеграции. В частности, оптовые цены на газ в стране формируются в привязке к главному американскому газовому бенчмарку — индексам Henry Hub. Используется своего рода модель равнодоходной цены, которая функционирует следующим образом.

Мексика использует газ собственной добычи, месторождения которого расположены на юге — на полуострове Юкатан, и импортный газ, поступающий из США. Оба потока движутся навстречу друг другу и условно встречаются в пункте Лос-Рамос, который служит точкой



**Рис. 6.3. Равнодоходность цен на газ по-мексикански: обеспечение ценности газа национальной добычи**

Источник: составлено автором, карта — PEMEX.

арбитража. Здесь цены на газ из двух потоков эквивалентны. Расчет цена осуществляется следующим образом:

$$P_{\text{Henry Hub}} + \text{Transport}_{\text{US}} = P_{\text{Los Ramos}} / P_{\text{Los Ramos}} - \text{Transport}_{\text{Mexico}} = P_{\text{Ciudad Pemex}}$$

В качестве базовой принимается цена на Henry Hub, которая в Лос-Рамосе увеличивается на сумму газотранспортных услуг. Ее значение является эталонным значением для цены на локальный газ, который в точке добычи (Ciudad Pemex) вычисляется как разность цены в Лос-Рамосе и соответствующих транспортных затрат по мексиканской ГТС. В общем виде принцип равнодоходности цен на газ по-мексикански показан на рис. 6.3.

Предполагается, что цена на газ на Henry Hub (Хьюстон) является ценой равновесия, т.е. отражает реально складывающийся в определенные промежутки времени баланс спроса и предложения. Это означает, что газ в Хьюстоне не переоценен, ни недооценен рынком. На самом деле, это предположение выполняется не полностью, но близко.

В отсутствие ограничений по объему экспорта/импорта газа в/из Хьюстона в объеме спроса минус собственное производство, таким образом, при цене, определенной ценой нетбэка, объем спроса полностью удовлетворяется предложением о цене нетбэка. Если это условие не выполняется, то при цене нетбэка в любой точке арбитража спрос будет меньше предложения. Введение ограничения на объем экспорта/импорта в уравнения оптимизации потока приводит к формированию большей цены газа в точке арбитража, с прибавлением второй теневой цены, которая отражает стоимость снятия (расшивки) ограничения (стоимость в смысле готовности переплаты потребителей за его существование, а не стоимость инвестиций в расшивку. Реальная расшивка может стоить как меньше, так и больше (зависит от объема ограничения). Указанная цена взимается владельцем газа, но распределяется в зависимости от условий регулирования.

В Мексиканской модели предполагается, что ограничений по транспорту в любую точку из двух пунктов производства нет, что практически верно, т.к. газ потребляется на длине посередине входов.

Цена газа определяется на основе оптимизации (максимизации) его ценовой полезности. Ценовая полезность, в свою очередь, зависит от распределения спроса. Вычисляется оптимальное распределение спроса, таким образом оно является переменной величиной. Уже для этого оптимального распределения вычисляется положение точки арбитража и таким образом определяется цена. Цена зависит от точки арбитража, а точка арбитража зависит от ценовой функции полезности.

Таким образом, цена газа в Мексике не является ценой нетбека — она является ценой безразличия, при которой цена газа в контрольной точке является ценой нетбека. Эта цена зависит от распределения спроса и предложения по трубопроводу

Из-за дефицита газотранспортных мощностей возможности наращивания поставок газа в Мексику из Соединенных Штатов ограничены, а рост спроса в условиях снижения цен превышает возможности предложения. В НАФТА отсутствует общая (скоординированная) стратегия развития интегрирующей энергетической инфраструктуры между странами-участницами. Предложения Мексики по устранению диспропорций между странами региона, используя опыт Европейского Союза по поддержке отстающих стран, пока не нашли поддержки в США и Канаде.

Таблица 6.2

**Характеристики газопроводов, связывающих рынки  
США и Мексики**

№	Пункт в США	Пункт в Мексике	Направление	Мощность (млн ф <sup>3</sup> /д)	Диаметр (дюймы)	Год пуска
1	Alamo	Reynosa	Both (but primarily exports)	215	24	1999
2	Rio Bravo	Hidalgo	Export	315	30	2003
3	Hidalgo	Reynosa	Both (but primarily exports)	350	30	1989
4	Mcallen	Reynosa	Both (but primarily exports)	350	24	2000
5	Penitas	Penitas	Export	400	24	1992
6	Salineno	Ciudad Camargo	Export	375	30	2003
7	Eagle Pass- Tidelands	Piedras Negras	Export	15	12	2003
8	Eagle Pass- WTG	Piedras Negras	Export	38	12	1980
9	Del Rio	Acuna	Export	25	8	2004
10	Clint	Ciudad Juarez	Export	312	24	1997
11	El Paso	Del Norte	Export	90	12	~1972
12	Douglas II	Agua Prieta	Export	78	16	1999
13	Douglas	Agua Prieta	Export	45	10	1992
14	Willcox Lateral	Cananea	Export	230	16 (2)	2001
15	Nogales	Ductos de Nogales	Export	8	16	2001
16	Ogilby	Sin Nombre Bistrain	Both (but primarily Imports)	614	30	2002
17	Calexico	Mexicali	Export	25	16	1997
18	Otay Mesa	Tijuana	Both (but primarily exports)	350	30	2000

Источник: Департамент энергетический информации США.

Общая мощность газопроводов, связывающих США и Мексику, составляет порядка 3,8 млрд футов<sup>3</sup>. Данные по газопроводам приведены в таблице 6.2.

#### 6.4. Электроэнергетика

В энергобалансах стран Латинской Америки традиционно существенную долю занимала *гидроэнергетика*. В 1970-1990 гг. было построено более 30 крупных ГЭС, часть из которых — на пограничных реках — обеспечивают потребности в энергии нескольких стран. Однако с исчерпанием подходящих мест для размещения новых плотин и ухудшением гидрологических условий рек дальнейшее развитие гидроэнергетики в регионе подошло к своему естественному пределу. В результате за последнее десятилетие была построена только одна крупная ГЭС Итайпу — на границе Бразилии и Парагвая с установленной мощностью 14 ГВт (последний энергоблок был введен в 2007 г.). Затем продолжилось строительство станций меньшего масштаба, в основном на притоках Амазонки в Бразилии (ГЭС Жирау — 3,75 ГВт и ГЭС Санту Антониу — 3,57 ГВт).

На базе гидроэнергии в Латинской Америке производится около 50% электроэнергии (это самый большой в мире удельный показатель), 25% — на газе, 12% — с использованием нефтепродуктов, 5% — угля.

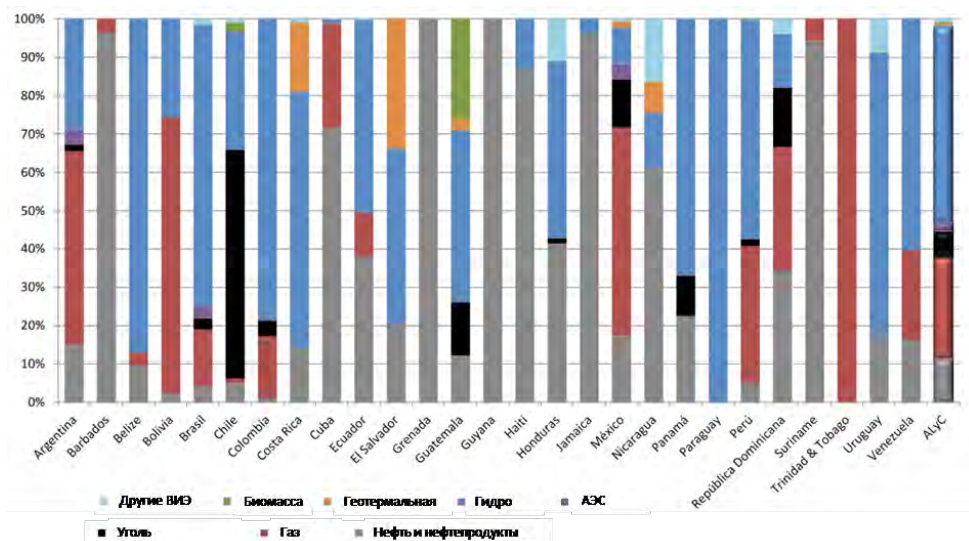


Рис. 6.4. Топливный баланс электроэнергетики Латинской Америки, 2015

Источник: Asturias J.

Оставшиеся 8% приходятся на ядерную энергетику, биомассу, геотермальную энергию, солнце и ветер. На рис. 6.4 приведен топливный баланс электроэнергетики по отдельным странам.

Как видно, энергомиксы отличаются большим разнообразием. Есть страны, которые обеспечивают за счет гидроэнергии 75-100% своих потребностей. Это Бразилия, Белиз, Колумбия, Парагвай и Уругвай. За исключением Чили, фактически никто не использует уголь в электрогенерации. В Латинской Америке сложилась уникальная ситуация, когда расширение использования газа происходит не за счет вытеснения угля, а, главным образом, гидроэнергии. При этом многие страны, прежде всего островные и имеющие доступ к газу, сохраняют необычно высокую долю нефтепродуктов в топливном балансе. Новые ВИЭ — энергия солнца и ветра — пока мало заметны, за исключением центральноамериканских стран, где их вес колеблется в пределах 5-15%. В странах, расположенных вдоль Андских гор, используются геотермальные источники энергии.

*Атомной энергетикой* располагают три крупнейшие страны — Аргентина, Бразилия и Мексика, каждая из которых имеет по два действующих энергоблока. Установленная мощность аргентинских АЭС Атуца (введена в эксплуатацию в 1974 г.) и Эмбальсе (1984 г.) — 935 Мвт. На них приходится 6,2% общего производства электроэнергии. В Бразилии 2 блока АЭС Ангра, запущенные в 1985 и 2001 гг., имеют суммарную мощность 1,9 ГВт и обеспечивают 2,8% энергопотребления страны. В Мексике блоки АЭС Лагуна Верде, запущенные в 1990 и 1995 годах, имеют общую мощность 1,3 ГВт и покрывают 4,6% спроса на электроэнергию в стране. Суммарная доля атома в балансе производства электроэнергии на континенте составляет 2,3%, что значительно ниже мирового показателя, находящегося на уровне 14,3%.<sup>65</sup>

АЭС в Аргентине и Бразилии проектировались и строились 40-50 лет назад, когда происходила массовая электрификация, к сетям подключались новые потребители и, в условиях слабой ресурсной базы ископаемого топлива, существовала реальная угроза дефицита электроэнергии. Уголь и газ (тем более СПГ) были недоступны как топливо для электростанций. Значительный объем электроэнергии производился на базе нефтепродуктов. Сегодня ситуация на латиноамериканском

65. Аргуэльо И., «Ядерная энергетика в Латинской Америке: между экономическим развитием и рисками распространения», Индекс безопасности, № 4 (95), Том 16, с.59-76. // <http://ns2.pircenter.org/media/content/files/0/13406970320.pdf>



энергетическом рынке коренным образом изменилась. Открытие газовых месторождений в Бразилии, Боливии, Перу, Венесуэле, Аргентине, интенсивное развитие газотранспортной инфраструктуры, включая приемные терминалы СПГ, превращают газ в естественную альтернативу атому и энергии рек в производстве электроэнергии. С развитием технологий все большее распространение получают новые возобновляемые источники энергии — солнце, ветер, геотермальная энергия. С учетом этих обстоятельств, а также рисков распространения ядерных технологий сегодня трудно говорить целесообразности приоритетного развития атомной энергетики в Латинской Америке.

Тем не менее, многие латиноамериканские страны, даже обладающие значительным потенциалом углеводородного топлива, стремятся попасть в клуб ядерных энергетических держав. На рубеже 2010-х гг. десять латиноамериканских стран — Боливия, Чили, Доминиканская Республика, Эквадор, Сальвадор, Гаити, Ямайка, Перу, Уругвай и Венесуэла — обратились в Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) с просьбой помочь им в запуске ядерных программ, нацеленных в будущем на производство электричества.

Для латиноамериканских стран реализация ядерных программ и обладание генерирующими мощностями является скорее вопросом престижа и формой подтверждения национального суверенитета, чем реальной необходимостью.

### ***6.5. Проблемы либерализации рынков электроэнергии и газа стран Латинской Америки***

Несмотря на то, что фактически во всех странах континента было принято законодательство о либерализации энергетического сектора, предусматривающее разукрупнение производственно-сбытовой цепочки по видам деятельности, устранение барьеров для входа на рынок новых участников, открытый доступ третьих лиц к услугам инфраструктур, право потребителя газа на выбор поставщика и учреждение специализированного регулирующего органа, реальные шаги по либерализации рынков были предприняты только в Аргентине (в конце 1990-х — начале 2000-х гг.), Чили (в начале 2000-х гг.) и Бразилии (в 2010-х гг.). Рынки других стран реформа практически не коснулась.

Преобразования в Аргентине развивались по европейскому сценарию. Крупнейшие энергетические и газовые вертикально-интегрированные компании Segba, Ayee, Hidronor и YPF были подвергнуты приватизации



и разукрупнению. В результате на рынке появились независимые производители, причем малые и средние компании, как правило, принадлежали национальному капиталу, а крупные — крупнейшим иностранным и международным корпорациям.

На рынке были введены ограничения по концентрации поставщиков — им воспрещалось аккумулировать более 10% объемов сбыта и контролировать деятельность сетевых и газотранспортных предприятий. Была предпринята попытка дерегулирования цен и формирования ценовых индикаторов на базе центров организованной торговли газом и электроэнергией. Снижена срочность контрактов и установлены ограничения по объемам энергоснабжения одним поставщиком промышленных потребителей. Вводились ценовые надбавки, отражающие сезонность спроса зимой и летом.

В Бразилии преобразования энергетического сектора начались несколько позже. С принятием Закона «О природном газе» № 11909/09 в 2009 г. из национальной компании Petrobras была выделена газотранспортная компания, усилены полномочия регулирующего органа — Национального агентства по нефти, природному газу и биотопливу. Среди прочего ему предписывалось содействовать развитию конкуренции на внутреннем рынке, обеспечивать условия для входа на рынок новых участников, способствовать обеспечению недискриминационного доступа к газотранспортной инфраструктуре, стимулировать развитие инвестиций и обеспечивать защиту интересов потребителей. Проведенные меры обеспечили ускоренное развитие газотранспортной инфраструктуры в стране. За последнее десятилетие протяженность магистральных газотранспортных сетей в Бразилии выросла с 6 до почти 20 тыс. км<sup>66</sup>, а газопотребление с 20 до 37 млрд м<sup>3</sup>.

Бразилия и Чили сосредоточились на развитии собственной ресурсной базы по газу и диверсификации источников его поставки за счет СПГ. Проигрывая конкуренцию сетевому газу по цене, СПГ выигрывает ее по критериям надежности и гибкости поставки. Инфраструктура СПГ, обращенная к «внешнему миру», сегодня является более привлекательным объектом для инвестиций в странах Южного конуса.

В Аргентине, Боливии и Венесуэле, как уже отмечалось выше, наблюдался откат от либеральных реформ, осуществлена деприватизация активов, используется протекционизм и возвращен валютный контроль

66. Cecchi, José Cesário, «Infraestructura y regulación del gas natural en Brasil», XIV Reunión Anual de ARIAE Salvador — 29 de abril del 2010 // [www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br).

и т.п. В результате рынки здесь остаются монополизированными по своей структуре, а режим доступа к активам, инфраструктуре и внутренним потребителям — непрозрачным и политизированным. При этом трансграничные поставки электроэнергии и газа осуществляются в режиме внешней торговли, а развитие отрасли — не столько на основе рыночных концептов, сколько на основе установок правящих политических партий. Данные обстоятельства приводят к тому, что энергетический потенциал этих стран остается нереализованным, газ остается в недрах, в то время, когда он востребован для нужд растущих экономик стран региона.

Действия правительств Аргентины, Боливии и Венесуэлы по огосударствлению нефтегазовой отрасли подорвали доверие к ним как надежным поставщикам и замедлили интеграционные процессы в регионе, на которые возлагались большие надежды. Сегодня латиноамериканские страны оказались перед непростым выбором альтернатив дальнейших моделей развития, которые наилучшим образом способствовали бы оздоровлению национальных экономик, финансовой, экономической и социальной стабилизации.

### ***6.6. Дилеммы энергетической политики стран Латинской Америки***

После многочисленных социальных и экономических «экспериментов», которые пережили латиноамериканские страны на протяжении последних десятилетий, перед ними вновь стоят серьезные проблемы выбора оптимальной модели развития энергетического сектора. Применяемые сегодня подходы не обеспечивают преодоление затяжного кризиса, в котором они пребывают уже длительное время, препятствуют реализации колоссального потенциала, как ископаемых, так и возобновляемых энергетических ресурсов.

Главные дилеммы, которые решают фактически все страны, это:

- выбор между открытостью и закрытостью национальных энергетических рынков;
  - следование в русле центростремительных или центробежных сил, под воздействием которых находятся региональные интеграционные процессы;
  - ставка на традиционные ископаемые ресурсы или возобновляемую энергетику — переход к новому «электрическому миру».
- Каждая из указанных опций имеет свои преимущества и недо-

статки, привлекает своими выгодами, но и несет серьезные риски.

1) Ряд стран (прежде всего, — Венесуэла и Боливия) выступает с явно антиглобалистских позиций, исповедует жесткий ресурсный национализм, отстаивают монопольную структуру и закрытость своих внутренних энергетических рынков. При этом емкости их рынков явно не хватает для эффективной монетизации имеющихся ресурсов. Они принимают участие в международной торговле, а доходы от реализации углеводородного сырья служат основной статьей доходной части их бюджетов. Результативность и эффективность такой торговли зависят от объемов и себестоимости реализуемой на внешнем рынке продукции, которые, в свою очередь, весьма чувствительны к объемам и качеству инвестиционного потока. А с этим возникают большие проблемы, поскольку политическая и социальная нестабильность, левая риторика и практика правящих партий не способствуют притоку средств с международного рынка заимствований на стандартных рыночных условиях. В таких ситуациях привлекаемые инвестиции чаще всего имеют государственное происхождение, а стоимость их обслуживания не ограничивается процентными платежами, а может включать обременения самого разнообразного характера, в том числе, предоставление кредиторам экономических и политических преференций.

Бразилия демонстрирует более взвешенный подход. Здесь достаточно результативно проводится политика по привлечению иностранного капитала (правда, всегда в миноритарной доле), медленно, но развивается конкуренция на внутренних рынках газа и электроэнергии, которые становятся все более открытыми для новых производителей, потребителей и инвесторов. Причем рынок газа переживает явный подъем, он увеличивается в масштабах, газотранспортная инфраструктура охватывает все новые территории, растет ликвидность торговли. Найдена оптимальная форма взаимодействия государства и частного капитала. Национальная компания Petrobras при поддержке бразильского правительства превратилась в современную энергетическую компанию, обладающую рядом исключительных компетенций и составляющую конкуренцию мейджерам мировой энергетики.

Мексика после десятилетий автономного развития национальной энергетики предпринимает активные шаги по открытию рынков, дерегулированию цен, привлечению иностранных инвестиций.

2) В 1990-е гг. латиноамериканские страны вступили на путь эко-

номической интеграции, были созданы несколько интеграционных группировок, среди которых своими масштабами, а также обширной энергетической повесткой, выделялись МЕРКОСУР и Андский пакт. Кризис начала 2000-х гг. стал испытанием на прочность интеграционных объединений, из которого они вышли не без потерь. Интеграционные процессы стагнировали. Пожалуй, ни одна из поставленных в сфере энергетики целей не была достигнута. А в руководстве самих стран верх одержали сторонники центробежных сил. Поэтому судьбы латиноамериканской энергетической интеграции до настоящего времени находятся под вопросом.

Ситуация усложняется разнородностью политических режимов в странах Латинской Америки, что также не содействует сближению доктринальных подходов, универсализации норм, технологических моделей и коммерческих схем интегрирующихся государств. В этих условиях имеющийся естественный потенциал комплиментарности ресурсов и рынков сбыта оказывается не востребованным.

3) Ставка на традиционные ископаемые ресурсы или возобновляемую энергетику — это, наверное, наиболее сложный выбор в условиях современной турбулентности и неопределенности мировых энергетических рынков. Страны Латинской Америки, за исключением Мексики, достаточно поздно приступили к освоению своего нефтегазового потенциала. Добычная и транспортная инфраструктура находятся на стадии развития. Многие активы еще не амортизированы. Продолжать массированное инвестирование в добычу ископаемых ресурсов, понимая, что спрос на энергоресурсы, а значит и цены на них, в перспективе расти не будут — это не простое решение. Вполне может случиться, что переход к постуглеводородной экономике совершится значительно раньше, чем будет реализован огромный нефтегазовый потенциал Латинской Америки. Значительный ресурс может оказаться невостребованным, а сделанные инвестиции «омертвлены». В то же время Латинская Америка является лидером среди других континентов по степени использования возобновляемых источников. Поэтому она имеет все шансы быстрее других совершить переход к новому безуглеродному «электрическому миру».

# РАЗВИТИЕ МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ И ВЫЗОВОВ

---

### ***7.1. Важнейшие факторы развития мировой энергетики***

Мировая энергетика как важнейшая часть всей мировой экономики развивается под воздействием самых различных факторов, большинство из которых взаимозависимы и взаимообусловлены, что повышает степень неопределённости их совокупного влияния. Особую роль в этом процессе принадлежит базовым, фундаментальным факторам, имеющим долгосрочное воздействие. Среди них, в первую очередь, следует отметить такие, как:

- международное разделение труда, включая усложнение экономических связей между национальными хозяйствами и их растущую взаимозависимость, международную специализацию и кооперирование производства, и индустриализацию развивающихся стран;
- интернационализация и экономическая интеграция хозяйственной жизни (производства и капитала), включая интенсификацию межстранового обмена (перетока) рабочей силы, капиталов, технологий, средств производства, информации;
- неравномерность экономического развития отдельных стран и циклическое развитие мировой экономики;
- научно технический прогресс и новейшие технологические достижения, включая информатизацию национальных и мирового хозяйств и всемерную цифровизацию производства и быта;
- транснационализация, то есть деятельность транснационального капитала (транснациональных корпораций — ТНК и транснациональных банков);
- усиление роли международных экономических и финансовых организаций (МВФ, Мирового банка, Всемирной торговой организации, ООН и др.) в регулировании мирохозяйственных процессов;
- рост участия (усиление вмешательства) государства в экономику и др.

В числе этих факторов и необходимость совместного решения глобальных (всеобщих) проблем, с одной стороны — касающихся, в конечном итоге, всех и каждого, поскольку от их решения (или не решения) зависит социальный прогресс и сохранение цивилизации, но с другой — требующих для своего решения объединённых усилий всего

человечества. К таким глобальным проблемам относятся как проблемы главным образом экономические (продовольственная, ресурсосбережения, ликвидации бедности и нищеты, и др.), так и общецивилизационные (экологическая, освоение ресурсов космоса и Мирового океана, здравоохранение, демография, предотвращение войн и насилия и др.).

Под воздействием этих же факторов в последние десятилетия произошло становление и такого уникального явления, как глобализация мировой экономики, которая, в свою очередь, стала одной из важнейших движущих сил её дальнейшего развития<sup>67</sup>.

В самом общем виде под глобализацией понимается процесс всемирной экономической, политической, культурной и религиозной интеграции и унификации, процесс, в ходе которого мир преобразуется в единую глобальную систему. Причём, процесс, прежде всего, экономический, носящий очень сложный и противоречивый характер, процесс, главной движущей силой которого, по мнению целого ряда специалистов, являются ТНК и транснациональные банки<sup>68</sup>.

В то же время глобализация — это не только процесс, но и состояние мирового хозяйства, то есть сложившийся феномен (высшая стадия интернационализации хозяйственной жизни), обладающий рядом тесно взаимосвязанных сущностных черт<sup>69</sup>.

Отметим также, что развитие самой мировой экономики (мирового хозяйства) находится в тесной взаимосвязи с развитием других областей жизнедеятельности человека: политической, социальной, культурной,

67. Необходимо, однако, отметить, что хотя понятие «глобализация» является в последнее время одним из наиболее часто встречающихся в экономической литературе терминов, в экономической теории до сих пор не сложилось однозначного мнения по поводу сути явления, которое этим термином описывается. Соответственно, универсального определения для термина «глобализация» не существует. Более того, как отмечает д.э.н., зав. кафедрой международных экономических отношений ГУ ВШЭ В.С. Паньков, в научной и публицистической литературе, посвящённой проблемам мирового хозяйства, термин «глобализация» подвергся массовому, хаотичному и нередко уродливому тиражированию.

68. Как справедливо отмечает В.С. Паньков, интернационализация окончательно перешла собственно в стадию глобализации экономики именно в последнем десятилетии XX века в результате распада СССР и краха «реального социализма» в начале 1990-х годов.

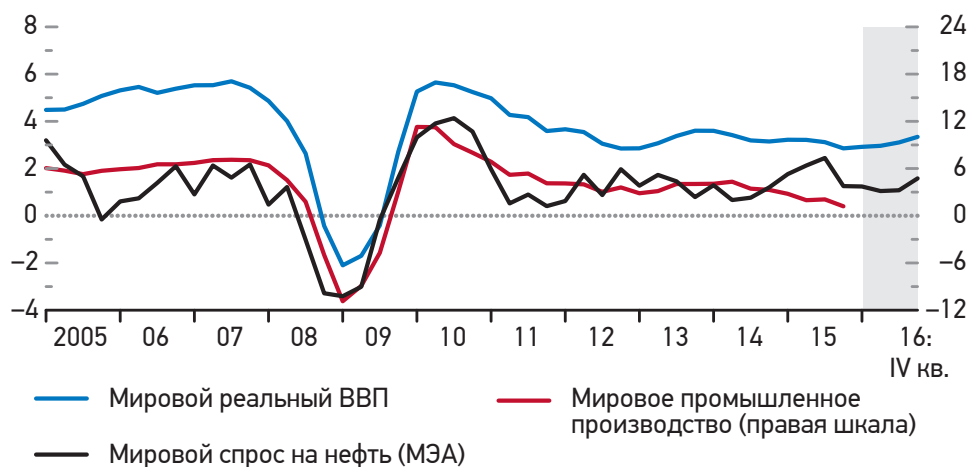
69. Подробнее об этой сущности глобализации см. [1,3]. Однако в научной литературе встречаются и такие определения понятия «глобализация», как: глобализация, как идея (идея интеграции, сближения наций и народов) или *явление (в последнем случае близкое по своему понятию к вестернизации)*; глобализация, как модель или проект; глобализация, как ситуация, сложившаяся в определённых условиях, то есть как реальность, и др.

религиозной. Отсюда с одной стороны — высокая зависимость мирового экономического развития от внеэкономических факторов: политических, общественных, демографических, культурно-исторических, информационных и др. А с другой стороны — многообразие составляющих понятия и процесса «глобализация» (экономической, политологической, социологической, экологической, культурной и др.), среди которых нас в первую очередь будет интересовать глобализация экономики (мировой экономики). По сути, речь идёт о глобализации всего современного мирового пространства — экономического, политического и социокультурного.

### **7.2. Нефтегазовая отрасль как составная часть глобальной экономики**

В полной мере сказанное об энергетике относится и к нефтегазовой отрасли. Корреляционная зависимость таких макроэкономических факторов, как динамика мирового ВВП и мирового промышленного производства, и мирового спроса на нефть хорошо видна на рис. 7.1.

Наряду с этими и другими фундаментальными макроэкономическими факторами (такими как спрос-предложение, ценовой, технико-технологический и др.), в последние десятилетия на развитие нефтегазовой отрасли усилилось влияние политических и геополитических факторов. Последний пример — избрание в США нового президента,



**Рис. 7.1. Глобальная активность и спрос на нефть (процентное изменение относительно предыдущего года)**

Источник: Международный Валютный Фонд, 2016.



сопровожаемое огромным количеством публикаций в СМИ и специализированных изданиях под общим рефреном «Трамп как новый фактор неопределённости в развитии нефтегазовой отрасли».

В некоторых последних работах уже приходилось прямо или косвенно обращать внимание читателя на то, что нефтегазовый сектор является важнейшей составной частью современной глобальной экономики. Но именно «частью», развитие которой происходит в контексте всех мировых хозяйственных отношений, в тесном взаимодействии с другими отраслями мировой экономики и энергетики. Поэтому понять механизмы, направления и перспективы развития мировой нефтегазовой отрасли, логику изменения приоритетов её развития вне рамок всей глобальной энергетики и экономики практически невозможно.

Актуальность анализа возможностей и перспектив развития нефтегазовой отрасли в контексте развития всей глобальной экономики особенно возросла в последние десятилетия в связи с быстро нарастающими принципиальными изменениями во всей системе «экономика — энергетика — экология».

В свою очередь, развитие глобальной экономики и энергетики обусловлено не только сугубо экономическими факторами, но и всей совокупностью социально-экономических, политических и геополитических условий. Именно с этим связан целый ряд факторов неопределённости в развитии производства и потребления углеводородных ресурсов. И важнейшим из них в настоящее время выступает, пожалуй, фактор глобализации. Рассмотрим его более подробно. Но прежде несколько слов о сложившейся ситуации в современной мировой экономике.

### **7.3. Мир на пороге глобальных потрясений**

О нарастающих изменениях в мировой экономике, о том, что современному человечеству брошены серьёзные вызовы, в том числе и в энергетической сфере, которым необходимо найти достойный ответ, о том, что мир стоит на пороге глобального системного кризиса, на пороге глобальных изменений и смены не только технологических, но и цивилизационных укладов (находится, если так можно сказать, «на изломе»), приходилось писать неоднократно.

В общем виде была разработана и своеобразная матрица этих вызовов, носящих, как правило, одновременно геополитический, ресурсный, макроэкономический, экологический, технологический и социальный характер (рис. 7.2), а также тенденций и факторов, генерирующих нестабильность (рис. 7.3).





**Рис. 7.2. Совокупность вызовов, с которыми столкнулась современная энергетика, и важнейшие объективные причины их возникновения**



**Рис. 7.3. Основные тенденции, определяющие будущее глобальной энергетики, и факторы, генерирующие нестабильность**

Источник: Мастепанов А.М. Обеспечение энергетической безопасности: поиск решений в условиях новых вызовов // Neftegaz.RU, № 10, 2015, с. 18-29.

Многочисленные исследования, проведенные отечественными и зарубежными специалистами в последние годы, убедительно подтверждают и развивают следующие наши выводы, сделанные несколько лет назад:

- мир в настоящее время стоит на пороге системного кризиса, охватывающего как саму экономику и энергетику, так и политику, на пороге смены базовых парадигм своего развития и глобальных энергетических изменений, включая международные отношения;
- в развитии мировой энергетики начинаются, разворачиваются и уже происходят новые глобальные изменения, серьёзные качественные сдвиги;
- начинает формироваться принципиально новая энергетическая картина мира, важнейшими мазками которой стало превращение США из лидера потребления углеводородов в их крупнейшего производителя, а в перспективе — и значимого экспортёра, а также становление Китая крупнейшим потребителем нефти.

Совместное исследование, изданное в 2016 году российско-американским авторским коллективом из ИМЭМО РАН и Группы стратегического прогнозирования Центра международной безопасности имени Брента Скоукрофта (Атлантический совет), носит название «Глобальная система на переломе: пути к новой нормальности». В нём прямо сказано: «Мир сегодня находится в крайне опасной точке — точке перелома». Близка к такой оценке и оценка авторов доклада «Отстранённость вместо конфронтации: постевропейская Россия в поисках самодостаточности»: «Меняется вся парадигма мирового устройства, оно пребывает в крайне неустойчивом состоянии...». И даже среди более осторожных политиков и экспертов прочно закрепилось мнение о переходном состоянии современной системы международных отношений.

Соответственно, будущее глобальной энергетики, как и будущее всей мировой экономики, в значительной мере будет определяться такими тенденциями, как (рис. 7.3):

- балансирование между глобализацией и регионализацией<sup>70</sup>,

70. Продолжающиеся процессы развития глобализации, формирующие глобальные цепочки производства, тесно переплелись с процессами регионализации, целью которых является формирование относительно замкнутых региональных союзов. «Постепенный перенос экономического сотрудничества и интеграции на уровень регионов не отменяет глобализацию. Глобальные и региональные институты и режимы призваны не ослаблять, а дополнять друг друга». (см. Миллер А., Лукьянов Ф. Отстранённость вместо конфронтации: постевропейская Россия в поисках самодостаточности).

угрозой энергетического дефицита и наступлением глобального профицита энергоресурсов;

- смена технологических укладов как в производстве топлива и энергии, так и в их потреблении;
- завершение эпохи углеводородов и развитие инновационной безуглеродной энергетики и др.

Одновременно нарастает глобализация, и сохраняются глобальные факторы, генерирующие нестабильность и неопределённость. Это, прежде всего, меняющееся соотношение между ведущими центрами силы в мире, сохраняющееся экономическое неравенство, дефицит природных ресурсов при продолжении их расточительного расходования, прогрессирующее загрязнение природной среды, особенно отходами производства, и кризис традиционных моделей экстенсивного развития (рис. 7.3).

Одним из важнейших факторов, определяющих принципиально новую энергетическую картину, стали коренные изменения в энергетической сфере за счёт внедрения новых технологических решений, радикального технологического совершенствования на всех направлениях. Это, прежде всего:

- новые технологии разведки и добычи нефти и газа. Отсюда и сланцевая революция в США, и масштабная разработка нефтеносных песчаников Канады;
- снижение затрат на производство возобновляемых источников энергии и забота об охране окружающей среды. В итоге снижается потребность в ископаемом топливе;
- рост производства СПГ и объёмов его транспортировки. Рынок природного газа становится мобильным и межрегиональным;
- совершенствование технологий энергосбережения, которое опровергает прогнозы постоянного роста потребления энергии и др.

Серьёзное влияние на будущее мировое развитие будут оказывать и такие внешнеэкономические риски, тенденции и факторы, как:

- обострение на современном этапе глобализации целого ряда проблем, с которыми действующие международные институты справляются пока неудовлетворительно. К ним в первую очередь следует отнести угрозу обострения мирового финансово-экономического кризиса; сохранение и даже усиление дисбалансов и накопление диспропорций в мировой торговле, в движении

капиталов, в структурной перестройке мировой экономики и мировой финансовой системы;

- рост неопределённости мирового развития, вызванный, в том числе, и возросшим количеством стран, которые определяют формирование мировой экономической динамики. Новые центры силы оказывают растущее воздействие на все мирохозяйственные тренды, меняют конфигурацию мировой торговли, валютной сферы, потоков капитала и трудовых ресурсов;
- нарастание скорости изменения ряда ключевых мирохозяйственных тенденций, обусловленной активизацией инновационной деятельности;
- и, наконец, различные экономические санкции, которые всё чаще становятся инструментом в мировой политике.

Своеобразным итогом воздействия на мировую энергетику всей совокупности рассмотренных выше факторов и процессов стало изменение самой энергетической философии. Как известно, её основой долгое время являлась проблема нехватки энергии, которая была сформулирована (и обоснована, исходя из того уровня знаний) ещё в середине прошлого века так называемым Римским клубом. С тех пор человечество развивалось «под дамокловым мечом» энергетического дефицита, возможной нехватки энергии для своего развития. Эта угроза определяла не только общую экономическую и энергетическую политику ведущих стран, но и практические меры правительств и бизнеса.

В начале текущего столетия ситуация начала меняться. Развитие науки, техники и технологий открыли человечеству не только возможность коммерчески эффективного использования в широких масштабах возобновляемых источников энергии, но и практически неограниченных объёмов нетрадиционных ресурсов углеводородного сырья. Эти же успехи, показав, что энергетический голод планете не грозит, привели и к необходимости переосмысливания не только проблем и перспектив мирового энергетического баланса, но и самой энергетической философии. Время, когда наличие природных ресурсов позволяло их владельцу диктовать свои условия потребителям, ушло — если и не безвозвратно, то надолго. И лица, наделённые правом принимать решения, затрагивающие интересы и судьбы миллионов людей, должны не просто это понимать, но и действовать, исходя из этого понимания.

Кроме того, возможность эффективного использования ВИЭ и не-

традиционных углеводородов не только увеличивает общие ресурсы энергоносителей, но и кардинально меняет геополитическую ситуацию в мире, в частности — «расстановку сил» и деление государств на страны-экспортёры и страны-импортёры.

Однако события последнего времени в очередной раз показали, что в условиях глобализации и бурного развития новых технологий не утратили своего влияния на развитие энергетики и геополитические факторы. Более того, в какой-то мере они даже стали определяющими. Под их воздействием формируется новая архитектура мировой экономики и международных отношений, начинается возврат к политике баланса сил и силового давления. И в этих условиях энергетике будет всё труднее и труднее выполнять свою основную задачу — бесперебойно, надёжно и эффективно обеспечивать потребителей топливом и энергией.

#### ***7.4. Глобализация и её влияние на мировую энергетику***

Роль глобализации в будущем развитии энергетики и её нефтегазовой отрасли двояка, поскольку глобализация на развитие мировой энергетики оказывает не только непосредственное, но и косвенное влияние.

Ещё в 2010 г., выступая на Девятом форуме «Клуба Ниццы — энергия и геополитика», автор этих строк отмечал, что глобализация в энергетической сфере охватывает не только энергетические рынки и энергетические ресурсы, но и такие направления и формы деятельности, связанные с энергетикой, как:

- глобализация рынков энергетических технологий и оборудования на основе международной специализации и кооперации;
- формирование единой глобальной системы энергетической информации, знаний и ноу-хау на базе унификации национальных информационных систем и либерализации доступа к национальным информационным ресурсам по энергетике;
- сближение и унификация национального энергетического законодательства, нормативов, технических правил и т.п., в том числе и связанных с охраной окружающей среды при энергетической деятельности;
- формирование международных энергетических организаций и объединений и усиление их роли.

Глобализация мировых энергетических рынков как отражение дальнейшего технологического развития и развития социальных институтов является закономерным этапом их эволюционного развития. Конечной целью развития энергетических рынков является формирование глобального энергетического пространства с едиными правилами «игры». И кто эти правила установит, тому легче будет и играть по ним. Поэтому уже сейчас, за многие годы до того, как такое пространство будет сформировано, идёт борьба за будущие ключевые позиции на нём.

Глобализация энергетических ресурсов проявляется, прежде всего, в возможности доступа к ним транснациональных корпораций, в возможности использования их в интересах не столько страны происхождения, сколько третьих государств.

Глобализация несёт новые вызовы человечеству, но она же и даёт ему новые возможности для решения самых сложных проблем.

Следует отметить, что большинство вызовов взаимосвязаны и взаимообусловлены, поэтому любая их классификация в определённой мере объективно условна. Тем не менее, ведущую роль в формировании совокупности вызовов, с которыми столкнулась современная энергетика, принадлежит системным вызовам, охватывающим не только всю хозяйственную деятельность человечества, но и её социально-политические аспекты. Это, так сказать, верхний, определяющий слой или уровень вызовов<sup>71</sup>.

К числу таких вызовов следует в первую очередь отнести:

- усиление глобальной конкуренции;
- обеспечение глобальной энергетической безопасности;
- эффективность использования топлива и энергии (энергоэффективность);
- ожидаемая новая волна технологических изменений;
- возрастание роли человеческого капитала как основного фактора экономического развития;
- необходимость перехода к устойчивому развитию энергетики.

---

71. К подобным системным вызовам ряд авторов относит также трансграничные перетоки энергии и транзит энергоресурсов, инвестиции и финансирование проектов и др. (см., напр., С.Деффила (Steivan Defilla) — «Modernisation de la Charte de l'énergie face aux nouveaux défis mondiaux». IX<sup>e</sup> Forum Energie et Géopolitique. NICE, 6-8 Décembre 2010). Однако, по нашему мнению, трансграничные перетоки, транзит, инвестиции и финансирование проектов являются не столько самостоятельными проблемами, сколько частью или аспектом других системных, либо непосредственно энергетических вызовов.



Следующий слой или уровень вызовов относится непосредственно к энергетической сфере, охватывая производство, распределение и потребление энергоресурсов, хотя по своей комплексности и взаимообусловленности с другими сферами человеческой деятельности ряд из них можно было бы отнести и к системным вызовам.

В мировой энергетике новые вызовы — это, прежде всего, опережающий, по сравнению с ростом населения, рост энергопотребления; это нарастающая напряжённость обеспечения экономики моторным топливом; усиление дифференциации между энергопроизводящими и энергопотребляющими регионами; появление новых крупнейших потребителей и импортёров энергоресурсов и др.<sup>72</sup> В совокупности с вышеназванными системными вызовами они порождают обострение конкуренции за право доступа к энергоресурсам, нарастание угроз глобальной энергетической безопасности и глобального экономического хаоса.

Что же касается тех новых возможностей, которые несёт глобализация, то это, прежде всего, — концентрация мировых интеллектуальных и финансовых ресурсов; создание новых технологий производства, получения, транспорта и использования энергоресурсов; осознание необходимости бережного отношения к окружающей природной среде и кардинальных изменений в мировой финансовой сфере. Отсюда — развитие международного энергетического сотрудничества и снижение угроз глобальной энергетической безопасности и глобального экономического хаоса.

Из вышесказанного становится очевидной непосредственная роль глобализации в будущем развитии энергетики. Это, прежде всего, влияние глобализации на спрос и предложение энергоресурсов через формирование единого (или общепланетарного) информационного и экономического пространства, через формирование качественно новой системы международного разделения труда, в том числе и в энергетической сфере.

Отметим также, что в условиях глобализации энергетическая безопасность, понимаемая, прежде всего как надёжное и бесперебойное

---

72. Ряд авторов к подобным вызовам относит также удвоение (утроение) глобального потребления энергии к середине века; рост индекса напряжённости рынка органического топлива; водородную энергетику; ограничение вредных выбросов в атмосферу и др. (см. напр. Eduard VOLKOV «Les nouvelles technologies dans le monde de l'énergie électrique et les travaux dans la sphère russe». IX<sup>e</sup> Forum Energie et Géopolitique. NICE, 6-8 Décembre 2010).

снабжение потребителей топливом и энергией в необходимых объёмах и требуемого качества по экономически приемлемым ценам, приобрела новое — глобальное — измерение и стала одной из самых актуальных составляющих глобальной безопасности. Одновременно обеспечение глобальной энергетической безопасности стало и одним из основных системных вызовов, с которыми столкнулась современная энергетика<sup>73</sup>.

Под влиянием глобализации структура мировой экономики радикально меняется вследствие различий в темпах роста развитых и развивающихся экономик. Тот факт, что новые индустриальные страны и страны с формирующимися рынками будут расти быстрее развитых стран, будет создавать всё больше дисбалансов как на мировых энергетических рынках, так и в финансовых системах этих стран. В этих условиях глобальный энергетический сектор будет находиться в состоянии ценовой и инвестиционной неопределённости<sup>74</sup>.

Нарастающая социальная глобализация (рост мобильности рабочей силы) создаст ещё лучшие условия для новых технологических прорывов почти в каждой отрасли, в том числе и в энергетике.

На рост ценовой неопределённости на мировых энергетических рынках будут влиять и такие, связанные с глобализацией, факторы, как:

- переход к многоуровневой, полицентричной системе регулирования, которая сможет удерживать и стабилизировать масштабную глобальную финансовую систему, развивающуюся гораздо быстрее реальной экономики;
- развитие зон свободной торговли, общих рынков и валютных союзов<sup>75</sup>;

73. Подробнее об этом см., напр., «Энергетические приоритеты и безопасность России (нефтегазовый комплекс)» / Под общей редакцией А.М. Мастепанова. М.: ООО «Газпром экспо», 2013; Мастепанов А.М. «Россия в системе глобальной энергетической безопасности».

74. Подробнее см. «Глобальная система на переломе: пути к новой нормальности» *Global System on the Brink: Pathways toward a New Normal*: пер. с англ. / под ред. А. Дынкина, М. Барроуза; авт. кол. ИМЭМО РАН и Атлантического совета (США).

75. Идеи создания новых торгово-экономических мегаблоков исходят и со стороны Запада (Транстихоокеанское и Трансатлантическое торгово-инвестиционное партнёрства), и со стороны незападной части мира (БРИКС, Азиатский банк инфраструктурных инвестиций, расширяющаяся ШОС, Евразийский экономический союз, Всеобъемлющее региональное экономическое партнёрство (инициировано Китаем) и др.). Как отмечают А.И. Миллер и Ф.А. Лукьянов, «их появление отражает общую тенденцию — дробление глобального экономического и политического пространства, уход от идеи универсализма (на западных принципах), которая доминировала после победы Запада в противостоянии с СССР».



- диверсификация технологий и источников получения энергии, а также рост энергоэффективности в развивающемся мире.

Что касается косвенного влияния глобализации на перспективы развития нефтегазового сектора мировой экономики, то оно, по мнению учёных ИМЭМО РАН и Центра международной безопасности имени Брента Скоукрофта (Атлантический совет), будет выражаться, прежде всего, в том, что:

- несмотря на многочисленные преимущества, глобализация несёт серьёзные риски, рассматриваемые некоторыми политическими элитами как социальные, политические и экономические угрозы. К ним относятся размывание национального суверенитета и экономические кризисы<sup>76</sup>;
- новые технологии, такие как робототехника и автоматизация, приведут к сокращению числа рабочих мест, провоцируя социальный и политический протест против существующих национальных и многосторонних инструментов;
- глубина и масштабы перемен, трансформирующих глобальный ландшафт, неизбежно потребуют установления нового мирового порядка. Но каким он будет?<sup>77</sup>
- характер глобализации меняется, создавая более нестабильную глобальную среду, в которой увеличивается дистанция между центром и периферией мировой экономики;

---

76. Как отмечают в этой связи А.И. Миллер и Ф.А. Лукьянов, «Парадокс глобализации», описанный Дэни Родриком (невозможность сочетать все три компонента одновременно — участие в глобальной экономике, суверенитет и демократию), пошатнул устои общественно-политического устройства в самих странах-лидерах».

77. На неизбежность формирования нового мирового порядка обращал внимание и автор в уже упоминавшемся докладе на IX Форуме «Клуба Ниццы — энергия и геополитика». На свой риторический вопрос, «А каким будет этот новый порядок? Подведёт ли он черту под борьбой за энергоресурсы или наоборот, усилит ее, вновь переведёт в вооружённую плоскость?», сам же и ответил «Ответы на эти вопросы даст только время». А вот авторы доклада клуба «ВАЛДАЙ» более категоричны: «Сейчас новый порядок не возводится на послевоенных руинах прежнего, а постепенно «прорастает» из диалектического хаоса соперничества и взаимозависимости. В основе грядущего устройства не может лежать соотношение победителей и проигравших. Победители холодной войны не сядут за стол переговоров с теми, кого её итоги не устраивают. Запад никогда не признает равенства остальных — как морально-идеологического, так и политического, будет препятствовать институционализации новой структуры международной системы. Слишком сладким было ощущение конца XX столетия — не только собственной непрерываемой силы, но и полной моральной и политической правоты. Но вернуться в славные для Запада 1990-е гг. невозможно».

- глобализация смягчила различия между развитыми и развивающимися странами, но углубила экономическое неравенство практически во всех странах;
- с возрастанием геополитической напряжённости возрастает и вероятность вооружённых конфликтов с участием ряда ведущих нефтедобывающих стран Ближнего Востока и Северной Африки, и даже перерастания конфликтов в региональную ядерную войну между ядерными странами второго эшелона.

К сожалению, сделать в настоящее время подобные оценки влияния глобализации на развитие мировой энергетики (да и всей экономики) можно только на качественном уровне. Как справедливо отмечают авторы доклада «Война и мир XXI века. Международная стабильность и баланс нового типа», подготовленного в рамках деятельности международного дискуссионного клуба «ВАЛДАЙ», «Все понимают, что грядут фундаментальные перемены, но никто ещё не в состоянии осмыслить их или хотя бы нарисовать контуры будущего».

Говоря о новом мировом порядке, учёные ИМЭМО РАН и Центра международной безопасности имени Брента Скоукрофта (Атлантический совет) подчёркивают, что наихудшим исходом стала бы новая биполярность: возникновение группировки вокруг России и Китая, противостоящей США и их европейским и азиатским союзникам. Однако, как отмечают специалисты клуба «ВАЛДАЙ», именно в этом направлении мир и движется: «Скорее всего, мы наблюдаем начало формирования новой структуры мира, основанной на фактическом, хотя и не зафиксированном, балансе двух больших групп государств. Эти две группы не обречены на конфронтацию. Они сохраняют между собой тесные экономические и человеческие отношения, будут пытаться сообща отвечать на проблемы и вызовы развития, иногда даже вместе бороться с угрозами, прежде всего, антисистемного характера. Всё это не исключает того, что они будут находиться в состоянии перманентной конкуренции»<sup>78</sup>.

78. Некоторые учёные считают этот процесс новой научной дисциплиной и даже придумали для него своё название — геополитическая экономия. Как, например, отмечает Радика Десаи (Radhika Desai), профессор Факультета политических исследований, директор Группы по изучению геополитической экономики, Университет Манитобы, Виннипег, Канада, «Геополитическая экономия есть наука о многополярности, наука, в наибольшей степени пригодная для объяснения заката гегемонии Запада и США и становления многополярного мира. Пригодна она и для разработки научной основы для деятельности институтов и создания практик, направленных на использование потенциала многополярности в целях равноправного и справедливого мира».

В целом же надо согласиться с мнением по этому вопросу Генерального директора РСМД А. В. КОРТУНОВА: миропорядок XXI в. будет формироваться в острой борьбе старого и нового, в противостоянии между нисходящими и восходящими державами, между устоявшимися и вновь созданными международными институтами, между победителями и проигравшими в процессе глобализации.

### ***7.5. Глобализация. Но не только она***

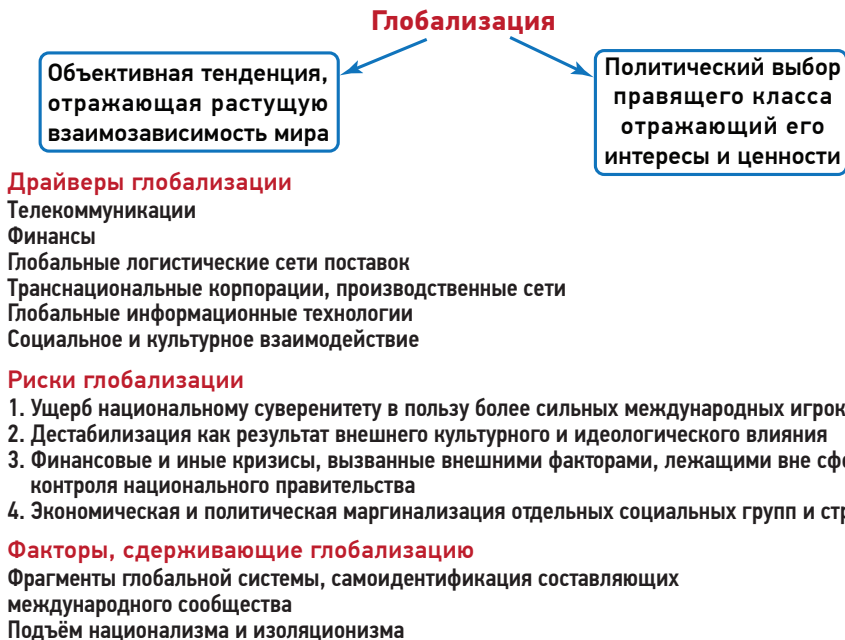
В течение следующих 20 лет движущие силы глобализации останутся прежними (рис. 7.4). Сохранится и тенденция к концентрации богатства, знаний, технологий, человеческого капитала на весьма небольших территориях.

Одновременно глобализация активизирует действие целого ряда других, прежде всего экономических, факторов: темпы экономического роста, структура собственности, модели и инструменты привлечения капитала, нормы накопления, накопление и инвестирование, долговое бремя, взаимоотношения между государственными и частными финансами, внутренние и внешние источники финансирования экономического роста, макропруденциальный надзор и снижение системных рисков и др.

В целом же даже проведенный нами краткий анализ влияния глобализации на развитие нефтегазового сектора мировой экономики, свидетельствует, что она и в настоящее время, и в предстоящие десятилетия, не только является и останется основным источником неопределённости в его (нефтегазовом секторе) развитии, но и своеобразным катализатором действия других факторов такой неопределённости — и макроэкономических, и ценовых, и технологических, и даже политических и геополитических, включая проблему глобального изменения климата.

Таким образом, глобализация выступает по отношению к энергетическому сектору мировой экономики своеобразным мегафактором, действие которого ещё предстоит всесторонне осмыслить и тщательно изучить, чтобы, в том числе, увидеть в процессах глобализации не только проблемы и вызовы, но и новые возможности, и исторические шансы для России.

К числу других значимых факторов неопределённости развития как мировой энергетики в целом, так и её нефтегазовой отрасли, получивших развитие в последние годы, следует, прежде всего, назвать те,



**Рис. 7.4. Характеристика глобализации в предстоящий период**

*Источник:* «Глобальная система на переломе: пути к новой нормальности» Global System on the Brink: Pathways toward a New Normal: пер. с англ./под ред. А. Дынкина, М. Барроуза; вт. кол. ИМЭМО РАН и Атлантического совета (США).

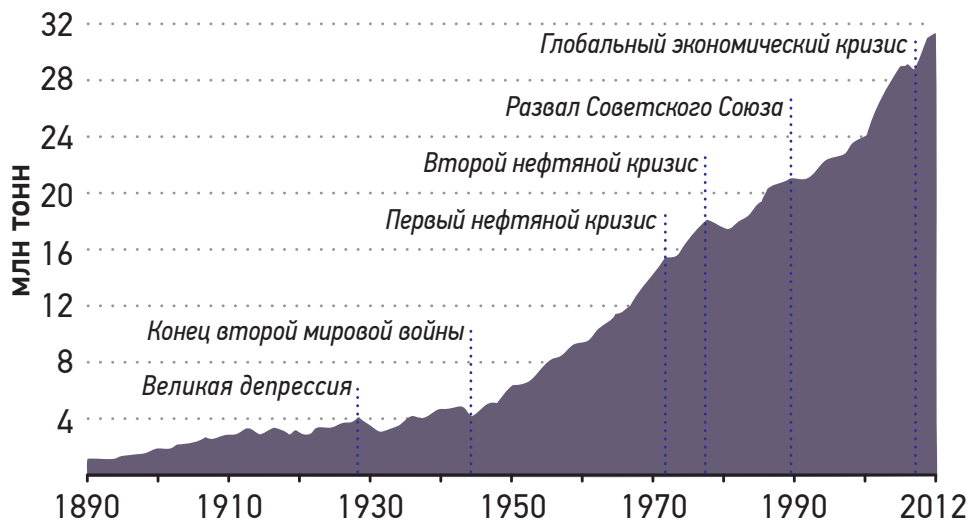
которые связаны с проблемами малоуглеродной или безуглеродной энергетики будущего.

Важнейший из них — так называемое глобальное изменение климата, в частности глобальное потепление, то есть повышение средней температуры климатической системы Земли, зафиксированное в XX веке. С этим фактором — проблемой тесно связана возможность отказа человечества от углеводородных источников энергии (угля, нефти и газа), которая в последние годы всё чаще становится темой серьёзного обсуждения не только футурологов, но и специалистов в самых различных областях знаний — климатологов, атомщиков, энергетиков, экономистов...

Впервые о глобальном потеплении и парниковом эффекте заговорили в 60-ых годах XX века, а на уровне ООН проблему глобального изменения климата впервые озвучили в 1980 году. В декабре 1997 года 159 стран подписали Список парниковых газов, подлежащих ограничению в рамках Рамочной Конвенции ООН об изменении климата (Приложение «А» к Киотскому протоколу).

С тех пор над этой проблемой «ломают головы» многие учёные, выдвигая зачастую прямо противоположные теории и предположения. Специалистам ещё предстоит детально разобраться в этом явлении, его причинах и тенденциях развития. До сих пор учёные со 100 % уверенностью не могут сказать, какие причины вызывает современные климатические изменения. В качестве причин глобального потепления называются изменение солнечной активности и изменение угла оси вращения Земли и её орбиты, неизвестные взаимодействия между Солнцем и планетами Солнечной системы, океан, вулканическая активность, человеческая деятельность. Вполне вероятно, что имеющее место в настоящее время глобальное потепление является результатом действия многих факторов. Планета Земля настолько сложная система, что существует множество факторов, которые прямо или косвенно влияют на климат планеты, ускоряя или замедляя глобальное потепление.

Тем не менее, научное понимание причин глобального потепления со временем становится всё более определённым и сейчас специалисты считают, что существует 90-процентная вероятность того, что большая



**Рис. 7.5. Динамика связанных с энергетикой глобальных выбросов CO<sub>2</sub>**

Источник: Redrawing the Energy-Climate Map. World Energy Outlook Special Report. OECD/IEA, 2013.

часть изменения температуры вызвана повышением концентрации парниковых газов вследствие человеческой деятельности (то есть обусловлено антропогенным фактором).

Так в Пятом оценочном докладе МГЭИК, опубликованном в 2013 г., отмечается:

– Чрезвычайно вероятно, что более половины наблюдаемого повышения средней глобальной приземной температуры в 1951-2010 гг. обусловлено увеличением концентраций парниковых газов и другими антропогенными воздействиями.

– Чрезвычайно вероятно, что влияние человека было основной причиной потепления, наблюдаемого с середины XX-го века.

– Вклад парниковых газов в повышение средней глобальной приземной температуры в 1951-2010 гг., вероятно, находится в диапазоне 0,5-1,3 °C, при этом вклад прочих антропогенных факторов, включая охлаждающий эффект аэрозолей, вероятно, попадает в диапазон от -0,6 до 0,1 °C. Вклад естественных факторов, вероятно, составляет от -0,1 до 0,1 °C, и на долю внутренней изменчивости, вероятно, приходится от -0,1 до 0,1 °C. В своей совокупности эти оценки роли каждого фактора соответствуют наблюдаемому потеплению за этот период, т. е. приблизительно 0,6-0,7 °C.

На рис. 7.5 показана динамика глобальных выбросов двуокиси углерода — CO<sub>2</sub>, связанных с энергетикой. На нём хорошо виден их рост в последние десятилетия (до 32,19 млрд т в 2013 г. по оценке МЭА).

За последние десятилетия, как отмечается в Докладе о разрыве в уровнях выбросов 2015 года<sup>79</sup>, подготовленном ЮНЕП, уровни глобальных выбросов парниковых газов неуклонно нарастали, с небольшими вариациями в пределах более долгосрочной тенденции.

Более того, в течение первого десятилетия XXI в. объёмы выбросов увеличивались более быстрыми темпами (2,2 % в год), чем за последние три десятилетия XX в. (1,3 % в год). В последние годы наблюдался как рост этих темпов (до 3,5 % в 2010-2011 гг. при восстановлении мировой экономики после экономического кризиса), так и их замедление в последующие два года, в среднем, до 1,8 %.

Последние оценочные данные по глобальным выбросам относятся

79. Разрыв — расхождение между обязательствами сторон в области смягчения воздействия до 2020 г. и путями сокращения глобальных выбросов, согласующимися с целями удержания роста глобальной средней температуры на уровне ниже 2 °C или 1,5 °C.

к 2014 г. В том году общемировой уровень выбросов парниковых газов, согласно определению, данному в Киотском протоколе, составил около 52,7 млрд т  $\text{CO}_2$  экв./г. (диапазон: 47,9-57,54). Из них выбросы  $\text{CO}_2$  в результате от использования ископаемых видов топлива и промышленного производства равнялись 35,5 млрд т  $\text{CO}_2$  экв./г. (диапазон: 32,5-38,56).

Осознавая базовые причины развивающихся тенденций и разделяя озабоченность в связи с нарастающим глобальным потеплением, в широкий спектр действий по борьбе с изменением климата вовлечено огромное количество самых различных акторов, которыми уже выдвинуто большое количество разнообразных инициатив<sup>80</sup>, обладающих значительным потенциалом смягчения воздействия на изменение климата. Среди подобных акторов можно встретить много промышленных гигантов. Это, например, консорциум 48 европейских компаний и организаций из 15 стран Европы, занятых производством стали (ULCOS) во главе с «Арселор Миттал», выдвинувший «Инициативу по производству стали с ультранизкими выбросами  $\text{CO}_2$ »; 25 ведущих мировых компаний цементной отрасли, которыми выдвинута «Инициатива по устойчивому развитию производства цемента», и др. Всё больше внимания альтернативной энергетике и возобновляемым источникам энергии уделяют и крупнейшие ТНК нефтегазового профиля. Так, на Саммите ООН по климату в сентябре 2014 г. было объявлено о создании «Нефтегазового партнёрства по метану», в состав которого вошли итальянская ENI, норвежская Statoil, мексиканская Pemex, BG Group (Великобритания) и тайландская нефтегазовая компания PTT. К инициативе присоединились Совет по защите природных ресурсов и Фонд по защите окружающей среды (США), а также правительства крупных нефте- и газодобывающих стран, в том числе Мексики, Нигерии, Норвегии, Российской Федерации и США.

Климатическое соглашение, достигнутое в Париже 12 декабря 2015 г. в ходе COP21 — т.е. 21-й конференции, проводимой в рамках Рамочной конвенции ООН об изменении климата, придало дополнительный

---

80. Это и инициативы органов исполнительной власти различных государств на уровне городов, муниципалитетов и регионов, и инициативы различных коммерческих компаний, а также так называемые «Секторальные инициативы» (возобновляемые источники энергии, энергоэффективность, производственные процессы, низкоуглеродный транспорт, восстановление земель и лесовозобновление, а также использование энергии океана).



импульс дискуссии о месте нефти и газа и мировом энергобалансе будущего.

В Париже большинство стран мира (195 стран и Евросоюз) продемонстрировали полное доверие к выводам климатологов о природе, причинах и вероятных последствиях изменения климата, о зависимости этого процесса от выбросов парниковых газов, и смогли принципиально договориться об общих целях по снижению выбросов. Соответственно, в рамках Парижского климатического соглашения ООН сформулирована цель «... удержания прироста глобальной средней температуры намного ниже 2°C сверх доиндустриальных уровней и приложения усилий в целях ограничения роста температуры до 1,5°C сверх доиндустриальных уровней, признавая, что это значительно сократит риски и воздействия изменения климата».

А поскольку основные выбросы парниковых газов связаны с углеродной энергетикой, то реализация Парижского соглашения напрямую скажется на роли углеродного топлива, в том числе нефти и газа, в перспективном энергетическом балансе мира. Как отмечает А. О. Кокорин (WWF России), решения, принятые в Париже, будут держать в подвешенном состоянии инвестиции в значительное количество долгосрочных программ и проектов с большими удельными выбросами CO<sub>2</sub>.

Конечно, особенно под непредсказуемым сейчас давлением мер 2030-2040-х годов окажутся угольные проекты (по оценке Bloomberg, ожидаемый объём снижения инвестиций в угольную отрасль к 2020 г. достигнет 500 млрд долл.), но могут пострадать и проекты, связанные с добычей нефти, особенно тяжёлой. Инвестиционно-консалтинговая фирма Kepler Cheuvreux подсчитала, что если на международном уровне будет солидарно проводиться политика на ограничение глобального потепления двумя градусами Цельсия, мировая сырьевая индустрия за два следующих десятилетия недосчитается 28 трлн долл. выручки, при этом большую часть, 19,4 трлн., потеряет нефтяная отрасль. Конечно, вероятность такого резкого поворота в мировом масштабе сегодня не слишком высока, но и не нулевая.

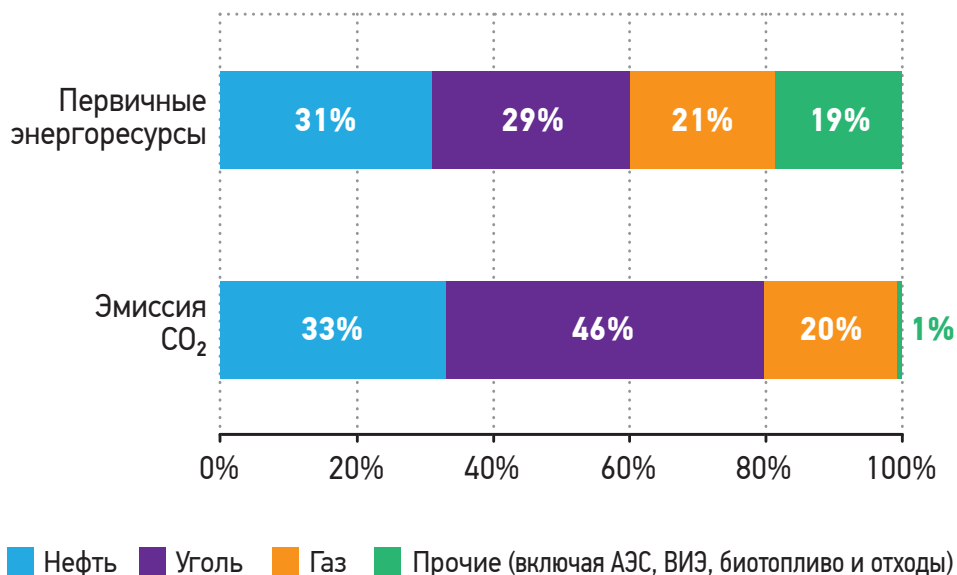
По оценкам, сделанным в Пятом оценочном докладе МГЭИК, опубликованном в 2014 г., стабилизация увеличения температуры поверхности планеты к середине текущего столетия на уровне +2°C с вероятностью более 66 % возможна только при кумулятивных антропогенных выбросах углерода не более 3900 млрд т в пересчёте на CO<sub>2</sub>.



При этом в период 1870–2011 гг. совокупные выбросы углерода в атмосферу достигли 2900 млрд т  $\text{CO}_2$ . Это означает, по расчётам д.э.н., проф. Ю.В. Синяка из Института народнохозяйственного прогнозирования РАН, что для сохранения прироста температуры планеты ниже  $+2^\circ\text{C}$  к середине XXI в. (с вероятностью 50–80%) совокупные выбросы углерода в период 2012–2050 гг. не должны превысить около 1000 млрд т  $\text{CO}_2$ . Если доля диоксида углерода от сжигания органических топлив сохранится на уровне двух третьих от общей эмиссии углерода, то допустимая норма выбросов от сжигания топлив не должна превысить 670 млрд т  $\text{CO}_2$ . В то же время, только в разведанных запасах топлива (угля, нефти и газа) содержание окиси углерода, по расчётам Ю.В. Синяка, составляет 2416 млрд т, в том числе угля — 1400, нефти — 671 и природного газа — 345 млрд т  $\text{CO}_2$ . С учётом же неоткрытых и нетрадиционных ресурсов нефти и газа общий потенциал запаса углекислого газа в ископаемом топливе достигает не менее 6200 млрд т  $\text{CO}_2$ . Отсюда следует, делает вывод Ю.В. Синяк, что содержание углерода в природных запасах и ресурсах топлив почти в десять раз превышает допустимые выбросы  $\text{CO}_2$  в атмосферу от их сжигания. Тем самым подтверждаются оценки ряда зарубежных исследователей, которые считают, что в глобальном масштабе треть запасов нефти, половина запасов газа и более 80% текущих запасов угля могут остаться невостребованными в недрах до 2050 г., чтобы ограничить рост температуры в пределах не более  $+2^\circ\text{C}$ .

Более того, запасы и ресурсы только дешёвой нефти (с издержками добычи менее 25 долл./барр.) и дешёвого газа (менее 100 долл./тыс.  $\text{м}^3$ ) суммарно вмещают 880 млрд т  $\text{CO}_2$ , что исключает реализацию в первой половине XXI века большинства проектов в Арктике, на глубоководном шельфе, с тяжёлыми нефтями и др.

В то же время на газовую отрасль (добычу и использование природного газа) влияние Парижского соглашения, скорее всего, будет в большей степени позитивным, чем негативным. По прогнозам ВР, потребление угля, который является самым «грязным» видом топлива (рис. 7.6), на уровне 2035 г. ожидается в мире в объёме около 4,3 млрд т н.э., что соответствует выбросам  $\text{CO}_2$  порядка 4,53 млрд т. Замена только половины этого угля природным газом, с учётом разницы их карбоноёмкости, дало бы снижение эмиссии  $\text{CO}_2$  на 925 млн т при росте спроса на газ на 2,58 трлн  $\text{м}^3$ .



**Рис. 7.6. Структура мирового потребления первичных энергоресурсов и эмиссии CO<sub>2</sub> от их использования**

Источник: CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion. IEA Statistics. High Lights. OECD/IEA, 2015.

Ещё одной причиной повышенного внимания к проблемам малоуглеродной или безуглеродной энергетики будущего является теория о том, что исчерпание к 2030-2035 гг. последней волны быстрого индустриального роста и, соответственно, роста энергопотребления, может привести к стабилизации потребления природных ресурсов и индустриальной экономики в целом. Это означает, что в долгосрочной перспективе спрос на сырьё и традиционные энергоносители будет расти всё медленнее, затем стагнировать, а затем и вовсе снижаться.

В ближайшее десятилетие развитые страны перейдут к формированию новой технологической базы экономических систем, основанной на использовании новейших достижений в области биотехнологий, информатики и нанотехнологий, что может существенно снизить их потребности в первичных энергоресурсах.

Как известно, каждый этап или стадия экономического развития опирается на определённый тип энергетики, набор источников энергии, доминирующие технологии, особенности пространственной и корпоративной организации<sup>81</sup>. Причём, ключевая связь экономики и

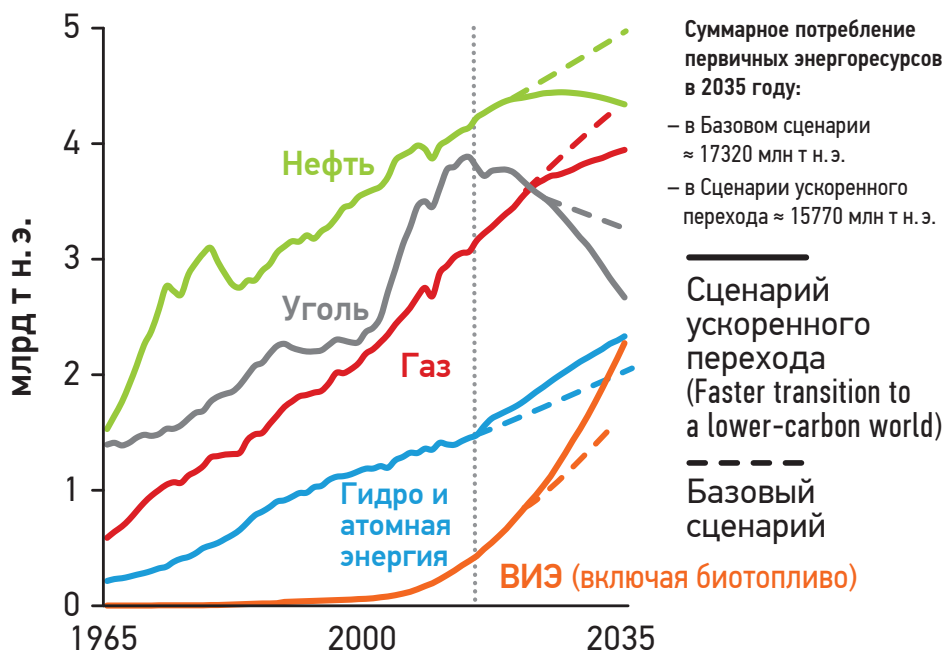
81. Подробнее об этом см., например, «Глобальная энергетика и устойчивое развитие (Белая книга)». М., Изд. МЦУЭР, 2009.

энергетики двояка: с одной стороны — это увеличение энергопотребления, вызванное экономическим ростом, а с другой — снижение относительного энергопотребления, то есть энергоёмкости экономики.

Переход на новый, инновационно-технологический, тип энергетики связан, кроме всего прочего, и с исчерпанием потенциала экстенсивной модели развития энергетики, базирующейся на освоении новых геологических провинций и новых географических районов, тиражировании освоенных технических и технологических решений.

Конечно же, переход к малоуглеродной и безуглеродной энергетике произойдёт не сразу, и долгое время объекты углеродной и неуглеродной энергетики будут функционировать одновременно. Один из возможных сценариев начала подобного перехода к низкоуглеродному миру показала в своём прогнозе ВР (рис. 7.7).

В этом сценарии учтены как более медленный рост мирового ВВП, что снижает общее увеличение спроса на энергию примерно на треть в сравнении с базовым сценарием, так и более интенсивное снижение энергоёмкости ВВП и его карбоноёмкости в результате ужесточения норм выбросов  $\text{CO}_2$  и роста платежей за его эмиссию.



**Рис. 7.7. Прогноз потребления первичных энергоресурсов в мире в Базовом сценарии и Сценарии ускоренного перехода к низкоуглеродной экономике**

Источник: ИПНГ РАН по данным BP Energy Outlook to 2035, London, 2016 и BP Statistical Review of World Energy, June 2015.

В этот продолжительный переходный период как раз и должна возрасти роль природного газа как наиболее экологически приемлемого вида углеводородных ресурсов.

Но чтобы природный газ смог сыграть эту роль, цены на него должны быть как минимум не выше, чем на альтернативные энергоносители (с учётом издержек по всей цепочке от производства до конечного потребления, включая меры, связанные с использованием экологически чистых, «зелёных», технологий). Поэтому важнейшей задачей, на решение которой необходимо направить все силы отрасли, должно стать существенное снижение издержек как в добыче, так и в транспорте газа на базе не только новых технологий и технических решений, но и оптимальной организации производственных процессов и строительства соответствующих мощностей. Опыт США по добыче сланцевого газа свидетельствует, что резервы такого снижения есть, и они достаточно велики.

В целом же время для выработки компромиссных решений и адаптации к меняющейся ситуации ещё есть. Но к возможности подобного перехода необходимо подходить со всей серьёзностью: с одной стороны, не делая вида, что такой проблемы вообще не существует, а с другой — что вот уже через 30-40 (50-60) лет «ваши нефть и газ вообще никому нужны не будут».

Часть II

# **Изменение роли ВИЭ в мировой энергетике**

---



# ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ МИРОВОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ, РОСТ ДОЛИ ВИЭ

---

### **8.1. Причины и предпосылки развития возобновляемых источников энергии**

Энергетика — основа развития современной мировой экономики. Наибольший экономический подъем в истории человечества стал возможен только тогда, когда появился доступ к большому количеству достаточно дешевых энергетических ресурсов. В современном мире экономический рост напрямую коррелирует с потреблением энергии, что подтверждается значительным числом исследований отечественных и зарубежных авторов<sup>82</sup>. Страны-лидеры мирового экономического развития являются крупнейшими потребителями энергии (таблицы 8.1, 8.2). При этом в период с 1971 по 2014 гг. наиболее высокие темпы роста потребления первичной энергии наблюдались в государствах, демонстрирующих высокие и стабильные темпы роста ВВП.

Многие авторы справедливо подчеркивают, что запасы природных ресурсов и ископаемого топлива распределены в мире очень неравномерно<sup>83</sup>. В таблице 8.3 представлены страны с крупнейшими энергетическими и природными ресурсами в мире.

Таким образом, Россия, Соединенные Штаты и еще 30 государств контролируют 95 % всех видов энергетических ресурсов и других природных ископаемых, а многие индустриально развитые страны, среди которых большая часть стран ЕС, Япония и Республика Корея, не имеют значительных собственных запасов энергоресурсов и вынуждены их импортировать.

В таблицах 8.4 и 8.5 представлены страны — крупнейшие импортеры угля, нефти и газа в 2014 году.

---

82. См. например: Григорьев Л.М., Курдин А.А. Экономический рост и спрос на энергию // Экономический журнал ВШЭ, № 3, 2013, С. 390-405; или Costantini V., Martini C. The Causality between Energy Consumption and Economic Growth: A Multi-sectoral Analysis Using Non-stationary Cointegrated Panel Data // Energy Economics. 2010. No 32. P. 591–603.

83. Халова Г.О., Йорданов С.Г., Полаева Г.Б. Анализ изменения роли ВИЭ в мировом производстве и потреблении энергии. // Инновации и инвестиции, №1, 2016, С. 98-104.

Таблица 8.1

**ВВП по паритету покупательной способности (ППС)**

Страна	ВВП по ППС в трлн \$	Место
КНР	19524	1
США	17947	2
Индия	7983	3
Япония	4738	4
Германия	3848	5
Российская Федерация	3580	6
Бразилия	3192	7
Индонезия	2842	8
Великобритания	2692	9
Франция	2651	10
<i>Земля</i>	<i>113654</i>	

Источник: data.worldbank.org.

Таблица 8.2

**Общее первичное потребление энергии (ОППЭ) крупнейших стран мира**

Страна	ОППЭ, млн т н.э.	Доля в мировом ОППЭ, %	
	2014	2014	1971
Китай	3062	22	7
США	2216	16	29
Индия	825	6	3
Россия	711	5	н/д
Япония	442	3	5
Германия	306	2	6
Бразилия	303	2	1
Канада	280	2	0,3
Республика Корея	268	2	3
Франция	243	2	3
Остальные страны	5054	37	44
<i>Мир в целом</i>	<i>13700</i>	<i>100</i>	<i>100</i>

Источник: World Energy Outlook. IEA.1977, 2015.



Таблица 8.3

**Общая стоимость природных ресурсов по странам мира, \$ трлн**

Страна	Основные природные ресурсы	Общая стоимость природных ресурсов, трлн долл.
<b>Российская Федерация</b>	Уголь, нефть, золото, газ и древесина	75,7
<b>США</b>	Природный газ, золото, медь и нефть	45
<b>Саудовская Аравия</b>	Природный газ, нефть	34,4
<b>Канада</b>	Уран, лес, нефть, газ и фосфаты	33,2
<b>Иран</b>	Природный газ и нефть	27,3
<b>Китай</b>	Уголь и древесина	23
<b>Бразилия</b>	Нефть, золото и уран	21,8
<b>Австралия</b>	Уголь, уран, железная руда, лес и медь, газ	19,9
<b>Ирак</b>	Природный газ и нефть	15,9
<b>Венесуэла</b>	Железо, нефть и природный газ	14,3

Источник: составлено по данным United States Energy Information Administration.

В последние 40-50 лет все более активно развивается процесс трансформации мировых энергетических рынков, в результате которого меняется структура мирового энергетического баланса, то есть, изменяется роль и соотношение различных энергоносителей в мировом потреблении энергии.

По данным ВР, за период с 1971 по 2015 гг. общее первичное потребление энергии в мире увеличилось почти в 2,5 раза: с 5,5 до 13,5 млрд т н.э., причем структура общего потребления первичной энергии по видам существенно изменилась (рис. 8.1). Нефть пока доминирует в мировом энергобалансе, но ее доля в потреблении уменьшилась с 44 % в 1971 г. до 32 % в 2015 г. Вместе с тем, доля угля за рассматриваемый период выросла на 9 % и достигла своего самого высокого исторического уровня — почти 29 % в 2015 году, в основном из-за высокого потребления в Китае и роста потребления в Германии. В то же самое время доля

Таблица 8.4

**Страны — крупнейшие импортеры угля в 2014 году**

Страна	Импорт угля, тыс. тонн
Китай	360 415
Япония	211 162
Индия	182 369
Республика Корея	139 454
Тайвань	74 998
Германия	55 678
Великобритания	54 456
Российская Федерация	32 655
Турция	29 358
Нидерланды	28 465

Источник: составлено по данным United States Energy Information Administration.

Таблица 8.5

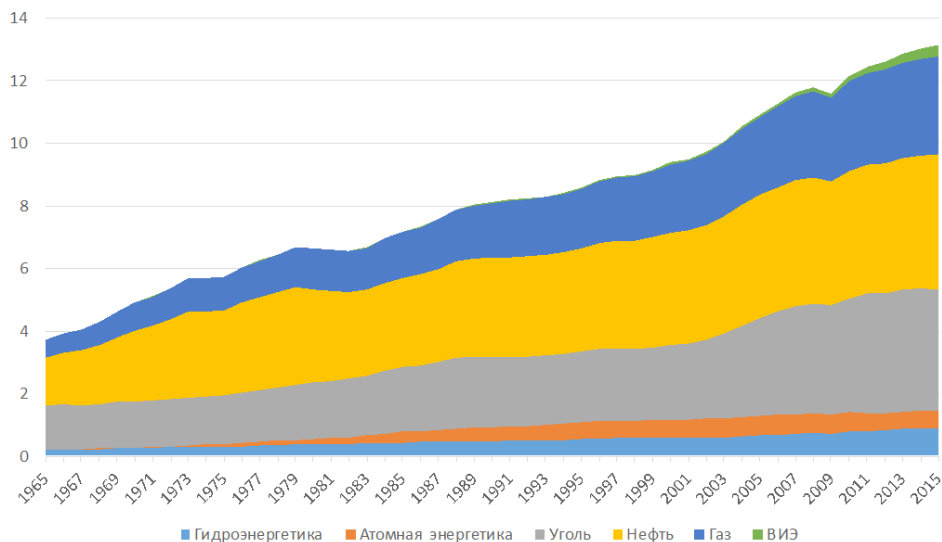
**Страны — крупнейшие импортеры нефти и газа в 2014 году**

Страна	Импорт нефти, млн барр. / сут	Страна	Импорт природного газа, млрд м³ / год
США	9,2	Япония	122,2
Китай	5,7	США	88,7
Япония	3,4	Германия	87,9
Индия	3,2	Италия	67,8
Р. Корея	2,5	Китай	59,2
Германия	1,8	Словакия	50,2
Италия	1,5	Великобритания	48,3
Франция	1,3	Франция	47,7
Нидерланды	1,2	Р. Корея	47,3
Сингапур	1,1	Турция	45,9

Источник: составлено по данным United States Energy Information Administration.

природного газа в мировом потреблении увеличилась с 16 % в 1971 году до 23 % в 2015 году, а доля ядерной энергии с 1 % до 4 % за тот же промежуток времени.

Становится очевидным основное направление эволюции мировой энергетики. Необходимо вспомнить, что до середины XX столетия основным источником энергии являлся уголь. Он был вытеснен с первого места более удобными, универсальными и эффективными нефтью и нефтепродуктами, однако и эра нефти, по всей вероятности, скоро подойдет к концу, поскольку ее доля в мировом потреблении энергии снижается. На какое-то время основным видом топлива для человечества может стать природный газ, который является достаточно недорогим и экологически чистым энергоносителем. Тем не менее, углеводородное топливо, сыграв свою колоссальную роль в истории человеческой цивилизации, в отдаленной перспективе будет вытеснено, вероятно, сначала возобновляемыми источниками энергии (ВИЭ), а затем и вовсе принципиально новыми источниками энергии. Они возникнут, скорее всего, в результате очередного витка эволюции ядерной и термоядерной энергетики. Перспективные научные разработки в области управляемого термоядерного синтеза ведутся еще с середины XX столетия,



**Рис. 8.1. Динамика мирового энергобаланса (потребление первичных источников энергии), млн т н.э. в 1971-2015 гг.**  
Источник: построено по данным BP Statistical Review of World Energy, 2016.

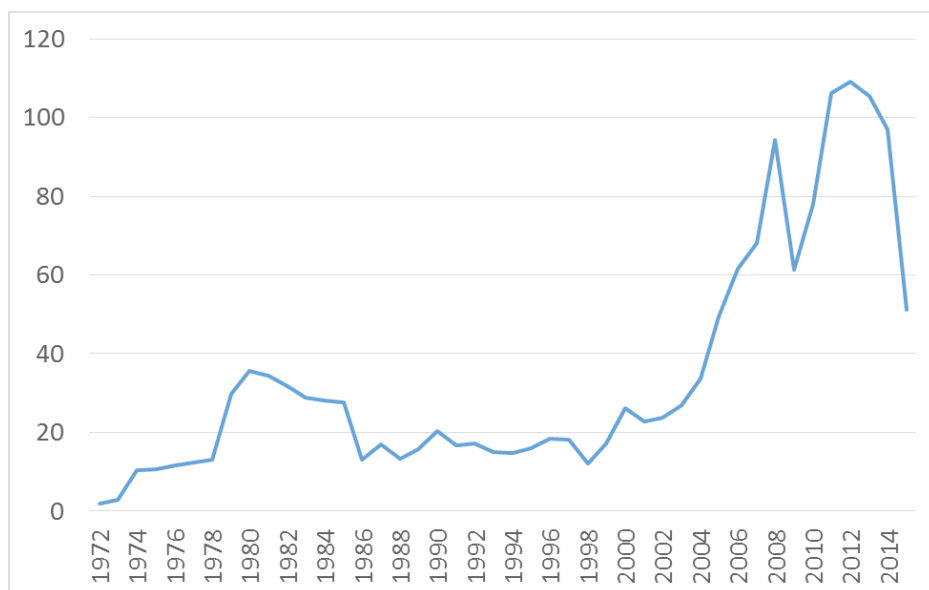
и на сегодняшний день наиболее передовыми технологиями в этой области обладает именно Российская Федерация. Не так давно российские ученые предложили принципиально новую схему термоядерного реактора, которая отличается от разработанных в Европе<sup>84</sup>. По оценкам российских ядерщиков, первые промышленные ТЯЭС (термоядерные электростанции) будут запущены уже к середине XXI столетия<sup>85</sup>. Но в настоящее время одним из ключевых трендов развития мировой энергетики стало использование ВИЭ.

К возобновляемым источникам энергии принято относить солнечную и ветряную энергетику, геотермальные и приливные электростанции, а также топливо, полученное в результате переработки или сжигания биомассы (например, метан, полученный в результате биохимической переработки отходов, биодизель и даже обыкновенные дрова). В большинстве зарубежных источников различные виды биотоплива учитываются наравне с солнечной, ветряной, геотермальной и приливной энергетикой, хотя строго говоря, биотопливо не является экологически чистым источником энергии, поскольку при его сжигании образуются парниковые газы. Традиционная гидроэнергетика (гидроэлектростанции, использующие энергию течения рек для выработки электроэнергии) обычно учитывается отдельно. Таким образом, вопрос создания общепринятой в мировом масштабе классификации ВИЭ остается во многом дискуссионным, что необходимо учитывать при анализе статистических данных из различных источников. Технологии, позволяющие с приемлемой степенью эффективности получать и использовать энергию не только из невозобновляемых ископаемых, но также из природных возобновляемых источников за последние 50 лет достигли достаточно высокого уровня развития. Этому способствовал ряд обстоятельств.

Впервые задуматься о поиске альтернативных источников энергии мировое сообщество вынудил нефтяной и экономический кризис 1973–1974 годов. 17 октября 1973 года арабские страны — члены ОАПЕК, а также Сирия и Египет ввели эмбарго на поставки нефти в Великобританию, Нидерланды, США, Канаду и Японию, поскольку последние выступили на стороне Израиля в арабо-израильском конфликте (война

84. Россия предложит альтернативный ИТЭР проект термоядерного реактора. РИА Новости, 02.01.2016. URL: <https://ria.ru/science/20160102/1353344729.html>

85. Воронов Г. Укрощение плазмы. Журнал «Вокруг света». Октябрь 2008. URL: <http://www.vokrugsveta.ru/vs/article/6332/>



**Рис. 8.2. Динамика мировых цен на нефть в 1972-2015 гг.  
/1972-1985 Arabian Light, 1986-2015 Dubai dated/**

*Источник: BP Statistical Review of World Energy 2016.*

Судного дня<sup>86</sup>). Внезапное эмбарго привело к дефициту нефти и значительному росту цен на нее (с трех до двенадцати долларов за баррель, то есть, в четыре раза, см. рисунок 8.2). Соответственно, выросли цены и на другие энергоносители, а также электрическую энергию. Энергетический кризис 1973 года до сих пор считается крупнейшим. Он впервые в истории привел к введению мер жесткой экономии нефти и нефтепродуктов в США и странах Западной Европы, привел к созданию государственных резервов нефти, а также подтолкнул государства к разработке энергоэффективных технологий и заставил задуматься об альтернативных источниках энергии.

Рост цен на нефть продолжился и далее на протяжении 1970-х годов, что было вызвано нестабильной обстановкой в мире в целом и на Ближнем Востоке в частности. Однако к началу 1990-х годов цены на

86. Война Судного дня — четвертая по счету арабо-израильская война, часть затяжного военно-политического конфликта между коалицией арабских стран и Израилем. Война Судного дня началась 6 октября 1973 года и продлилась 18 дней. В конфликте приняли участие Сирия, Египет, Ирак и Иордания с одной стороны, и Израиль при поддержке США — с другой стороны. Несмотря на непродолжительность активной фазы боевых действий, все стороны конфликта понесли значительные человеческие и экономические потери. Война имела значительные последствия для мировой экономики и международных отношений.

нефть стабилизировались, и политико-экономические факторы, оказывавшие давление на энергетику развитых стран, ослабли. Вторая волна повышения цен на нефть началась в 2000-х годах, и именно она, совместно с углублением политических противоречий между странами-поставщиками и странами-потребителями углеводородов привела к интенсивному развитию возобновляемой энергетики сначала в странах Европы, а затем — в США, Китае и Японии. Важными причинами, подтолкнувшими развитые европейские страны к развитию ВИЭ стали высокая зависимость от импорта энергоресурсов (до 80 % импорта нефти ЕС исторически импортируется из России и стран Ближнего Востока, из России также импортируется около 30 % природного газа, потребляемого в ЕС). Повышенное внимание стало уделяться вопросам охраны окружающей среды и снижения выбросов парниковых газов: например, согласно условиям Киотского протокола, Евросоюз должен был к 2012 году сократить выбросы парниковых газов на 8 % по сравнению с уровнями 1992 года<sup>87</sup>. Многие европейские государства брали на себя дополнительные обязательства по охране окружающей среды и экологии.

Таким образом, можно выделить основные причины и предпосылки, способствовавшие развитию возобновляемой энергетики в мире. **Основным фактором**, повлиявшим на развитие ВИЭ стало стремление к снижению зависимости развитых стран от импорта энергоносителей. Этот фактор имеет как экономическое, так и политическое измерение. Экономическое измерение выражается в росте цен на нефть и другие энергоносители: при высоких ценах на углеводороды разрыв в стоимости производства энергии из возобновляемых и традиционных источников является не таким большим, и с развитием технологий он продолжает сокращаться. Политическое измерение выражается в стремлении государств-импортеров снизить свою зависимость от поставщиков энергоресурсов. **Дополнительным фактором** являются поставленные развитыми странами цели по охране окружающей среды, повышению энергетической эффективности и снижению потребления энергии.

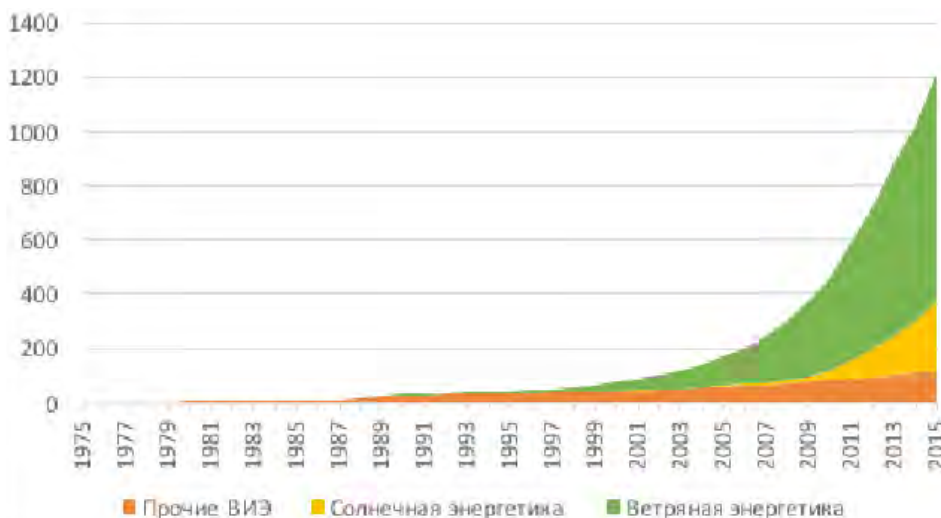
---

87. Киотский протокол к рамочной конвенции ООН об изменении климата. Официальный текст. URL: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kprus.pdf>

## 8.2. Изменение роли ВИЭ в мировом энергобалансе

Развитие технологий, а также стремление к снижению негативного воздействия на окружающую среду, повышению эффективности использования энергии и экономии ресурсов привело к значительному изменению структуры мирового производства и потребления энергии в конце 20-го — начале 21-го веков.

Как видно из рисунка 8.3, производство энергии из ВИЭ в мире долгие годы оставалось очень незначительным, и на протяжении 1975–2000 годов демонстрировало весьма медленные темпы роста. В этот период происходило накопление научно-технического потенциала, необходимого для дальнейшего развития технологий возобновляемой энергетики. Некоторое ускорение роста производства энергии из ВИЭ началось с 1980 года, но только с начала 2000-х годов темпы роста производства ВИЭ начинают резко возрастать, а наиболее активный рост наблюдался с 2005 года и продолжается уже более 10 лет. Если с 2005 года потребление энергии в мире выросло на 20% и в 2015 году составило около 13,1 млрд т н.э., то общее производство энергии из ВИЭ за тот же период возросло в пять раз (с 500 до более чем 2500 ТВт/ч).



**Рис. 8.3. Производство первичной энергии из возобновляемых источников, ТВт/ч**

Источник: BP Statistical Review of World Energy 2016 — данные о валовой первичной генерации энергии из ВИЭ.

Таблица 8.6

**Изменения в структуре мирового энергобаланса в 2005–2015 гг.**

	2005		2010		2015	
	млн т н.э.	доля	млн т н.э.	доля	млн т н.э.	доля
Гидроэнергетика	661,4	6,1 %	784,2	6,4 %	892,9	6,8 %
Атомная энергетика	626,4	5,7 %	626,3	5,1 %	583,1	4,4 %
Уголь	3130,6	28,6 %	3634,3	29,8 %	3839,9	29,2 %
Нефть	3933,9	36,0 %	4079,9	33,5 %	4331,3	33,0 %
Газ	2496,9	22,8 %	2881,3	23,7 %	3121,8	23,8 %
ВИЭ	83,2	0,8 %	169,9	1,4 %	364,9	2,8 %
ВСЕГО	10932,4	100 %	12175,9	100 %	13133,9	100 %

Источник: составлено по данным BP Statistical Review of World Energy 2016.

Вместе с тем, в мировом энергобалансе (потреблении первичной энергии) доля ВИЭ остается невысокой, хотя она возросла с 0,8 % в 2005 г. до 2,8 % в 2015 году (с 83,2 до 364,9 млн т н.э. соответственно).

Сравнительный анализ удельного веса основных энергоносителей в мировом энергобалансе в 2005, 2010 и 2015 годах приведен в таблице 8.6.

На протяжении последних пяти лет структура мирового баланса остается стабильной. Уменьшилась только доля атомной энергетики (в 2010 году на атомную энергетику приходилось 5,1 % мирового энергопотребления, а в 2015 — только 4,4 %). Данное снижение вызвано отказом ряда стран мира — крупных потребителей энергии (в первую очередь Японии и Германии) от использования АЭС после катастрофы на АЭС «Фукусима» в 2011 году. Ряд государств попытались отчасти заместить выводимые из эксплуатации атомные мощности новыми генерирующими мощностями ВИЭ, что также способствовало росту последних.

2015 год был годом громких соглашений и заявлений, связанных с возобновляемыми источниками энергии. Среди них — данные странами G7 и G20 обязательства по ускорению прогресса в области ВИЭ, а также принятие Генеральной Ассамблеей ООН цели устойчивого развития в области общедоступной энергетики.<sup>88</sup>

88. UN Sustainable Development Goals. Goal 7: Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all. URL: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/energy>.



Итоговым событием года стала 21-я конференция Рамочной Конвенции ООН об изменении климата, которая состоялась в декабре 2015 года в Париже. По итогам конференции 195 стран мира договорились ограничить глобальное потепление на уровне ниже 2 градусов по Цельсию. Большинство стран мира подтвердили свое стремление к расширению масштабов использования возобновляемых источников энергии и повышению собственной энергетической эффективности.

В общемировом конечном потреблении электрической энергии доля ВИЭ в 2015 году составила 19,2 %. Быстрый рост, особенно в секторе электроэнергетики определяется несколькими факторами, включая снижение затрат и повышение конкурентоспособности технологий возобновляемой энергии. Помимо экономико-технологических факторов, большую значимость имеет возрастающая политическая поддержка развития ВИЭ в развитых и развивающихся странах, что обеспечивает улучшение доступа к финансированию и льготы для компаний сектора.

По оценкам большинства зарубежных аналитических агентств и компаний, в 2014-2015 годах были достигнуты весьма значительные успехи в области возобновляемой энергетики как в развитых, так и в развивающихся странах. REN21 в своем отчете «Renewables 2016: Global Status Report» отмечает, что общая установленная мощность возобновляемых источников энергии только за один 2015 год в мире выросла на 18 % (без учета гидроэлектростанций) до 785 ГВт по сравнению с 665 ГВт годом ранее.<sup>89</sup>

Глобальные инвестиционные потоки в возобновляемые источники энергии достигли рекордного объема в 285,9 млрд долларов США в 2015 году (без учета гидроэнергетических проектов мощностью более 50 МВт\*ч). Это на 5 % больше по сравнению с 2014 годом и превышает предыдущий рекорд в 278,5 млрд долларов США, достигнутый в 2011 году. Если учесть, в том числе, инвестиции в гидроэнергетические проекты мощностью более чем в 50 МВт, то общий объем инвестиций в возобновляемые источники в 2015 году составил не менее 330 млрд долл. США.

В 2015 году впервые в истории общий объем инвестиций в возобновляемые источники энергии в развивающихся странах превысил аналогичный показатель в развитых странах. Инвестиции в развивающихся странах, включая Китай, Индию и Бразилию составили

---

89. Renewable Energy Policy Network for the 21st century (REN21). Renewables 2016. Global Status Report. P. 17.

156 млрд долл. США, что было на 19 % больше, чем в 2014 году. Китай играет лидирующую роль в этом процессе. КНР увеличила свои инвестиции в ВИЭ на 17 % до 102,9 млрд долларов США в 2015 году, что составляло 36 % от общемирового объема. Инвестиции в возобновляемые источники энергии также существенно возросли в Индии, Южной Африке, Мексике и Чили. Ряд других развивающихся стран инвестировали более 500 млн долларов в возобновляемые источники энергии (Марокко, Уругвай, Филиппины, Пакистан и Гондурас).

В развитых странах в 2015 году инвестиции в возобновляемую энергетику, напротив, снизились на 8 % по сравнению с 2014 годом, до 130 млрд долл. Наиболее существенное снижение было замечено в Европе (падение на 21 % до 48,8 млрд долларов США), несмотря на рекордный объем финансирования проектов ветряной генерации на суше и на море (17 млрд долл., что на 11 % больше, чем в 2014 году). В Соединенных Штатах инвестиции возобновляемые источники энергии (в основном за счет солнечной энергии) увеличились на 19 % до 44,1 млрд долл. США — наибольший рост в долларовом выражении с 2011 года.

Среди различных видов ВИЭ инвестиции в солнечную и ветряную энергетику были наиболее объемными и сбалансированными по странам и регионам мира. Солнечная энергия в 2015 году вновь стала ведущей отраслью по объему инвестиционных вложений — 161 млрд долларов США (на 12 % больше, чем в 2014 году), или более 56 % от общего объема всех инвестиций в возобновляемые источники энергии. В ветряную энергетику было инвестировано 109,6 млрд долларов США, или 38,3 % от общего объема. Все прочие отрасли ВИЭ, кроме солнечной и ветряной энергетики столкнулись с инвестиционным спадом относительно показателей 2014 года: инвестиции в производство энергии из биомассы и отходов снизились на 42 % до 6 млрд долл. США, в малые гидроэлектростанции — на 29 % до 3,9 млрд долл. США, инвестиции в биотопливо упали на 35 % до 3,1 млрд долл. США, в геотермальную энергию снизилась на 23 % до 2 млрд долл. США.<sup>90</sup>

### **8.3. Потенциал ВИЭ в мире**

Несмотря на ту поддержку, которую получило развитие возобновляемой энергетики в последние годы и наблюдаемый рост этой отрасли,

90. По данным отчета Clean Energy Investment End of Year 2016. Bloomberg. URL: <https://about.bnef.com/clean-energy-investment/>

использование возобновляемых источников энергии пока еще не достигло даже малой части того потенциала, которым они обладают. По консолидированным оценкам (таблица 8.7) теоретически достижимый потенциал использования только солнечной и геотермальной энергии превышает не только текущие, но и прогнозируемые в будущем потребности человечества. Однако, на нынешнем этапе научно-технического развития использование этого потенциала остается низким.

Таблица 8.7

**Используемый, технический и теоретический потенциал  
возобновляемых источников энергии (ЭДж в год)**

	<b>Используемый потенциал (2015)</b>	<b>Технически достижимый потенциал</b>	<b>Теоретически возможный потенциал</b>
Энергия ветра	1,17	600	6000
Энергия солнца	18,51	1600	390 0000
Гидроэнергия	33,27	50	150
Биомасса	105,63	250	2900
Геотермальная энергия	4,80	5000	14 0000 000
Энергия океана	-	-	7400
Всего	163,38	7500	143 000 000

*Источник:* по данным Renewable Energy Technology Deployment (RETD), МЭА, REN21.

Среди различных видов ВИЭ наиболее значительный рост установленных мощностей в последнее десятилетие характерен для ветряной и солнечной энергетики. Установленные мощности солнечной энергетики выросли с 2005 по 2015 год более чем в 70 раз (с 3,1 ГВт до 227 ГВт), ветряной — более чем в 7 раз (с 59,0 ГВт до 433 ГВт), биомассы — более чем в 2 раза (таблица 8.8).

22 страны мира имеют достаточные **фотоэлектрические мощности**, чтобы обеспечить с их помощью более 1 % своих потребностей в электрической энергии, а в некоторых странах этот показатель намного выше (например, в Италии — 7,8 %, в Греции — 6,5 %, в Германии — 6,4 %). Важной вехой солнечной энергетики в 2015 году стало

Таблица 8.8

**Установленная мощность основных ВИЭ в мире в 2005–2015 гг, ГВт**

	<b>Ветряная энергия</b>	<b>Солнечная энергия</b>	<b>Гидро-энергия</b>	<b>Биомасса</b>	<b>Геотермальная энергия</b>
2005	59,0	3,1	890,0	41,0	9,8
2006	74,0	4,6	900,0	43,0	10,0
2007	94,0	7,6	920,0	45,0	10,2
2008	121,0	13,5	950,0	46,0	10,7
2009	159,0	21,0	980,0	51,0	11,0
2010	198,0	40,0	935,0	70,0	11,2
2011	238,0	71,0	960,0	74,0	11,4
2012	283,0	100,0	990,0	78,0	11,7
2013	318,0	139,0	1000,0	88,0	12,0
2014	370,0	177,0	1055,0	93,0	12,8
2015	433,0	227,0	1064,0	106,0	13,2
Отношение 2015 к 2005, %	733,90	7322,58	119,55	258,54	134,69

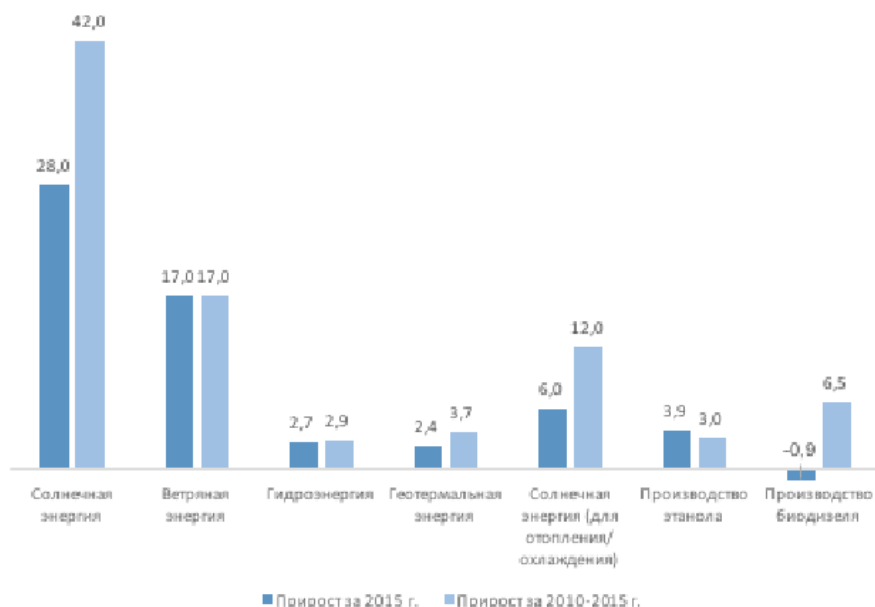
Источник: Renewables 2016: Global Status Report.

намного более широкое, чем ранее, распространение **гелиотермальных станций концентрирующего типа**. Новые крупные гелиотермальные установки появились в Марокко (160 МВт), Южной Африке (150 МВт), США (110 МВт), а общая мощность гелиотермальных станций в мире выросла почти на 10 процентов и достигла 4,8 ГВт. Использование станций подобного типа наиболее оправданно в регионах с высокой интенсивностью и продолжительностью солнечного излучения.

Однако большая часть вновь созданных генерирующих мощностей в 2015 году пришлось не на солнечные, а на **ветряные станции**. В целом установленная мощность ветряных электростанций в 2015 году выросла на рекордные 63 ГВт. Значительная часть новых ветряных мощностей была запущена в странах ОЭСР, однако немалая доля пришлось также на развивающиеся страны Азии во главе с Китаем. Кроме того, в 2015 году появились новые рынки ветряной энергетики в Африке, Азии и Латинской Америке.

**Гидроэнергетика** показала не столь высокий рост в 2015 году по причине продолжительных засух в ряде регионов Южной Америки и Азии. Значительных новых мощностей ГЭС введено в эксплуатацию не было. **Морские электростанции** (общая мощность в мире составляет порядка 530 МВт) в большинстве своем пока остаются экспериментальными объектами, в ходе эксплуатации которых изучаются возможности по использованию энергии приливов и отливов, а также энергии морских волн. Это весьма перспективное направление развития возобновляемой энергетики, однако потребуются еще довольно много времени для того, чтобы повысить надежность, эффективность и мощность приливных и волновых электростанций до промышленного уровня. Аналогичные выводы можно сделать и о **геотермальной энергетике**: на данном этапе развития технологий реализация крупномасштабных геотермальных проектов связана с очень высокими технологическими рисками. Тем не менее, в 2015 году было введено в строй более 300 МВт новых геотермальных мощностей.

Производство **биотоплива** оказалось наиболее уязвимым в связи с понижением цен на углеводороды, и при текущей рыночной конъюнктуре с некоторым трудом выдерживает обострившуюся конкуренцию.



**Рис. 8.4. Прирост установленных мощностей ВИЭ для генерации электроэнергии, отопления / охлаждения и в транспортном секторе, %**  
 Источник: составлено по данным REN21 и МЭА.

Среди трех ключевых секторов энергетического производства (генерация электрической энергии, отопление и охлаждение, а также топливо) возобновляемые источники наиболее успешно используются для генерации электроэнергии, и именно этот сектор демонстрирует максимальный прирост (рис. 8.4).

На темпы роста ВИЭ и распределение установленных мощностей оказывают влияние множество факторов, таких как снижение затрат на производство солнечных батарей и ветряных генераторов, политика правительств государств в области энергетики, общая динамика мировых энергетических рынков и цен на различные виды топлива. В целом, возобновляемые источники продолжили рост в 2015 году даже несмотря на низкие цены на нефть и природный газ. Это подтверждает увеличившуюся конкурентоспособность возобновляемых источников по сравнению с углеводородами. С другой стороны, темпы роста в 2015 году почти для всех видов ВИЭ оказались ниже средних темпов роста за последние пять лет. Это результат влияния негативных факторов, таких как замедление темпов экономического роста (особенно в странах ОЭСР), политическая нестабильность, непредвиденные изменения в законодательстве и налоговой политике (в частности, в ЕС), конъюнктура мировых энергетических рынков и некоторых других.<sup>91</sup>

#### ***8.4. Страны и регионы, располагающие мощностями для генерации энергии из возобновляемых источников***

По оценкам некоторых западных аналитиков за последние годы в мировой энергетике наметился любопытный тренд: темпы прироста генерирующих мощностей на основе ВИЭ превышают темпы прироста генерирующих мощностей на основе всех видов ископаемого топлива, вместе взятых.<sup>92</sup> В 2015 году на возобновляемые источники энергии пришлось, по оценкам, более 60 % чистого прироста мировых электрогенерирующих мощностей.

Продолжающееся развитие технологий, выход на новые рынки и улучшение условий финансирования помогли сократить глобальные издержки на развитие, в частности, ветряной и солнечной энергетики.<sup>93</sup>

91. Integration from Paul Simons, IEA, presentation at 17e Colloque du Syndicat des Energies Renouvelables, UNESCO, Paris, 4 February 2016.

92. Tom Randall, "Fossil fuels just lost the race against renewables," Bloomberg, 14 April 2015, <http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-04-14/fossil-fuels-just-lost-the-race-against-renewables>.

93. IEA, Medium-Term Renewable Energy Market Report 2015, op. cit note 31, p. 131.

Электричество, получаемое от гидроэлектростанций и геотермальных станций в значительной степени способно конкурировать по цене с ископаемыми топливами. Однако следует отметить, что **экономическая целесообразность и конкурентоспособность возобновляемой энергетики может быть обеспечена лишь в благоприятных природных условиях, при благоприятной конъюнктуре рынка и при соответствующей государственной поддержке** в рамках развитой нормативной правовой базы.<sup>94</sup> Ветряные турбины и солнечные батареи способны на равных конкурировать с традиционной энергетикой лишь в частных случаях, но не на глобальном уровне.<sup>95</sup>

По состоянию на конец 2015 года, странами-лидерами по суммарной установленной электрической мощности возобновляемых источников по-прежнему оставались Китай, США, Германия, Канада и Япония (таблица 8.9).

В Китае сосредоточена почти четверть всей возобновляемой энергетики мира. Общая мощность китайской возобновляемой энергетики оценивается в 500 ГВт, из них около 300 ГВт приходится на гидроэнергетику.<sup>96</sup> Если учитывать ГЭС, то наиболее развитым сектором ВИЭ обладают, помимо Китая, США и Германия; за ними следуют Япония, Индия, Италия и Испания.<sup>97</sup> А наиболее высокие показатели производства энергии из возобновляемых источников в расчете на одного жителя были отмечены в Дании, Германии, Швеции, Испании и Португалии.<sup>98</sup>

Индия также входит в число стран-лидеров по увеличению мощности солнечных батарей, гидро- и ветроэнергетики.<sup>99</sup> Турция занимает первое место в мире по объему геотермальных мощностей, третье — по гидроэнергетике и десятое — по ветроэнергетике. Активно развиваются ВИЭ в Малайзии, Пакистане, Филиппинах, Республике Корея, Таиланде и Вьетнаме.<sup>100</sup>

94. IEA, Medium-Term Renewable Energy Market Report 2015, op. cit. note 31, p. 16.

95. Adnan Z. Amin, "The falling costs of renewable energy: no more excuses," *Huntington Post*, 30 November 2015. URL: [http://www.huntingtonpost.com/adnan-z-amin/post\\_10557\\_b\\_8600240.html](http://www.huntingtonpost.com/adnan-z-amin/post_10557_b_8600240.html)

96. Chinese Renewable Energy Industries Association (CREIA), personal communication with REN21, 26 April 2016, and from IRENA, op. cit. note 40.

97. EWEA, op. cit. note 89, pp. 3, 6, 7.

98. EWEA, op. cit. note 89, p. 4;

99. Government of India, Ministry of Power, Central Electricity Authority, "All India Installed Capacity (in MW) of Power Stations as on 31.12.2015 (Utilities)," URL: [http://www.cea.nic.in/reports/monthly/installedcapacity/2015/installed\\_capacity-12.pdf](http://www.cea.nic.in/reports/monthly/installedcapacity/2015/installed_capacity-12.pdf).

100. IEA PVPS, op. cit. note 87; and GWEC, op. cit. note 28, p. 11.

Таблица 8.9

**Генерирующие мощности ВИЭ в различных странах мира  
(по состоянию на конец 2015 года, ГВт)**

	ЕС-28	БРИКС	Китай	США	Германия	Япония	Индия	Италия	Испания
Биотопливо	36	31	10,3	16,7	7,1	4,8	5,6	4,1	1
Геотермальная энергетика	1	0,1	0	3,6	0	0,5	0	0,9	0
Гидроэнергетика	126	484	296	80	5,6	22	47	18	17
Морская энергетика	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0
Солнечная энергетика	95	50	44	26	40	34	5,2	18,9	5,4
Гелиотермальная энергетика	2,3	0,4	0	1,7	0	0	0,2	0	2,3
Ветряная энергетика	142	180	145	74	45	3	25	9	23
<b>Всего (с учетом ГЭС)</b>	<b>402</b>	<b>746</b>	<b>496</b>	<b>202</b>	<b>97</b>	<b>65</b>	<b>83</b>	<b>51</b>	<b>49</b>
<b>Всего (без учета ГЭС)</b>	<b>276</b>	<b>262</b>	<b>199</b>	<b>122</b>	<b>92</b>	<b>43</b>	<b>36</b>	<b>33</b>	<b>32</b>
Мощность электрогенерации ВИЭ на душу населения, кВт, (без ГЭС)	0,5	0,1	0,1	0,4	1,1	0,3	0,03	0,5	0,7

Источник: составлено по данным REN21, Eurostat.

Возобновляемые источники энергии составляют большую часть (77%) новых генерирующих мощностей ЕС уже восьмой год подряд, и Европейский Союз продолжает выводить из эксплуатации традиционные генерирующие мощности, заменяя их ВИЭ. В период с 2000 по 2015 г. доля ВИЭ в производстве электроэнергии в ЕС выросла с 24 % до 44 %, и, по состоянию на 2015 год, возобновляемые источники энергии



стали крупнейшим источником электроэнергии в Европе.<sup>101</sup> Следует отметить, что в 2014-2015 годах темпы введения новых генерирующих мощностей на основе ВИЭ в Евросоюзе существенно замедлились по сравнению с 2011-2013 годами, поскольку в большинстве стран Европы были сокращены объемы финансовой помощи сектору.<sup>102</sup>

Введенные в **США** новые ветряные (8,6 ГВт) и солнечные (7,4 ГВт, как фотоэлектрические, так и гелиотермальные) мощности превысили новые генерирующие мощности на природном газе (около 6 ГВт).<sup>103</sup> На возобновляемые источники энергии пришлось около 13,7% от общего производства электроэнергии в США в 2015 году.<sup>104</sup> Канада продолжает сохранять лидерство в сфере развития гидроэнергетики и занимает шестое место в мире по объемам ветроэнергетических мощностей.<sup>105</sup>

**Латинская Америка** остается одним из самых быстрорастущих рынков ветроэнергетики и солнечной энергетики в 2015 году, хотя и не обладает такой весомой базой, как США или ЕС. **Бразилия** является второй страной в мире по объему ввода новых ГЭС и четвертой — по вводу новых ветроэнергетических мощностей, а **Мексика** в 2015 году была одной из немногих стран мира, в которой произошел прирост производства энергии на геотермальных станциях.<sup>106</sup> В нескольких государствах, включая **Чили**, **Мексик**у и **Перу** в 2015 году были успешно проведены тендеры на закупку распределительными компаниями энергии из ВИЭ по очень низким, в сравнении с другими государствами, ценам.

В 2015 году в ряде стран **Африки** (в том числе в **Эфиопии**, **Гвинее** и **Замбии**) были введены в строй новые ГЭС. **ЮАР** стала первой страной на континенте, которая достигла 1 ГВт совокупной мощности фотоэлектрических установок. В большинстве стран Африки существуют проекты по использованию возобновляемых источников энергии которые находятся на стадии строительства или проектирования.<sup>107</sup>

101. EWEA, op. cit. note 89, p. 8.

102. Justin Scheck, "After years of growth, renewable-energy investors pull back from Europe," Wall Street Journal, 4 February 2016, URL: <http://www.wsj.com/articles/after-years-of-growth-green-energy-investors-pull-back-from-europe-1454591209>.

103. US EIA, Electric Power Monthly with Data for December 2015, op. cit. note 87.

104. Ibid.

105. Statistics Canada, Table 127-0009, "Installed generating capacity, by class of electricity producer," URL: <http://www5.statcan.gc.ca>.

106. Rafael Figueiredo and Larry B. Pascal, "New developments in Brazil's solar power sector," Renewable Energy World, 18 February 2016, <http://www.renewableenergyworld.com/articles/2016/02/new-developments-in-brazil-s-solar-power-sector>.

107. Mackay Miller et al., Status Report on Power System Transformation: A 21st Century Power Partnership Report (Golden, CO: NREL, May 2015), pp. iv–ix, <http://www.nrel.gov/docs/fy15osti/63366.pdf>.

Таблица 8.10

**Десятка стран-лидеров по мощности солнечных электростанций**

	Установленная мощность солнечных электростанций (всех типов) в 2014 году, ГВт	Прирост в 2015 г., ГВт	Установленная мощность солнечных электростанций (всех типов) в 2015 году, ГВт
Китай	28,3	15,2	43,5
Германия	38,2	1,5	39,7
Япония	23,4	11	34,4
США	18,3	7,3	25,6
Италия	18,6	0,3	18,9
Великобритания	5,4	3,7	9,1
Франция	5,6	0,9	6,5
Испания	5,4	0,1	5,5
Индия	3,2	2	5,2
Австралия	4,1	0,9	5

Источник: по данным МЭА, REN21, KPMG.

Австралия возглавила лидерство в области ВИЭ в Азиатско-Тихоокеанском регионе в 2015 году и вошла в ТОП-10 стран по уровню развития солнечной энергетики. По состоянию на конец 2015 года на каждого жителя Австралии приходилась как минимум одна солнечная панель.<sup>108</sup> На возобновляемые источники энергии приходилось около 14,6% производства электроэнергии в Австралии (по сравнению с 13,5% в 2014 году), несмотря на значительное падение в гидроэнергетике.

На **Ближнем Востоке** стремительно растет интерес к фотоэлектрическим и гелиотермальным системам, хотя значительные по мощности объекты возобновляемой энергетики в регионе, по вполне понятным причинам, отсутствуют. Тем не менее, ряд государств, включая Саудовскую Аравию, предприняли важные шаги в целях развития собственного производства солнечных батарей.<sup>109</sup>

108. "Australian solar industry celebrates the new year by ticking over 1.5m PV systems and one solar panel per person," SunWiz, undated, <http://www.sunwiz.com.au/index.php/2012-06-26-00-47-40/73-newsletter/384-australian-solar-industry-celebrates-the-new-year-by-ticking-over-1-5m-pv-systems.html>.

109. Middle East Solar Industry Association, Middle East Solar Outlook for 2016 (Dubai: 2016), p. 3, <http://www.mesia.com/wp-content/uploads/MESIA-Outlook-2016-web.pdf>.

Таблица 8.11

**Десятка стран-лидеров по мощности ветряных электростанций**

	Установленная мощность ветряных электростанций (всех типов) в 2014 году, ГВт	Прирост в 2015 г., ГВт	Установленная мощность ветряных электростанций (всех типов) в 2015 году, ГВт
Китай	114,6	30,8	145,4
США	65,4	8,6	74
Германия	39,2	6	45,2
Индия	22,5	2,6	25,1
Испания	23	0	23
Великобритания	12,6	1	13,6
Канада	9,7	1,5	11,2
Франция	9,3	1,1	10,4
Италия	8,7	0,3	9
Бразилия	6	2,8	8,8

Источник: по данным МЭА, REN21, KPMG.

**Бурный рост возобновляемой энергетики, безусловно, открыл новые возможности для отрасли, но также и породил новые проблемы и вызовы.** В странах, где потребление электроэнергии растет (преимущественно страны Азии), вновь создаваемые мощности возобновляемой энергетики используются для удовлетворения растущего спроса. В странах, для которых характерны низкие или отрицательные темпы роста потребления электроэнергии (например, в ряде стран ОЭСР), возобновляемые источники энергии постепенно вытесняют существующие генерирующие мощности, что нарушает сложившуюся структуру энергетических рынков и не всегда приводит к положительным последствиям.<sup>110</sup> Разрушение давно отлаженных моделей национальной энергетики приводит к резкому усилению рисков, связанных с энергетической безопасностью, стабильностью и надежностью энергоснабжения, от чего в первую очередь страдают крупные промышленные

110. Bernd Radowitz, "RE shine, but fossils force RWE to write-downs and lower guidance," Recharge News, 17 February 2016, <http://www.rechargenews.com/wind/1424156/re-shine-but-fossils-force-rwe-to-write-downs-and-lower-guidance>.

предприятия. Кроме того, общая ненадежность энергетической системы, которая в большей степени основана на возобновляемых источниках может привести к серьезным аварийным ситуациям, наподобие отключения крупных сегментов сети, как это произошло в Южной Австралии в 2016 году.<sup>111</sup> Наиболее остро с этой проблемой сталкиваются также страны Европейского Союза, и пока для нее не найдено однозначного решения.

### **8.5. Основные виды поддержки производства и потребления ВИЭ в странах и регионах**

В отличие от традиционной энергетики, которая развивалась в естественных условиях рынка на протяжении почти 150 лет, так называемая «зеленая энергетика» в наши дни развивается в основном благодаря мощной налоговой и законодательной поддержке государств.<sup>112</sup> На текущем уровне развития технологий себестоимость производства энергии из возобновляемых источников, таких как солнечные и ветряные генераторы, все еще остается более высокой, чем из традиционных, хотя за последние годы себестоимость производства электроэнергии из ВИЭ существенно снизилась. Например, если в 1977 году 1 кВт\*ч электроэнергии, выработанной на солнечной электростанции (СЭС), стоил в среднем порядка 75 долларов США, то в 2015 году этот показатель составил 1,0-1,2 доллара США, при особо благоприятных условиях — порядка 0,5 доллара США.<sup>113</sup> Тем не менее, это все еще выше себестоимости производства электроэнергии на классических ТЭС и АЭС (порядка 0,3-0,4 доллара США за кВт\*ч).

Для компенсации этих различий применяются такие виды поддержки возобновляемой энергетики, как целевые государственные субсидии и налоговые льготы, налоговые кредиты, целевые государственные инвестиции, введение требований по достижению определенных целевых показателей по повышению доли ВИЭ в общем производстве

111. South Australian blackout blamed on thermal and wind generator failures, plus high demand // The Guardian, 15 февраля 2017 г. URL: <https://www.theguardian.com/australia-news/2017/feb/15/south-australian-blackout-caused-by-demand-and-generator-failures-market-operator-says>

112. Халова Г.О., Йорданов С.Г., Полаева Г.Б. Анализ изменения роли ВИЭ в мировом производстве и потреблении энергии. // Инновации и инвестиции, №1, 2017, С.113-119.

113. По данным отчета Clean Energy Investment End of Year 2016. Bloomberg. URL: <https://about.bnef.com/clean-energy-investment/>

электроэнергии, в основном на солнечных и ветровых установках, а также фиксированных ежегодных целевых индикаторов роста мощностей ВИЭ. Практикуется введение жесткого экологического законодательства с запрещающими режимами, конечной целью которого является как уменьшение выбросов углекислого газа и других загрязнителей, так и постепенное устранение зависимости от ископаемого топлива.

По состоянию на 2015 год, активная политика поддержки в отношении возобновляемых источников энергии проводится в 146 странах. Страны всего мира продолжают разрабатывать новые меры содействия развитию ВИЭ, с целью устранения административных и экономических барьеров, привлечения иностранных инвестиций, внедрения новых технологий, стимулирования инноваций и повышения гибкости в энергетической инфраструктуре.

Как отмечалось выше, в 2015 году технологии возобновляемых источников энергии были названы в качестве основного средства для снижения вредных выбросов и адаптации к последствиям изменения климата в рамках подготовки к Рамочной Конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКИК ООН) 21-й конференции сторон в Париже. Опираясь на цели политики «Устойчивая энергетика для всех» были приняты новые цели устойчивого развития, согласно которым возобновляемые источники энергии и энергоэффективные технологии признаются необходимыми элементами для решения таких проблем развития человечества как нищета, охрана окружающей среды и обеспечения процветания для всех.<sup>114</sup>

Регулирующие органы государств, ответственные за проведение энергетической политики на национальном и субнациональном уровнях продолжают активную дискуссию о пересмотре существующих механизмов, стремясь решить возникающие на технические, экономические и социально-политические проблемы, связанные с ростом использования возобновляемых источников для генерации электроэнергии, а также расширения использования возобновляемых источников энергии в системах отопления, охлаждения и в транспорте.<sup>115</sup>

Новые заметные тенденции региональной политики в области возобновляемых источников возникают во всех регионах мира. Ряд африканских стран поставили себе более высокие и сложные цели по

---

114. United Nations, "Sustainable Development Goals," <http://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>, viewed 18 February 2016.

115. IRENA, Renewable Energy Target Setting (Abu Dhabi: 2015), [http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA\\_RE\\_Target\\_Setting\\_2015.pdf](http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Target_Setting_2015.pdf).

развитию возобновляемой энергетики в 2015 году. Большинство из 15 государств-членов ЭКОВАС успешно выполнили свои национальные планы действий по возобновляемой энергетике.<sup>116</sup>

В Азиатско-Тихоокеанском регионе Китай и Индия существенно увеличили объем государственных программ по внедрению возобновляемых источников энергии. Индия является особенно активной в расширении политики по разворачиванию новых мощностей ветряной и солнечной генерации, активно проводит работу по оптимизации политики учета и рыночной адаптации ВИЭ. Несколько малых тихоокеанских островных государств поставили себе цель добиться полного перехода на возобновляемую энергетику в ближайшие несколько лет.

В Европейском Союзе была принята новая общеевропейская программа, по итогам выполнения которой к 2030 году доля возобновляемых источников в конечном потреблении составит минимум 27 процентов. Программа предусматривает, кроме всего прочего, переход от льготного и субсидируемого ценообразования к рыночному на основе биржевых торгов.<sup>117</sup> Еврокомиссия продолжает содействовать расширению использования биотоплива, энергетической эффективности и т.д. Европейская политика в области ВИЭ является многовекторной, комплексной и рассчитана на долгосрочную перспективу.

Страны Латинской Америки и Карибского бассейна продолжают устанавливать для себя одни из самых сложных и масштабных целей по разворачиванию возобновляемых источников энергии. Регион остается в авангарде использования механизма конкурсных торгов для реализации проектов возобновляемой энергии, то есть, открытого, рыночного и прозрачного механизма, который способствует привлечению большого числа иностранных инвесторов.<sup>118</sup>

США и Канада в 2015 году продлили федеральные инвестиционные и производственные налоговые льготы для компаний из сектора

---

116. Economic Community of West African States, ECOWAS Renewable Energy Policy (Praia, Cabo Verde: 2015), [http://www.ecreee.org/sites/default/files/documents/ecowas\\_renewable\\_energy\\_policy.pdf](http://www.ecreee.org/sites/default/files/documents/ecowas_renewable_energy_policy.pdf).

117. Henriette Jacobsen and James Crisp, "EU leaders adopt 'flexible' energy and climate targets for 2030," EurActiv, 28 October 2014, <https://www.euractiv.com/section/sustainable-dev/news/eu-leaders-adopt-flexible-energy-and-climate-targets-for-2030/>.

118. The Climate Group, "Infographic: How governments are leading on climate through the compact of states and regions," 2 July 2015, <http://www.theclimategroup.org/what-we-do/news-and-blogs/infographic-how-governments-are-leading-on-climate-through-the-compact-of-states-and-regions/>.

возобновляемой энергетики, а также для компаний, использующих энергию исключительно или преимущественно из возобновляемых источников.<sup>119</sup>

### **8.6. Переход от рынка энергетических ресурсов к рынку энергетических технологий. Монополизация рынка возобновляемой энергетики**

Развитие технологий возобновляемой энергетики является одним из основных факторов трансформации мирового энергетического рынка, включая переход от рынка энергетических ресурсов к рынку энергетических технологий как нового этапа развития энергетики.<sup>120</sup>

Необходимо отметить, что технологии солнечной и ветряной генерации энергии известны человечеству очень давно. Человечество научилось использовать энергию ветра с появлением таких изобретений как парус и ветряная мельница, а фотогальванический эффект как физический принцип, на котором основана солнечная энергетика, был открыт французским физиком Э. Беккерелем еще в 1839 году. Однако практическое применение солнечной генерации стало возможным только к середине XX столетия, и ее развитию способствовало в первую очередь развитие космических технологий. Впервые эффективные солнечные батареи были созданы в СССР под научным руководством академика, лауреата Нобелевской премии по физике Ж. И. Алферова в середине 1960-х годов и применены на искусственных спутниках Земли и пилотируемых космических аппаратах серии «Союз», которые стали первыми в истории управляемыми космическими кораблями, которые полностью обеспечивали себя энергией за счет солнечных батарей. Однако использованию солнечных панелей в условиях атмосферы на поверхности Земли препятствовал их низкий КПД, который составлял в 1970-х годах не более 8-10%.<sup>121</sup> Только к середине 1990-х годов технологии позволили добиться приемлемого уровня КПД фотоэлектрических и фотоэлектрохимических установок в 20-25 %, и в Германии,

119. Assessing the Post-2020 Clean Energy Landscape (Washington, DC: WRI, November 2015), [http://www.wri.org/sites/default/files/WRI-OCN\\_Assessing-Post-2020-Clean-Energy-Landscape.pdf](http://www.wri.org/sites/default/files/WRI-OCN_Assessing-Post-2020-Clean-Energy-Landscape.pdf).

120. А.И. Агеев, А.И. Громов. Концепция энергетизма и ее применение в задачах экономического и энергетического стратегирования. «Энергетическая политика», М. N 5, 2014 г. с. 17.

121. Алфёров Ж. И., Андреев В. М., Румянцев В. Д. Тенденции и перспективы развития солнечной фотоэнергетики // Физика и техника полупроводников, 2004, Т. 38, вып. 8, с. 937-948.



Таблица 8.12

**Редкие и редкоземельные элементы, применяемые  
в производстве оборудования для ВИЭ**

Критические элементы / редкие элементы	Солнечные панели, PV-пленка	Ветряные генера- торы, магниты для электродвигателей	Аккумуляирование энергии / батареи, конденсаторы
Лантан (La)			X
Церий (Ce)			X
Празеодим (Pr)		X	X
Неодим (Nd)		X	X
Самарий (Sm)		X	
Диспрозий (Dy)		X	
Индий (In)	X		
Кобальт (Co)			X
Литий (Li)			X
Теллур (Te)	X		
Галлий (Ga)	X		

*Источник:* по данным US Geological Survey.

США и Японии немедленно началось серийное производство коммерческих солнечных панелей. К середине 2000-х годов технологически и рыночными лидерами в области солнечной энергетики стали немецкие, японские и американские компании, которые пользовались значительной финансовой и политической поддержкой своих правительств.<sup>122</sup> КПД наиболее современных солнечных установок может достигать 30 %, и его дальнейший рост сталкивается с серьезными ограничениями на уровне физических и химических процессов.

Похожим образом шла эволюция ветряной энергетики: первые комплексы ветряных электростанций появились еще в 1970-е годы, но потребовалось около 40 лет, чтобы добиться КПД на уровне 25-30 %. Аналогичным образом, наибольшую поддержку получили соответствующие научно-исследовательские организации и коммерческие компании в США и Европе, в меньшей степени — в Японии.

122. Photovoltaics — Historical Development. Large-Scale Solar Cell Producers. URL: <http://www.pvresources.com/en/introduction/history.php>.



В последние годы (2008-2015) в альтернативной энергетике формируется новый тренд, центром которого становится Китай. Развитие возобновляемой энергетике и конкуренция в этом секторе напрямую взаимосвязаны с добычей редких и редкоземельных металлов и производством соответствующей высокотехнологичной продукции. Тринадцать редких и редкоземельных материалов используется для производства оборудования, критически необходимого для возобновляемой энергетике. Так, например, теллур используется для производства тонкой фольги при производстве фотоэлектрических панелей, литий — для производства электрических батарей, неодим используется в производстве магнитных элементов генераторов ветряных турбин, празеодимий применяется для производства постоянных магнитов и электродвигателей и т.д. Эти и другие подобные материалы, которые являются весьма дорогостоящими и дефицитными на мировом рынке, находятся в основе функционирования всей мировой возобновляемой энергетике, поскольку без них невозможно было бы производство соответствующего оборудования (таблица 8.12).<sup>123</sup>

За последнее десятилетие Китай превратился в основного производителя редких и редкоземельных металлов. Сегодня Китай обеспечивает от 85 % до 95 % мировых поставок семнадцати редких элементов и металлов, которые используются в возобновляемой энергетике. Монопольное положение китайского экспорта несколько снизилось после 2013 года из-за роста добычи и производства тех же элементов и материалов в Соединенных Штатах (с 800 тонн в 2012 году до 7000 тонн в 2015 году) и Австралии (от 3200 тонн в 2013 году до 10000 тонн в 2015 году).<sup>124</sup> Из-за повышения мирового спроса на редкие и редкоземельные металлы благодаря развитию электроники, автомобилостроения, космической индустрии, ожидается интенсивная разработка новых месторождений в Австралии, Северной Америке и Африке.<sup>125</sup> В таблице 8.13 приведены основные мировые производители редких и редкоземельных металлов и элементов.

123. Nicola Jones. Report: A Scarcity of Rare Metals Is Hindering Green Technologies. Yale Environment 360. Yale School of Forestry & Environmental Studies.

124. Marc Humphries. Rare Earth Elements: The Global Supply Chain. CRS Report for Congress, December 16, 2015, pp. 10-11.

125. Hobart King. REE — Rare Earth Elements and their Uses. URL: <http://geology.com/articles/rare-earth-elements>.

Таблица 2.13

**Мировое производство редких и редкоземельных элементов  
в 2005–2014 годах, тысяч тонн**

Страна	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Китай	119	133	120	125	129	130	105	100	100	95
доля Китая в мире	98 %	97 %	97 %	96 %	97 %	97 %	95 %	91 %	91 %	86 %
Индия	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	3
Австралия	0	0	0	0	0	0	2,2	3,2	2	2,5
Малайзия	0,15	0,43	0,38	0,23	0,35	0,35	0,28	0,2	0,1	0,2
Россия			2,7	2,47	2,5	2,5	2,5	2,4	2,4	2,5
Бразилия	0,527	0,527	0,645	0,55	0,55	0,55	0,25	0,14	0,13	0,12
США	0	0	0	0	0	0	0	0,8	4	7
<b>ВСЕГО</b>	<b>122</b>	<b>137</b>	<b>124</b>	<b>128</b>	<b>135</b>	<b>134</b>	<b>111</b>	<b>110</b>	<b>110</b>	<b>110</b>

*Источник:* Rare earth elements. U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, British Geological Survey (BGS, 2014) .

В 2015 году мировой спрос на редкие металлы составил около 146 млн тонн, а общий объем рынка — около 5 млрд долларов США. Китай является не только крупнейшим производителем этих элементов, но и их крупнейшим потребителем: на него приходится более 65% мирового спроса, на долю Японии — около 16%, США — 9%, Европейский Союз — 8%.<sup>126</sup> Спрос на редкие материалы в 2013–2015 годах стабилизировался, рынок продолжает слабый рост, темпы которого снизились из-за мирового экономического кризиса (таблица 8.14).

Вопреки этому остаются очень высокими ожидания развития рынков электромобилей, цифровых и космических технологий, что позволяет предположить, что объем потребления редких и редкоземельных элементов достигнет 180 млн тонн а объем — 9 млрд долларов США уже к 2020 году, то есть, этот рынок будет расти на 6–7% в год.<sup>127</sup> До 2020 года, а возможно и после, Китай сохранит свое монопольное положение

126. Geoff Hiscock. Australia's Lynas chips away at Chinese domination. Asian Review Nikkei.

127. Demand for Rare Earths Will Grow Steadily // Engineering & Mining Journal, USA, 09.12.2015. URL: <http://www.emj.com/departments/markets/5830-demand-for-rare-earths-will-grow-steadily.html#.VxKyJfmLTIW>

Таблица 2.14

**Мировой спрос на редкие металлы и элементы, тысяч тонн**

	2009	2014	2019	2009-2014 (%)	2009-2015 (%)
<b>Китай</b>	57	81	99	5,1	4,2
<b>Япония</b>	16	14	15	7,3	1,5
<b>США</b>	6,6	8,5	9	-2,5	1,1
<b>Другие страны</b>	18,5	22,3	25,9	3,8	2,8
<b>Спрос мировой</b>	98	125	149	5,1	3,5

Источник: Engineering & Mining Journal, November 2015.

на рынке редких материалов как в качестве основного производителя с рыночной долей порядка 80 %, так и в качестве основного потребителя с долей в 2/3 от общемирового потребления.

Следует учитывать, что добыча и переработка редких и редкоземельных элементов оказывает значительное вредное воздействие на окружающую среду. Ряд технологий добычи и переработки таких элементов запрещены в странах Европейского Союза и Соединенных Штатов. В Китае, Индии и ряде других стран подобные ограничения отсутствуют, что еще больше усиливает их позицию на рынке.

Таким образом, рост мощностей и инвестиций в возобновляемую энергетику в США, Китае и странах Европейского Союза за 2000-2015 годы объясняется тем, что **эти страны являются крупнейшими потребителями энергии в мире, но не располагают достаточным количеством собственных энергетических ресурсов, чтобы полностью удовлетворить свой спрос.** Эти же страны одновременно являются **самыми крупными производителями и потребителями техники и технологий возобновляемой энергетики.** Они образуют очень капиталоемкий, высокотехнологичный, но олигопольный по своей сути рынок, на 90 % обеспеченный ресурсами от одного поставщика — Китая, а технологиями — стран Европейского Союза (в основном, Германии), США и Японии. Мировой спрос на возобновляемую энергетику стимулируется через защитные экологические тезисы и массированный маркетинг «зеленой энергии», а сами эти государства компенсируют высокие затраты на развитие и поддержание возобновляемой энергетики на своих внутренних рынках благодаря экспорту технологий и материалов

для ВИЭ, таким образом, получая значительные конкурентные преимущества. Это означает, что мировой рынок возобновляемой энергетики сегодня складывается из двух основных составляющих: не только ресурсов и материалов, необходимых для производства оборудования ВИЭ, но главным образом — **технологий, которые были созданы и развиты до достаточно высокого уровня на протяжении последних 40-50 лет узким кругом компаний и организаций, пользовавшихся значительной государственной поддержкой.**

# РОЛЬ ВИЭ В ЭНЕРГЕТИКЕ ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА

---

### ***9.1. Становление возобновляемой энергетики как части энергетической политики ЕС***

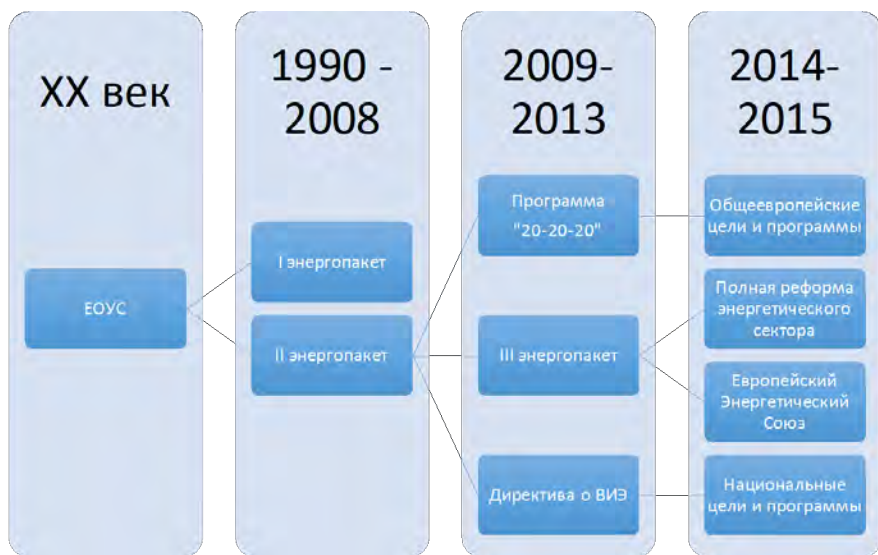
История европейской интеграции насчитывает более полувека, и на своем пути Евросоюз прошел множество этапов от формирования первой зоны свободной торговли до крупнейшего в мире интеграционного блока с развитыми наднациональными институтами управления и принятия решений.

Необходимо отметить, что энергетическая отрасль изначально лежала в основе формирования европейской общности. Первым шагом европейской интеграции, как энергетической, так и экономической, стало подписание в Париже, в 1951 году договора о Европейском объединении угля и стали (ЕОУС), в который вошли Франция, Германия, Италия, Бельгия, Нидерланды и Люксембург.<sup>128</sup> ЕОУС был подписан в целях создания условий для свободного производства и перемещения продукции угольной и металлургической промышленности между данными странами: уголь в то время был основным источником энергии, а металлургия — ключевой отраслью промышленности, которая потребляла больше всего энергии. Кроме того, формирование подобного объединения отвечало задачам послевоенного восстановления Европы. Договор о ЕОУС перестал действовать спустя 50 лет после его заключения — 23 июля 2002 года, в полном соответствии с его изначальными условиями. За эти полвека он вошел в общую структуру европейских договоров и институтов, а с 2002 года те его положения, которые не утратили актуальность, являются частью Ниццкого договора.<sup>129</sup> Европейская энергетика за эти годы также прошла большой и трудный путь: от государственных монополий к основам формирования единых европейских либерализованных рынков газа и электрической энергии. Наиболее важными этапами на этом пути являлись известные «электрические» и «газовые» Директивы Еврокомиссии, Второй и Третий энергопакеты, а также Директива о возобновляемых источниках энергии, Программа «20-20-20» и Директива о Европейском энергетическом союзе (рисунки 9.1).

---

128. Treaty establishing the European Coal and Steel Community, ECSC Treaty [Электронный ресурс]. URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:xy0022>

129. Expiry of the ECSC Treaty [Электронный ресурс]. URL: [http://europa.eu/ecsc/index\\_en.htm](http://europa.eu/ecsc/index_en.htm)

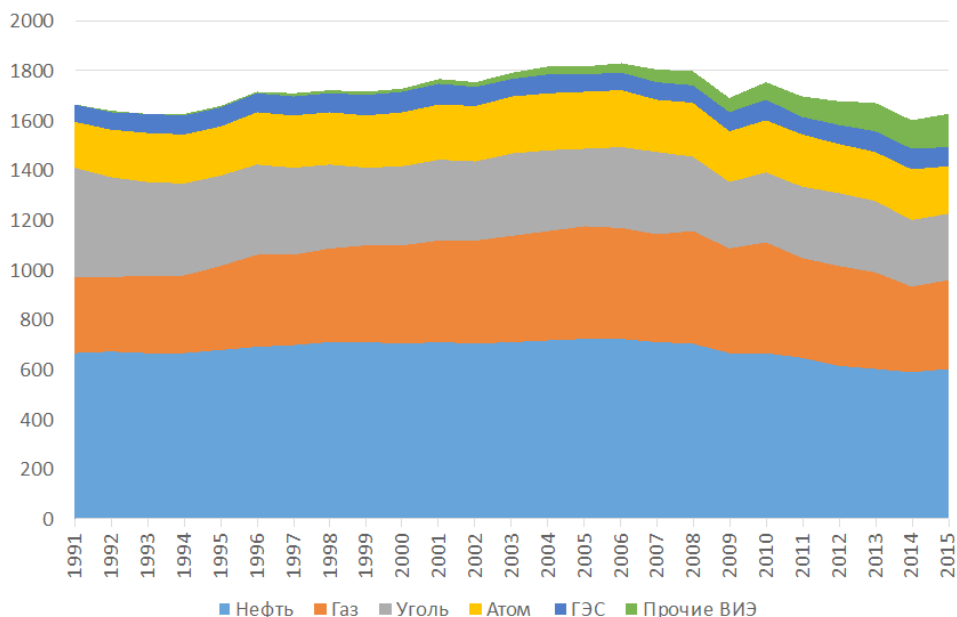


**Рис. 9.1. Схема эволюции энергетической политики Европейского Союза**

*Источник:* составлено авторами на основе анализа документации Еврокомиссии.

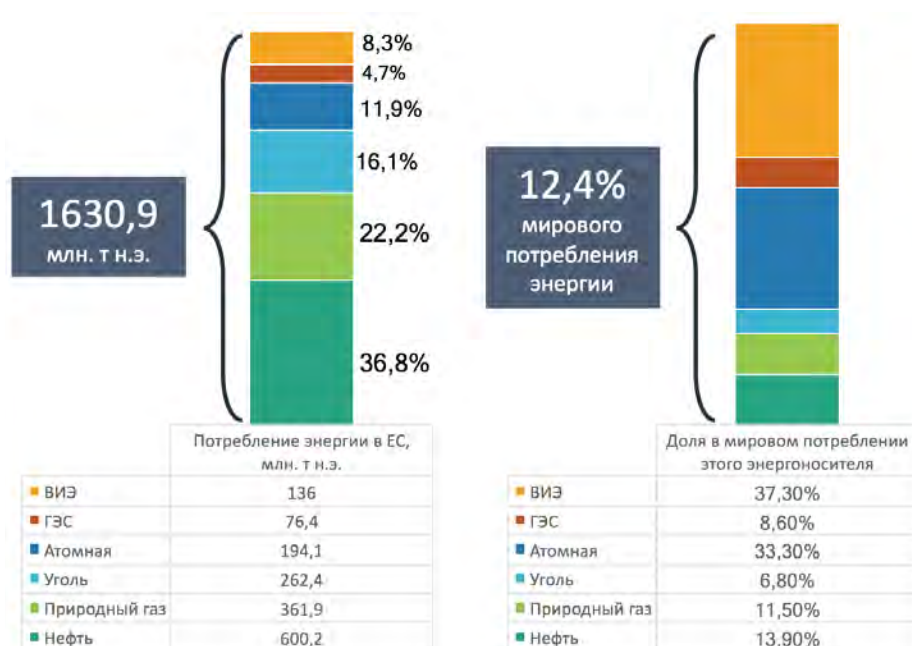
Комплексный анализ энергетической политики ЕС как в исторической ретроспективе, так и на современном этапе позволяет сделать вывод, что основной целью этой политики является **обеспечение энергетической безопасности Евросоюза**. В сложившихся геоэкономических условиях, при имеющихся и перспективных технологиях основными средствами достижения этой цели оказались технологии энергосбережения и энергоэффективности, а также возобновляемые источники энергии — единственный вид энергетических ресурсов, которым страны Европы обладают в достаточном количестве и который могут использовать независимо от внешних поставщиков.

ЕС использует все виды энергоносителей (рисунки 9.2 и 9.3). Валовое производство первичной энергии и конечное потребление энергии в ЕС в последние годы имеют тенденцию к замедлению роста. На возобновляемые источники энергии сегодня приходится 8,3 % конечного потребления энергии в ЕС (136 млн т н.э), и за период 2005-2015 гг. объем потребления энергии из возобновляемых источников энергии в ЕС вырос более чем на 75%. Доля твердого топлива (в основном угля) в энергобалансе сегодня составляет 16,1% (262,4 млн т н.э), и за последние 10 лет его потребление снизилось на 20,4%. На природный газ приходится 22,2% (361,9 млн т н.э), его потребление также сократилось на 24,2% по сравнению с 2005 годом. Наибольшая доля в энергобалансе принадлежит нефти за счет по-прежнему высокого её



**Рис. 9.2. Динамика энергетического баланса 28 стран — членов ЕС**

Источник: составлено авторами по данным BP, Eurostat.



**Рис. 9.3. Структура энергетического баланса ЕС и место ЕС в мировом потреблении энергии по видам энергоносителей в 2015 году**

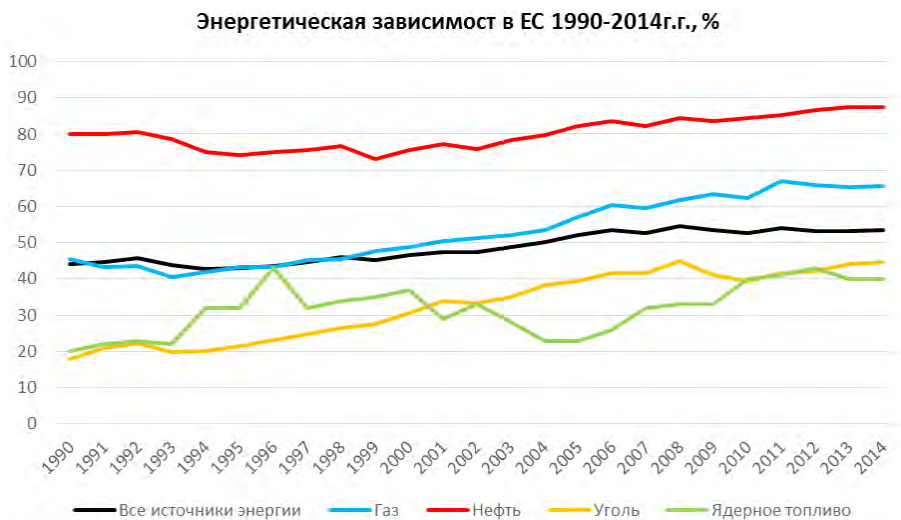
Источник: составлено авторами по данным BP, Eurostat.

потребления в транспортном секторе — 36,8% (более 600 млн т н.э), хотя ее потребление, как и прочих углеводородов, снизилось на 20%. При этом в мировом энергобалансе ЕС является одним из лидеров по использованию ВИЭ — на его долю приходится более 37% мирового потребления энергии из возобновляемых источников.

Хотя за прошедшие 10 лет структура энергетического баланса ЕС значительно изменилась, зависимость ЕС от импорта энергетических ресурсов была и остается очень высокой (рис. 9.4). Таким образом, подтверждается актуальность целей и задач энергетической политики ЕС.

### **Доля ВИЭ в производстве электроэнергии в ЕС**

По данным Евростата в 2014 г. доля производства электроэнергии из возобновляемых источников составила 29,2% от общей электрогенерации в ЕС. При этом поставлена общая цель довести этот показатель до 34% в 2020 году. В 2015 г. валовое производство электроэнергии из ВИЭ достигло 930,9 TWh, что на 13,1% больше по сравнению с 2013 годом. В основном рост был достигнут за счет солнечной энергетики. Однако здесь также присутствуют огромные различия между странами, что отражает разницу в физических, экономических и финансовых возможностях государств и в меньшей степени — различия в политике стимулирования ВИЭ (таблица 9.1).



**Рис. 9.4. Зависимость ЕС от импорта ключевых видов энергоресурсов (доля импортного ресурса в общем потреблении)**

Источник: составлено авторами по данным Eurostat.



Таблица 9.1

**Генерация электроэнергии из ВИЭ по странам ЕС в 2014 г.**

	<b>ВИЭ всего</b>	<b>ГЭС</b>	<b>ВЭС</b>	<b>Биомасса и прочие</b>	<b>СЭС</b>
<b>ТВт/ч</b>	<b>930,9</b>	<b>406,5</b>	<b>253,2</b>	<b>173,5</b>	<b>97,8</b>
<b>Доля</b>	<b>100,0%</b>	<b>43,7%</b>	<b>27,2%</b>	<b>18,7%</b>	<b>10,5%</b>
<b>BE</b>	13,4	1,51	4,61	4,4	2,88
<b>BG</b>	7,95	5,16	1,33	0,2	1,25
<b>CZ</b>	10,22	2,96	0,48	4,66	2,12
<b>DK</b>	17,98	0,02	13,08	4,29	0,6
<b>DE</b>	168,37	25,44	57,36	49,52	36,06
<b>EE</b>	1,39	0,03	0,6	0,76	0
<b>IE</b>	6,66	0,99	5,14	0,54	0
<b>EL</b>	12,31	4,61	3,69	0,22	3,79
<b>ES</b>	114,07	42,97	52,01	5,41	13,67
<b>FR</b>	97,2	68,63	17,25	5,42	5,91
<b>HR</b>	10,06	9,13	0,73	0,17	0,04
<b>IT</b>	122,39	60,26	15,18	24,65	22,31
<b>CY</b>	0,32	0	0,18	0,05	0,08
<b>LV</b>	2,8	1,99	0,14	0,67	0
<b>LT</b>	2,2	1,09	0,64	0,4	0,07
<b>LU</b>	1,46	1,17	0,08	0,12	0,1
<b>HU</b>	3,14	0,3	0,66	2,12	0,06
<b>MT</b>	0,08	0	0	0,01	0,07
<b>NL</b>	11,71	0,11	5,8	5,01	0,79
<b>AT</b>	53,8	44,83	3,85	4,34	0,79
<b>PL</b>	20,39	2,73	7,68	9,98	0,01
<b>PT</b>	32,4	16,41	12,11	3,26	0,63
<b>RO</b>	27,6	19,28	6,2	0,51	1,62
<b>SI</b>	6,89	6,37	0	0,26	0,26
<b>SK</b>	6,48	4,46	0,01	1,42	0,6
<b>FI</b>	26,27	13,4	1,11	11,76	0,01
<b>SE</b>	85,85	63,87	11,23	10,7	0,05
<b>UK</b>	67,54	8,77	32,02	22,7	4,05

Источник: EU Energy in Figures — 2016 Statistical Yearbook.

Одним из индикаторов «Программы 20-20-20» является 20-процентная доля ВИЭ в валовом конечном потреблении всех стран ЕС. Каждая страна ЕС имеет национальную цель по развитию ВИЭ, определенную на основании ее экономического и энергетического потенциала. При этом страны ЕС крайне неравномерно развиваются в области ВИЭ. Так, с 2004 г. доля ВИЭ в валовом конечном потреблении энергии у 13 стран ЕС выросла более чем два раза. Такие страны, как Болгария, Эстония и Швеция уже перевыполнили план 2020 года по внедрению ВИЭ. С другой стороны, Литва, Румыния и Италия выполнили менее половины «Программы 20-20-20». Великобритания, Голландия, Франция и Ирландия также отстают от национальных программ внедрения ВИЭ.

Европейская Комиссия при этом по-прежнему ожидает, что все страны ЕС выполняют или перевыполняют планы «Программы 20-20-20» по возобновляемой энергетике. Девятнадцать государств-членов, в том числе Австрия, Болгария, Эстония, Дания, Германия, Италия, Литва, Румыния и Швеция обладают огромным потенциалом по внедрению ВИЭ. Некоторые государства-члены, такие как Франция, Люксембург, Мальта, Нидерланды и Объединенное королевство, а также Бельгия и Испания должны приложить большие усилия для выполнения поставленных задач. А в Венгрии и Польше достижение плановых показателей по внедрению ВИЭ к 2020 году представляется весьма трудновыполнимой задачей.<sup>130</sup>

## ***9.2. Стимулирование освоения ВИЭ в ЕС: программы поддержки***

При текущем уровне развития технологий, сложившихся условиях развития энергетических рынков, высокой себестоимости производства энергии из ВИЭ и состоянии экономик стран ЕС установленные цели по развитию возобновляемой энергетики в Европе не могут быть достигнуты естественным образом. По этой причине развитие ВИЭ в Европе с самого начала осуществлялось и продолжает осуществляться с использованием многочисленных общеевропейских и национальных схем государственной поддержки и стимулирования инвестиций в возобновляемые источники энергии.

---

130. Report from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Renewable energy progress. COM(2015) 293, Brussels, 15.06.2015)

Европейский Союз разработал специальное Руководство для стран ЕС при разработке и реформированию схем поддержки возобновляемых источников энергии.<sup>131</sup> В нем обозначены цели и задачи государственной поддержки возобновляемой энергетики в Европе, предложены оптимальные механизмы и способы оказания такой поддержки. В целом, данное руководство предлагает следующее:

- прямая финансовая поддержка возобновляемых источников энергии разрешена, но она должна быть ограничена на минимальном и достаточном уровне, а также должна быть направлена на обеспечение конкурентоспособности возобновляемых источников энергии на энергетическом рынке ЕС;
- схемы поддержки возобновляемой энергетики должны быть гибкими и динамично изменяться в соответствии с дальнейшим развитием технологий. По мере развития технологий и снижения издержек производства в отрасли, объем поддержки должен снижаться, либо поддержка должна быть вовсе прекращена;
- следует избегать необъявленных или ретроактивных изменений в схемах поддержки, поскольку они подрывают доверие инвесторов и предотвращают будущие инвестиции;
- страны ЕС должны использовать потенциал возобновляемой энергии в других странах через механизмы сотрудничества. Это позволит снизить издержки для потребителей и повысить доверие инвесторов.

Механизмам межстранового сотрудничества в области развития и поддержки возобновляемой энергетики уделяется особое внимание. Хотя во всех странах ЕС имеется внутренний потенциал для развития возобновляемых источников энергии, некоторые районы Европы имеют больший потенциал, чем другие. Например, в некоторых странах может быть больше рек, пригодных для гидроэлектроэнергии, в то время как другие могут иметь больше солнечного света, лучше подходящего для солнечной энергии.

Формирование внутреннего энергетического рынка Европы создает огромные возможности для совместной работы стран по использованию этих возобновляемых ресурсов и достижению своих целей в области возобновляемой энергетики. В соответствии с Директивой о

---

131. European Commission guidance for the design of renewables support schemes. Commission Staff Working Document. Brussels, 5.11.2013 SWD (2013) 439 final.

возобновляемых источниках энергии<sup>132</sup> возможны следующие формы межстранового сотрудничества:

- статистический взаимозачет;
- совместные проекты ВИЭ;
- схемы совместной поддержки проектов ВИЭ.

При статистическом взаимозачете количество возобновляемой энергии вычитается из процесса производства в одной стране и добавляется к сумме произведенной энергии в другой. Это является формальной процедурой учета, в результате которой между странами не происходит обмена энергией или материальными активами. Подобный механизм сотрудничества предоставляет странам ЕС дополнительный стимул превысить свои целевые показатели, поскольку они могут получать плату за передачу возобновляемой энергии другим государствам. Он также позволяет странам с менее рентабельными возобновляемыми источниками энергии достигать своих целевых показателей при меньших затратах. Следует подчеркнуть, что **подобные манипуляции со статистикой зачастую значительно искажают реальную картину развития отрасли в ЕС.**

Две или более стран ЕС могут совместно финансировать проект по развитию возобновляемых источников энергии в области электроснабжения, отопления и охлаждения, а также использовать полученную в результате возобновляемую энергию для достижения своих целевых показателей. Эти проекты могут, но не обязательно должны, включать физический перенос энергии из одной страны в другую.

Страны ЕС могут также вступать в совместные проекты со странами, не входящими в ЕС. Выработанная энергия будет засчитываться в национальные цели страны ЕС, если такой проект включает в себя производство электроэнергии на территории ЕС, либо физические потоки энергии, направленные в ЕС (чтобы гарантировать, что проект реально повлияет на количество возобновляемой энергии, потребляемой в ЕС). Две или более стран ЕС могут совместно финансировать совместную схему поддержки для стимулирования производства возобновляемой энергии на одной или обеих своих территориях.

Обеспечение развития возобновляемой энергетики в Европе требует значительных государственных инвестиций. ЕС предоставляет ряд

---

132. Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC (Text with EEA relevance).

программ финансирования и схем кредитования, чтобы помочь компаниям, регионам и странам реализовывать проекты в области возобновляемой энергетики. Необходимо отметить, что проекты по возобновляемой энергетике, как правило, финансируются в рамках комплексных энергетических программ Европейского Союза, хотя существуют и узкоспециализированные программы. Рассмотрим наиболее важные из них более подробно.

### **Европейская энергетическая программа**

Объем финансирования в рамках Европейской энергетической программы (European Energy Programme for Recovery, EEPR) составляет около 4 миллиардов евро в год. EEPR осуществляется при поддержке Еврокомиссии и финансирует ключевые энергетические проекты в странах Европейского союза. По состоянию на конец 2016 года с помощью EEPR было профинансировано 44 проекта по развитию газовой и электроэнергетической инфраструктуры, 9 проектов по ветряной генерации, а также 6 проектов по захвату и хранению углеродных выбросов. В рамках EEPR Европейская комиссия также запустила Европейский фонд энергоэффективности (EEE-F). EEE-F предлагает финансовые продукты, в частности, целевые кредиты на специальных условиях, гарантии или долевое участие в инвестициях в области возобновляемой энергетики или повышения энергоэффективности.<sup>133</sup>

### **Connecting Europe Facility**

#### **(Механизм Европейского объединения)**

Connecting Europe Facility (CEF) — это план ЕС по расширению энергетической, транспортной и цифровой инфраструктуры в период с 2014 по 2020 годы, финансируемый в объеме 33 млрд евро (то есть, до 5,5 млрд евро ежегодно). В рамках CEF 5,85 млрд евро направляется на реализацию трансъевропейских энергетических инфраструктурных проектов, таких как газопроводы, передающие сети, СПГ-терминалы, хранилища газа и интеллектуальные сети, а также возобновляемые источники энергии. Европейская комиссия составила список из 248 проектов ЕС, представляющих общий интерес, которые могут претендовать на финансирование CEF. Этот список обновляется каждые два года.<sup>134</sup>

133. Report on the implementation of the European Energy Programme for Recovery [COM(2016) 743].

134. Connecting Europe Facility (CEF). Overview. URL: [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2013\\_pci\\_projects\\_country.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2013_pci_projects_country.pdf)

## Горизонт 2020

Программа исследований и инноваций ЕС «Горизонт 2020» (Horizon-2020) предусматривает финансирование в размере 5,9 млрд евро на проекты в области энергетики в период с 2014 по 2020 годы. Эти проекты направлены на создание и совершенствование экологически чистых энергетических технологий, таких как интеллектуальные энергетические сети, энергия приливов и решение проблемы длительного хранения энергии.<sup>135</sup> Ранее энергетические проекты финансировались 7-й Рамочной программой научно-технического развития (FP7), которая проводилась с 2007 по 2013 год.

## NER 300 (New Entrants' Reserve — Резерв новых участников)

Программа NER 300 использует средства от продажи квот на выбросы парниковых газов для финансирования демонстрационных проектов по улавливанию и хранению углерода (CCS) и использованию возобновляемых источников энергии в Европе. Эти проекты призваны продемонстрировать коммерческую жизнеспособность таких технологий, как концентрированная солнечная энергия, интеллектуальные сети, биоэнергия и CCS. На сегодняшний день в рамках программы на реализацию 38 проектов в области возобновляемых источников энергии было выделено более 2,2 млрд евро. Еще порядка с 2,8 млрд евро было привлечено в программу в виде частных инвестиций.<sup>136</sup>

## Cohesion Fund (Фонд сплочения)

Фонд сплочения ЕС в объеме 63,4 млрд евро направлен на сокращение экономического и социального неравенства между странами ЕС и содействие устойчивому развитию. Фонд поддерживает проекты, связанные с энергетикой, которые приносят пользу окружающей среде, такие как сокращение выбросов парниковых газов, расширение использования возобновляемых источников энергии или повышение эффективности использования энергии. Часть Фонда сплочения пойдет на реализацию планов ЕС по энергетическому союзу.<sup>137</sup>

135. The EU Framework Programme for Research and Innovation. URL: <http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/area/energy>

136. NER 300 programme / Climate Action in European Union. URL: [https://ec.europa.eu/clima/policies/lowcarbon/ner300\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/lowcarbon/ner300_en)

137. Technical Guidance «Financing the energy renovation of buildings with Cohesion Policy Funding» / Final Report. URL: <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/>

### **Европейский фонд регионального развития и Европейский инвестиционный банк**

Европейский фонд регионального развития (ERDF) нацелен на сокращение экономического и социального неравенства между регионами ЕС. Одной из приоритетных областей ERDF на период 2014-2020 годов является «низкоуглеродная экономика».<sup>138</sup>

Европейский инвестиционный банк помогает финансировать энергетические проекты, предоставляя компаниям кредиты и другие финансовые инструменты. ЕИБ также предоставляет консультации и экспертизу по вопросам администрации и разработки проектов. Финансируемые ЕИБ энергетические проекты включают в себя возобновляемые источники энергии, инфраструктуру и новые технологии.<sup>139</sup>

Таким образом, общий объем прямой финансовой поддержки развития возобновляемой энергетики в ЕС сегодня оценивается **не менее чем в 100 млрд евро ежегодно**, а в некоторые годы (например, в период бума развития ВИЭ в 2010-2012 годах) суммарные объемы поддержки по всем проектам и программам Европейского Союза доходили до 200 млрд евро в год (около 10 трлн рублей по средневзвешенному годовому курсу).<sup>140</sup> Эта сумма превышает сумму объемов годовых инвестиционных программ всех российских нефтегазовых компаний вместе взятых за соответствующие годы. При таком колоссальном объеме государственной поддержки становится очевидной причина быстрого и, на первый взгляд, столь успешного развития возобновляемой энергетики в Европейском союзе.

### **9.3. Компании, ведущие деятельность в секторе ВИЭ в ЕС**

По состоянию на 2016 год, в области возобновляемой энергетики в ЕС ведут активную деятельность более тысячи производственных, консалтинговых и сервисных компаний. Сфера возобновляемой энергетики в ЕС консолидирует усилия нескольких взаимосвязанных групп компаний, которые функционируют как в качестве независимых организаций, так и в составе более крупных интегрированных корпоративных структур.

---

documents/2014\_guidance\_energy\_renovation\_buildings.pdf

138. European Regional Development Fund Official Page. URL: [http://ec.europa.eu/regional\\_policy/en/funding/erdf/](http://ec.europa.eu/regional_policy/en/funding/erdf/)

139. European Investment Bank Official Website. URL: <http://www.eib.org/index.htm>

140. Financing Renewable Energy in the European Energy Market. Final Report by Ecofys for European Commission, 2012. P. 78

В основе отрасли лежат разработчики и производители оборудования для возобновляемой энергетики — ветряных турбин и их частей, солнечных панелей, электронных компонентов и элементов основной структуры (например, стоек и лопастей для ветрогенераторов, силовой арматуры и проч.). В их штат входят высококвалифицированные инженеры-разработчики, которые сосредотачивают в себе инновационно-технологический потенциал отрасли, а также рабочие и служащие производственных линий.

Вторым звеном корпоративной структуры отрасли являются компании, разрабатывающие комплексные проекты по созданию ветряных и солнечных генерирующих парков, биореакторов и других объектов генерации и инфраструктуры для возобновляемой энергетики. На них сосредоточено решение вопросов по выбору территории для строительства объектов, координации работы с органами власти, разработке технико-экономического обоснования проекта.

Непосредственное строительство мощностей возобновляемой энергетики осуществляют компании третьего звена — сервисно-технологические. Как правило, компания, осуществлявшая строительство объекта и его введение в эксплуатацию, выполняет и дальнейшее обслуживание и ремонт оборудования. Учитывая тот фактор, что срок службы, к примеру, ветряных генераторов составляет не более 15-20 лет, а периодичность их технического обслуживания варьируется от ежемесячных регламентных работ до ежегодных капитальных ремонтов, сервисные компании функционируют на весьма емком, хотя и высококонкурентном рынке.

На этапе эксплуатации мощностей возобновляемой энергетики оперативное управление ими осуществляет четвертый тип организаций — производители и поставщики энергии на рынок. Выделяются независимые производители энергии (Independent Power Producers, IPP) или соответствующие структуры крупных вертикально-интегрированных энергетических корпораций. Их деятельность заключается в регулировании производства и управлении поставками произведенной энергии конечным потребителям или электрораспределительным компаниям.<sup>141</sup>

Наконец, все процессы на каждом этапе сопровождаются финансовыми, консалтинговыми, страховыми компаниями, банками и иными поддерживающими организациями. По данным ряда европейских

---

141. Renewable energy in Europe : markets, trends, and technologies / European Renewable Energy Council (EREC), 2016, P.106



информационно-аналитических агентств, рынок консалтинговых, финансовых, аналитических и юридических услуг в области возобновляемой энергетики является одним из наиболее премиальных, превышая по привлекательности и маржинальности консалтинг в нефтепереработке, традиционной энергетике и тяжелой промышленности.<sup>142</sup>

В целом, сектор возобновляемой энергетики в Европейском Союзе формирует порядка трехсот тысяч рабочих мест собственно в отрасли и до миллиона — с учетом сопутствующих отраслей. По оценке IRENA, число занятых в отрасли может возрасти до полумиллиона человек к 2020 году (до полутора миллионов с учетом сопутствующих отраслей).<sup>143</sup>

Необходимо при этом отметить несколько характерных особенностей корпоративного сектора возобновляемой энергетики ЕС.

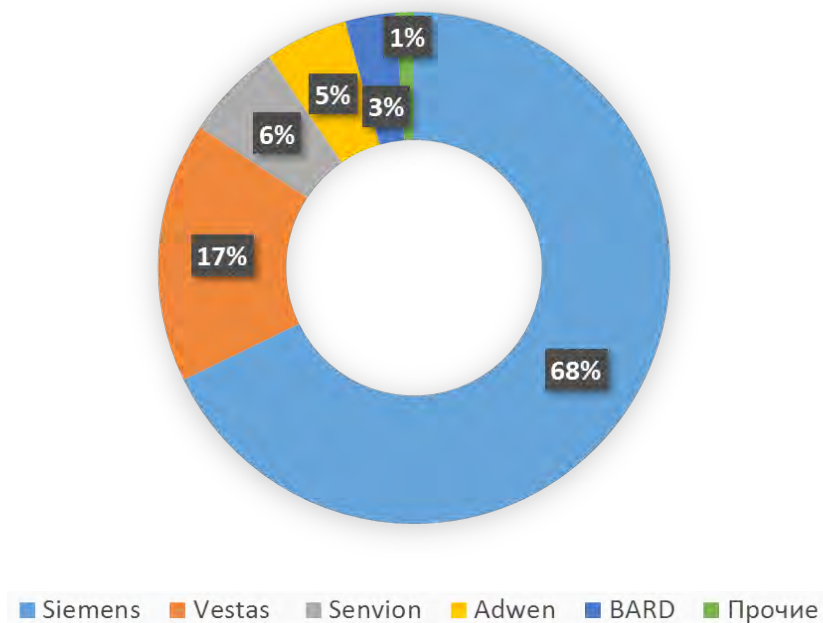
Во-первых, в сфере ВИЭ в ЕС сравнительно невелико число компаний среднего масштаба. В отрасли ежегодно возникает значительное количество стартапов и новых малых компаний, которые специализируются на разработке и внедрении новых технологий возобновляемой энергетики. Однако общая тенденция их развития такова, что неуспешные стартапы не выдерживают конкуренции и быстро уходят с рынка, а успешные — также быстро приобретаются крупнейшими европейскими промышленными конгломератами. Европейские источники весьма ограниченно публикуют сведения о структуре рынка ВИЭ с точки зрения компаний и корпораций, однако динамика сделок по слиянию и поглощению в отрасли подтверждает сложившийся тренд на фактическую олигополизацию европейского рынка технологий, сервиса и мощностей возобновляемой энергетики (в основном это касается ветряной и солнечной энергетики).<sup>144</sup> Еще одним логичным объяснением сложившейся тенденции является тот факт, что крупным конгломератам гораздо легче получить расширенную государственную поддержку и субсидирование на развитие проектов в области возобновляемой энергетики в рамках общеевропейских программ, чем малым и средним предприятиям.

Таким образом, рынок возобновляемой энергетики в ЕС через развитую сеть филиалов, дочерних и зависимых компаний контролируется

142. Energy report: the most successful firms in European renewable energy / The Lawyer, 13 June 2016. URL: [https://www.thelawyer.com/issues/13-june-2016/energy-report-the-most-successful-firms-in-european-renewable-energy/?mm\\_590aa980b543a=590aa980b54e0](https://www.thelawyer.com/issues/13-june-2016/energy-report-the-most-successful-firms-in-european-renewable-energy/?mm_590aa980b543a=590aa980b54e0)

143. IRENA. Renewable Energy and Jobs 2016 Review, P. 11

144. European Renewable Energy M&A Trends / Impax Asset Management Report 2016, P.19



**Рис. 9.5. Доли ветряных генерирующих установок в общей установленной мощности ВЭС Европы по компаниям-производителям в 2016 году**

*Источник: составлено авторами по данным соответствующих компаний.*

очень ограниченным кругом крупных корпораций, в первую очередь Siemens AG (Германия), Adwen (Германия), Enercon (Германия), Vestas Wind Systems A/S (Дания), Dong Energy A/S (Дания), Royal Philips (Нидерланды), в меньшей степени Gamesa Corporation (Испания), Umicore Group (Бельгия), Schneider Electric (Франция) и рядом других. Перечисленные компании являются технологическими лидерами в области ветряной и солнечной генерации, производителями ветряных турбин, солнечных панелей, систем управления и контроля, а также технологий энергосбережения и энергоэффективности. Они же являются крупнейшими инвесторами в отрасли, и крупнейшими получателями государственной поддержки и субсидий на развитие возобновляемой энергетики со стороны органов ЕС.<sup>145</sup>

Концерн Siemens является крупнейшим промышленно-технологическим объединением не только в Германии, но и во всей Европе. История компании Siemens насчитывает более 150 лет, и сегодня она ведет свою деятельность в нескольких десятках отраслей промышленности: начиная от разработки и производства железнодорожного

<sup>145</sup>. Renewable energy in Europe : markets, trends, and technologies / European Renewable Energy Council (EREC), 2016, P.106

транспорта и энергетических установок и заканчивая микроэлектроникой и нанотехнологиями.<sup>146</sup>

Возобновляемая энергетика является для Siemens одним из наиболее приоритетных направлений. В 2015-2016 годах концерн подтвердил своё практически монопольное положение на европейском рынке ветроэнергетических установок: непосредственно Siemens и его дочерними компаниями и организациями было произведено около 98 % процентов всех установленных в 2016 г. морских ветряных турбин. В совокупном объеме концерн Siemens также является ведущим поставщиком ветровых турбин в Европе, на его ветряные генераторы приходится 68 % от общей установленной мощности ВЭС в Европейском Союзе (рисунок 9.5).

Общая установленная мощность ветряной генерации в ЕС превышает 12,5 ГВт, причем основным трендом является увеличение числа морских установок, а также увеличение их размеров и мощности. Это требует постоянного внедрения новых технических решений, усложнения и удорожания конструкции ВЭС не только на этапе строительства и введения в эксплуатацию, но и на протяжении всего срока службы.<sup>147</sup>

Помимо Германии ведущими производителями и эксплуатантами ветровых электростанций являются датские компании. Датская компания DONG Energy владеет крупнейшим парком морских ветровых электростанций в Европе, общая установленная мощность ее ВЭС составляет более 3 ГВт. При этом компания DONG Energy занимается также разведкой и разработкой морских углеводородов в Северном море, постройкой и модернизацией тепловых электростанций, а также проектами по расширению использования биомассы для ТЭЦ.<sup>148</sup>

В области солнечной энергетики наблюдается весьма схожая картина, за одним лишь важным исключением — в этой сфере, в отличие от ветряной энергетики, европейские компании столкнулись очень мощной конкуренцией со стороны китайских производителей солнечных элементов всех типов. Китайская продукция обладает более низкой себестоимостью производства при сопоставимых с европейскими образцами оборудования технических характеристиках, ресурсе и других

146. Siemens. Topic Areas. URL: <https://www.siemens.com/global/en/home/company/topic-areas.html>

147. Renewable energy in Europe : markets, trends, and technologies / European Renewable Energy Council (EREC), 2016, P. 49

148. DONG Energy. Our Business. URL: <http://www.dongenergy.com/en/our-business>

свойствах. В целях защиты своих производителей Еврокомиссия еще в 2015 году установила повышенные ввозные пошлины на китайские солнечные батареи, что едва не привело к полномасштабной торговой войне с Китаем. По последним сведениям, в ближайшее время пошлины могут быть снижены до прежнего уровня в результате переговоров с китайской стороной, однако в таком случае конкуренция на европейском рынке солнечных панелей станет крайне острой.<sup>149</sup>

Наиболее крупными производителями солнечных батарей в ЕС являются немецкие Siemens, Calyxo GmbH, Soluxtec, испанские Onyx Solar, Tamesol, британская TPL Solar и ряд других. В отличие от сектора ветряной энергетики, здесь присутствует достаточно большое число средних по масштабу предприятий, которые ориентированы на частного потребителя — владельцев домов, коттеджей, малый и средний бизнес и т.д. В связи с этим сектор солнечной энергетики в Европе является менее монополизированным, чем сектор ветряной энергетики. Однако распределение солнечных мощностей в ЕС весьма неравномерно, что определяется, главным образом, природными условиями (рис. 9.6).

#### **9.4. Вызовы для возобновляемой энергетики ЕС**

Проведение Единой энергетической политики ЕС и активное развитие возобновляемой энергетики, вне всякого сомнения, оказало положительный эффект на развитие технологий. Европейским Союзом достигаются поставленные цели по энергетической эффективности и улучшению экологической ситуации благодаря использованию возобновляемых источников энергии. Однако ускоренное и массовое внедрение ВИЭ привело к возникновению новых проблем в энергетике Европы.

Первый блок этих проблем касается сочетания возобновляемых источников с другими, традиционными, способами генерации энергии. В частности, ограничения в развитии ядерной энергетики и последующий вывод из эксплуатации АЭС в Германии, Великобритании, Франции, Испании, Словакии, Литве и Болгарии под воздействием идей экологической политики и безопасности привели к потере научного и технологического потенциала в этих странах, разрушению инженерной инфраструктуры и нарушению сбалансированности национальных

---

149. EU to phase out China solar panel duties. The Star. 8 February 2017. URL: <http://www.thestar.com.my/business/business-news/2017/02/08/eu-to-phase-out-china-solar-panel-duties/#ID2t9l7H6B4AZFHQ.99>



**Рис. 9.6. Размещение мощностей солнечной генерации по странам Европы**

Источник: Ассоциация солнечной энергетики Европы.

/URL: <http://solarpowereurope.org/>.

энергетик ряда государств. В 2015 г. в 14 странах ЕС действовал 131 ядерный реактор с общей мощностью около 120,2 ГВт, что составляло 13,2% электроэнергетической мощности Союза. В 2015 г., по данным Евростата, ядерная энергия обеспечила 26,6% всей электроэнергетической мощности ЕС и более половины всей энергии от неуглеводородных источников. Но следует учесть, что согласно прогнозам МЭА<sup>150</sup> и Еврокомиссии,<sup>151</sup> в ближайшие 25-30 лет предстоит вывести из эксплуатации 130 из 131 ядерных энергоблоков в Европе, что оставит колоссальный пробел в неуглеводородной базовой генерации. Компенсировать эти потери предлагается, с одной стороны, путем повышения

150. 2014 World Energy Outlook. International Energy Agency November 2014, p. 5

151. Nuclear Illustrative Programme presented under Article 40 of the Euratom Treaty for the opinion of the European Economic and Social Committee Brussels, COMMUNICATION FROM THE COMMISSION. COM(2016) 177 final. 4,4,2016, p. 4-10

энергетической эффективности и снижения потребления энергии, а с другой — развивая ВИЭ и диверсифицируя поставки углеводородов. Здесь возникает почва для конфликтов и споров между государствами ЕС: к примеру, отказ Германии от ядерной энергетики, сопоставленный с сильной зависимостью Франции от того же источника, является удивительным парадоксом энергетической политики ЕС.

Вторая проблемная область касается цен на произведенную электроэнергию. С экономической точки зрения, именно цена на энергию должна являться ведущим фактором при выборе источников энергии. Однако, даже с учетом субсидирования отрасли, цена на энергию из возобновляемых источников остается гораздо выше традиционных. В целях исполнения Директивы 2009/28/ЕО Европейского Парламента и Совета от 23 апреля 2009 года, компаниями и распределительными приоритетно закупается электроэнергия, произведенная возобновляемыми источниками. Чтобы уменьшить стоимость электроэнергетической корзины в целом и сбалансировать внутренний рынок электроэнергии, страны ЕС активно нагружают угольные электростанции, которые производят более чем в 3 раза дешевую электроэнергию, чем ВИЭ. В результате этого, с 2005 г. по 2015 г. доля газовой генерации в общей структуре производства электроэнергии уменьшилась с 21 % до 17%. Сокращение угольной генерации значительно меньше — с 29 % до 26%, новые возобновляемые источники на основе энергии ветра и солнца выросли с 2 % до 10%.<sup>152</sup> Фактически происходит замещение более экологичной газовой генерации на угольную, что вызвано высокими ценами на энергию из возобновляемых источников. Мощности ВИЭ в 2015 г. достигли почти 400 ГВт, существующие электрогенерирующие мощности, работающие на ископаемом топливе, в 2015 году составляли около 500 ГВт.<sup>153</sup>

Другой особенностью европейской электроэнергетики является устаревающий мощностной парк. Существенная часть электрогенерирующих мощностей, а именно, около 170 ГВт, эксплуатируется уже 40 лет, около 330 ГВт — порядка 30 лет. Более 65 % базовых мощностей,

152. Доклад за напредъка в областта на енергията от възобновяеми източници Брюксел, Доклад на Комисията до Европейския Парламент, Съвета, Европейския Икономически и Социален Комитет и Комитета на Регионите. COM(2015) 293 final. 15.6.2015 г. стр.3

153. Eurostat. Infrastructure — electricity — annual data[nrg\_113a]. Last update: 14-04-2016, Giorgio Corbetta, Ariola Mbistrova, Andrew Ho. Wind in power 2015 European statistics. European Wind Energy Association (EWEA). February 2016



таких, как АЭС, ТЭС, ПГЭС — старше 20 лет и, таким образом, находятся во второй половине своего жизненного цикла, более 35 % — старше 30 лет.<sup>154</sup> Это означает, что в течение следующих 10-20 лет необходимо будет построить и ввести в эксплуатацию от 170 до 220 ГВт новых базовых мощностей взамен выводимых из эксплуатации, при сохранении сегодняшнего уровня потребления электроэнергии.

В соответствии со ст. 33 Директивы 2010/75/ЕС Европейского Парламента и Совета от 24 ноября 2010 года (комплексное предотвращение и контроль загрязнений) в период с 1 января 2016 г. по 31 декабря 2023 г. топливные установки, которые не отвечают заложенным уровням выбросов, необходимо будет вывести из эксплуатации. К ним относятся угольные электростанции, введенные в эксплуатацию от 55 (1961 г.) до 30 (1986 г.) лет назад.<sup>155</sup> Учитывая, что значительное количество ТЭС, работающих на угле, нуждаются в модернизации, равно как и то, что финансовое состояние крупных европейских генерирующих компаний оставляет желать лучшего, следует ожидать, что в период с 2017 по 2023 гг. будут выведены из эксплуатации не менее 1/3 действующих сегодня мощностей, работающих на угле. Последнее приведет к повышению потребления природного газа (особенно после спада цен на мировом рынке нефти в конце 2014 г.) и к увеличению производства электроэнергии из иных источников.

Следует обратить внимание на еще один энергетический парадокс. Как известно, ВИЭ являются ненадежными и зависящими от конкретных сезонных климатических условий. Так, например, зимой, когда обеспечение более высокого потребления энергии в среднем на 36-56 % выше по сравнению с летним периодом, солнечные мощности производят меньше электроэнергии. И наоборот, в летние месяцы, когда потребление является низким, ВИЭ производят больше электроэнергии, что вынуждает останавливать традиционную и атомную генерацию. А это, в свою очередь, приводит к потерям производителей конвенциональной и ядерной энергии. Следовательно, приоритетное производство энергии из ВИЭ приводит к избытку или дефициту конвенциональных

154. Gerd Lesser. Overview Power Services — POWERing ahead together Capital Markets Day "Power Services" at Moorburg Power Plant. 02, 12, 2010, CEO of BB Power Services GmbH, p. 10

155. Съобщение на Комисията до Европейския Парламент, Съвета, Европейския Икономически и Социален Комитет и Комитета на Регионите относно бъдещето на улавянето и съхранението на CO2 в Европа COM(2013) 180 final, 27,3,2013 г., Брюксел, стр. 12

станций и, соответственно, финансовым расходам собственников конвенциональных станций. Кроме того, вместе с увеличением мощностей ВИЭ, следует возводить и резервные мощности, равные по мощности нововведенным ВИЭ, например, угольные или газовые станции, достаточно гибкие, чтобы легко включаться и выключаться при необходимости, когда нестабильное производство ВИЭ падает. Эти новые газовые и угольные мощности следует поддерживать в готовности, так чтобы включать в энергосети немедленно после падения мощности ВИЭ. Следовательно, строительство ВИЭ напрямую стимулирует строительство новых конвенциональных станций, но использование этих станций оказывается катастрофически неэффективным. Последнее приводит к увеличению цен на электроэнергию для конечных потребителей, что необходимо для покрытия дополнительных инвестиций, поддержания в готовности избытка мощностей в странах ЕС.

**Таким образом, политика последних двух десятилетий, направленная на уменьшение зависимости ЕС от импорта энергоносителей путем насильственного развития ВИЭ, достигла своих целей не в полном объеме.** С одной стороны, действительно, возобновляемая энергетика в Европейском Союзе демонстрирует уверенный рост, значительно укрепляется технологический потенциал, растет объем генерации энергии из ВИЭ и их доля в энергетическом балансе. Но, с другой стороны, замечен и обратный эффект: при увеличении роста производства энергии из ВИЭ энергетическая зависимость Евросоюза, продолжает расти, а энергетическая безопасность подвергается новым рискам.

Решением данных проблем для ЕС может стать отмеченное в целях Европейского энергетического союза создание и расширение сетевых энергетических связей для достижения 15% электроэнергетической межсистемной связанности, т.е. чтобы 15% от произведенной в ЕС энергии могло бы транспортироваться в другие страны Союза. Продолжение процесса консолидации энергетических рынков необходимо для перераспределения нестабильного производства энергии из ВИЭ, сконцентрированного в северной и центральной части континента к восточным и южным регионам и выравнивания конечных цен для потребителей в рамках ЕС.<sup>156</sup>

Вместе с тем, в настоящее время в Европейском Союзе нарастают

---

156. Rachel Morison. EU Will be Forced To Curtail Renewable Energy Generation this Summer. Bloomberg. June 6, 2014.



политические противоречия, результатом которых стал рост евроскептических настроений, попытка выхода Греции из ЕС и начало процесса выхода Великобритании. Идеи о необходимости реформирования политического устройства Европейского Союза все громче звучат во Франции и ряде других стран-лидеров ЕС. Это свидетельствует о том, что политический консенсус, столь долго позволявший наднациональным органам ЕС проводить единую, но не одинаково выгодную для всех стран политику (в том числе в энергетике), начинает разрушаться. Вероятно, Европа, как и ранее в своей истории, найдет ответы на новые политические вызовы: например, реализовав предложенную концепцию разноскоростной интеграции и субсидиарности. Однако страны ЕС, так или иначе, будут вынуждены столкнуться с тем, что объективные экономические процессы, особенно в столь критически значимой и чувствительной отрасли, как энергетика, будут оказывать все более заметное влияние на политику наднациональных органов. То есть до тех пор, пока не будут созданы технологии, которые позволят снизить себестоимость, а также поднять надежность, удобство и предсказуемость производства энергии из ВИЭ до уровня, сопоставимого с традиционными источниками без необходимости привлечения многомиллиардных субсидий со стороны государств, темпы роста «зеленой» энергетики заметно снизятся.

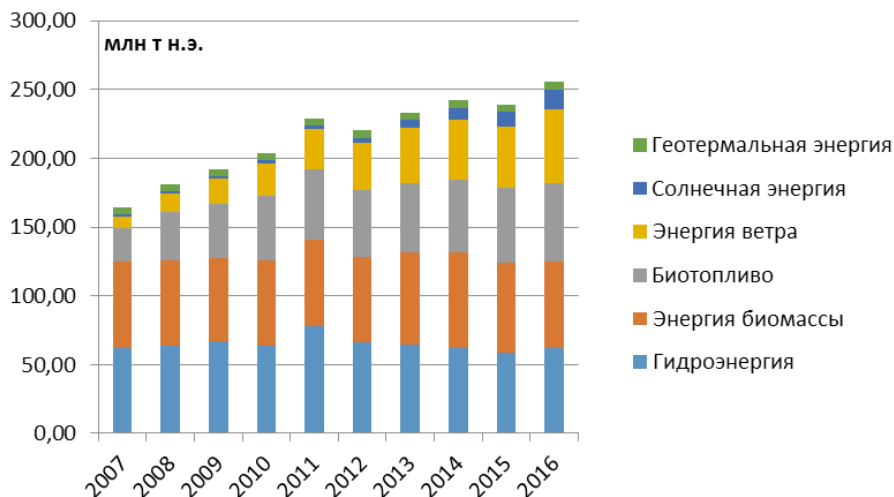
## ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В США

В последние годы США стали одним из мировых лидеров в сфере развития технологий производства энергии на основе возобновляемых источников энергии (далее — ВИЭ), а также в области их практического использования для нужд экономики и конечных потребителей.

Так, по данным Управления энергетической информации США (EIA), за 2016 г. 10,4% потребления первичной энергии в США (255,7 млн т н.э.) обеспечивалось за счет использования ВИЭ, а в производстве электроэнергии доля ВИЭ достигла 14,9%.

За последние 10 лет (2007-2016 гг.) производство первичной энергии на основе ВИЭ в США выросло более чем в 1,5 раза (с 164 до 255 млн т н.э.), причем основной объем прироста был обеспечен за счет производства биотоплива, ветровой и солнечной энергии (рис. 10.1).

Выработка электроэнергии на основе ВИЭ в США за рассматриваемый период выросла еще больше — в 1,7 раза (с 352 до 609 млрд кВт\*ч), причем основной объем прироста был обеспечен за счет бурного развития ветроэнергетики (рис.10.2).



\* 1 т н.э. соответствует 39,6794 млн БТЕ (BTU)

**Рис. 10.1. Динамика изменения объемов и структуры производства первичной энергии на основе ВИЭ в США, 2007-2016 гг.**

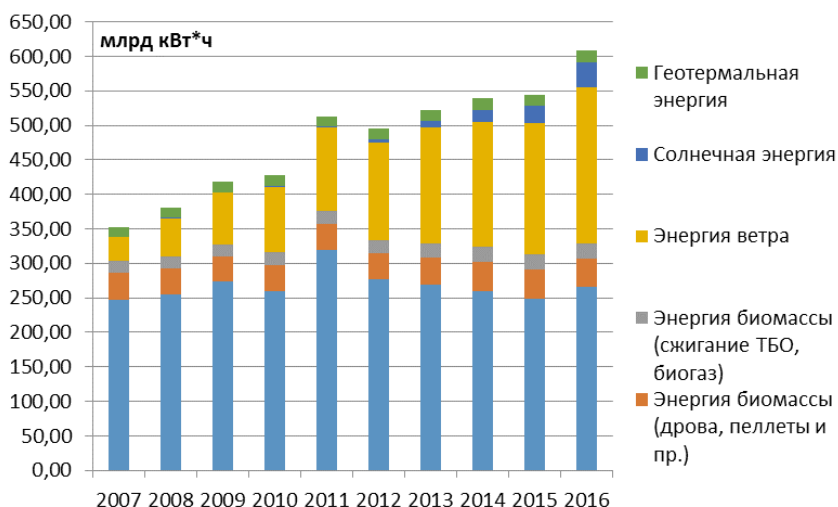
Источник: построено авторами на основе данных EIA.

### 10.1. ВИЭ в США: трактовка и сущность понятия

В США термин «возобновляемая энергетика» трактуется максимально широко и включает в себя производство энергии из всех источников энергии, которые можно условно назвать «неисчерпаемыми» и «возобновляемыми» естественным путем.

В статистике Управления энергетической информации США выделяют следующие виды ВИЭ:

- гидроэнергия (потенциальная энергия водного потока, включая ее производство как большими, так и малыми гидроэлектростанциями (ГЭС);
- энергия биомассы (использование древесины в качестве топлива, древесных пеллет, ТБО, биогаза и прочих органических отходов для производства энергии, за исключением сырья для производства биотоплива);
- биотопливо (производство жидкого топлива и его компонентов на основе биомассы различных видов);
- энергия ветра (преобразование кинетической энергии воздушных масс в атмосфере в электрическую, тепловую и любую другую форму энергии). Преобразование происходит с помощью ветрогенератора (для получения электричества), ветряных мельниц (для



**Рис. 10.2. Динамика изменения объемов и структуры выработки электроэнергии на основе ВИЭ в США, 2007–2016 гг.**

Источник: построено авторами на основе данных EIA.

- получения механической энергии) и многих других агрегатов);
- солнечная энергия (преобразование электромагнитного солнечного излучения в электрическую или тепловую энергию как прямую (фотоэлектрические СЭС), так и косвенно — используя кинетическую энергию пара);
- геотермальная энергия (преобразование воды из природных горячих геотермальных источников в тепловую энергию).

Важной методологической особенностью статистического учета производства и потребления ВИЭ в США является использование британских тепловых единиц (БТЕ)<sup>157</sup> в качестве базовой единицы статистического учета для ВИЭ. Учитывая, что БТЕ наиболее точно отражают теплотворную способность различных видов ВИЭ, использование этих единиц в статистическом учете повышает точность оценок по вкладу ВИЭ в американский топливно-энергетический баланс.

### 10.2. Возобновляемая энергия в экономике США

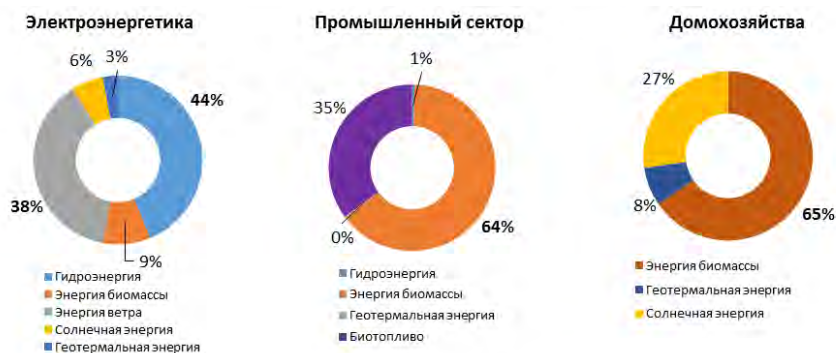
В общем объеме производства возобновляемой энергии в США доминирует энергия биомассы (25 %), гидроэнергия (24 %), биотопливо (22 %) и энергия ветра (21 %) — рис. 10.3. Однако отраслевая структура потребления ВИЭ в стране несколько иная (рис. 10.4).



**Рис. 10.3. Доля различных видов ВИЭ в общем объеме производства возобновляемой энергии в США, 2016 г.**

Источник: построено авторами на основе данных EIA.

157. Британская тепловая единица (BTU, англ. British thermal unit) — единица измерения тепловой энергии в английской системе мер. BTU определяется как количество тепла, необходимое для того, чтобы поднять температуру 1 фунта воды на 1 градус Фаренгейта, и, тем самым, тесно связан с калорией (1 BTU ≈ 252 cal). 1 т.н.э. соответствует 39,6794 млн БТЕ (BTU)



**Рис. 10.4. Отраслевая структура потребления ВИЭ в экономике США, 2016 г.**

*Источник:* построено авторами на основе данных EIA.

Так, в электроэнергетике 82 % электроэнергии, вырабатываемой на основе ВИЭ, приходится на гидроэнергию (44 %) и на энергию ветра (38 %).

В промышленном секторе страны основной объем возобновляемой энергии обеспечивает использование энергии биомассы и биотоплива.

В транспортном секторе США из перечисленных видов ВИЭ потребляются исключительно биотоплива (этанол и биодизель).

Домохозяйства страны активно используют энергию биомассы (65 %), главным образом, древесину и отходы деревообрабатывающей и бумажной промышленности, а также солнечную энергию (27 %) посредством установки индивидуальных солнечных батарей.

### 10.3. Гидроэнергетика

Электроэнергия, вырабатываемая на американских гидроэлектростанциях (далее — ГЭС), является одним из крупнейших источников возобновляемой энергии в стране.

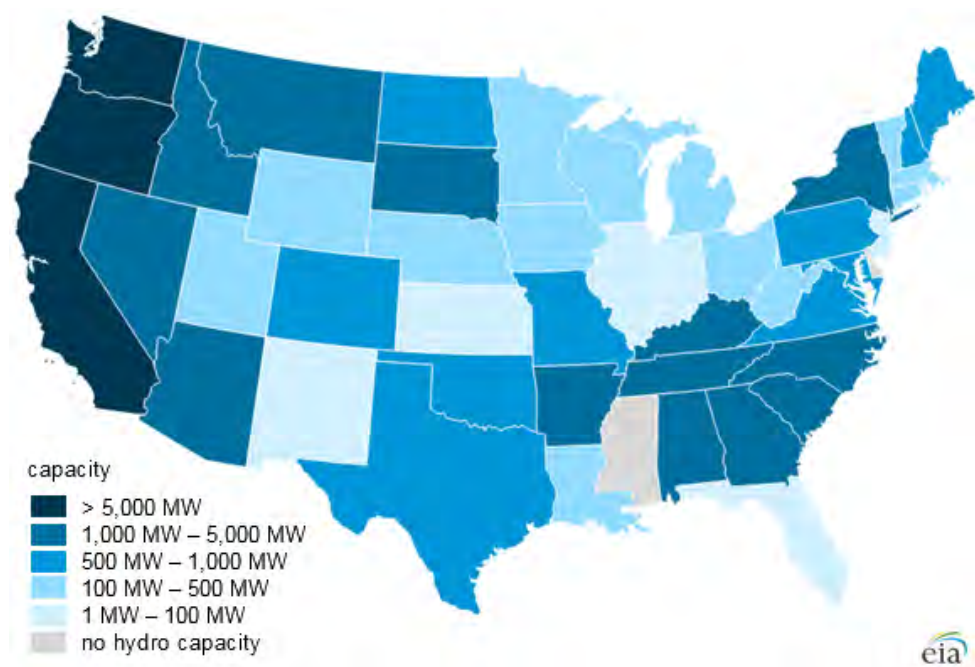
Так, в 2016 г. на долю американских ГЭС приходилось 2,5 % потребления первичных энергоресурсов в стране, порядка 6 % от общего объема производства электроэнергии, а в общем объеме производства электроэнергии на базе ВИЭ — 46 %.

Общий объем выработки электроэнергии американскими гидроэлектростанциями в 2016 г. составил 274,6 млрд кВт\*ч (+6,7 % г/г) или 62,43 млн т н.э. Заметим, что выработка гидроэнергии в стране носит относительно стабильный характер и зависит, главным образом, от того, каким выдавался календарный год: маловодным или полноводным. В первом случае, объемы производства гидроэнергии сокращаются, во

втором — растут, при этом диапазон возможных колебаний, как правило, не превышает 10-12 %.

Всего в стране насчитывается более 1300 ГЭС совокупной мощностью 80 ГВт, они есть в каждом или почти в каждом штате США. Однако на этом фоне особо выделяются два района страны с наибольшей концентрацией ГЭС. Один из них находится на Тихоокеанском Северо-Западе (штаты Вашингтон, Калифорния и Орегон), на который приходится порядка половины мощностей ГЭС в стране, а второй — на так называемом Верхнем Юге (штаты Теннесси, Джорджия, Алабама, Кентукки, Северная и Южная Каролина) — рис. 10.5.

Однако следует подчеркнуть, что гидроэнергетика лишь формально входит в состав американских ВИЭ и, зачастую, рассматривается как часть традиционной энергетики, наряду с угольной, газовой и атомной генерацией. Более того, за последние 10 лет прирост дополнительных гидроэнергетических мощностей в стране составил всего 1,7 ГВт из почти 200 ГВт, введенных в стране в этот же период, а средний возраст американских ГЭС составляет 64 года.



**Рис. 10.5. География размещения гидроэнергетических мощностей по штатам США, (по состоянию на декабрь 2016 г.)**

Источник: : <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=30312#tab2>.

### 10.4. Энергетика на биомассе

Почти четверть производства возобновляемой энергии в США обеспечивает энергия биомассы. По итогам 2016 г. общий объем производства энергии биомассы в стране превысил 62 млн т н.э. или 2,7% от общего объема потребления первичных энергоресурсов в стране.

Традиционно, биомасса используется для энергетических целей с момента открытия человеком огня. Сегодня топливо из биомассы может использоваться для различных целей — от обогрева жилищ до производства электроэнергии и топлив для автомобилей (рис. 10.6).

В американской статистике выделяют следующие виды энергии биомассы:

- энергия, полученная с использованием древесины, а также отходов деревообрабатывающей и бумажной промышленности (Wood and Wood Waste);
- энергия, полученная в результате переработки ТБО (Waste, Other Biomass).



Рис. 2.16. Способы получения энергии с использованием биомассы

Источник: <http://www.rea.org.ua/dieret/Biomass/biomass.html>.



В 2015 г. около 2 % от общего годового потребления энергии в США было обеспечено энергией, произведенной из древесины и древесных отходов (коры, опилок, щепы, древесных отходов и отходов бумажной промышленности).

Около 20 % энергии биомассы, произведенной с использованием древесины, а также отходов деревообрабатывающей и бумажной промышленности, приходится на потребление американских домохозяйств. А в общем объеме энергии, потребляемой американскими домохозяйствами, на долю данного вида биомассы приходится около 3 %. Древесина используется в домах по всей территории США для отопления в качестве дров в каминах и пеллет для сжигания в специальных пеллетных печах. Так, в 2012 году около 2,5 млн семей в США использовали древесину в качестве основного топлива для отопления, а еще 9 млн домохозяйств использовали древесину и пеллеты в качестве дополнительного источника топлива для отопления.

В настоящее время на территории США действует более 80 электростанций, работающих на древесной биомассе совокупной мощностью более 9 ГВт. По итогам 2016 г. они обеспечили выработку более 40 млрд кВт\*ч электроэнергии (6,6 % от общего объема выработки электроэнергии на базе ВИЭ).

Особого внимания в части получения энергии на основе биомассы, произведенной с использованием отходов деревообрабатывающей промышленности, заслуживает **производство топливных гранул или древесных пеллет**<sup>158</sup>, по объемам которого США входят в число лидирующих стран мира. По данным EIA, в 2016 г. в стране действовало 88 предприятий по производству древесных пеллет для выработки электроэнергии и тепла общей производственной мощностью 11,8 млн т в год.

Около 13 % **ТБО биологического происхождения** (продукты растительного или животного происхождения, бумага, картон, пищевые отходы, скошенная трава, листья, изделия из кожи и пр.) также используются в США в качестве источника для получения энергии биомассы.

Традиционно, ТБО в США сжигают на специальных мусоросжигательных заводах-электростанциях с целью выработки тепловой и электрической энергии. В 2015 г. на территории США действовала 71 такая

---

158. Пеллеты — твердые гранулы цилиндрической формы 6-10 мм в диаметре, получаемые методом прессования (грануляции) отходов различных производств — деревообрабатывающих и сельскохозяйственных.



электростанция общей мощностью 2,3 ГВт, которые в совокупности сжигали порядка 29 млн т ТБО и производили с их помощью 14 млрд кВт\*ч электроэнергии (рис. 10.7) или 0,4% от общего объема производства электроэнергии в стране.

Более 60% всех электростанций, работающих на ТБО, сосредоточено в штате Флорида и в четырех штатах Северо-Востока страны (Нью-Йорк, Нью-Джерси, Делавэр и Мэриленд).

Вместе с тем следует отметить, что порядка 90% таких электростанций было построено в период 1980-1995 гг., когда захоронение ТБО обходилось дороже. Позднее, как только было признано, что такие электростанции являются источниками выбросов соединений ртути и других опасных веществ, их владельцев обязали установить системы контроля выбросов загрязняющих веществ, и дальнейшее строительство таких установок на территории США стало экономически нецелесообразным.

Единственным исключением стал ввод новой электростанции, работающей на ТБО, в штате Флорида в 2015 году (Florida's Palm Beach Facility). Общая мощность по переработке ТБО в электроэнергию этой электростанции составила 970 тыс. т ТБО в год. Отметим, что эта электростанция стала крупнейшей электростанцией такого типа, действующей на территории США.

#### Municipal solid waste-to-energy plants with electricity generation capacity (2015)



**Рис. 10.7. География размещения основных муниципальных электростанций, работающих на ТБО в США, 2015 г.**

Источник: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=25732>.

Кроме того, на мусорных полигонах США также производится электроэнергия из биогаза, образующегося в результате разложения накопленной на них биомассы. В настоящее время, по данным американского Агентства по охране окружающей среды (EPA), 688 из 2400 действующих или недавно закрытых мусорных полигонов страны вступили в общенациональную программу по утилизации биогаза и производства на его основе электроэнергии и тепла (Landfill Methane Outreach Program, LMOP). Совокупная мощность действующих энергетических установок по производству электроэнергии из биогаза оценивается на уровне 2,3 ГВт.

В целом, по итогам 2016 г. общий объем выработки электроэнергии на основе сжигания ТБО и биогаза составил 22 млрд кВт\*ч или 3,6% от общей выработки электроэнергии на основе ВИЭ в стране.

### **10.5. Биотопливо**

Биотопливо — топливо из растительного или животного сырья, из продуктов жизнедеятельности организмов или органических промышленных отходов. Биотоплива разделяют на твердые, жидкие и газообразные. Твердые — это традиционные дрова, брикеты, щепа, солома, лузга и топливные гранулы. Жидкие топлива — это спирты (метанол, этанол, бутанол), эфиры, биодизель и биомазут. Газообразные топлива — различные газовые смеси с угарным газом, метаном, водородом получаемые при термическом разложении сырья в присутствии кислорода (газификация), без кислорода (пиролиз) или при сбраживании под воздействием бактерий.

В США особое развитие получило производство и потребление жидкого биотоплива — этанола и биодизеля, для производства которых преимущественно используется кукуруза, соя и целлюлоза.

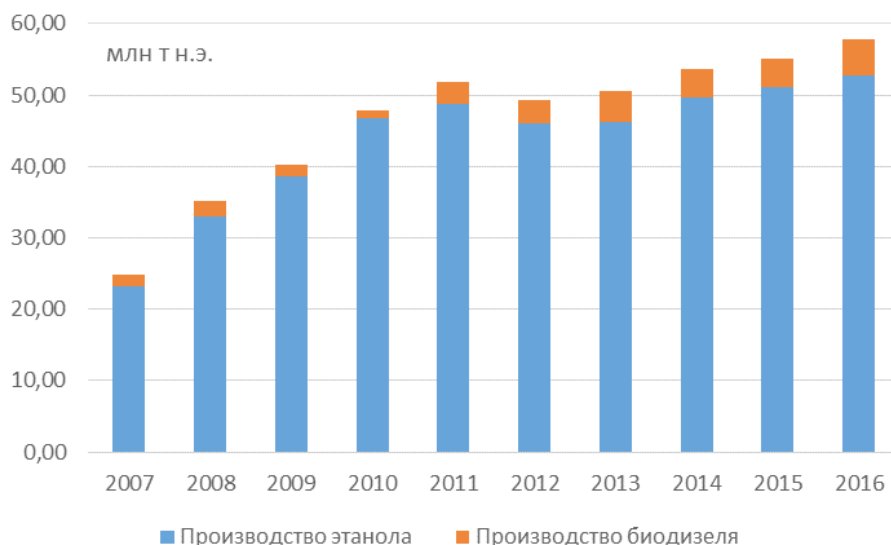
По итогам 2016 г. доля жидкого биотоплива в общем объеме производства возобновляемой энергии в США составила 22 %.

За последние 10 лет объем производства биотоплива в США вырос в 2,3 раза и составил по итогам 2016 г. 57,7 млн т н.э. (рис. 10.8).

В структуре производства биотоплива доминирует этанол, на долю которого приходится свыше 90 % от общего объема выпуска биотоплив в стране.

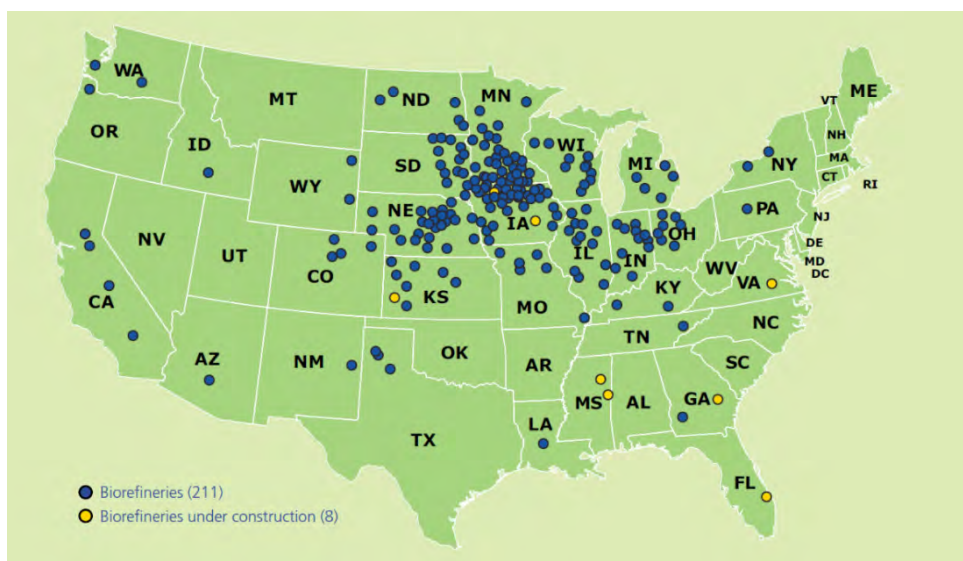
В стране функционирует более 200 заводов по производству этанола, расположенных в 29 штатах США, однако основная концентрация

таких производств характерна для «кукурузных» штатов США (Айова, Небраска), а также для Миннесоты, где этанол производят из целлюлозы (рис. 10.9).



**Рис. 10.8. Производство биотоплива в США, 2007–2016 гг.**

Источник: построено авторами на основе данных EIA .



**Рис. 10.9. География размещения заводов по производству этанола в США**

Источник: Renewable Fuels Association, January 2013 .

Власти США активно поддерживают развитие производства и потребления биотоплива в стране. Использование этанола в качестве обязательной присадки к моторным топливам (автомобильным бензинам) регулируется требованиями Закона о чистом воздухе (Clean Air Act, 1990), а также Стандартом по использованию возобновляемых видов топлива (Renewables Fuel Standart, RFS), вступившим в силу в 2007 году.

В настоящее время 97 % бензина, продаваемого в США, представляет собой смесь бензина и этанола. Наиболее распространена смесь E10, однако встречается и смесь E15, содержащая 15 % этанола, а также E85, содержащая 51-83 % этанола в зависимости от сезонности и географии применения этого вида т.н. «гибкого топлива» (flex fuel).

Использование смеси E10 в качестве моторного топлива обеспечивает экономию до 3 % моторного топлива по сравнению с традиционным бензином, не содержащим этанол, а также значительно снижает выбросы парниковых газов в процессе эксплуатации автомобиля.

В настоящее время в США эксплуатируется порядка 20 млн автомобилей на «гибком топливе» с высоким содержанием этанола (E85) и функционирует свыше 2900 специализированных заправочных станций, сосредоточенных, главным образом, в штатах Среднего Запада (Миннесота, Айова, Небраска).

Начиная с 2001 года, в США также производится биодизель, однако объемы его производства незначительны, главным образом, в силу малого распространения дизельного топлива в стране.

Тем не менее, биодизель рассматривается как топливо, альтернативное традиционному дизельному топливу, которое используется на грузовом автотранспорте и в сельском хозяйстве страны.

Основой для производства биодизеля в США служат соевое (67 % от общего объема сырья), рапсовое и кукурузное масла (25 %), а также животные жиры (8 %).

В США наиболее распространены топливные смеси B20, содержащие 20 % биодизеля и 80 % традиционного дизельного топлива. Также используется смеси B2 и B5, содержащие соответственно 2 % и 5 % биодизеля.

С учетом того, что использование биодизеля не требует внесения каких-либо конструктивных изменений в двигатели, возможно применение 100 % биодизеля (B100). Однако на практике оно осложняется

трудностями его использования в условиях холодного климата, а также из-за свойств биодизеля как растворителя, что может приводить к быстрому износу некоторых деталей автомобилей при его продолжительном применении в качестве топлива.

### 10.6. Ветроэнергетика

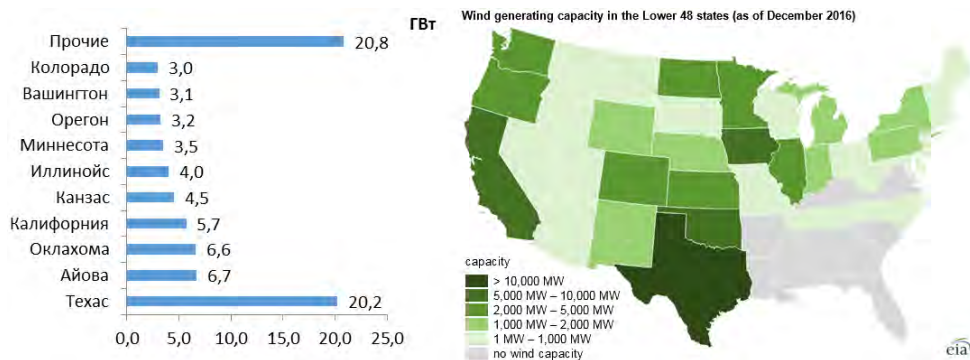
Выработка электроэнергии на базе энергии ветра является одним из наиболее быстрорастущих направлений развития возобновляемой энергетики в США (рис. 10.10).

Так, по итогам 2016 г. объем выработки электроэнергии ветроэнергетическими установками составил 226 млрд кВт\*ч (+ 18,75 % г/г). А в целом, за последние 10 лет (2007-2016 гг.) объемы выработки электроэнергии ветровыми установками в США выросли в 6,5 раз, при этом среднегодовой темп прироста выработки электроэнергии за рассматриваемый период превысил 20 %!

За это же время доля электроэнергии, вырабатываемой с помощью ветровых установок, в общем объеме производства электроэнергии в США возросла в 7 раз с 0,8 % в 2007 г. до 5,6 % в 2016 году.



**Рис. 10.10. Выработка электроэнергии ветровыми установками США, 2007-2016 гг.**  
Источник: построено авторами на основе данных EIA.



**Рис. 10.11. Распределение действующих ветроэнергетических мощностей по штатам США (по состоянию на декабрь 2016 г.)**

Источник: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=31032>.

Наконец, в декабре 2016 г. общая величина установленных мощностей ветрогенерирующих установок в США впервые превысила мощности американских ГЭС — старейшего источника возобновляемой энергии в стране. По данным EIA, в декабре 2016 г. общая установленная мощность ветроэнергетических установок в США достигла 81,3 ГВт (+8,7 ГВт к декабрю 2015 г.), тогда как мощности американских ГЭС составили 79,9 ГВт.

В общем объеме действующих генерирующих мощностей всех типов в США на долю ветроэнергетики приходится 8 %, и это — максимальный показатель среди всех видов ВИЭ, которые используются для выработки электроэнергии в стране.

Более того, из почти 200 ГВт новых генерирующих мощностей, введенных в США в 2007-2016 гг., на долю ветроэнергетических установок приходится более одной трети.

Более половины установленных мощностей ветроэнергетических установок сосредоточено в пяти штатах США (Техас, Айова, Оклахома, Калифорния и Канзас) — рис. 10.11. При этом только в 9 штатах страны ветроэнергетические установки отсутствуют (Алабама, Арканзас, Флорида, Джорджия, Кентукки, Луизиана, Миссисипи, Южная Каролина и Вирджиния).

Вплоть до второй половины 2016 г. ветроэнергетика США развивалась исключительно на суше, однако в декабре 2016 г. была запущена первая офшорная ветроэлектростанция Block Island Wind Farm мощностью 29,3 МВт вблизи побережья штата Род-Айленд. Два других проекта офшорных ветроэлектростанций вблизи побережья штатов

Огайо и Вирджиния пока еще проходят процедуру получения разрешений на строительство от властей штатов.

В целом, бурное развитие ветроэнергетики в США служит наглядным примером удачного сочетания повышения эффективности ветроэнергетических турбин, расширения доступа ветроэнергетических установок к сетевой электроэнергетической инфраструктуре, развития стандартов использования ВИЭ на уровне штатов, а также федеральной поддержки в виде предоставления различных налоговых льгот и субсидий.

### **10.7. Солнечная энергетика**

Солнечная энергетика в США сегодня — самый быстрорастущий вид ВИЭ, развивающийся в стране. Более того, США также являются признанным мировым лидером в сфере развития технологий производства солнечной энергии и обеспечения их высокой экономической эффективности.

Общий объем производства солнечной энергии в стране в 2016 г. составил 14,8 млн т н.э. (+38 % г/г), или 5,8 % от общего объема производства энергии на базе ВИЭ в стране.

В настоящее время порядка 60 % от общего объема производства солнечной энергии приходится на электроэнергетику, 27 % — на американские домохозяйства, активно устанавливающие солнечные батареи для обеспечения автономного энергоснабжения, а оставшиеся 13 % — на промышленность и торговлю.

При этом 40 % производства солнечной энергии, которые в совокупности приходятся на домохозяйства, промышленность и торговлю, относятся к т.н. распределенной генерации, получившей широкое распространение в США в последние десятилетия.

В целом, за последние 10 лет (2007-2016 гг.) производство солнечной энергии выросло в 9 раз, при этом выработка электроэнергии на солнечных электростанциях выросла в 60 раз! А среднегодовые темпы прироста производства солнечной электроэнергии в США превысили 40 %, при этом в отдельные годы (2012-2014 гг.) они достигали или превышали 100 % (рис. 10.12).

Тем не менее, в общем объеме выработки электроэнергии в США доля солнечной генерации составляет менее 1 %, а в общем объеме выработки электроэнергии на базе ВИЭ — 6 %. По итогам 2016 г. общий объем выработки солнечной генерации составил 36,75 млрд кВт\*ч (+47,6 % г/г).





**Рис. 10.12. Выработка электроэнергии солнечными электростанциями США, 2007-2016 гг.**

*Источник:* построено авторами на основе данных EIA.

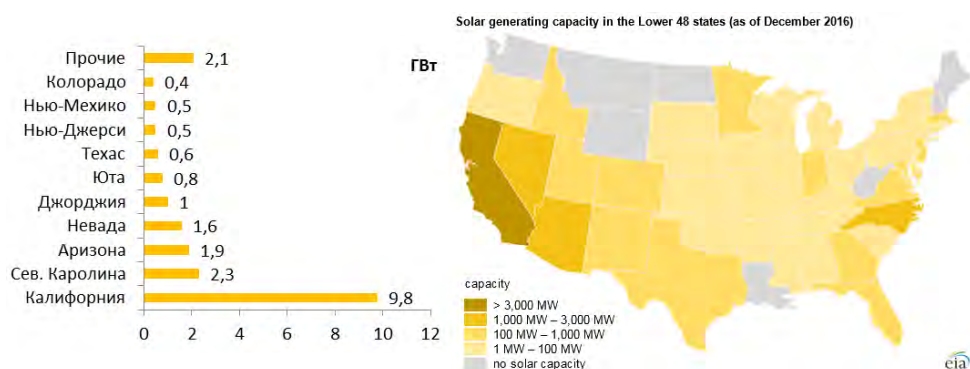
В последние годы солнечная энергетика в США также лидирует и по темпам ввода новых генерирующих мощностей в электроэнергетике, которые в среднем за период 2010-2016 гг. составили 72 %.

По состоянию на декабрь 2016 г., в США действует более 21,5 ГВт установленных мощностей солнечной генерации, при этом только за 2016 год было введено в эксплуатацию 7,6 ГВт. Вместе с тем, пока доля солнечных электростанций в общем объеме генерирующих мощностей в США не превышает 2 %.

Более 45 % от общей величины установленных мощностей солнечной генерации в стране приходится на Калифорнию (рис. 10.13), однако в 2016 г. строительство новых солнечных электростанций резко ускорилось по всей стране, главным образом, за счет проводимой рядом штатов энергетической политики, направленной на ускоренное развитие ВИЭ.

Также следует отметить, что в стране с 2005 г. действует федеральная программа поддержки развития солнечной генерации, одним из основных инструментов которой служит инвестиционный налоговый кредит в размере 30 % для проектов по строительству солнечных электростанций в стране.





**Рис. 10.13. Распределение действующих мощностей солнечных электростанций по штатам США (по состоянию на декабрь 2016 г.)**

Источник: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=31072>.

Вероятно, наблюдаемый сегодня инвестиционный бум в сфере солнечной энергетики также обусловлен и тем, что федеральная поддержка этого направления развития ВИЭ действует только до 2022 года.

Также следует обратить внимание, что в США также наблюдается активный рост числа и установленной мощности небольших солнечных установок (индивидуальных солнечных батарей и пр.). Так, по оценкам EIA, только за 2016 год в США было введено в эксплуатацию порядка 3,4 ГВт малых установок солнечной генерации, а общая величина установленных мощностей малой солнечной генерации в стране превысила 13,1 ГВт.

Лидерами по установленной мощности малой солнечной генерации на уровне штатов являются: Калифорния (5,4 ГВт), Нью-Джерси (1,3 ГВт) и Массачусетс (1,0 ГВт).

### **10.8. Геотермальная энергетика**

В отличие от других видов ВИЭ, главным достоинством геотермальной энергии является возможность ее использования в виде геотермальной воды или смеси воды и пара (в зависимости от их температуры) для нужд горячего водо- и теплоснабжения, а также для выработки электроэнергии. Кроме того, ее использование полностью не зависит от условий окружающей среды, времени суток и года.

Однако среди всех видов ВИЭ на территории США геотермальная энергетика занимает наиболее скромное место по своему значению в общем объеме производства первичной энергии и электроэнергии на

основе ВИЭ. Это обусловлено особенностями этого вида ВИЭ, использование которого основано на производстве тепловой и электрической энергии за счёт энергии, содержащейся в недрах земли.

По итогам 2016 г., общий объем производства первичной энергии из геотермальных источников в США составил 5,69 млн т н.э. (+6,5% г/г) или 2,2% от общего объема производства первичной энергии на базе ВИЭ. Отметим также определенную стабилизацию в развитии геотермальной энергетики в стране. Так, за последние десять лет объемы производства геотермальной энергии в стране выросли всего на 20%.

Общий объем производства электроэнергии на базе геотермальных источников по итогам 2016 г. составил 17,42 млрд кВт\*ч (+9,4% г/г), или 2,9% от общего объема производства электроэнергии на основе ВИЭ в стране.

Однако при этом США являются мировым лидером по объемам установленной мощности геотермальных установок — более 3 ГВт, а также крупнейшим мировым производителем геотермальной энергии. Основные мощности по производству геотермальной энергии в США сосредоточены в Калифорнии (1,9 ГВт) и Неваде (235 МВт).

### ***10.9. Государственные требования и стимулы по развитию возобновляемой энергетики в США***

Федеральные органы власти, власти штатов, местные правительства и энергосистемы общего пользования (electric utilities) поощряют инвестиции в создание объектов возобновляемой энергетики и использование энергии из возобновляемых источников, а в некоторых случаях устанавливают соответствующие требования. Существует большое число программ и мер поддержки возобновляемой энергетики, информация об их типе и статусе содержится в специальной онлайн-базе данных — Database of State Incentives for Renewable Energy and Efficiency (DSIRE)<sup>159</sup>.

#### **Правительственные финансовые стимулы**

Федеральное правительство предоставляет налоговые кредиты, гранты и кредитные программы для определенных технологий возобновляемой энергетики и проектов. Федеральные налоговые кредиты включают «производственный налоговый кредит для возобновляемой энергетики» (Renewable Energy Production Tax Credit, PTC), «налоговый кредит для инвестиций в энергетический бизнес» (Business Energy

159. <http://www.dsireusa.org>

Investment Tax Credit, ITC), а также персональные льготы по уплате налога на прибыль.

Программы грантов и кредитов предоставляют несколько правительственных агентств, включая Министерство сельского хозяйства (U.S. Department of Agriculture), Министерство энергетики (U.S. Department of Energy, DOE) и Министерство внутренних дел (U.S. Department of the Interior). Каждый штат имеет несколько типов финансовых инструментов, стимулирующих, поддерживающих или субсидирующих установку оборудования для возобновляемой энергетики.

### **Стандарты использования возобновляемой энергетики**

Стандарт использования возобновляемой энергетики (Renewable Portfolio Standard, RPS) обычно требует, чтобы определенный процент продаж электроэнергии в штате приходился на возобновляемые источники энергии. Некоторые штаты имеют специальные обязательства (Mandates) на производство электроэнергии из возобновляемых источников, другие штаты устанавливают добровольные цели развития ВИЭ. Соответствие требованиям RPS иногда подразумевает или позволяет торговлю сертификатами возобновляемой энергетики (Renewable Energy Certificates).

Сертификаты возобновляемой энергетики (Renewable Energy Certificates, RECs), также известные как «зеленые сертификаты», — это финансовые продукты, доступные для продажи, покупки и перепродажи. Эти финансовые инструменты позволяют покупателю платить за возобновляемую генерацию без физической поставки электроэнергии из т.н. «квалифицированных» энергетических ресурсов (Qualifying Energy Sources).

### **Чистый учет**

Чистый учет (Net Metering) позволяет потребителям электроэнергии устанавливать собственные квалифицированные энергетические системы за свой счет и присоединять их к энергосистемам общего пользования (или к сетям). Программы чистого учета различаются, но в общем виде энергокомпании выставляют счета потребителям на чистый объем потребленного электричества, который считается как общее потребление электроэнергии за вычетом электроэнергии, произведенной самим потребителем. В некоторых штатах потребители могут продавать излишки произведенной электроэнергии в сети обще-

го пользования. К июлю 2016 г. 41 штат и Округ Колумбия имели свои программы чистого учета, применимые ко всем сетям общего пользования или к коммунальным компаниям определенного типа.

### **Зеленые тарифы (Feed-in Tariffs, FITs)**

Некоторые штаты и отдельные поставщики электроэнергии в США установили специальные тарифы для приобретения электроэнергии из определенных типов возобновляемых источников энергии. Эти ставки, известные как льготные тарифы или «зеленые тарифы» (Feed-in Tariffs, FITs), обычно выше, чем ставки при розничной продаже электроэнергии. Их используют для стимулирования новых проектов по развитию определенных видов технологий возобновляемой энергетики.

### **Приобретение энергии из возобновляемых источников**

Потребители почти в каждом штате могут приобретать «зеленую энергию», представляющую собой электричество, выработанное из возобновляемых источников определенного типа. Большая часть этих добровольных программ обычно включает в себя физическую поставку или контракт на поставку электроэнергии потребителю или в общую сеть.

### **Этанол и другие моторные топлива из возобновляемых источников**

На федеральном уровне, как и в штатах, действуют некоторые требования и стимулирующие меры по производству, продаже и использованию этанола, биодизеля и других моторных топлив, произведенных из биомассы. Федеральный закон об энергонеzáвисимости и безопасности от 2007 г. (Energy Independence and Security Act of 2007) требует, чтобы к 2022 г. в США использовалось 36 млрд галлонов биотоплива в год. Некоторые штаты имеют собственные стандарты или требования по использованию топлива из возобновляемых источников. Другие федеральные программы обеспечивают финансовую поддержку производителей этанола и других видов биотоплива. Многие штаты имеют собственные программы поддержки или продвижения использования биотоплив. В министерстве энергетики США собирают информацию о программах поддержки использования альтернативных видов топлива — действует Центр данных по альтернативному топливу (DOE's Alternative Fuel Data Center<sup>160</sup>).

---

160. <http://www.afdc.energy.gov/laws>

## **Исследования в области возобновляемой энергетики**

Министерство энергетики США (DOE) и другие федеральные правительственные агентства финансируют исследовательские программы и разработку технологий возобновляемой энергетики. Большая часть этих исследований проводится Национальными лабораториями в кооперации с академическими институтами и частными компаниями. Финансирование таких программ зависит от ежегодных ассигнований Конгресса США.

## **Ключевое федеральное законодательство США в отношении ВИЭ**

Ключевое федеральное законодательство, имеющее отношение к альтернативным видам топлива, качеству воздуха, топливной эффективности и другим вопросам, имеющим отношение к экологической безопасности транспорта, создавалось в США последовательно на протяжении нескольких десятилетий.

Законодательство об альтернативных видах топлива и топливной экономичности ведет начало с принятия *Закона о чистом воздухе* от 1970 г. (Clean Air Act of 1970<sup>161</sup>), который создал первые стимулы для сокращения загрязнений воздуха от транспорта. В 1975 г. был принят Закон об энергетической политике и энергосбережении (Energy Policy and Conservation Act), который ввел стандарты топливной экономичности (Corporate Average Fuel Economy, CAFE) и потребовал предоставлять информацию о топливной экономичности автомобилей потребителям. Для того чтобы стимулировать использование альтернативных видов моторного топлива, в 1988 г. был принят Закон об альтернативных видах моторного топлива (Alternative Motor Fuels Act of 1988). Этим законом были введены специальные стимулы в виде кредитов для автопроизводителей (CAFE credits).

*Закон об эффективности наземных перевозок, осуществляемых смешанными видами транспорта* от 1991 г. (The Intermodal Surface Transportation Efficiency Act, ISTEA) положил начало программам строительства безопасных шоссе дорог. Последующее законодательство о регулировании наземного транспорта включило в себя *Закон о равноправии на транспорте в XXI веке* от 1998 г. (Transportation Equity Act for the 21st Century, TEA-21), *Закон о безопасном, экономичном, гибком, эффективном транспорте для потребителей* (Safe, Accountable, Flexible, Efficient Transportation Equity Act: A Legacy for

161. [http://www.afdc.energy.gov/laws/key\\_legislation#caa70](http://www.afdc.energy.gov/laws/key_legislation#caa70)

Users, SAFETEA-LU), вступивший в силу в 2005 г., *Закон о движении по пути прогресса в XXI веке* (Moving Ahead for Progress in the 21st Century Act, MAP-21), вступивший в силу в 2012 г., и *Закон об улучшении наземного транспорта в Америке* (Fixing America's Surface Transportation Act, FAST), вступивший в силу в 2015 г.

Каждый из этих законов призван привлечь финансирование для строительства новых шоссе, обеспечить безопасность на дорогах и организовать программы развития общественного транспорта. Недавние законодательные акты на тему наземного транспорта также включают меры поддержки автомобилей, работающих на альтернативных видах топлива (Alternative Fuel Vehicles, AFVs) и соответствующей инфраструктуры.

*Закон об энергетической политике* от 1992 г. (Energy Policy Act, EPA) установил федеральные требования по использованию AFVs, обязательные для штатов и для поставщиков топлива. Этот закон был несколько раз дополнен несколькими другими законами, включая *Закон об энергосбережении и переаттестации* 1998 г. (Energy Conservation and Reauthorization Act of 1998), которые содержали положения о поддержке использования альтернативного топлива и развитии инфраструктуры.

*Закон об энергетической независимости и безопасности* от 2007 г. (Energy Independence and Security Act) включил положения по увеличению поставок топлива из возобновляемых источников и повышению стандартов топливной экономичности автомобилей (CAFE standards) до 35 миль на галлон (6,72 литра на 100 км) к 2020 г.

*Закон об экономической стабилизации в чрезвычайных обстоятельствах* от 2008 г. (Emergency Economic Stabilization Act) был дополнен *Законом о продолжении энергетических улучшений* от 2008 г. (Energy Improvement and Extension Act), который содержал положения о налоговых кредитах и льготах для альтернативных видов топлива и энергоэффективных технологий.

*Закон о восстановлении и reinvestциях в Америке* от 2009 г. (American Recovery and Reinvestment Act) выделил около \$800 млрд на создание рабочих мест, стимулирование экономического роста, снижение налогов, модернизацию инфраструктуры и инвестиции в обеспечение энергетической независимости и развитие технологий возобновляемой энергетики.

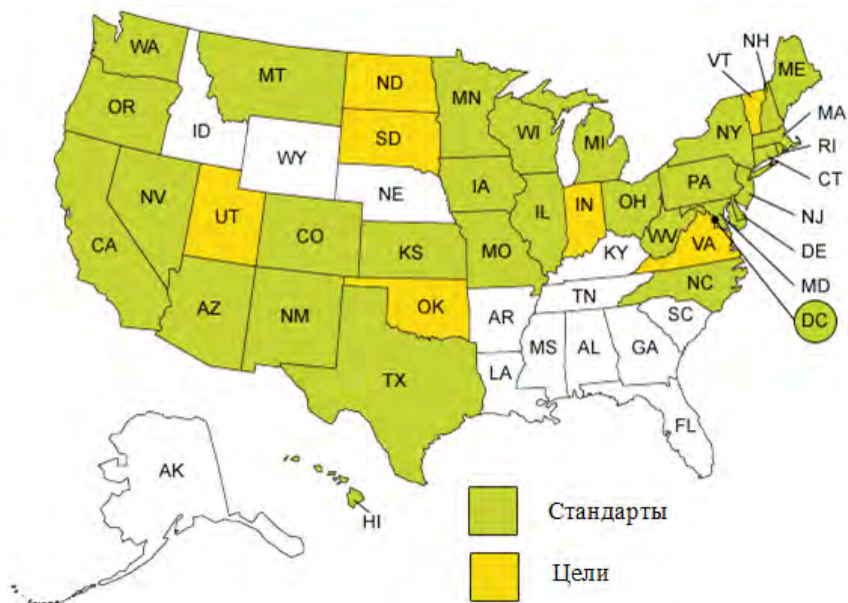


*Закон о сокращении налогов, страховании от безработицы и создании рабочих мест* от 2010 г. (Tax Relief, Unemployment Insurance Reauthorization, and Job Creation Act), *Закон о снижении налогов в Америке* от 2010 г. (American Taxpayer Relief Act), *Закон о предотвращении повышения налогов* от 2014 г. (Tax Increase Prevention Act) и *Закон о консолидированных ассигнованиях* от 2016 г. (Consolidated Appropriations Act) расширили применение и увеличили число налоговых кредитов для альтернативных видов топлива.

### Льготы штатов для ВИЭ

В большинстве штатов действуют стандарты возобновляемой энергетики.

Стандарты использования возобновляемой энергетики (Renewable Portfolio Standards, RPS), также, как и стандарты использования возобновляемых источников электрогенерации (Renewable Electricity Standards, RES), направлены на стимулирование выработки электроэнергии на основе ВИЭ. Они представляют собой набор требований к производителям электроэнергии поставлять определенную минимальную часть энергии из возобновляемых источников.



**Рис. 10.14. Штаты, где действуют обязательные стандарты возобновляемой энергетики (RPS) и добровольные целевые программы**

Источник: N.C. Solar Center at N.C. State University, Database of State Incentives for Renewables and Efficiency, URL: [www.eia.gov/todayinenergy/images/2012.02.03/RPSMap.png](http://www.eia.gov/todayinenergy/images/2012.02.03/RPSMap.png).

Законодательство о некоторых обязательных стандартах RPS в последние годы разрабатывается Конгрессом США, но пока на национальном уровне так и не появилось программ RPS. Однако уже к началу 2012 г. 30 штатов и Округ Колумбия приняли свои RPS или другие обязательные к исполнению требования по использованию ВИЭ. Кроме того, семь штатов приняли добровольные цели по развитию электрогенерации из возобновляемых источников. Эти программы сильно различаются по своей структуре, регуляторному механизму, объему и применению.

Под общим обозначением RPS может пониматься большое разнообразие мер поддержки. В общем виде RPS устанавливает минимальные требования к доле электроэнергии, которая должна поставляться из определенных видов источников энергии к определенному сроку. Часто эти определенные ВИЭ соответствуют особенностям ресурсной базы штата и местным предпочтениям. Некоторые штаты также устанавливают цели для развития определенных возобновляемых источников энергии или технологий для стимулирования их развития и использования. Во многих штатах программы RPS содержат специальные оговорки об отказе («escape clauses»), если стоимость дополнительной генерации из возобновляемых источников превышает определенный порог.

Другой распространенной особенностью политики многих штатов в отношении возобновляемой энергетики являются использование торговой системы для минимизации затрат на соответствие требований стандартов — это кредиты для электроэнергии из возобновляемых источников (Renewable Electricity Credit, REC). Работает система так: производитель, генерирующий больше электроэнергии, чем необходимо для выполнения собственных обязательств по RPS, может продать права на свои избыточные объемы (RECs) другому поставщику электроэнергии, не имеющему в своем портфеле достаточного объема выработки из ВИЭ для выполнения собственных RPS. Иногда сам штат предлагает на продажу определенный объем кредитов. Такая система позволяет сглаживать временные провалы в выполнении обязательств по возобновляемой генерации, случающиеся при строительстве новых генерирующих мощностей.

RPS — это лишь один механизм стимулирования развития возобновляемой энергетики. Штаты, где действуют стандарты RPS, на-



рашивают объемы генерации из возобновляемых источников. Другие штаты, тем не менее, также за последние годы наблюдают рост использования ВИЭ, который происходит благодаря инициативам федерального центра, различным программам штатов и благоприятным рыночным условиям.

### **10.10. План чистой энергетики Барака Обамы**

3 августа 2015 г. президент Барак Обама обнародовал подготовленный Агентством по охране окружающей среды США (EPA) План действий по развитию «чистой» энергетики (Clean Power Plan<sup>162</sup>), который предполагает, что штаты примут свои планы, выполнение которых обеспечит снижение к 2030 г. эмиссии парниковых газов на 870 млн т CO<sub>2</sub>, или на 32 % от уровня 2005 г.

По данным Агентства по охране окружающей среды (EPA), солнечная энергетика создает рабочие места на порядок быстрее, чем другие отрасли экономики. Помимо CO<sub>2</sub>, План предусматривает сокращение выбросов диоксида серы на 90 % и оксида азота на 72 % от уровня 2005 года.

Кроме того, в окончательной версии Плана содержится Программа поддержки чистой энергетики (Clean Energy Incentive Program, CEIP), в соответствии с которой штаты будут получать возмещение затрат на первоначальные инвестиции в развитие возобновляемой энергетики и повышение энергоэффективности.

24 августа 2015 г. президент США Барак Обама объявил о мерах по поддержке инвестиций в возобновляемую энергетику<sup>163</sup>. Эти меры заключались в увеличении на \$ 1 млрд гарантий по кредитам на проекты возобновляемой энергетики, предоставлении грантов на научные исследования в области солнечной энергетики в объеме \$ 24 млн и субсидий для сокращения затрат домовладельцев на установку солнечных панелей.

Анонсированные Бараком Обамой меры должны были стимулировать более широкое использование распределенной энергетики. Эти меры включают в себя:

- дополнительные кредитные гарантии в объеме \$ 1 млрд для проектов распределенной энергетики, использующих инновационные технологии;

162. <https://www.whitehouse.gov/climate-change#section-clean-power-plan>

163. <https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2015/08/24/fact-sheet-president-obama-announces-new-actions-bring-renewable-energy>

- предоставление индивидуальным домовладельцам софинансирования, чтобы побудить их инвестировать в технологии чистой энергетики;
- начало новой программы министерств ЖКХ (Department of Housing and Urban Development, HUD) и энергетики (DOE), позволяющей домовладельцам оценить и улучшить энергоэффективность своих домов с помощью дополнительных кредитов;
- содействие Министерству обороны (DOD) во внедрении установок солнечной энергетики в частных домах на 40 военных базах по всей территории США, что позволит семьям военных экономить на счетах за электроэнергию и повысит энергобезопасность военных сообществ;
- предоставление \$24 млн для 11 проектов в семи штатах для разработки инновационных технологий солнечной энергетики, которые позволят удвоить отдачу энергии от солнечных батарей;
- расширение ЛЭП, позволяющей ввести в строй солнечную электростанцию (PV) мощностью 485 МВт, которая должна быть построена в округе Риверсайд (Riverside County) в Калифорнии. Станция сможет снабжать электроэнергией свыше 145 тыс. домов;
- создание межведомственной рабочей группы для продвижения программы «Чистая энергетика для всех американцев» (Clean Energy Future for All Americans) и анонсирование независимых обязательств со стороны местных властей, коммунальных служб, компаний по повышению энергоэффективности для более 300 тыс. домовладений людей с низкими доходами и инвестированию более \$220 млн в проекты по энергосбережению для ветеранов и потребителей с низкими доходами, чтобы помочь им снизить счета за энергию.
- увеличение доли ВИЭ (кроме ГЭС) в соответствующих энергобалансах до 20% к 2030 г.;
- установка мощностей ВИЭ в объеме 300 МВт для субсидируемых из федерального бюджета домовладений к 2020 г.;
- двукратное увеличение производства электроэнергии к 2030 г.

Объявленные действия должны дать возможность внедрять энергосберегающие технологии в жилые дома по всей стране уже в ближайшее время, и в то же время ускорить разработку доступных по стоимости инновационных низкоуглеродных энергетических технологий.

### ***10.11. Политика Дональда Трампа и развитие возобновляемой энергетики в США***

28 марта 2017 г. президент Дональд Трамп подписал Указ «Об энергетической независимости» (Energy Independence Executive Order), которым поручил ЕРА и другим федеральным ведомствам пересмотреть План чистой энергетики (Clean Power Plan) Барака Обамы и отменить «необязательные ограничения, наложенные на угледобывающие предприятия и угольные электростанции».

В Президентском Указе говорится о необходимости исключить бюрократические барьеры, препятствия для развития бизнеса, ликвидировать ненужные согласовательные процедуры, чреватые проволочками, и т.п. Подразумевается, что развитием чистой энергетики штаты занимаются под нажимом, по требованию или благодаря субсидиям федерального центра, а если ликвидировать искусственные ограничения и избыточные требования, штаты вернутся к высокоэффективному, но «грязному» пути экономического развития.

Практика показывает, что это не совсем так. Для примера можно взять два штата с самой высокой в США долей возобновляемой энергетики в энергобалансе — это Калифорния и Техас.

### ***10.12. Программы, стимулы и цели Калифорнии***

В Калифорнии в 1998 г. было проведено дерегулирование поставщиков электроэнергии. Энергетическая комиссия Калифорнии начала реализовывать новую программу развития возобновляемой энергетики, призванную содействовать увеличению генерации из ВИЭ по всему штату. В последующие десятилетия возобновляемая энергетика пользовалась поддержкой как со стороны законодателей штата, так и губернаторов, что обеспечило лидерство Калифорнии по этому показателю.

Эта программа обеспечила рыночные стимулы для новых и существующих коммунальных поставщиков возобновляемой энергии. Она также предлагала возмещения потребителям, устанавливающим ветровые и солнечные энергетические системы.

С 1998 по 31 декабря 2006 г. по этой программе было профинансировано сооружение систем солнечной PV-генерации мощностью до 30 кВт и ветрогенераторов мощностью до 50 кВт, соединенных с общей сетью, для жилых домов и предприятий.

Калифорнийская комиссия по коммунальному хозяйству (California Public Utilities Commission, CPUC) финансировала более крупные проекты электрогенерации для бизнеса. С 2007 г. действовала Программа новой возобновляемой энергетики.

В Калифорнии действовали следующие стандарты развития возобновляемой энергетики (California's Renewables Portfolio Standard, RPS):

- 2002 г.: Сенат штата установил программу RPS, требующую, чтобы к 2017 г. 20 % розничных продаж электроэнергии приходилось на возобновляемую энергетику.
- 2003 г.: Energy Action Plan I ускорил достижение 20%-й доли ВИЭ — к 2010 г.
- 2005 г.: Energy Action Plan II поставил новую цель — достижение 33 % ВИЭ к 2020 г.
- 2006 г.: Сенат принял в виде закона цель достижения 20 % доли энергии из возобновляемых источников к 2010 г.
- 2008 г.: Губернатор Шварценеггер выпустил распоряжение достичь доли ВИЭ в 33 % к 2020 г.
- 2011 г.: Сенат принял закон, подписанный губернатором Брауном, достичь 33 % ВИЭ к 2020 г.
- 2015 г.: Сенат принял закон, подписанный губернатором Брауном, достичь 50 % продаж энергии из ВИЭ к 2030 г.

Калифорния — самый активный штат в поддержке электромобилей. Действующая программа<sup>164</sup> продвижения на рынок автомобилей с нулевыми выбросами (Zero-emission vehicle, ZEV)<sup>165</sup> требует, чтобы в 2015 г. 2,7 % новых автомобилей, проданных в Калифорнии, были или электромобилями или работали на топливных элементах. Этот процент должен повышаться каждый год, чтобы в 2025 г. достичь 22 %. Окончательная цель — заставить автопроизводителей совсем отказаться от продаж автомобилей с двигателями внутреннего сгорания.

Программа штата Калифорнии и федеральная инициатива были взаимоувязаны еще в 2009 г., когда федеральное правительство и Калифорния договорились работать совместно, чтобы не предъявлять автопроизводителям противоречивых требований.

Последующие изменения и обновления требований к автотранспорту должны быть одобрены как калифорнийским ARB, так и

164. [http://www.arb.ca.gov/msprog/consumer\\_info/advanced\\_clean\\_cars/consumer\\_acc.htm](http://www.arb.ca.gov/msprog/consumer_info/advanced_clean_cars/consumer_acc.htm)

165. <http://www.arb.ca.gov/msprog/zevprog/zevprog.htm>

федеральными Агентством по охране окружающей среды (EPA) и Национальной администрацией по безопасности на автомагистралях (National Highway Traffic Safety Administration), в чью юрисдикцию входит контроль за топливной эффективностью автотранспорта.

### **10.13. Возобновляемая энергетика в Техасе**

Техас — национальный лидер в развитии чистой энергетики. В штате вырабатывается наибольший объем ветровой энергии в США — по этому показателю Техас уступает только пяти странам.

Благодаря снижению стоимости солнечных панелей в штате начала бурно развиваться солнечная энергетика. Развитие возобновляемой энергетики опережает все возможные требования и обязательства, которые могли бы быть наложены на штат.

Сланцевый бум продемонстрировал путь развития эффективных технологий, которые могут развивать чистые источники энергии. Штат Техас имеет все шансы остаться лидером в чистой энергетике.

План развития энергетики Техаса подписал в 2008 г. губернатор Рик Перри, ставший министром энергетики в администрации Дональда Трампа. В соответствии с планом, энергетика штата должна развиваться в соответствии с рыночными законами спроса и предложения, с минимальными административными барьерами.

Допускаются стимулы для развития перспективных технологий, еще не вышедших на уровень коммерческой окупаемости. В частности, благодаря открытости для инвесторов и налоговым льготам Техас стал лидером в развитии ветровой генерации, но в этом случае штат должен обеспечить стабильность инвестиционных условий: налоговые стимулы должны сохраниться, но не должны расширяться.

Эти подходы действуют в Техасе и в настоящее время: регулятор штата поощряет развитие как традиционной генерации, так и возобновляемой. Фактически же ветровая генерация пользуется преимуществом: для нее не требуются водные ресурсы, и она не эмитирует парниковые газы, поэтому никаких государственных разрешений для развития проектов ветрогенерации не требуется — компании напрямую договариваются в местными сообществами и владельцами земельных участков. Это объясняет, почему с начала века Техас нарастил производство электроэнергии ветропарками с нуля до сегодняшнего впечатляющего уровня.

Техас построил линии электропередач, проходящие с запада штата через «конкурентные зоны возобновляемой энергетики» (competitive renewable energy zones, CREZ) к густонаселенным регионам в центре штата. В результате этим энергетическим коридором могут пользоваться как традиционные производители, так и ВИЭ. В последние годы, в связи со снижением стоимости солнечных панелей, наметился бум в развитии солнечной генерации. Техас становится рынком для диверсифицированных источников энергии.

## **УСИЛЕНИЕ ПОЗИЦИЙ КНР В ПРОИЗВОДСТВЕ ВИЭ — ВАЖНЕЙШАЯ ТЕНДЕНЦИЯ РАЗВИТИЯ МИРОВОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РЫНКА**

---

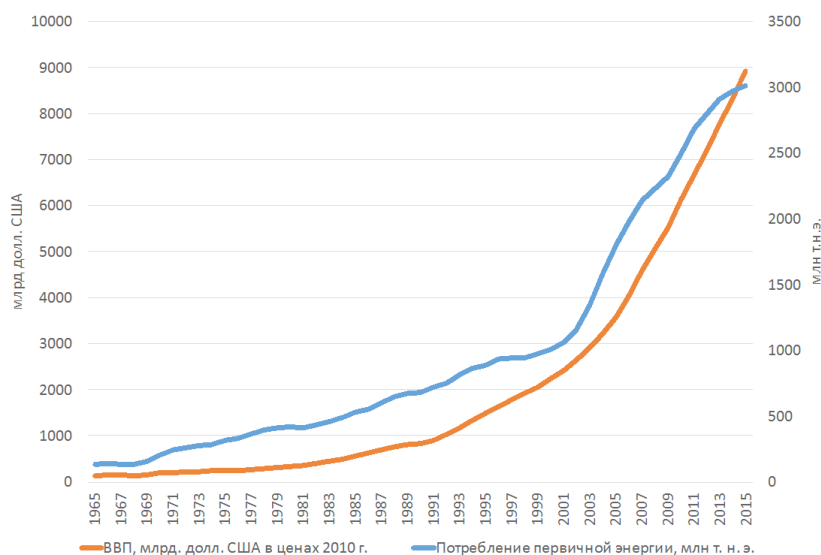
### ***11.1. Изменение роли ВИЭ в энергобалансе КНР***

За последние четыре десятка лет Китай достиг выдающихся экономических результатов благодаря рыночным реформам и политике открытости. С 2014 года экономика страны по размеру ВВП, рассчитанному по ППС, является крупнейшей в мире. КНР — мировой лидер по объемам промышленного и сельскохозяйственного производства, ряду других макроэкономических показателей. Поддержание высоких темпов экономического роста требовало постоянного увеличения потребления энергетических ресурсов и другого сырья. Отметим, что долгие годы страна являлась одним из крупнейших экспортеров нефти в Азиатско-Тихоокеанском регионе, но с ростом экономики в 1993 году Китай превращается в нетто-импортера, а спустя еще 20 лет, в 2013 году, КНР стала крупнейшим нетто-импортером углеводородов в мире. Сегодня Китай в основном использует уголь для удовлетворения собственных потребностей в энергии.

Как видно из рисунка 11.1, на протяжении последних 50 лет в КНР существует явная корреляция между экономическим ростом и потреблением энергии. Это заставляет руководство государства активно искать новые пути диверсификации своего энергетического баланса. Потребность в стабильном и надежном энергетическом обеспечении для Китая, по нашему мнению, вышла далеко за рамки традиционно понимаемой энергетической безопасности. От того, насколько успешно страна сможет решить комплекс проблем (инфраструктурных, экологических, экономических), связанных с национальной энергетикой, в наибольшей степени зависит успешность её модели экономического развития в XXI веке.

Энергетическая безопасность государства обеспечивается решением ряда проблем:

Во-первых, диверсификация импорта путем расширения поставщиков и маршрутов транспортировки углеводородов.



**Рис. 11.1. Корреляция между экономическим ростом и потреблением энергии в Китае с 1965 года**

*Источник:* составлено по данным BP Statistical Review и Всемирного банка.

Во-вторых, осуществляется экспансия национальных китайских нефтегазовых компаний на мировом рынке путем участия в проектах по разведке, разработке и добыче углеводородов за рубежом. Наиболее успешным примером такой экспансии является деятельность Китая по добыче нефти в Анголе, Нигерии, добыче нефти и газа в ряде других стран Африки, Центральной и Юго-Восточной Азии.

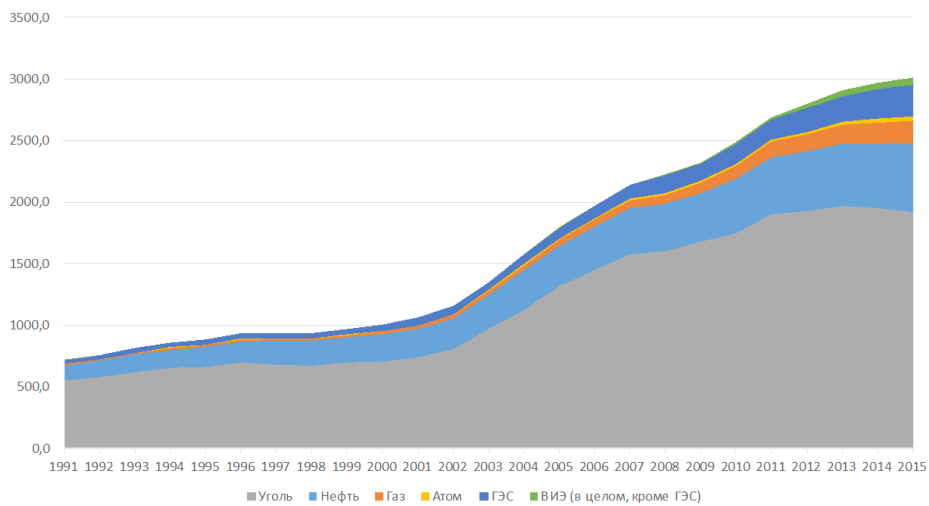
В-третьих, Китай уделяет значительное внимание сотрудничеству с Российской Федерацией в области энергетики. Российско-китайские энергетические мегапроекты, такие как «Сила Сибири», призваны значительно укрепить энергетическую безопасность Китая, став, в то же время, выгодным и долгосрочным партнерством для РФ.

Наконец, в-четвертых, Китай ищет новые внутренние резервы для развития национальной энергетики — во многом в атомной отрасли, но, главным образом, в области возобновляемых источников энергии. Политика китайского руководства в последние годы направлена, в первую очередь, на масштабную диверсификацию источников энергоснабжения.

В целом на энергетический сектор Китая, по данным ВР, в 2015 году пришлось около 23 % мирового потребления энергии, а доля Китая в мировом росте потребления энергии составила 34 %. И хотя, как отмечалось выше, уголь пока еще остается доминирующим топливом,

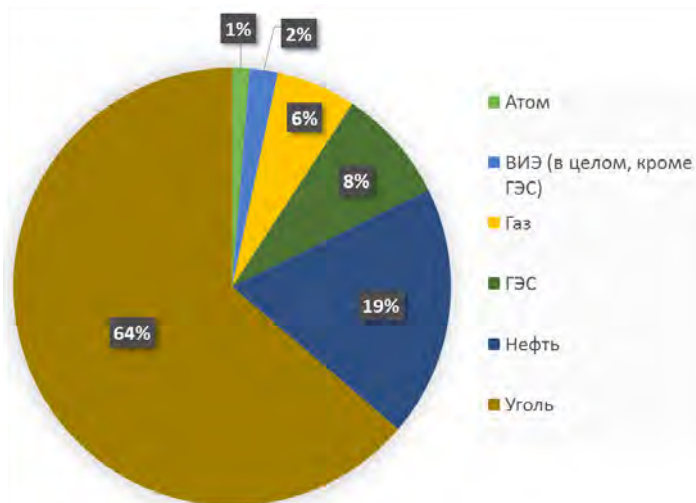


занимая порядка 64 % в энергетическом балансе Китая, его доля в 2015 году оказалась самой низкой за всю историю развития угольной отрасли. Вторым по значимости энергоносителем является нефть, потребление которой постоянно растет. Стоит отметить увеличение роли газа и атомной энергетики в последние несколько десятков лет (рис. 11.2 и 11.3).



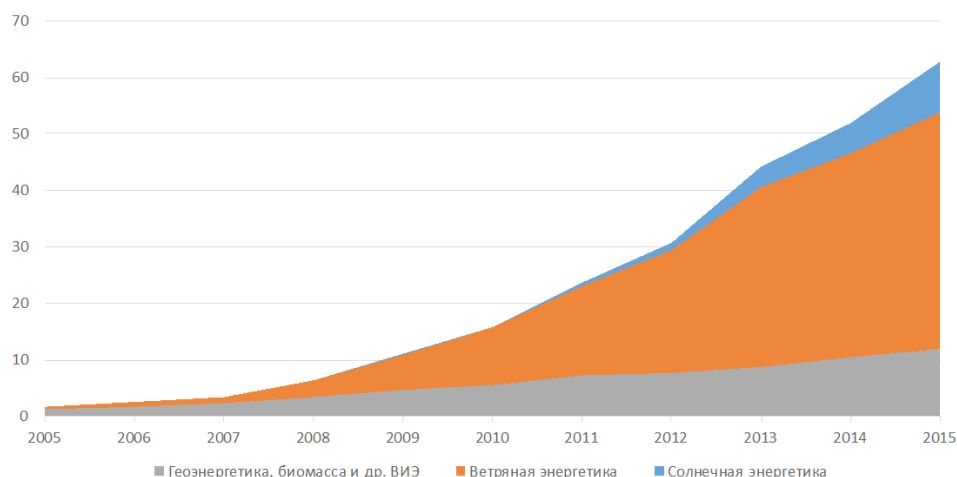
**Рис. 11.2. Динамика изменения энергетического баланса Китая (потребление энергии по видам топлива, млн т н.э., 1999-2015)**

Источник: составлено авторами по данным BP Statistical Review.



**Рис. 11.3. Энергетический баланс Китая в 2015 году**

Источник: составлено авторами по данным BP Statistical Review.



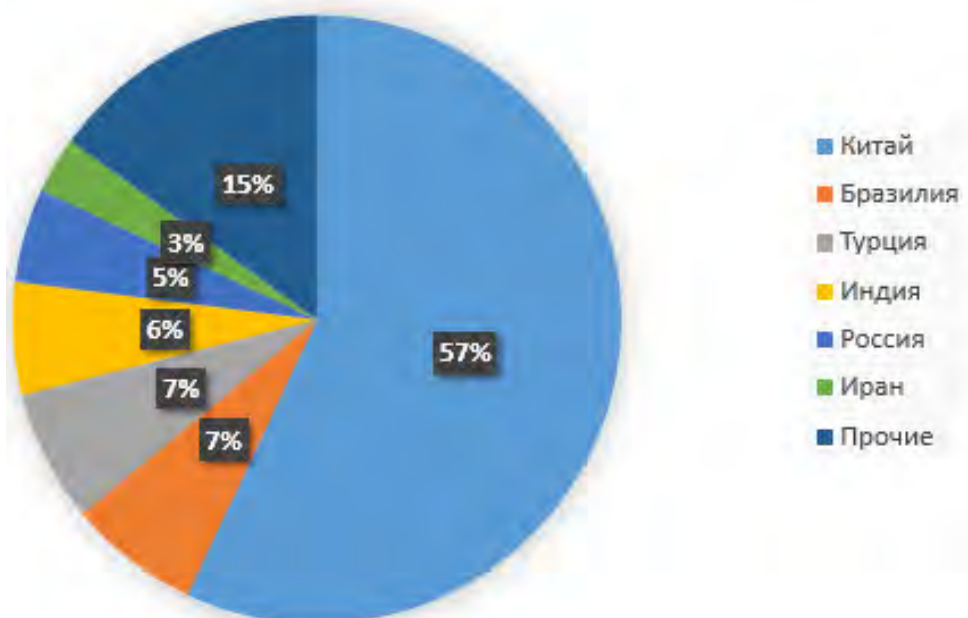
**Рис. 11.4. Энергетический баланс Китая в 2015 году**

*Источник:* составлено авторами по данным BP Statistical Review.

В 2015 году установленная мощность солнечной и ветряной генерации в КНР значительно превысила показатели Европейского Союза и США, тем самым Китай окончательно подтвердил свою роль лидера в области возобновляемой энергетики. Велики были и темпы роста производства электроэнергии от ВИЭ. Например, производство энергии только за один год, с 2014 по 2015, выросло в Китае почти на 70 % на солнечных станциях, ветряной — на 16 %, а производство из возобновляемых источников в целом — на 20 % (рис. 11.4). Безусловно, бурный и стремительный рост возобновляемых источников энергии формирует новый тренд в китайской энергетической стратегии.

Необходимо особо отметить важность гидроэнергетики, которая является вторым по величине источником энергии в Китае после угля. На долю гидроэлектростанций пришлось около 1/5 от общего объема электроэнергии, произведенной в стране в 2015 году. КНР рассматривает ГЭС как один из основных способов замены мощностей тепловой генерации. Именно в Китае находится самая крупная ГЭС в мире — «Три ущелья» на реке Янцзы, установленной мощностью в 22,5 ГВт. В настоящее время началось активное строительство еще одной гигантской ГЭС на реке Янцзы — «Байхэтань», которая как ожидается, будет обладать установленной мощностью в 14-16 ГВт, что сделает ее второй в мире по этому показателю.<sup>166</sup>

166. Baihetan Hydropower Project. China International Water Electric Corp.  
URL: <http://english.cwe.cn/show.aspx?id=1828&cid=43>



**Рис. 11.5. Доли стран-лидеров в общемировой установленной мощности ГЭС**

*Источник:* составлено авторами по данным International Hydropower Association.

В 2015 году в КНР было введено в строй 19 ГВт новых гидроэнергетических мощностей, и в сумме на его долю пришлось около 57% от общемировых новых установленных мощностей гидроэнергетики (рис. 11.5). По состоянию на начало 2016 года, общая мощность ГЭС Китая достигла 320 ГВт, что соответствовало целям, установленным в рамках 12-го пятилетнего плана.

Ожидается, что в ближайшие годы в стране будет построено еще несколько новых гидроэлектростанций, преимущественно локального масштаба: китайское правительство в рамках 13-й пятилетки поставило задачу довести установленную мощность гидроэлектростанций в стране до 340 ГВт.<sup>167</sup> Отметим, что себестоимость производства электроэнергии в гидроэнергетике является одной из самых низких по сравнению с себестоимостью производства от других источников энергии в Китае (за исключением угля). Затраты на производство 1 МВт энергии на ГЭС сопоставимы с таковыми на угольных электростанциях и

167. The 13th Five-Year Plan For Economic And Social Development Of The People's Republic Of China (2016–2020). Chapter 30 // National Development and Reform Commission of People's Republic of China.

составляют, по данным за 2015 год, около 0,6 доллара США.<sup>168</sup> Преимущество угольных электростанций перед ГЭС заключается только в низких капитальных затратах и в значительно более коротких сроках их строительства.

Ветряная и солнечная энергетика начали активно развиваться в КНР более десяти лет назад, с 2005 года. Бум развития возобновляемой энергетики в Китае, как и в США и в Европе, наступил в конце 2000-х — начале 2010-х годов. Однако, в отличие от Европейского Союза и США, развитие ВИЭ в Китае не замедлилось в 2012-2013 годах, оно продолжается высокими темпами.

В 2009 году китайская ветроэнергетика столкнулась с серьезными техническими трудностями, которые привели к массовым отказам ветряных турбин по всей стране, связанным с поломками трансформаторов и ряда других компонентов. На этом фоне правительство Китая ужесточило требования к надежности и эффективности ветряных электростанций, в результате чего в 2011 и 2012 годах в Китае наблюдалось замедление роста в этом секторе. Однако в 2013-2014 годах решения основных технических проблем отрасли были найдены, и в настоящее время рост ветряной генерации в Китае продолжается. По состоянию на начало 2016 года совокупная установленную мощность ветровых генераторов превысила 130 ГВт.<sup>169</sup>

Береговая ветроэнергетика является отдельным и сравнительно новым для китайских производителей направлением. В 2015 году мощность морских ветряных установок в Китае увеличилась на 58% по сравнению с предыдущим годом и составила 361 МВт. По состоянию на конец 2015 года совокупная мощность морских ВЭС достигла 1 ГВт, в КНР имеется десять производителей уникального оборудования для морской ветроэнергетики. Наиболее крупными из них являются Shanghai Electric, Xinjiang Goldwind, Envision и Sinovel. Несмотря на политику поддержки ветряной энергетики, ее дальнейшему развитию препятствуют высокие капитальные затраты и пока еще недостаточно обширный опыт реализации подобных проектов (особенно в области намного более сложных с инженерно-технической точки зрения морских ВЭС).<sup>170</sup>

168. Outlook of Power Generation Technology Cost in China. Norwegian School of Economics, Bergen, 2015. URL: <https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/300594/Master%20thesis.pdf?sequence=1>

169. DBS Asian Insights. Renewable Energy in China: Transiting to a Low-Carbon Economy // DBS Group Research, November 2016, P. 10-20.

170. Global Offshore Wind Power Project Database Q1 2017 // MAKE Consulting. URL: <http://www.consultmake.com/consulting/offshore-wind#accordion-23167>

Китай целенаправленно развивает различные виды солнечной генерации — как централизованные фотоэлектрические системы (солнечные фермы), так и децентрализованные, локальные и распределенные точки генерации. Централизованные фотоэлектрические системы — это крупные промышленные объекты, которые способны обеспечить энергией большое количество пользователей. Из-за их масштабов и требований к землепользованию, они часто расположены в отдаленных районах, что требует создания инфраструктуры для передачи электроэнергии на большие расстояния. Наиболее распространенной является классическая наземная схема монтажа солнечных панелей на опорах, прикрепленных к земле.

Система распределенной генерации обладает меньшей мощностью — от нескольких киловатт до нескольких мегаватт. Большинство таких установок расположены рядом с обслуживаемыми ими объектами, они обладают компактностью, допускают установку на крышах зданий и т.д. Такие системы могут быть включены в общую электроэнергетическую сеть, но могут функционировать и автономно.

Общая установленная мощность солнечной энергетики в КНР выросла с 0,9 ГВт в 2010 году до 43 ГВт в 2015 году, что соответствует среднегодовому темпу роста в 117%. Китайское правительство объявило о намерении довести общую установленную мощность солнечных электростанций до уровня в не менее чем 110 ГВт к 2020 году. В 2016 году установленная мощность солнечной генерации в Китае, по предварительной оценке, выросла на 18,1 ГВт, из которых 12,6 ГВт пришлось на солнечные станции локального типа, обслуживающие жилье и объекты коммунальной инфраструктуры, а 5,5 ГВт пришлось на крупные проекты, в которых использовалось новейшее оборудование, отвечающее высоким требованиям к эффективности преобразования энергии и износостойкости.<sup>171</sup>

Ожидается, что в 2017-2018 годах Китай введет в строй дополнительно порядка 30-35 ГВт мощностей возобновляемой энергетики (таблица 11.1). Большая часть проектов уже находится в стадии реализации, по некоторым приняты окончательные инвестиционные решения (ОИР), другие пока еще находятся на рассмотрении инвесторов.

---

171. DBS Asian Insights. Renewable Energy in China: Transiting to a Low-Carbon Economy // DBS Group Research, November 2016, P. 21-33.

Таблица 11.1

**Крупнейшие действующие и планируемые к введению объекты ветряной и солнечной энергетики Китая**

	Название объекта	Провинция	Уст. мощн., ГВт	Тип	Статус
1	Хами (очереди 1 и 2)	Синцзян	4.1 + 3.1	ВЭС	4.1 ГВт уже введено в строй
2	Чучуань (очереди 1 и 2)	Гансу	3.8 + 3 + 5	ВЭС и СЭС	Первая очередь мощностью 3.8 ГВт введена в строй, еще 3 ГВт построено и ожидает подключения, 5 ГВт — в проекте
3	Минчин	Гансу	1.2	ВЭС	0.6 ГВт мощностей построено и ожидает подключения
4	Чжонгчи	АРВМ (запад)	1.8	ВЭС	0.4 ГВт уже введено в строй
5	Дамао Лянхэ	АРВМ (запад)	1.4	ВЭС	1.4 ГВт уже введено в строй, планируется расширение
6	Чжанбей (очереди 1 и 2)	Хэбей	1.7 + 6.8	ВЭС и СЭС	Первая очередь мощностью 1.7 ГВт введена в строй, планируется расширение еще на 6.8 ГВт к 2018 г.
7	Чэнгдэ	Хэбей	2.9	ВЭС и СЭС	1 ГВт мощности уже введен в строй, оставшиеся установки будут включены в сеть до конца 2017 г.
8	Кайлу	АРВМ (восток)	3.3	ВЭС и СЭС	ОИР принято в конце 2015 года
9	Дзюнггар	Синцзян	7.7	ВЭС и СЭС	ОИР принято в конце 2015 года
10	Хандред майл	Синцзян	6	ВЭС и СЭС	Планируется (ОИР не принято)
11	Чанчжу	Гансу	1	ВЭС	Планируется (ОИР не принято)
12	Тонгвэй	Гансу	2	ВЭС	Планируется (ОИР не принято)
13	Нингся	Нингся	1	ВЭС	Планируется (ОИР не принято)
14	Силингол	АРВМ (запад)	1.1	ВЭС	Планируется (ОИР не принято)
15	Ляншань	Сычуань	10.5	ВЭС	Планируется (ОИР не принято)

Источник: составлено по данным DBS Vickers.

### **11.2. Государственное регулирование развития возобновляемой энергетики в Китае**

Государственное регулирование в области возобновляемой энергетики в Китае является весьма комплексным и многообразным, основные целевые показатели, рамочные программы и методы имплементации содержатся в пятилетних планах социально-экономического развития КНР. Подзаконные акты, дополнительные меры, предложения и новшества в области возобновляемой энергетики, равно как и в других областях социально-экономического развития, внедряются, как правило, в рамках исполнения показателей, заложенных в пятилетние планы.

Правительство Китая начало уделять особенное внимание возобновляемой энергетике с конца 1990-х — начала 2000-х годов. Именно в 10-м пятилетнем плане Китая (принят в 2001 году) впервые появилась глава, посвященная возобновляемой энергетике. Вслед за этим в Китае впервые был принят закон о поддержке развития возобновляемой энергетики<sup>172</sup> и несколько сопутствующих нормативных документов.

С 2016 года в Китае принят 13-й пятилетний план, который считается наиболее экологически ориентированным за всю историю страны. Фактически, одной из основных задач 13-й пятилетки является запуск масштабного процесса перевода экономики с использования ископаемого топлива на возобновляемые и экологически чистые источники энергии. План предусматривает значительную поддержку компаниям, действующим в области возобновляемой энергетики, а также тем компаниям, которые добровольно и в короткие сроки согласятся осуществить переход на использование энергии преимущественно из возобновляемых источников. Ожидается, что при успешном исполнении задач 13-й пятилетки установленная мощность гидроэлектростанций, ветряных электростанций, солнечных станций и АЭС вырастет примерно на 6%, 45%, более 156% и 115%, соответственно. Растущий спрос на переработку бытовых отходов также будет способствовать устойчивому росту сектора.

172. Renewable Energy Law of the People's Republic of China (Adopted at the 14th Meeting of the Standing Committee of the Tenth National People's Congress on February 28, 2005). URL: [http://www.npc.gov.cn/englishnpc/Law/2007-12/13/content\\_1384096.htm](http://www.npc.gov.cn/englishnpc/Law/2007-12/13/content_1384096.htm)

В рамках 12-й пятилетки (2011-2015 гг.) Китаю удалось добиться 20-процентного снижения выбросов углерода в атмосферу при том, что изначально было запланировано 17-18 %. В 13-й пятилетке поставлена задача снизить выбросы еще на 18 %. В рамках 12-й пятилетки Китай также перевыполнил свою цель по снижению энергоемкости (16-17 %), снизив количество энергии, потребляемой на единицу ВВП, на 18,2 %. Аналогичная цель для 13-й пятилетки установлена на уровне 15 %.<sup>173</sup>

Таблица 11.2

**Цели 12-го и 13-го пятилетнего планов  
социально-экономического развития КНР в области  
возобновляемой энергетики и экологии**

	12-я пятилетка	13-я пятилетка
Интенсивность использования водных ресурсов (%)	(30)	(23)
Интенсивность использования энергии в экономике (%)	(17)	(15)
Неуглеводородные источники энергии (доля в общем потреблении энергии, %)	12	15
Снижение выбросов CO (%)	(18)	(18)
<b>Установленная мощность, ГВт:</b>		
Гидроэлектростанции	320	340
Ветряные электростанции	145	>210
Солнечные электростанции	43	>110
Атомные электростанции	27	58

*Источник:* составлено по данным планов социально-экономического развития КНР.

Стоит отметить, что эти цели имеют важное значение для выполнения обязательств, которые Китай взял на себя в рамках Парижского соглашения.

Также планируется внедрение в КНР в скором времени системы квот на возобновляемые источники энергии, что позволит ускорить переход страны к низкоуглеродной экономике. В соответствии с

173. The 13th Five-Year Plan For Economic And Social Development Of The People's Republic Of China (2016–2020). Chapter 30 // National Development and Reform Commission of People's Republic of China.



плановой системой квот каждая из провинций Китая будет отвечать за то, чтобы определенный процент от потребления электроэнергии приходился на возобновляемые источники (кроме ГЭС), прежде всего на ветряную, солнечную энергетику и биомассу. Квоты будут различаться в зависимости от потенциала возобновляемых энергетических ресурсов каждой провинции (по оценке, от 2 до 10 процентов). Провинциям, которые не смогут выполнить свои обязательства по квотам, возможно, придется приостановить или сократить проекты в области производства электроэнергии на ископаемом топливе.<sup>174</sup>

Ожидается, что введение в действие системы квот ускорит реализацию проектов в области возобновляемых источников энергии, особенно в восточных провинциях Китая, где уровень потребления электроэнергии является самым высоким в стране. Введение системы квот также будет способствовать тому, чтобы две электроснабжающие компании страны (Государственная сетевая корпорация Китая и Китайская электросетевая корпорация) смогли увеличить темпы подключения солнечных и ветряных мощностей к своим энергосетям.<sup>175</sup>

Подчеркнем, что реформа электроэнергетического рынка Китая является важной составной частью плана китайского правительства по развитию возобновляемой энергетики. Она направлена на создание более эффективной энергетической сети (в том числе с использованием технологий «умных сетей»), за счет расширения использования возобновляемых источников энергии.

В рамках реформы китайское правительство формирует оптовый рынок электроэнергии, на котором сможет действовать большое число игроков. Реформа уже проводится в экспериментальном режиме в отдельных регионах Китая с 2015 года, ожидается, что в 2017 году рыночные принципы поставки электроэнергии будут распространены повсеместно. Электрическая энергия должна будет поставляться по условиям договоров, непосредственно заключаемых между производителями и крупными потребителями. Мелкие же потребители и коммунально-бытовой сектор по-прежнему будут получать электроэнергию при посредничестве электросетевых компаний.

---

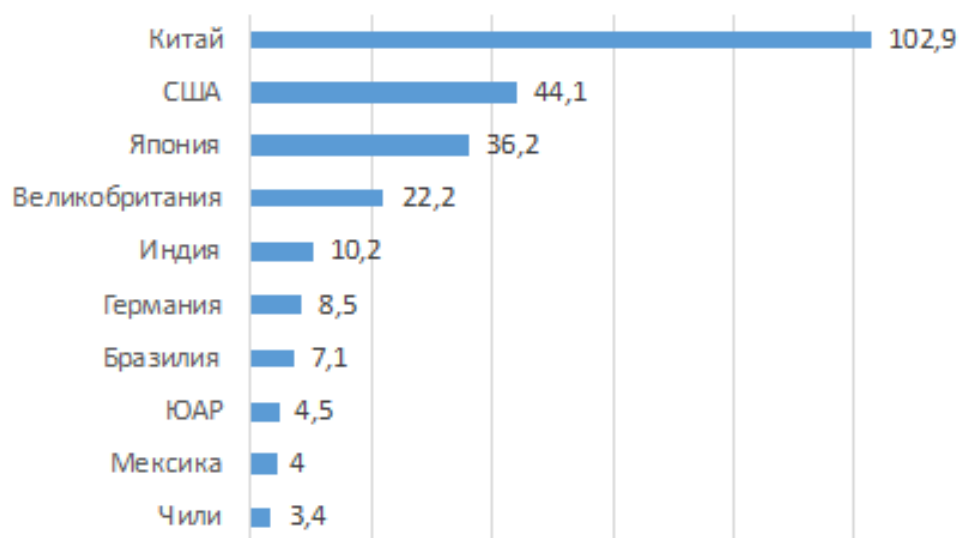
174. Sources: Wang. L. China Smart Grid. Xin dian gai li ting xin nengyuan: ke zai sheng nengyuan pei e zhi yi huo pi jinqi huo gongbu. 2015. URL: <http://guangfu.bjx.com.cn/news/20150330/603267.shtml>

175. China Could Issue Renewable Portfolio Standard by Year-End. Renesola News. 2014. <http://www.renesola.com/news/156.htm>

Также будет поощряться создание межмуниципальных бирж электроэнергии. Предполагается, что реформы приведут к снижению цен на электроэнергию, особенно для промышленных и коммерческих пользователей.<sup>176</sup>

### **11.3. Китай как крупнейший мировой инвестор в «чистую» энергию**

Китай является мировым лидером в области внутренних инвестиций в возобновляемые источники энергии и связанные с ними сектора. По данным Bloomberg New Energy Finance (BNEF), в 2015 году Китай вложил в этот сектор почти 103 млрд долларов США, что на 17 % больше, чем в 2014 году и намного больше, чем любая другая страна мира<sup>177</sup>.



**Рис. 11.6. Инвестиции в возобновляемые источники энергии в различных странах мира в 2015 году, млрд долл. США**

Источник: Bloomberg New Energy Finance.

По ожиданиям Международного энергетического агентства (МЭА), на долю Китая придется 36 % всех новых глобальных генерирующих мощностей по производству электроэнергии в период до 2021 года. Аналогичным образом, на Китай придется 40 % всей вновь создаваемой мировой ветряной энергетики и 36 % всей новой солнечной энергетики

176. DBS Asian Insights. Renewable Energy in China: Transiting to a Low-Carbon Economy // DBS Group Research, November 2016, P. 9.

177. UNEP/BNEF, Global Trends in Renewable Energy Investment 2016.

в этот же период. Быстро растущая конкурентоспособность возобновляемой энергетики ведет к расширению возможностей использования ВИЭ во все большем числе стран и регионов мира — в Европе, Индии, на Ближнем Востоке, в Латинской Америке и Северной Америке, но Китай уверенно занял место лидера в этом процессе.<sup>178</sup>

Пять из шести крупнейших в мире компаний-производителей солнечных модулей по итогам 2016 года находятся в Китае.<sup>179</sup> В то время, как First Solar из США объявила о сокращении 25 % персонала,<sup>180</sup> китайская China National Building Materials (CNBM) запустила строительство гигантского солнечного модуля стоимостью 1,5 млрд долларов США. Очевидно, CNBM бросила вызов продолжавшемуся около десяти лет абсолютному доминированию американской First Solar в этом подсекторе. Похожее решение американской компании Dow Chemical уволить 2500 сотрудников и выйти из ряда уже запущенных проектов в области солнечной энергетики в 2016 году будет только способствовать продвижению CNBM и других китайских компаний.<sup>181</sup>

В области ветряной энергетики китайская компания Goldwind еще в 2015 году обогнала датскую Vestas и стала крупнейшим производителем ветряных турбин во всем мире.<sup>182</sup> В КНР действует пять из десяти ведущих мировых фирм-производителей ветряных генераторов (рис. 11.7).

«Зеленая энергетика» Китая и сопутствующие ей отрасли промышленности развиваются очень быстрыми темпами. Китай наращивает инвестиции не только в отечественную возобновляемую энергетику, ВИЭ, но и в зарубежные активы. Увеличение потока китайских инвестиций в компании и активы в области ВИЭ в других странах было впервые отмечено в докладе Всемирного института ресурсов<sup>183</sup>.

---

178. China's Global Renewable Energy Expansion. Report by IEEFA, P. 3.

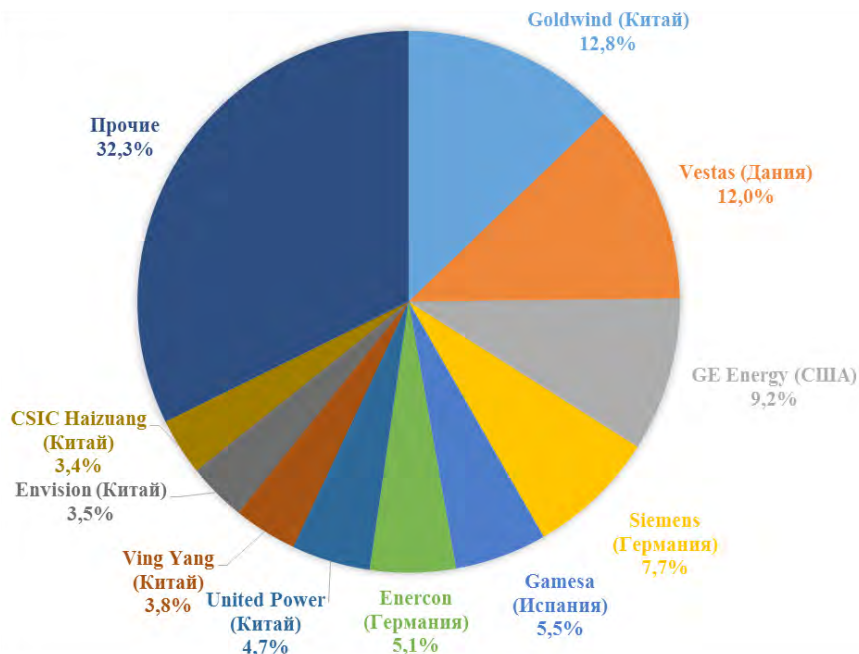
179. Top 5 solar module manufacturers in 2016. PV-Tech // URL: <https://www.pv-tech.org/editors-blog/top-5-solar-module-manufacturers-in-2016>

180. First Solar cuts continue solar industry retrenchment, but investors approve. URL: <https://www.electricitypolicy.com/News/first-solar-cuts-continue-solar-industry-retrenchment-but-investors-approve>

181. China's Global Renewable Energy Expansion. Report by IEEFA, P. 5.

182. Goldwind Edges Out Vestas As World's Leading Wind Turbine Supplier. CleanTechnica // URL: <https://cleantechnica.com/2016/05/19/goldwind-edges-vestas-worlds-leading-wind-turbine-supplier/>

183. China's Overseas Investments In The Wind And Solar Industries: Trends And Drivers. World Resources Institute Working Paper // URL: [http://www.wri.org/sites/default/files/pdf/chinas\\_overseas\\_investments\\_in\\_wind\\_and\\_solar\\_trends\\_and\\_drivers.pdf](http://www.wri.org/sites/default/files/pdf/chinas_overseas_investments_in_wind_and_solar_trends_and_drivers.pdf)



**Рис. 11.7. Крупнейшие мировые производители ветряных генераторов и их доли на мировом рынке**

*Источник:* составлено авторами по данным Clean Technica, Navigant Research.

Характерно, что инвестиционный поток из Китая заметно возрос после мирового финансового кризиса — очевидно, что китайские инвесторы воспользовались неустойчивым положением западных фирм и финансовых институтов.

Особо отметим, что стратегическая экспансия Китая в рамках его инвестиционной программы «Один пояс — один путь» включает в себя многомиллиардную инвестиционную программу по строительству автомобильных и железных дорог, а также производству и передаче электроэнергии, в том числе и из возобновляемых источников.<sup>184</sup> То есть, центр инвестиционной, технологической и проектной активности

184. 14–15 мая 2017 года в Пекине состоялся Международный форум «Один пояс — один путь», в котором приняли участие более трех десятков лидеров государств Евразии и Америки, представители деловых кругов и международных организаций. Российскую делегацию на форуме возглавил Президент РФ В.В. Путин, который в своем выступлении на открытии мероприятия также подчеркнул важность развития сотрудничества в энергетике в рамках сопряжения евразийских интеграционных и экономических инициатив России и КНР. Международный форум «Один пояс, один путь». Пресс-служба Администрации Президента РФ. // URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/54491>

в области возобновляемых источников энергии благодаря усилиям Китая окончательно смещается в Евразию.

**11.4. Добыча и производство редкоземельных металлов — ключевой фактор увеличения мощностей и объема инвестиций в ветряную и солнечную энергетику Китая и мира**

Редкоземельными элементами считаются 17 химических элементов со специфическими свойствами, которые имеют ключевое значение для производства многих высокотехнологичных промышленных товаров, в частности, магнитов и современных аккумуляторных батарей. Редкоземельные элементы используются на производстве, как правило, в небольших количествах, но без их применения было бы невозможно изготовление широкого спектра продукции для сектора возобновляемой энергетики, включая электрические транспортные средства, ветровые турбины, солнечные модули, многочисленные электронные устройства, и так далее.

В настоящее время Китай контролирует, по разным оценкам, от 85 % до 95 % процентов мирового производства редкоземельных элементов, а собственная китайская промышленность потребляет около 70 % всех производимых в мире редкоземельных металлов.<sup>185</sup>

Еще тридцать лет назад мировым технологическим лидером, крупнейшим производителем и переработчиком редкоземельных элементов были Соединенные Штаты. Основные месторождения таких элементов в США были открыты в горах Калифорнии. К настоящему времени руда высокого качества становится все более труднодоступной, известные запасы редкоземельных материалов в США сокращаются, в то время как в Китае, напротив, открываются новые залежи, а мощности горнодобывающей и перерабатывающей промышленности растут. В 2010 году Китай вышел на первое место в мире по разведанным запасам редкоземельных металлов и использовал свое монопольное положение для того, чтобы их добыча и первичная переработка осуществлялась преимущественно в Китае.

В 2010 году зарегистрированная в США компания Molycorp привлекла 1,7 млрд долларов США в виде займа и долевого финансирования для возобновления добычи редкоземельных элементов на горных перевалах в Калифорнии. В 2012 году, в разгар ценового бума на рынке редкоземельных элементов, Molycorp вложила 1,3 млрд долларов США в

185. Chinese rare earth giant born. Mining.com // URL: <http://www.mining.com/chinese-rare-earth-giant-born-62354/>

приобретение крупнейшего некитайского переработчика редкоземельных материалов, канадской компании Neo Materials Technologies.<sup>186</sup> В 2016 году ценовой пузырь на рынке редкоземельных элементов лопнул, и Molycorp была вынуждена объявить себя банкротом.<sup>187</sup> Дочерняя Neo Performance Materials была вынуждена поступить также в августе 2016 года, что сделало перспективы возобновления масштабной добычи редкоземельных элементов в США крайне неопределенными.<sup>188</sup>

В тот же период в Китае под контролем государства происходила консолидация активов мелких и средних компаний, функционирующих в области добычи и переработки редкоземельных элементов. В 2015 году были созданы China Northern Rare Earth Group High-tech Co Ltd и China South Rare Earth Group.<sup>189</sup> Эти две китайские государственные компании в настоящее время фактически контролируют всю мировую редкоземельную промышленность: после провала американских компаний у них фактически не осталось конкурентов, если не считать австралийскую Lynas Corp, которой принадлежит не более 5 процентов мирового рынка.<sup>190</sup> Таким образом, именно грамотная политика руководства страны привела китайскую редкоземельную промышленность к успеху и доминированию на мировом рынке.

Аналогичным образом лидирующие позиции в мире заняли и многие другие китайские компании, использующие редкоземельные элементы для производства своей продукции. Например, китайская компания Tianqi Lithium является крупнейшим в мире производителем литий-ионных аккумуляторов. Занять это место ей позволило приобретение корпорации Talison в 2012 году и перерабатывающего завода Galaxy в Цзянсу в 2015 году. Компания Tianqi также потратила 2,5 млрд долларов на приобретение 25%-й доли в компании SQM из Чили, которая является четвертым по величине производителем лития в мире.

---

186. Molycorp buys Neo Material for C\$1.3 billion. Reuters // URL: <http://www.reuters.com/article/us-molycorp-idUSBRE82800T20120309>

187. Molycorp Bankruptcy Auction Flop Stirs Bondholder Rancor. The Wall Street Journal // URL: <https://www.wsj.com/articles/molycorp-bankruptcy-auction-flop-stirs-bondholder-rancor-1457473434>

188. Molycorp, Inc. Emerges from Chapter 11 as Neo Performance Materials. Nasdaq Global Newswire // URL: <https://globenewswire.com/news-release/2016/08/31/868672/0/en/Molycorp-Inc-Emerges-from-Chapter-11-as-Neo-Performance-Materials.html>

189. Chinese rare earth giant born. Mining.com // URL: <http://www.mining.com/chinese-rare-earth-giant-born-62354/>

190. Major Chinese rare earth group formed to boost industry. Xinhua. // [http://www.china.org.cn/business/2016-06/29/content\\_38779521.htm](http://www.china.org.cn/business/2016-06/29/content_38779521.htm)

Цены на литий взлетели в 2016 году в связи с ростом спроса, вызванного, в том числе, распространением и все более широким признанием электромобилей, бросивших серьезный вызов историческому доминированию двигателей внутреннего сгорания. В то время как разработки компании Tesla привлекают наибольшее внимание западных СМИ, ее техническое и технологическое лидерство в секторе уже активно оспаривается двумя китайскими фирмами: BYD и CATL.<sup>191</sup>

Столь безальтернативная ситуация на мировом рынке редкоземельных материалов, очевидно, категорическим образом не устраивает США и страны Западной Европы. Китай продолжает эффективно выигрывать в конкурентной борьбе, вынуждая другие страны вводить заградительные пошлины и иные ограничения на торговлю этими материалами и соответствующей продукцией.

\* \* \*

За очень короткий, по историческим меркам, срок Китай совершил экономическое чудо, превратившись в «фабрику мира», став мировым лидером в производстве практически всех видов товаров и услуг. Очевидно, столь бурное развитие китайской экономики было бы невозможно без стремительного развития энергетического сектора, обеспечившего рост потребления энергии. КНР использует абсолютно все доступные возможности для расширения доступа к энергетическим ресурсам. Этот путь, весьма стратегически обоснованный, привел Китай к интенсивному развитию собственной возобновляемой энергетики. И, как и все, что делалось в Китае в последние годы, развитие ВИЭ приобрело гигантские масштабы. Всего за несколько лет китайские производители стали мировыми лидерами в производстве сырья, компонентов и оборудования для солнечной и ветряной энергетики, а также было завершено строительство крупнейшей в мире гидроэлектростанции. Усиление позиций страны в области ВИЭ на мировом рынке практических не оставляет никаких шансов другим странам конкурировать с ней. Однако с уверенностью сказать, насколько негативные или положительные последствия будет иметь этот тренд, в настоящий момент пока еще не представляется возможным.

---

191. Buffett's BYD Vs. Musk's Tesla: Electric Vehicle Race Still Undecided. Forbes, November 4, 2015. URL: <https://www.forbes.com/sites/michaelylynch/2015/11/04/byd-buffett-vs-tesla-musk-electric-vehicle-race-still-undecided/#93d3df34b2ca>

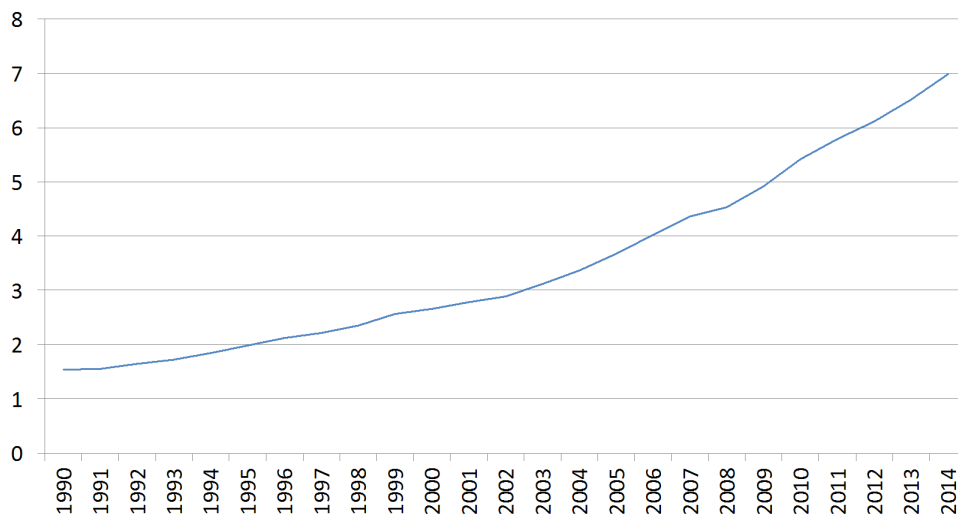


## ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА ИНДИИ

### **12.1. Краткая характеристика экономического развития Индии на современном этапе**

Республика Индия — крупное и значимое государство в Южной Азии. Население Индии составляет более 1,3 млрд человек, а площадь ее территории превышает 3,2 млн км<sup>2</sup>, таким образом, Индия занимает второе место в мире по численности населения и седьмое по площади территории.

Индийская цивилизация считается одной из древнейших в мире, ее история насчитывает более трех тысяч лет. Современная форма государственного устройства существует в Индии с 1947 года, когда страна получила независимость от Британской Империи. Необходимо отметить, что Индия является потенциальной сверхдержавой, находится в числе немногих государств, обладающих собственным ядерным оружием. Она входит в такие международные организации, как ООН, G20, ВТО, Ассоциация регионального сотрудничества Южной Азии, Содружество наций, а также БРИКС и ШОС.



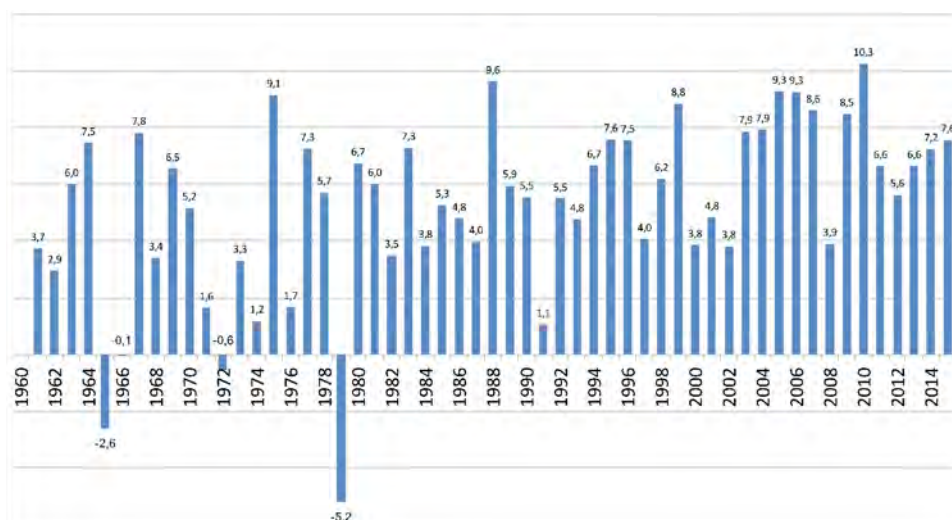
**Рис. 12.1. Динамика ВВП Индии по ППС, трлн долл. США**

Источник: Worldbank Database // [data.worldbank.org](http://data.worldbank.org).



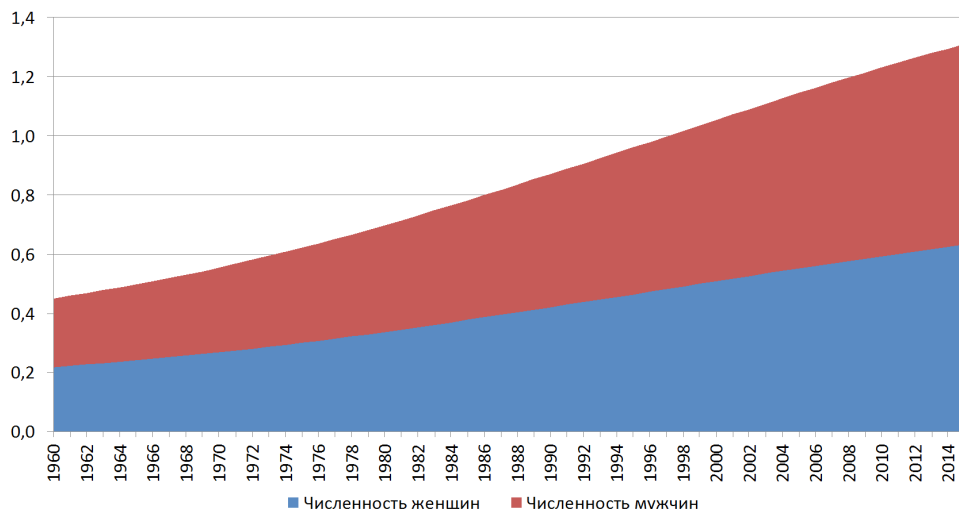
К концу XX — в начале XXI века Индия достигла больших успехов в развитии, экономика государства стала одной из самых быстроразвивающихся в мире. Наиболее высокие темпы экономического роста — более 7% в год — Индия демонстрировала в начале 1990-х и середине 2000-х годов. Несмотря на экономические кризисы, в 2014–2015 годах прирост ВВП Индии также составлял более 7%. По данным Всемирного банка, значение ВВП Индии, пересчитанное по ППС, в 2014 году превысило 7,3 трлн долл. США. Индия, таким образом, является третьей (после Китая и США) экономикой мира.

Высоким темпам экономического развития Индия во многом обязана своему ресурсному потенциалу. Один из главных ресурсов государства — дешевая рабочая сила. Население страны оценивается в более чем 1,3 млрд человек, причем средний возраст не превышает 25 лет, трудоспособное население составляет более 50% всего населения страны, а дети до 14 лет — не менее 40% населения. Годовой прирост населения составляет в среднем около 1,5–2%, за последние полвека население страны выросло в три раза. Половозростная структура населения остается стабильной на протяжении последних лет. Однако значительная часть жителей продолжают жить за чертой бедности. Насущными проблемами являются также высокий уровень коррупции и отсталая система здравоохранения.



**Рис. 12.2. Ежегодные темпы прироста ВВП Индии, в % к предыдущему году**

Источник: Worldbank Database // [data.worldbank.org](http://data.worldbank.org).



**Рис. 12.3. Динамика численности населения Индии, млрд чел.**

Источник: Worldbank Database // data.worldbank.org.

Территориально Индия состоит из двадцати девяти штатов, шести союзных территорий и Национального столичного округа Дели. Штаты Индии значительно отличаются друг от друга по уровню социально-экономического развития. Достаточно велика дифференциация доходов: 1/10 населения обладает 1/3 национальных доходов.<sup>192</sup>

## **12.2. Топливо-энергетический комплекс Индии**

Развитие экономики Индии требует все большего объема энергетических ресурсов, так как происходит в рамках классической парадигмы экономического роста, которая подразумевает пропорциональный рост энергетической емкости экономики с увеличением численности населения и количества производимой продукции. При этом Индия находится лишь на начальной стадии данного процесса, в чем-то напоминая Китай образца 1980-х — начала 1990-х годов.

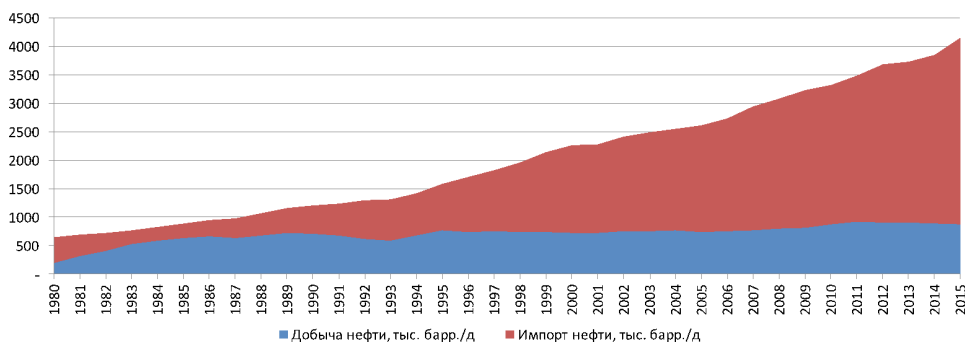
Индия не обладает значительными запасами собственных энергетических ресурсов. По данным ВР, извлекаемые запасы нефти в Индии оцениваются в 5,7 млрд баррелей (800 млн тонн), что составляет лишь около 0,3 % мировых нефтяных запасов. Запасы природного газа в Индии оцениваются в 1,5 трлн м<sup>3</sup>, что составляет около 0,8 % мировых. Уголь в Индии более распространен — его запасы оцениваются

192. World Poverty Overview / World Bank Data. URL: <http://www.worldbank.org/en/topic/poverty/overview>

в более чем 60 млрд тонн, что составляет 6,8 % мировых запасов. При этом более 92 % этих запасов в Индии приходится на антрацит и битуминозный уголь.

Развитие собственной добычи энергетических ресурсов в Индии существенно отстает от темпов ее экономического роста, что сделало Индию одним из крупнейших импортеров энергоносителей.

Собственная добыча нефти в Индии на протяжении последних лет практически не росла, а в 2015 году снизилась на 1,1 %. Однако потребление нефти растет весьма значительными темпами, в 2015 году по сравнению с 2014 оно выросло на 8,1 %, а импорт нефти вырос на 10,8 %, превысив 3,2 млн барр. в сутки, что является историческим рекордом для этой страны (рис. 12.4). Всего на Индию приходится порядка 4,5 % мирового потребления нефти.



**Рис. 12.4. Динамика добычи и импорта нефти Индии**

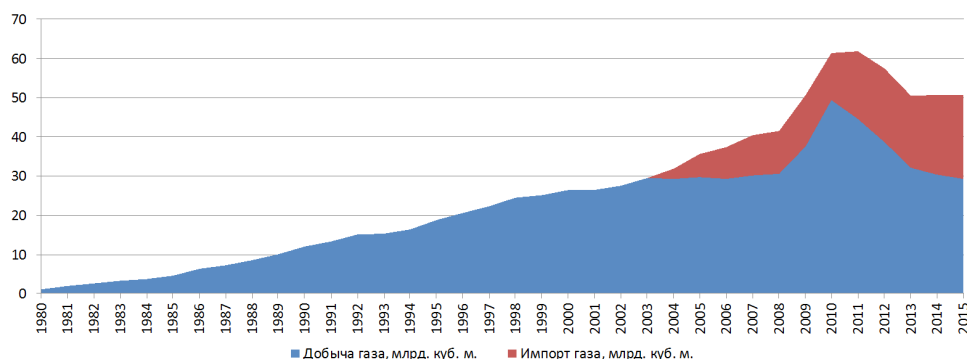
*Источник:* составлено по данным BP Statistical Review of World Energy 2016.

Рост потребления и импорта нефти обеспечен в первую очередь бурным развитием транспортного сектора: ускоряющейся автомобилизацией, развитием железнодорожной сети и ростом объемов перевозок внутри страны.

Газовый сектор Индии характеризуется несколько иначе. Индия достаточно долгое время (до 2003 года) активно наращивала добычу собственного природного газа и стала его импортером сравнительно недавно (рис. 12.5).

Сегодня на Индию приходится, таким образом, около 1,5 % мирового потребления природного газа. Потребление газа в 2013-2015 гг. стабилизировалось на уровне порядка 50 млрд м<sup>3</sup> в год. Большую часть газа Индия пока еще добывает самостоятельно, но после пика в

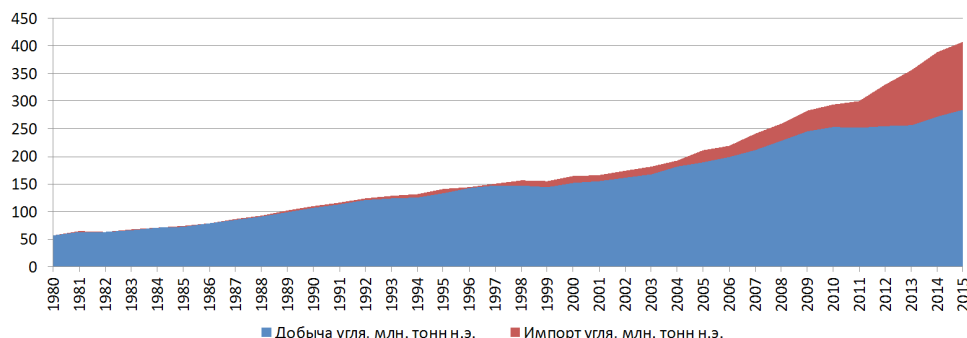
2010-2011 гг. собственная добыча упала ниже значений начала 2000-х годов (на уровень около 30 млрд м<sup>3</sup> в год) и в связи с высокой степенью истощенности разрабатываемых месторождений продолжит снижаться в дальнейшем, что приведет к увеличению объемов импорта СПГ.



**Рис. 12.5. Динамика добычи и импорта газа в Индии**

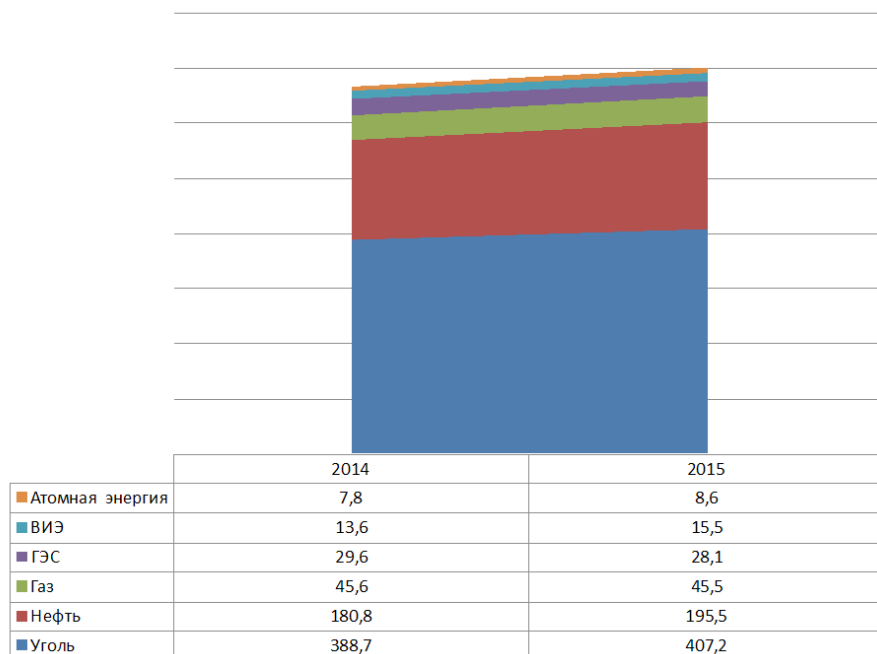
Источник: составлено по данным BP Statistical Review of World Energy 2016.

Основным топливом в Индии по-прежнему остается уголь. Собственная добыча угля растет уверенными темпами — в 2015 году было добыто более 670 млн тонн угля, (более 280 млн т н.э.), а общее потребление этого ресурса в Индии почти достигло миллиарда тонн — 971 млн тонн (407 млн т н.э.). Нехватку собственной добычи угля Индия компенсирует за счет импорта, который в 2015 году составил порядка 300 млн тонн (123 млн т н.э.). Впервые в истории доля Индии в мировом потреблении угля превысила 10%.



**Рис. 12.6. Динамика добычи и импорта угля в Индии**

Источник: составлено по данным BP Statistical Review of World Energy 2016.



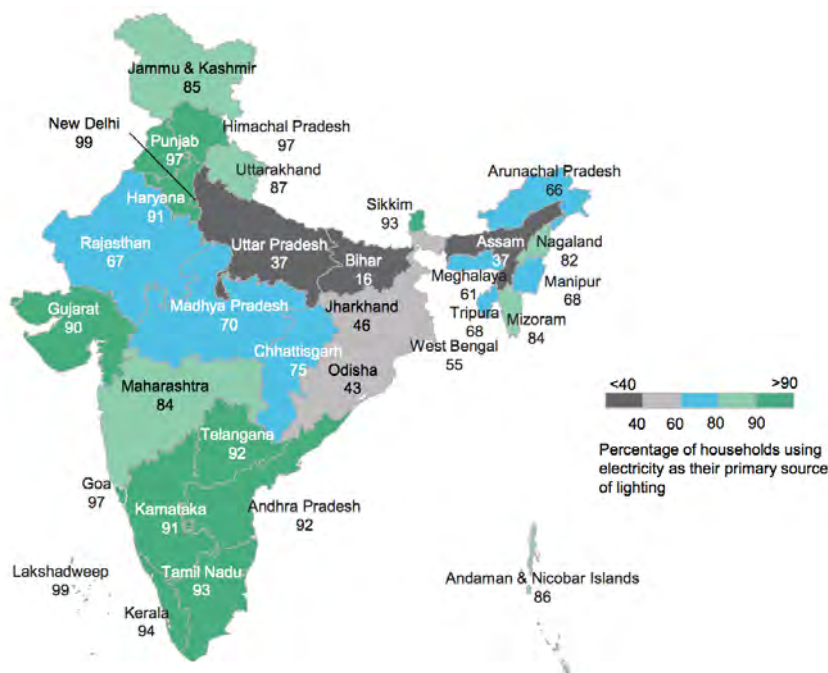
**Рис. 12.7. Валовое потребление энергии в Индии по видам энергоресурсов**

Источник: составлено по данным BP Statistical Review of World Energy 2016.

Таким образом, в энергетическом балансе Индии по итогам 2015 года на уголь приходилось 58,1%, на нефть 27,9%, на природный газ — 6,5%, на гидроэнергетику — 4,0%, на возобновляемые источники энергии (ВИЭ) — 2,2%, около 1% — на атомную энергетику. По сравнению с 2014 годом энергопотребление в Индии выросло на 5,2%, основной рост произошел за счет увеличения использования таких ресурсов как уголь (на 4,8%), нефть (на 8,1%) и возобновляемые источники энергии (на 13,7%). На долю Индии приходится 5,3% мирового валового потребления энергии, что делает ее третьей страной в мире после Китая и США по потреблению энергии. Индия потребляет энергии больше, чем Россия (на долю России приходится порядка 5,1% мирового потребления энергии).

Важно понимать, что далеко не все население Индии имеет доступ к постоянному источнику электрической энергии, поэтому потенциал роста потребления энергии в стране крайне велик. В настоящее время около 300 миллионов жителей Индии проживает в населенных пунктах, лишенных постоянного электроснабжения.<sup>193</sup> С учетом перспектив электрификации населенных пунктов и дальнейшего развития

193. Financing India's Clean Energy Transition / Bloomberg New Energy Finance, 2017. P. 1



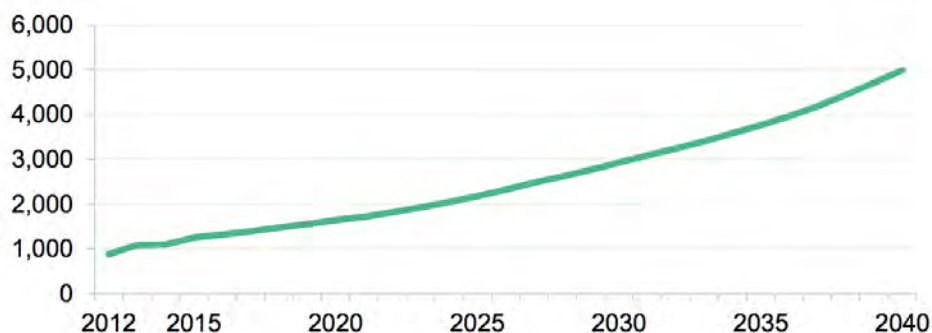
**Рис. 12.8. Уровень электрификации регионов Индии по состоянию на конец 2015 — начало 2016 года, в процентах (доля населения, имеющая круглосуточный стабильный доступ к электрической энергии)**

*Источник: Bloomberg New Energy Finance.*

экономики и промышленности существует вероятность, что потребление энергии в Индии будет расти намного быстрее, чем в других развивающихся странах, при условии, что будет успешно развиваться соответствующая инфраструктура.

Таким образом, современное состояние экономики и энергетики Индии во многом напоминает Китай несколько десятилетий назад, с тем отличием, что **скорость происходящих в Индии процессов сегодня намного выше, чем в Китае 1980-1990-х годов**. В целом, индийская модель экономического роста, как и китайская, основывается на значительной численности молодого трудоспособного населения, а **рост экономики обеспечивается преимущественно экстенсивным путем, за счет быстрого наращивания потребления энергии**.

Помимо упомянутого сходства, Индия сталкивается с рядом проблем и трудностей в развитии энергетики, которые не были свойственны Китаю. Во-первых, в Индии, в силу исторических, географических и климатических особенностей недостаточно развита электросетевая



**Рис. 12.9. Прогноз роста потребления электроэнергии в Индии, ТВт·ч**

*Источник:* составлено по данным прогноза MNRE и оценок Bloomberg.

инфраструктура. Многие штаты Индии не имеют между собой связи по линиям электропередач, значительное число районов — особенно в северо-восточной части страны — находятся в состоянии полной энергетической автономии (рисунок 12.8).

По проведенным индийским правительством оценкам, не менее 60 млн семей вообще не имеют доступа к электросетям. Около 11 млн семей проживают в деревнях или поселках, которые подключены к электросети, но, зачастую, снабжаются энергией нерегулярно или на ограниченное в течение суток время (например, на 2 часа в утренние и на 2 часа в вечерние часы).

Мощность высоковольтных линий электропередач в Индии соответствует мощности электрогенерации только на 13-15 %, то есть в Индии фактически не существует национальной электроэнергетической (как и газотранспортной) системы.<sup>194</sup> Это вызывает значительные сложности для развития традиционной энергетики в стране.

Перед энергетическим комплексом Индии стоит в настоящее время три основных вызова. Во-первых, спрос на электроэнергию в Индии очень быстро растет и продолжит расти еще более высокими темпами (рис. 12.9). Если этот спрос не будет удовлетворен, Индия с высокой вероятностью столкнется с резким падением темпов роста ее экономики.

Второй вызов — выбросы парниковых газов и локальное загрязнение. Для того, чтобы удовлетворить растущий спрос на электроэнергию, Индия будет вынуждена наращивать объемы генерации всех видов — как традиционных, так и новых и экологически чистых ВИЭ.

194. Power Sector in India — KPMG. White paper on Implementation Challenges and Opportunities. P. 2.

При этом уголь еще достаточно долгое время останется основным топливом индийской экономики, лишь немного будучи потеснен природным газом в среднесрочной перспективе.<sup>195</sup>

Учитывая проведенные оценки, можно ожидать, что потребление энергии на душу населения в Индии увеличится в 3,2 раза к 2040 году, но даже тогда этот показатель будет меньше, чем у США, Китая и Японии в 2015 году. Ожидается также, что Индия обгонит Китай по численности населения в 2021 году. Как уже отмечалось, около четверти населения Индии вообще не имеют доступа ни к какому источнику электрической энергии, а многие из жителей страны, кто имеет доступ, не могут пользоваться электричеством круглосуточно. В этом и заключается третий, пожалуй, самый главный вызов индийской энергетики. Для решения этой проблемы правительство поставило перед собой амбициозную цель обеспечить круглосуточный доступ к источникам электроэнергии всему населению страны уже к 2019 году, которая, тем не менее, на сегодняшний день пока выглядит трудновыполнимой.<sup>196</sup>

Современную индийскую энергетическую стратегию можно охарактеризовать как **локально-диверсификационную**, при этом важнейшая роль в ней отведена **возобновляемым источникам энергии**.

Локально-диверсификационный подход означает сочетание двух ключевых целей по развитию энергетики Индии: с одной стороны, он предполагает дальнейшее развитие собственной добычи углеводородов, а также их импорта (преимущественно природного газа), для чего в Индии в настоящее время активно строится несколько крупных регазификационных терминалов СПГ и расширяется сеть магистральных газопроводов,<sup>197</sup> а также прорабатываются перспективные проекты импорта трубопроводного газа из Ирана.<sup>198</sup> С другой стороны, Индия взяла уверенный курс на интенсивное развитие возобновляемой энергетики, особенно на локальном уровне, что позволит ей

195. Bloomberg New Energy Finance's New Energy Outlook 2016, P. 9.

196. Government of India. Ministry of Power / 24x7 Power for All. URL: <http://powermin.nic.in/en/content/power-all>

197. India expects to build three more LNG terminals on east coast / The Economic Times. URL: <http://economictimes.indiatimes.com/industry/energy/oil-gas/india-expects-to-build-three-more-lng-terminals-on-east-coast/articleshow/55829310.cms>

198. Iran-India energy cooperation opens new horizons / AlMonitor, by Reza Yeganehshakib. URL: <http://www.al-monitor.com/pulse/originals/2016/01/iran-india-oman-gas-pipeline-meidp-vs-tapi.html>



добиться значительного повышения уровня электрификации страны без необходимости реализации крупных инфраструктурных проектов по транспортировке электроэнергии или энергоносителей на большие расстояния в удаленные регионы страны.

### ***12.3. Развитие возобновляемой энергетики в Индии на текущем этапе***

Важно подчеркнуть, что климатические условия и географические особенности Индии являются одними из наиболее благоприятных в мире для развития ветряной и солнечной энергетики: протяженная береговая линия позволяет использовать постоянно дующие ветра (с моря на сушу и с суши на море), а количество солнечных дней в году в большинстве регионов Индии превышает 300.<sup>199</sup>

Значимость возобновляемой энергетики для Индии становится очевидна уже хотя бы потому, что Индия является одной из немногих стран мира, в которых создан специальный орган исполнительной власти, регулирующий сферу возобновляемой энергетики. В Индии действует Министерство новых и возобновляемых источников энергии (Ministry of New and Renewable Energy, MNRE). Основной целью Министерства является содействие внедрению новых и возобновляемых источников энергии в целях обеспечения энергетических потребностей страны. В нынешнем виде Министерство существует с 2006 года.<sup>200</sup>

Индийский сектор возобновляемых источников энергии можно разделить на четыре группы, а именно: полномасштабные генерирующие станции (мощностью более 1 МВт), маломасштабные генерирующие станции (1 кВт — 1 МВт), локальная генерация (100 Вт — 50 кВт), и индивидуальная генерация — портативные домашние системы и фонари (мощностью менее 100 Ватт). По состоянию на конец 2016 года в стране было 43,3 ГВт установленных мощностей возобновляемой энергетики (исключая крупные гидроэлектростанции), что составило 14 % от общей генерирующей электроэнергии (рисунок 12.10)

Как видно, развитие возобновляемых источников энергии на протяжении последних лет характеризуются весьма высокими темпами роста, причем темпы прироста мощностей ВИЭ опережают темпы прироста мощностей угольных электростанций (в среднем порядка

199. По данным многолетних оценок Департамента Метеорологии Индии. URL: <http://www.imd.gov.in/>

200. Ministry of New and Renewable Energy of India: Mission and Vision. URL: <http://mnre.gov.in/mission-and-vision-2/mission-and-vision/>

14,2 % и 12,5 % в год, соответственно).<sup>201</sup> Правительство Индии поставило цель ввести (в дополнение к действующим) 175 ГВт мощностей возобновляемых источников энергии к 2022 году (рисунок 12.11) главным образом — за счет солнечной и ветряной энергетики.

Благодаря возобновляемым источникам должно быть электрифицировано более 18 тысяч мелких и средних населенных пунктов, а общий объем необходимых для этого инвестиций в отрасль оценивается в более чем 150 миллиардов долларов.<sup>202</sup> Общая мощность возобновляемой энергетики после 2020 года должна значительно превысить 200 ГВт.

Солнечная энергетика быстро становится лидирующим направлением развития ВИЭ в Индии. В течение последних четырех лет сектор солнечной энергетики продемонстрировал впечатляющие темпы роста. Хотя на солнечную энергетику пока еще приходится лишь 2 % от всех генерирующих мощностей страны, она растет вдвое быстрее, чем ветряная энергетика и традиционная углеводородная. Благодаря поддержке правительства солнечные электростанции устанавливаются почти во всех штатах страны, в отличие от ветровой генерации, которая сосредоточена на юго-западе полуострова.

Развитие возобновляемой энергетики в Индии происходит неравномерно, однако их основное преимущество для страны заключается в возможности развертывания локальных энергетических сетей в удаленных районах без необходимости постройки протяженных высоковольтных линий электропередач и других коммуникаций для связи с общей энергетической системой. Подобные проекты поддерживаются правительством в первую очередь.

#### ***12.4. Государственная политика по поддержке и регулированию развития возобновляемой энергетики в Индии***

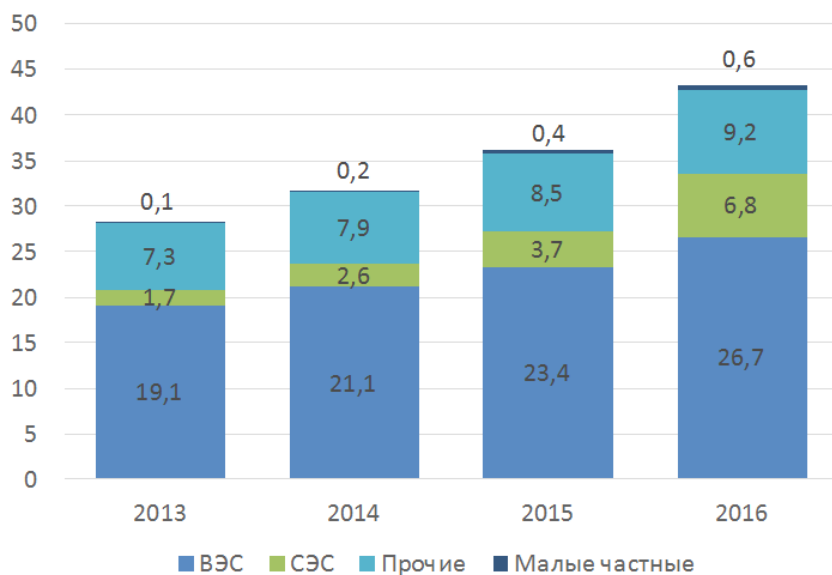
Государственная политика по развитию возобновляемой энергетики в Индии комплексна и многообразна, она является частью системной политики индийского руководства по развитию энергоэффективности и охране окружающей среды. Индия, наравне со многими другими странами, взяла на себя ряд обязательств в рамках результатов COP-21.<sup>203</sup>

---

201. Renewable Energy in India: Growth and Targets / Ministry of New and Renewable Energy (MNRE), 2017, P. 17.

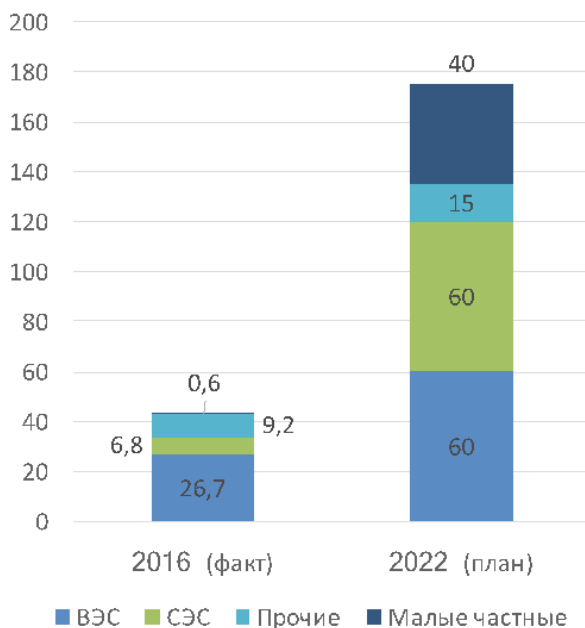
202. Financing India's Clean Energy Transition / Bloomberg New Energy Finance, 2017. P. 5

203. Charles K. Ebinger. India's Energy and Climate Policy. Policy Brief / The Energy Security and Climate Initiative (ESCI) at the Brookings Institution, P. 22.



**Рис. 12.10. Динамика роста мощностей возобновляемой энергетики ВИЭ по видам, ГВт**

Источник: составлено по данным MNRE.



**Рис. 12.11. Целевые показатели по установленной мощности возобновляемой энергетики Индии в 2022 г. по сравнению с 2016 г.**

Источник: составлено по данным MNRE.

Индийское правительство законодательно закрепило цели и меры поддержки по развитию возобновляемой энергетики еще в 2003-2005 годах. В 2003 году был принят Акт об электроэнергетике, в котором впервые обозначалась общая цель — расширять использование возобновляемых источников энергии, а также впервые упоминалось о необходимости введения специальных тарифов на энергию из возобновляемых источников.<sup>204</sup> Далее, в рамках пакета законов, известного как Национальная политика в области электрической энергии (National Electricity Policy, NEP, 2005) были введены новые меры тарифного и нетарифного регулирования для возобновляемой энергетики, а также впервые объявлены национальные цели в этой области.<sup>205</sup>

Дальнейшее совершенствование тарифного регулирования в целях поддержки развития возобновляемой энергетики активно осуществлялось в 2006-2008 годах в рамках Национальной тарифной политики (National Tariff Policy) и Национального плана по противодействию изменению климата (National Action Plan for Climate Change)<sup>206</sup>. В 2010 году была создана всеобъемлющая законодательно-сертификационная платформа для возобновляемой энергетики, которая значительно упрощала административные барьеры для инвестирования в сектор возобновляемой энергетики, вводила льготный налоговый режим для проектов в данной области, облегчала международное и межрегиональное сотрудничество.<sup>207</sup> Новшество индийской модели развития возобновляемой энергетики заключалось в построении собственной, не имеющей аналогов системы государственной поддержки данной отрасли, в рамках которой различные методы регулирования, льготы и требования сочетаются максимально сбалансированным образом. Все механизмы поддержки отрасли можно разделить на две основных группы: рыночные и нерыночные.

Наиболее значимым нерыночным механизмом регулирования является установленный Комитетом по регулированию электроэнергетики Индии (State Energy Regulatory Commission, SERC) комплекс требований по обязательной закупке определенной доли, потребляемой

204. Electricity Act (EA) of India, 2003, Sections 3, 61, 86.

205. National Electricity Policy (NEP) of India, 2005, Sections 5.12.1, 5.12.2, 5.2.20

206. Charles K. Ebinger. India's Energy and Climate Policy. Policy Brief / The Energy Security and Climate Initiative (ESCI) at the Brookings Institution, P. 50.

207. Renewable Energy Certificate (REC) Mechanism in India / NLDC. URL: [https://www.recregistryindia.nic.in/pdf/Others/C5\\_113\\_2012.pdf](https://www.recregistryindia.nic.in/pdf/Others/C5_113_2012.pdf)

предприятиями и организациями энергии из возобновляемых источников (Renewable Purchase Obligation, RPO). Впервые RPO были введены в 2009-2010 годах на уровне 5 % от общего объема потребляемой энергии, поставлена цель увеличивать RPO еще на 1 % ежегодно.<sup>208</sup> К нерыночным инструментам стимулирования использования возобновляемых источников энергии относятся также освобождение от налогов, ускоренная амортизация (до 80 % в первый год действия проектов по возобновляемой энергетике), льготный тариф на электроэнергию, произведенную из возобновляемых источников энергии, специальные условия для реализации инвестпроектов в этой области и т. д.<sup>209</sup>

Необходимо учитывать, что, несмотря на высокий потенциал развития возобновляемой энергетики в Индии, его распределение по стране является весьма неравномерным. Таким образом, выполнение требований RPO для коммунальных предприятий и других потребителей в ряде регионов становится затруднительным, и на определенном этапе SERC столкнулась с тем, что в некоторых штатах обеспечить выполнение более высоких требований по RPO оказалось невозможным (например, в Дели), а в других, напротив, фактические закупки энергии из возобновляемых источников превышали установленные показатели RPO (например, в Раджастане и Тамил Наду). Необходимо подчеркнуть, что второй случай является, скорее исключением, чем правилом, и в большинстве случаев высокая стоимость производства электроэнергии из возобновляемых источников является основным сдерживающим фактором для развития отрасли.

В связи с этим, чтобы стимулировать дальнейшие инвестиции и развитие возобновляемых источников энергии в стране, необходимо было создать рыночный инструмент поддержки и регулирования отрасли. Таким инструментом стали Сертификаты на возобновляемую энергию (Renewable Energy Certificate, REC), которые являются свободно продаваемым финансовым инструментом, позволяющим, с экономической точки зрения, сбалансировать возникающую между регионами страны разницу в стоимости энергии из возобновляемых источников. Механизм REC во многом напоминает механизм торговли эмиссионными

---

208. Analysis of state-wise RPO Regulation across India / MNRE. URL: <http://mnre.gov.in/file-manager/UserFiles/Solar%20RPO/analysis-of-state-RPO-regulations.pdf>

209. Compendium Of Regulations & Tariff Orders Issued By Regulatory Commissions For Renewable Energy Sources In India / Internet Database. URL: <http://mnre.gov.in/file-manager/Compendium/Program.htm>

квотами, только предметом торга является энергия, произведенная из возобновляемых источников. В рамках REC себестоимость произведенной энергии условно делится на два потока: Electricity Component (EC) и Green Component (GC). Часть себестоимости, эквивалентная себестоимости энергии, произведенной из традиционных источников, формирует поток EC, и соответствующий объем энергии свободно поставляется на рынок, а оставшаяся часть GC реализуется генерирующей компанией в виде упомянутых сертификатов. 1 REC эквивалентен 1 МВт энергии, поступившей в электрическую сеть, а его срок действия составляет 1 год с момента выпуска.<sup>210</sup> Регулируют процесс выпуска и купли-продажи сертификатов Национальный электросетевой диспетчерский центр Индии (National Load Despatch Center, NLDC) и специально созданное Центральное агентство по внедрению механизма REC (Central Agency for implementation of REC Mechanism). При этом генерирующая компания имеет право выбрать, по какой схеме работать: в рамках нерыночного преференциального тарифа с компенсацией от государства, или в рамках рыночной схемы REC.

Такое сочетание нерыночного и рыночного регулирования возобновляемой энергетики оказалось очень эффективным и является уникальным опытом государственного регулирования и поддержки сектора возобновляемой энергетики. Индия является одной из немногих стран в мире, которая успешно внедрила столь комплексную систему регулирования в национальном масштабе. Создание REC позволило запустить рыночный механизм поощрения генерирующих компаний, снять с государства нагрузку по их субсидированию, что способствует широкомасштабной интеграции возобновляемых источников энергии в экономику и ТЭК страны. Ценообразование на энергию из возобновляемых источников стало прозрачным и понятным, а это мощный стимул для новых инвестиций в отрасль и сопутствующие ей сферы экономики, включая собственное производство компонентов и оборудования для ВИЭ, которое пока не развито в Индии. Механизм REC также способствовал выполнению целевых показателей RPO в большинстве регионов Индии. Все больше генерирующих компаний отказывается от субсидируемых преференциальных тарифов в пользу участия в механизме REC. Дальнейшее развитие схемы REC будет,

210. Central Electricity Regulatory Commission (Terms and Conditions for recognition and issuance of Renewable Energy Certificate for Renewable Energy Generation) Regulations, 2010.

вероятно, включать такие цели, как упрощение механизма их выпуска и увеличение срока действия, введение возможности их перепродажи, включение в систему REC не только солнечной и ветряной энергетики, но и внесистемных возобновляемых источников и другое.<sup>211</sup>

Таким образом, можно с уверенностью констатировать, что созданная в Индии система государственного регулирования возобновляемой энергетики на сегодняшний день является **одной из наиболее передовых и эффективных в мире**, сочетая в себе механизмы как классического нерыночного, так и нового рыночного типа. По нашему мнению, опыт Индии, безусловно, достоин **глубокого изучения и имплементации** при развитии возобновляемой энергетики в других странах, в том числе и в России.

### ***12.5. Перспективы российско-индийского сотрудничества в области возобновляемой энергетики***

Российско-индийское сотрудничество, как в двустороннем формате, так и в контексте многосторонних форматов «Большой двадцатки», БРИКС, ШОС и РИК (Россия, Индия, Китай), стало краеугольным камнем внешней политики обеих стран в 2016 году. Взаимодействие в области экономики особенно обширно: Россия по-прежнему сталкивается с западными санкциями, а Индия находится в фазе неопределенности после демонетизации ее высокоценной валюты.

Традиционными сферами успешного взаимного сотрудничества России и Индии являются военно-техническое, торгово-экономическое и энергетическое сотрудничество. Значительная часть индийских вооруженных сил использует военную технику и вооружение российского производства.<sup>212</sup>

Интенсивно развивается российско-индийское сотрудничество в нефтегазовой сфере. В 2016 году был заключен ряд крупных сделок по взаимному участию российских и индийских компаний в проектах разведки и добычи углеводородов. Индийские нефтяные компании Indian Oil, Oil India и подразделение BPCL договорились о покупке 29,9% доли в месторождении Тас-Юрях в Восточной Сибири за 1,3 млрд долларов. Консорциум также подписал соглашение о приобретении 24% акций Ванкорского месторождения в Восточной Сибири на сумму более 2

211. S.K. Soonee, Minaxi Garg, S.C. Saxena, Satya Prakash. Implementation of Renewable Energy Certificate (REC) Mechanism in India / CIGRE-2012, C5-113

212. India and Russia Report: Defence. URL: <https://in.rbth.com/defence>



млрд долларов США и выплату еще 180 млн долларов в качестве своей доли в будущих капзатратах на освоение этого месторождения.<sup>213</sup>

Российская национальная нефтяная компания ПАО «Роснефть» в октябре 2016 года инициировала сделку по приобретению контрольного пакета акций одного из наиболее мощных и современных нефтеперерабатывающих комплексов Индии, принадлежавшего компании Essar Oil. Стоимость приобретения 100% бизнеса EOL ПАО «НК «Роснефть» и консорциумом международных инвесторов, в который войдет также Trafigura, составила почти 13 млрд долл. США. Приобретаемый нефтеперерабатывающий комплекс оснащен новейшими технологиями, что позволит организовать их трансфер и имплементацию в российской нефтеперерабатывающей отрасли.<sup>214</sup>

В рамках саммита БРИКС в Гоа (Индия) были подписаны меморандумы о взаимопонимании по развитию умных городов, транспортной логистике, судостроения и железных дорог в штате Андхра-Прадеш и ряда других проектов. В целях содействия высокотехнологичным инвестициям в России и в Индии был создан российско-индийский инвестиционный фонд, в котором приняли участие Национальный фонд инвестиций в инфраструктуру Индии (NIIF) и Российский фонд прямых инвестиций (РФПИ). Кроме того, формируемый сегодня Международный транспортный коридор Север-Юг позволит добиться значительного сокращения времени и затрат на транспортировку товаров между двумя странами и придаст необходимый импульс двусторонним экономическим связям.<sup>215</sup>

В настоящее время совместные российско-индийские проекты в области возобновляемой энергетики отсутствуют. Однако необходимо констатировать, что, с учетом весьма успешного развития двустороннего сотрудничества в других областях экономики и промышленности, перспективы взаимодействия России и Индии в области возобновляемой энергетики становятся все более привлекательными, потому что страны разделяют стратегические интересы в данной области. Монопольное положение Китая как лидера в производстве компонентов и

---

213. Russia-India relations in 2016: A review. URL: [https://in.rbth.com/economics/cooperation/2016/12/28/russia-india-relations-in-2016-a-review\\_670298](https://in.rbth.com/economics/cooperation/2016/12/28/russia-india-relations-in-2016-a-review_670298)

214. Роснефть» приобретает 49% Essar Oil Limited / Пресс-релиз ПАО «Роснефть» URL: <https://www.rosneft.ru/press/releases/item/184097/>

215. Саммит БРИКС / Пресс-служба Президента Российской Федерации. URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/53101>



оборудования для возобновляемой энергетики значительно усложняет конъюнктуру мирового рынка возобновляемой энергетики. И Россия, и Индия вынуждены использовать значительное количество китайского оборудования в отрасли. Развитие совместных научно-технических разработок и промышленного производства в этой области позволит снизить риски, связанные с китайской экспансией на этот рынок, решить задачи по диверсификации и импортозамещению в области возобновляемой энергетики. Полагаем, что необходимо эффективно использовать накопленный опыт и потенциал российско-индийского сотрудничества для установления научной и производственной кооперации в области возобновляемой энергетики. Кроме того, как уже отмечалось, индийский опыт регулирования энергетической сферы может оказаться крайне полезным для России, которая только приступает к формированию полноценной государственной политики в области возобновляемой энергетики.

# ЛАТИНСКАЯ АМЕРИКА — ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

---

Развитие возобновляемых источников энергии в Латинской Америке вышло на новый качественный уровень с начала 2000-х гг. под воздействием сочетания трех основных факторов: новой парадигмы энергетической безопасности, необходимости обеспечения глобальной и региональной конкурентоспособности, а также социальной и экологической устойчивости.

Энергетические рынки стран Латинской Америки переживают глубокие трансформации. Потребление энергии в странах региона растет синхронно с экономическим ростом, заставляя национальные правительства проводить политики, направленные на наращивание мощностей по производству, транспортировке (передаче) и распределению энергии, обеспечивая ее доступность, надежность и качество.

Использование возобновляемых источников энергии самым непосредственным образом укрепляет энергетическую безопасность латиноамериканских стран. ВИЭ базируется на местных природных ресурсах и технологических возможностях, что уже само по себе снижает зависимость от импортируемых видов ископаемого топлива. Использование ВИЭ обеспечивают и другие преимущества. Это сокращение выбросов парниковых газов в атмосферу, улучшение среды обитания человека, включая улучшение качества воздуха и снижение потребления воды на единицу произведенной электроэнергии.

Практика показывает, что наибольший удельный вес возобновляемых источников в энергобалансах имеют страны, испытывающие дефицит местной ресурсной базы ископаемого топлива и имеющие высокую степень зависимости от импорта нефти и газа. Латинская Америка является примером другого рода: она достаточно обеспечена запасами углеводородов, но при этом имеет самый высокий удельный вес возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в топливном миксе — 25 % по сравнению с 9 % — среднемировым значением. При этом принятые национальными правительствами энергетические стратегии и производственные планы предусматривают дальнейшую агрессивную экспансию ВИЭ, по меньшей мере, на горизонте ближайших 10-ти лет. Существенным образом изменится и структура источников ВИЭ: рост

произойдет, главным образом, за счет более широкого применения энергии ветра и солнца.

Латинская Америка в целом демонстрирует достаточно высокие темпы роста спроса на энергию. Однако спрос этот неравномерен и поддерживается разными факторами. Для удобства анализа следует провести экономико-географическое районирование, объединить страны, сходные по территориальному расположению и социально-экономическим характеристикам. Как правило, они достаточно однородны с точки зрения обеспеченности энергоресурсами. Для этого предлагается выделить Бразилию, как самую большую страну континента по территории и безусловного лидера по экономическому развитию. Отдельно следует рассматривать Мексику, как вторую страну по площади, населению и промышленному потенциалу. Стоит отметить, что Мексика по своим экономическим связям в большей мере тяготеет к США, как государству, с которым она состоит в одной международной интеграционной группировке — Североамериканском соглашении о свободной торговле (НАФТА). Отдельную группу формируют страны Центральной Америки и Карибского бассейна, которые развивают сотрудничество в рамках субрегиональных интеграционных объединений — Центральноамериканского общего рынка (ЦАОР) и Карибского сообщества (КАРИКОМ). Перу, Боливия, Эквадор, Колумбия и Венесуэла образуют интеграционную группировку — Андский пакт. И, наконец, Аргентина, Уругвай, Чили и Парагвай входят в качестве полноправных или ассоциированных членов в Общий рынок стран Южного конуса. Членом этой группировки также является Бразилия.

Хотя эти группировки ставят перед собой разные цели энергетического сотрудничества, проектируют различную глубину и формат интеграции, их объединяет стремление минимизировать современные угрозы и вызовы в энергетической сфере, а также обеспечить эффективность функционирования отрасли, надежность и качество энергоснабжения потребителей. Международная экономическая интеграция является одним из инструментов достижения этих целей, служит действенным механизмом управления неопределенностью и рисками, генерируемыми проблемами мировой экономики и политики.<sup>216</sup>

Одни страны уже продолжительное время пребывают в фазе постиндустриального развития, они входят в БРИКС и Двадцатку ведущих мировых держав. Другие — только вступают в эту фазу, а не-

---

216. Еремин С.В. Конкуренция в условиях международной интеграции рынков природного газа // «Мировые рынки нефти и природного газа: ужесточение конкуренции», Москва ИМЭМО РАН 2017, с.85-97

которые не завершили этап индустриализации. Все это порождает неоднородность целей и задач развития, не позволяющих в полной мере использовать синергетический эффект от более тесного сотрудничества, хозяйственной и рыночной интеграции. Взаимоотношения часто осложняются политическими и идеологическими разногласиями, наличием неразрешенных территориальных и иных споров.

### **13.1. Перспективы российско-индийского сотрудничества в области возобновляемой энергетики**

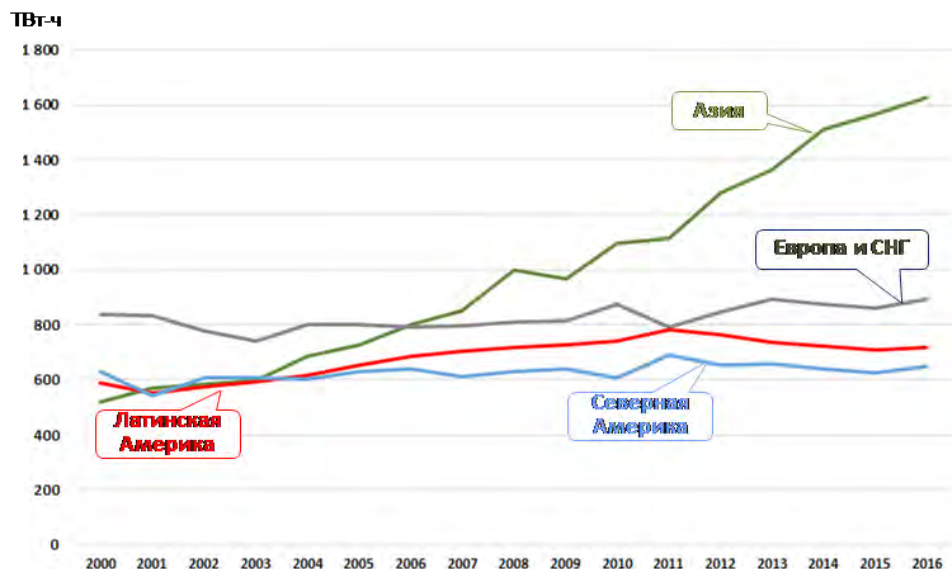
Новая парадигма энергетической безопасности, ужесточение климатических и экологических политик заставляет страны Латинской Америки менять подходы к формированию структуры первичного энергопотребления. Регион обладает огромными энергетическими ресурсами, как ископаемыми, так и возобновляемыми. Значимость нефти и газа в энергетическом балансе региона обусловлена, главным образом, его статусом крупного производителя и экспортера нефти и газа.

Таблица 13.1

#### **Баланс потребления первичных энергоресурсов в Латинской Америке и ее отдельных субрегионах (в процентах в 2015 г.)**

	Латинская Америка	Бразилия	Мексика	Центральная Америка	Андский пакт	МЕРКОСУР (без Бразилии)
Биотопливо и отходы	16 %	28 %	5 %	39 %	6 %	13 %
Уголь	5 %	6 %	7 %	3 %	3 %	6 %
Геотермальная энергия	1 %	1 %	2 %	10 %	0 %	0 %
Гидроэнергия	8 %	11 %	1 %	6 %	10 %	8 %
Газ	23 %	11 %	32 %	0 %	27 %	35 %
Атом	1 %	1 %	2 %	0 %	0 %	1 %
Солнце / ветер	1 %	1 %	1 %	1 %	0 %	1 %
Нефтепродукты	46 %	41 %	52 %	43 %	54 %	37 %

Источник: по материалам International Renewable Energy Agency (IRENA).



**Рис. 13.1. Потребление электроэнергии, произведенной на гидроэлектростанциях в Латинской Америке и на других континентах (ТВт/ч)**

Источник: BP World Energy Review 2017.

Надо отметить, что приведенные данные IRENA по солнечной и ветровой энергии соответствуют данным Международного энергетического агентства (МЭА). Однако методика МЭА, по которой рассчитан вклад солнца и ветра в баланс первичных ресурсов, вызывает некоторые вопросы. Можно согласиться с Сауаром Е. и Сидоровичем В. в том, что МЭА использует не вполне корректную методику, что приводит к занижению доли каждого из источников энергии в общем энергобалансе. Первичная энергия — это энергетическое содержание исходного сырья. В случае газа, нефти или угля, «потребление первичной энергии» сегодня рассчитывается корректно — столько-то тонн было потреблено, и это количество потреблённых тонн содержит в себе такое-то количество «первичной энергии». Что касается солнца и ветра, то МЭА здесь калькулирует не первичную энергию, а нечто, что можно назвать «торгуемой энергией», т.е. учитывает не энергию солнца и ветра, а единицу произведённой электроэнергии на их основе. Соответственно, МЭА существенно — на 60-80% — занижает вклад солнца и ветра в мировую энергетику.<sup>217</sup>

217. Sauar E. "IEA counts fossil fuels threefold versus wind and solar", Информационный ресурс Energy-og-Klima, 28.08.2017 // <https://energiogklima.no/kommentar/iea-counts-fossil-fuels-threefold-versus-wind-and-solar/>

Фактически энергия солнца и ветра учитываются как «вторичная энергия». После исправления этой ошибки окажется, что доля солнца и ветра в мировом энергоснабжении реально — в 3 раза выше, чем указано в статистических отчетах, а переход на возобновляемые источники энергии происходит гораздо быстрее, чем представляют себе некоторые регуляторы.<sup>218</sup>

Доля нефти и нефтепродуктов в балансе потребления первичных энергоресурсов в 2015 году достигла 46 % (рис. 13.1), что значительно выше среднего мирового показателя в 31 %. Нефть используется главным образом в транспорте, в то время как в других секторах ее потребление сократилось. Газ используется в основном в секторе электроэнергетики. Его доля — 23 %. В отсутствие существенных запасов угля этот вид топлива используется локально. Его максимальный вес в балансе отмечается в Мексике — 7 %.

Латинская Америка является мировым лидером по использованию возобновляемой энергии. Ее основу составляет гидроэнергия, биотопливо, а также геотермальная энергетика, получившая заметное распространение в странах с вулканической активностью. Это Центральная Америка, где ее доля достигла 10 %, а также некоторые страны, расположенные в зоне Андской горной системы. Эти источники энергии в Латинской Америке квалифицируются, как «традиционные», т.к. они имеют длительную — в течение нескольких десятков лет — историю использования. Солнце и ветер считаются «нетрадиционными» ВИЭ, т.к. их широкое коммерческое использование началось всего лишь несколько лет назад и их весь в «энергетической корзине» относительно невелик.

В 2015 г. на долю Латинской Америки пришлось порядка 20 % от мировой выработки гидроэлектроэнергии. По показателю среднечасового потребления гидроэлектроэнергии Латинская Америка занимает первое место в мире. На рис. 13.1 приводится сравнительная динамика потребления электроэнергии, выработанной на ГЭС, в различных частях света. Располагая менее, чем шестью процентами мирового населения, Латинская Америка потребляет 18 % мирового производства гидроэлектростанций. Для сравнения, 54 % населения, проживающего в Азии, потребляет 40 %

218. Сидорович В., «О доле ВИЭ в мировом энергетическом балансе», информационный ресурс RenEn - Renewable Energy — Возобновляемая Энергетика, 2.09.2017 // <http://renen.ru/on-the-share-of-renewable-energy-in-the-world-energy-balance/>

Другой традиционный возобновляемый источник, который используется здесь уже несколько десятилетий, — это биотопливо, прежде всего, этанол и биодизель, производимый из технических и масличных сельскохозяйственных культур. Здесь безусловным лидером является Бразилия, которая проводит наиболее благоприятную политику в отношении этих ресурсов. На ее долю приходится половина мировой торговли этанолом и порядка 20% от общего объема потребления моторного топлива в стране.

Бразилия не единственная страна на континенте, сделавшая прогресс в производстве этанола. Правовые рамки, регулирующие деятельность частного сектора по производству биотоплива, в течение последних десятилетий разрабатываются в регионе, что связано с особым интересом, который некоторые страны сделали ставку на них, как на альтернативу моторному топливу. Наиболее значительные успехи были достигнуты Гватемалой, Гондурасом и совсем недавно Перу, Колумбией, Коста-Рикой, Боливией и Аргентиной.

Национальные правительства предпринимают немало усилий по стимулированию перехода на ВИЭ, принимаются соответствующие программы поддержки, включающие специальные льготы, налоговые послабления и другие преимущества. Эта политика оказалась достаточно результативной: объемы генерируемой и потребляемой энергии из ВИЭ существенно выросли. О наличии благоприятного инвестиционного климата и создании привлекательных институциональных условий для развития ВИЭ свидетельствует включение ряда латиноамериканских стран в рейтинг, публикуемый признанной международной консалтинговой компаний Ernst & Young, который основан на индексе привлекательности стран мира с точки зрения развития ВИЭ (Renewable Energy Country Attractiveness Index — RECAI).<sup>219</sup> В 2017 г. в двадцатку стран-лидеров рейтинга вошли Чили (с 8-м результатом), Аргентина (11 место) и Бразилия (17 место). Кроме того, в число наиболее привлекательных стран второго эшелона вошли еще три латиноамериканские страны: Перу (28-й результат), Уругвай (35-й) и Доминиканская Республика (39-й).

«Нетрадиционные» ВИЭ — солнце и ветер, — служат наилучшей основой для развития распределенной энергетики. В результате на

219. Подробнее — «Renewable energy country attractiveness index RECAI», Ernst & Young, October 2017, Issue 50 // <https://emeia.ey-vx.com/4864/93958/landing-pages/recai-50-all-pages-interactive-dps-view.pdf>

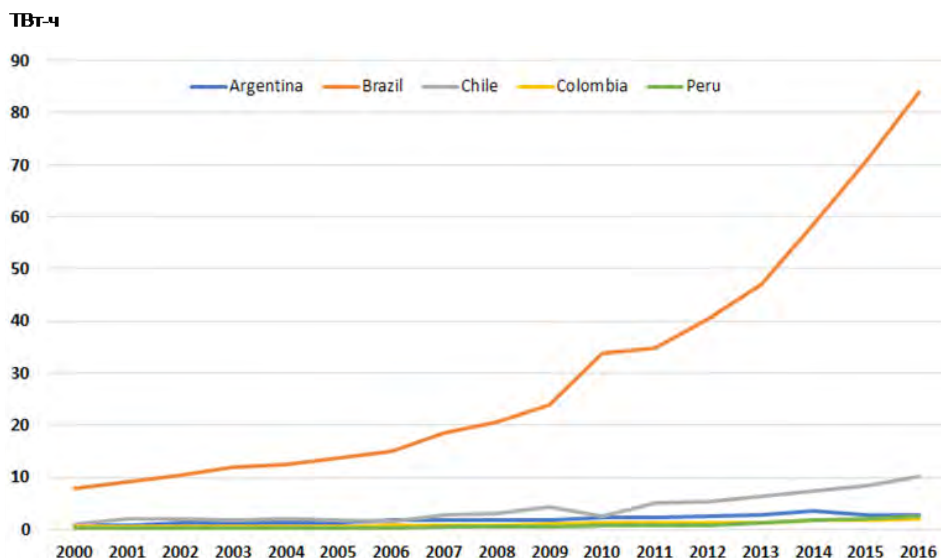
рынке появляется новая категория участников — просьюмеры, которые, будучи потребителями энергии, сами производят ее и используют для себя и для продажи третьим лицам. Термин «Просьюмер» происходит от английского *prosumer*, что в свою очередь, является сложением *producer* + *consumer* и означает «производитель-потребитель», т.е. субъект, в том числе человек, который соединяет в себе функции и потребителя, и производителя. Он производит и потребляет те товары и услуги, которые мог бы приобрести на рынке у крупных специализированных производителей. В энергетике просьюмером является любой субъект, установивший солнечную батарею либо ветровой генератор. Новая роль просьюмеров возникает, когда они не только производят и потребляют энергию, но и продают ее часть третьим лицам. С возникновением просьюмеров размываются границы между обладателями производственных активов и конечными потребителями, между продавцами и покупателями, между объектами генерации электроэнергии (электростанцией) и местом установки генерирующего оборудования, например, жильем.

Потребление электроэнергии на базе ВИЭ, как и динамика его роста распределены в Латинской Америке чрезвычайно неравномерно. Наиболее агрессивный рост демонстрирует Бразилия, которая за 15 лет увеличила этот показатель более, чем в 8 раз (рис. 13.2). Начав с низкой базы, Чили нарастила потребление в 5 раз. Другие страны несколько отстают от лидеров, хотя и делают в этом направлении определенный прогресс.

Быстрее всего ветроэнергетика растет в Бразилии, которая с 230 МВт в 2006 г. нарастила установленные мощности до 11 ГВт в 2016 г. Активно развивает ветропарки Мексика. Если 10 лет назад в стране было всего лишь 2 ветропарка мощностью 86 МВт, то к 2017 г. их число выросло до нескольких десятков, а мощность — до 3,7 ГВт. Чили и Уругвай, начав практически с нуля, довели установленную мощность ветровых электростанций до 1,4 и 1,2 ГВт, соответственно. Большой прогресс сделали Панама, Коста-Рика и другие страны Центральной Америки и Карибского бассейна.

Развитие солнечной энергетики идет, хотя не такими быстрыми темпами, но удваивается в масштабах практически каждые пять лет. Здесь первое место по установленной мощности занимает Чили (1,4 ГВт), за которой следуют Гондурас (414 МВт), Мексика (320 МВт) другие страны, в первую очередь, Центральной Америки.





**Рис. 13.2. Потребление электроэнергии, произведенной на базе ВИЭ (за исключением гидро-) в странах Латинской Америки (ТВт/ч)**

*Источник: BP World Energy Review 2017.*

Для стран региона характерна заметная роль геотермальной энергии в структуре энергобаланса потребления. Из 24-х стран мира, использующих этот вид ВИЭ, пять относятся к латиноамериканскому континенту. Они располагают 11,5% от установленной в мире геотермальной мощности. Этот источник энергии используется в Мексике (объем установленной мощности — 907 МВт) и почти во всех центральноамериканских странах: Коста-Рике (208 МВт), Сальвадоре (204 МВт), Никарагуа (160 МВт) и Гватемале (48 МВт).

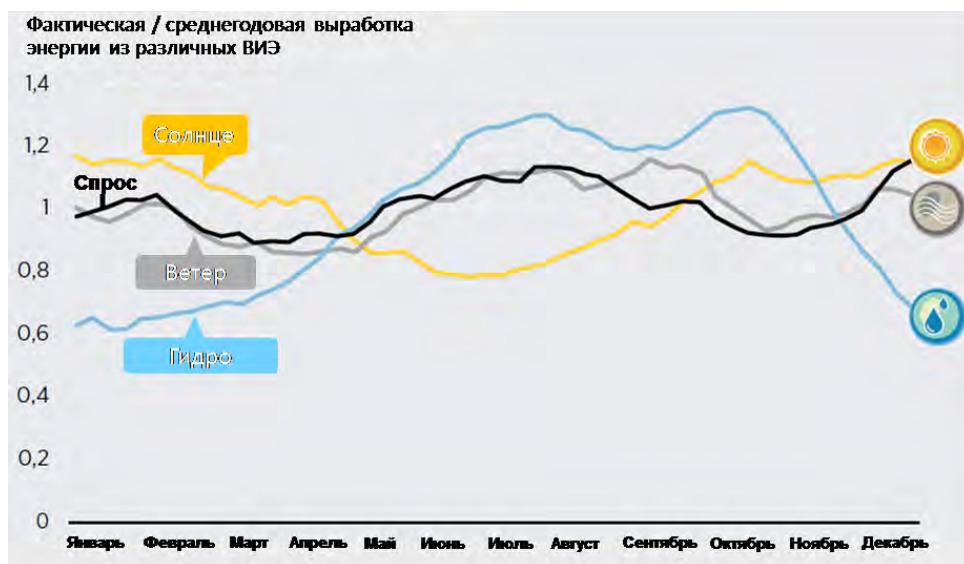
Обращает на себя внимание, что, если в мире развитием альтернативной энергетики озабочены, в первую очередь, страны, не располагающие собственным ископаемым топливом и имеющими сильную зависимость от импорта нефти, газа и угля, то в Латинской Америке сильную возобновляемую энергетику имеют страны, обеспеченные углеводородными ресурсами, в том числе, экспортирующие их (Бразилия, Колумбия — нефть; Перу, Колумбия — газ).

Страны Латинской Америки проводят политику диверсификации ВИЭ. Общий тренд: движение от биотоплива и энергии воды — к ветровой и солнечной энергетике, что также отражается на субрегиональном уровне. Во всех субрегионах наблюдается их экспоненциальный

рост, хотя и с разной динамикой. На континенте складывается уникальная система взаимодополняемости крупной гидроэнергетики и малой возобновляемой энергетики (малые ГЭС, ветровые и солнечные генераторы).

### **13.2. Синергетические эффекты и взаимодополняемость ВИЭ и крупной гидроэнергетики**

Выработка электроэнергии на базе ВИЭ позволяет компенсировать сокращение ее выработки на крупных ГЭС в сезоны отсутствия осадков и снижения уровней воды в водохранилищах. Это становится особенно важным, когда вследствие изменения климата снижается устойчивость разделения сезонов на «сухие» и «влажные», что приводит к незапланированной загрузке либо опустошению водохранилищ. Координация загрузки ГЭС и станций, работающих на других ВИЭ, повышает экономическую эффективность и надежность работы энергосистем и открывает доступ к рынкам новых производителей, прежде всего, эксплуатирующих малые и модульные установки. Их загрузка позволяет компенсировать краткосрочную и среднесрочную (сезонную) изменчивость выпуска гидроэлектроэнергии по более низкой цене, по сравнению с газовой и иной традиционной генерацией.



**Рис. 13.3. Динамика соотношения (недельные интервалы) фактической и среднегодовой выработки электроэнергии на базе различных ВИЭ**

Источник: Chaer, R. и IRENA.

На рис. 13.3 на недельных интервалах показана динамика соотношения фактической и среднегодовой выработки электроэнергии на базе различных возобновляемых источников и спроса в Уругвае. Аналогичные результаты показывают и другие страны.<sup>220</sup>

Как видно, существует фактически идеальная корреляция между спросом и выработкой энергии на ветростанциях. Лишь некоторое расхождение наблюдается в сентябре — октябре. Надо отметить, что в странах Южного конуса наблюдается два годовых пиковых периода: зимой (в мае — октябре) он происходит за счет роста спроса на отопление, а летом (с ноября по апрель) — за счет роста спроса на кондиционирование воздуха.

Что касается корреляции с спросом, то на графике видно, что ни солнечная, ни гидроэнергия не движутся синхронно со спросом. Однако, так как они функционируют в контр-цикле, то вместе они обеспечивают его оптимальное удовлетворение. Наибольшее производство на ГЭС отмечается зимой (с мая по октябрь), когда дожди заполняют водохранилища и станции работают на полную мощность. В этот период падает производство солнечной энергии. Зато ее рост в сухой летний период (с ноября по май) компенсирует сезонное снижение производительности на ГЭС.

### **13.3. Инвестиции в возобновляемую энергетику**

С 2005 по 2015 гг. в Латинской Америке заметно — более чем в три раза — выросли инвестиции в возобновляемую энергетику (рис. 13.4). В 2015 году общий объем инвестиций в ВИЭ в регионе составил 16,4 млрд долл., что соответствует 6% от общемирового потока инвестиций.

Лидерские позиции все эти годы занимала Бразилия, однако ее удельный вес начал снижаться на фоне возросших инвестиций в других странах. Если в первую половину указанного десятилетия ее доля в суммарном объеме уверенно превышала 80%, то к 2015 г. она снизилась примерно до 40% или 7,7 млрд долл.

Мексика несколько позднее приступила к интенсификации ВИЭ.

---

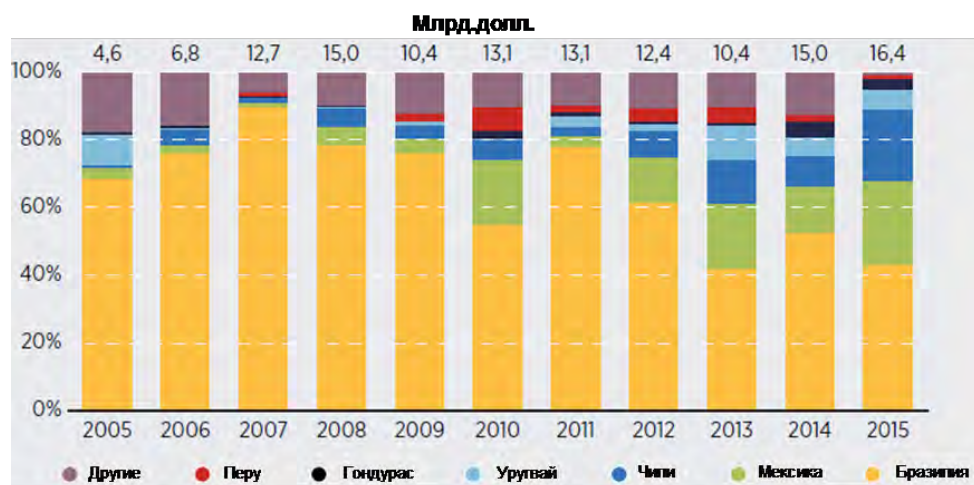
220. Paredes, J.R.. «Energías renovables variables y su contribución a la seguridad energética: complementariedad en Colombia», Banco Interamericano de Desarrollo, 2017 // <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/8146/Energias-renovables-variables-y-su-contribucion-a-la-seguridad-energetica-Complementariedad-en-Colombia.PDF?sequence=5>.

Это связано с наличием в этой стране значительных углеводородных запасов, государственным монополизмом на внутренних рынках газа и электроэнергии, отсутствием инвестиционных ресурсов и перманентным экономическим кризисом, поразившим страну в первой половине 2000-х гг. Ситуация стала меняться в лучшую сторону, когда в стране были проведены ограниченные рыночные реформы, а рост мировых цен на нефть обеспечил приток инвестиций. Только за 2013-2015 гг. объем капиталовложений в ВИЭ увеличился примерно в два раза и достиг 4 млрд долл. в год.

Чили, как страна, испытывающая энергозависимость от внешних поставок ископаемого топлива, интенсифицировала вложения в альтернативную энергетику и в 2015 г. с объемом инвестиций 3,4 млрд долл. вышла на третье место среди стран региона.

Уругвай замыкал группу стран-лидеров. Здесь в 2015 г. на строительство объектов ВИЭ было израсходовано свыше 1,1 млрд долл., что с учетом небольшой территории и численности населения является значительной величиной.

Структура инвестиций отражает ускоренную диверсификацию источников возобновляемой энергии. Здесь сформировалась устойчивая тенденция снижения инвестиций в жидкое биотопливо, что компенсируется заметным увеличением инвестиций в ветроэнергетику, а в по-



**Рис. 13.4. Объемы инвестиций в ВИЭ по отдельным странам Латинской Америки (без учета крупных ГЭС)**

Источник: International Renewable Energy Agency (IRENA).

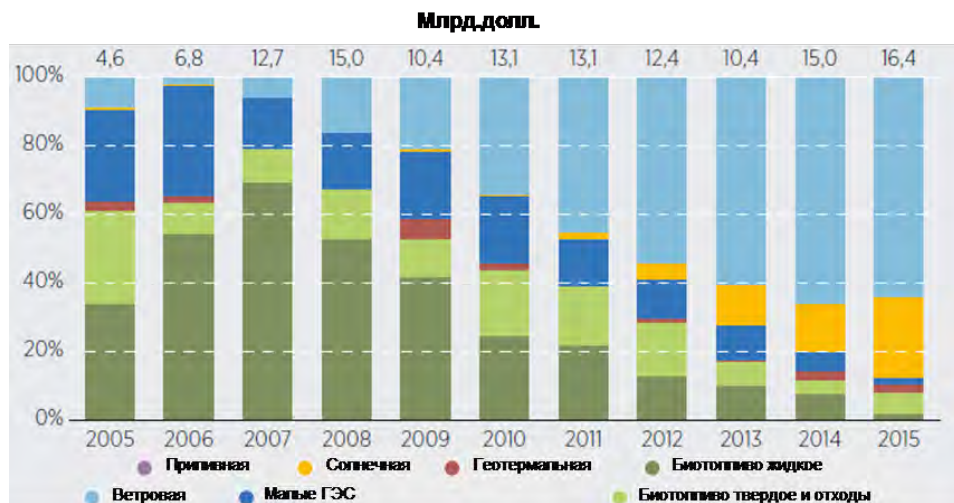
следние годы и солнечной. Бразилия — главный производитель этанола и биодизеля — вышла на уровень самообеспечения нефтью, перестала расширять посевы под технические культуры и взяла курс на использование возобновляемых ресурсов на цели производства электроэнергии. За последние три года ее инвестиции в ветроэнергетику резко увеличились, что вызвало изменение топливного баланса электроэнергетики этой страны.

Такая политика была поддержана другими странами, прежде всего, Мексикой и Уругваем. И сегодня уже две трети от суммарного объема инвестиций в ВИЭ направляется на развитие ветропарков. С 2012 года солнечная энергия фотовольтаики (PV) стала важной инвестиционной составляющей — ее доля достигла 25 %. Наибольшей активностью в этом направлении отличаются Чили, Бразилия и Мексика. Данное обстоятельство объясняется совершенствованием технологий генерации электроэнергии на основе ветра и солнца, которые стали более конкурентоспособными по сравнению с жидким и твердым биотопливом.

Свою роль к тому же сыграли политики предотвращения изменения климата. С точки зрения генерируемых объемов выбросов парниковых газов в атмосферу биотопливо не отличается от традиционных углеводородов и явно проигрывает не только энергии ветра и солнца, но и газу. Бразилия делает ставку на развитие ВИЭ, ориентируя на экспорт нефть и газ своих новых месторождений.

Нельзя не отметить стремительное развитие малой энергетики на базе гидроресурсов и газа. Это особенно важно для Бразилии и других латиноамериканских стран, обладающих обширными и труднодоступными территориями, где прокладка мощной газотранспортной инфраструктуры и высоковольтных линий электропередач экономически не выгодно. В этом же ключе следует рассматривать всплеск инвестиций в когенерацию и распределенную энергетику (рис.13.5).

Особенностью инвестиционного процесса в Латинской Америке является широкое участие национальных государственных финансовых учреждений. Более трети средств, направляемых на финансирование капитальных вложений в ВИЭ имели в 2015 г. государственное происхождение. Среди них ключевую роль играют национальные банки развития. Условия, на которых предлагались кредиты инвесторам проектов ВИЭ по многим параметрам были лучше тех, на которых соглашались предоставить кредиты коммерческие банки.



**Рис. 13.5. Объемы инвестиций по видам ВИЭ в Латинской Америке (без крупных ГЭС)**

*Источник:* International Renewable Energy Agency (IRENA).

Выделяемые финансовые средства выделялись в рамках соответствующих государственных политик по трем основным направлениям: на цели развития национальных энергетических рынков и интеграцию ВИЭ и традиционной энергетики (Чили, Гондурас, Никарагуа, Мексика); выстраивание локальных производственно-сбытовых цепочек для улучшения коммерциализации «зеленой энергии» (Бразилия, Уругвай); а также кредиты для локализации и местного производства оборудования для ВИЭ. По меньшей мере, в 14-ти странах были учреждены государственные фонды по нетрадиционной энергетике и эффективному управлению энергией для финансирования программ ВИЭ и эффективного регулирования энергопотреблением. Они находятся под управлением национальных министерств энергетики. Донорами таких фондов, как правило, могут быть не только государственные, но и частные корпорации, а также, многосторонние национальные и международные организации.

В малых странах, которые не имеют достаточно сильных собственных государственных финансовых институтов или имеют ограниченный финансовый потенциал, свою роль источников инвестиций сыграли международные государственные финансовые учреждения. К их числу, прежде всего, следует отнести Межамериканский банк развития (Banco Interamericano de Desarrollo), которые содействовал консолидации внешних кредитов и хеджированию инвестиционных рисков.



Кроме того, ряд специализированных агентств и фондов оказывал содействие в непосредственной проработке конкретных технологий и проектов. Среди них можно упомянуть Фонд содействия энергетике Латинской Америки (Emerging Energy Latin America Fund) и Фонд развития проектов геотермальной энергетики (Fondo de Desarrollo de Proyectos Geotermicos).

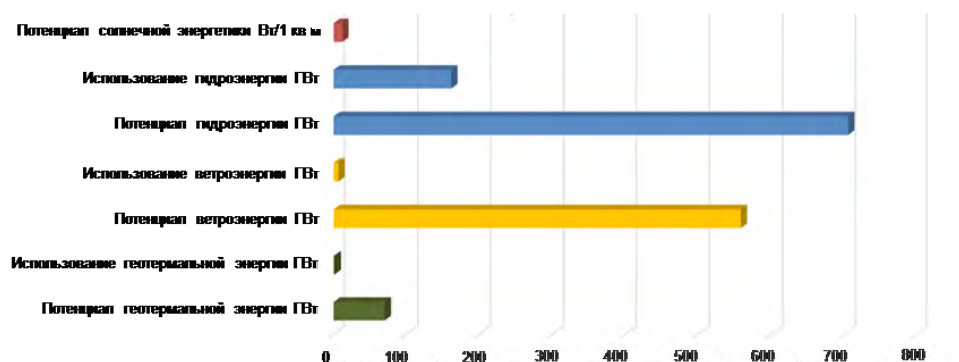
### **13.4. Потенциал ВИЭ и планы развития**

Латинская Америка обладает огромным потенциалом развития ВИЭ, который весьма неравномерно распределен по странам и субрегионам.

К использованию биотоплива существовал большой интерес со стороны потребителей в период высоких цен на углеводороды и их волатильности. Его также поддерживали отсутствие трубопроводной инфраструктуры, связывающие центры добычи и потребления, а также слабый уровень развития рынка сжиженного природного газа (СПГ). Поэтому национальные правительства стран Южной Америки стимулировали развитие альтернативных источников моторного топлива. Следует учесть, что многие страны региона располагали обширными пахотными землями и достаточной дешевыми трудовыми ресурсами, что позволяло производить биотопливо с конкурентными по отношению к нефтепродуктам издержками. И сегодня наличие сельскохозяйственных земель, хотя и позволяет наращивать производство этанола и биодизеля, но в условиях возросшей стоимости рабочей силы, падения мировых цен на нефть и расширения объемов ее локального производства, данный вид возобновляемых ресурсов в инвестиционных планах национальных правительств занимает все меньше места. К тому же рост мировых цен на сельскохозяйственную продукцию и улучшение транспортных коммуникаций стимулируют производителей переходить на более выгодные с точки зрения цены культуры.

Основной объем гидрогенерации приходится на примерно 35 крупных ГЭС (с установленной мощностью — свыше 10 ГВт), построенных, главным образом, в 1970-1990 гг. Введение в эксплуатацию последнего энергоблока ГЭС Итайпу, расположенной на границе Бразилии и Парагвая (ее суммарная установленная мощность составляет 14 ГВт.), состоялось в 2007 г. В последующем строили станции меньшей мощности — ГЭС Жирау — 3,75 ГВт и ГЭС Санту Антониу — 3,57 ГВт.

Гидроэнергетический потенциал составляет порядка 700 ГВт. На сегодня он использован не более, чем на четверть. Однако дальнейшее развитие крупномасштабной генерации подошло к своему естественному пределу, в связи с ухудшением гидрологических условий рек и фактическим исчерпанием подходящих мест для размещения новых крупных ГЭС. Поэтому производственная база испытывает значительные трансформации: все большее распространение получает малая гидроэнергетика. Ее объекты оказываются востребованным в географически удаленных и труднодоступных районах, особенно, сельвы и Амазонии.



**Рис. 13.6. Использование (установленная мощность) и возможный потенциал возобновляемых источников энергии в Латинской Америке**

*Источник: Asturias J.*

На рис. 13.6 приведены данные по установленной мощности отдельных видов ВИЭ (кроме солнечной энергетики) и потенциалу их развития, рассчитанный экспертами Латиноамериканской организации по энергетике (OLADE).

По сравнению с другими ВИЭ, наибольший незадействованный потенциал имеет ветроэнергетика — 550 ГВт. Многие страны имеют выход к океану и располагают протяженной береговой линией с устойчивым ветряным потоком и площадью, достаточной для размещения ветрогенераторов. Сегодня этот ресурс использован не более чем на 1 %.

Большинство латиноамериканских стран имеют благоприятные условия для развития солнечной энергетики. Средняя мощность потока составляет  $4,2 \text{ Вт/м}^2$ , что значительно опережает среднеевропейские показатели (например, в Германии он составляет  $3 \text{ Вт/м}^2$ ).



Реализация потенциала возобновляемой энергетики находит отражение в энергетических стратегиях и планах развития отрасли, утвержденных национальными правительствами большинства латиноамериканских стран.

Энергетическое агентство Бразилии в 2017 г. выпустило 10-летний план развития энергетики в стране, предусматривающий более чем 40-процентный рост установленной генерирующей мощности к 2026 г. — с нынешних 148 до 213 ГВт. Наибольшая доля прироста будет достигнута за счет ВИЭ. Суммарная мощность гидростанций вырастет с 87 ГВт до 103 ГВт. Ветроэнергетика — более чем в два раза — с 11 до 28,5 ГВт. Наибольшая динамика ожидается в сфере солнечной энергетики, где установленная мощность вырастет почти в сто раз — с 0,1 до 9,7 ГВт. Если учесть еще и распределенную солнечную генерацию — 3,5 ГВт, то рост окажется еще более внушительным.

В Мексике в 2006 г. принят специальный Закон «Об использовании ВИЭ», который обозначает меры государственной политики по повышению доли ВИЭ в совокупном объеме производимой энергии (без учета крупных ГЭС) до 8 %. Конкретные цели возобновляемой энергетики обозначены правительством в «Стратегии перехода к использованию экологически чистых технологий и топлива на период с 2016 по 2050 гг.». Ее целью является сокращение выбросов парниковых газов в атмосферу и снижение зависимости страны от ископаемого топлива. Планируется обеспечить долю ВИЭ в «топливной корзине» 35 % — до 2024 г.; 37,7 % — до 2030 г. и 50 % — к 2050 г. Кроме того, Стратегия предусматривает модернизацию мексиканского сектора электроэнергетики и определяет области возможностей в области научных исследований, технологического развития и подготовки кадров, которые позволят Мексике достичь поставленных целей, что также открывает возможности для развития продуктов и услуг в секторе ВИЭ с высокой добавленной стоимостью.

В Уругвае правительством утвержден 30-летний План инвестиций в объекты электрогенерации, который предусматривает самый большой прирост установленной мощности в ветровой и солнечной энергетике. Суммарная мощность ветровых установок вырастет с нынешних 1,2 ГВт до 3,2 ГВт в 2046 году. Мощность солнечных панелей — с нынешних 60 МВт до 1,2 ГВт. При этом мощность ГЭС останется на прежнем уровне, а газовых ТЭС — вырастет незначительно.

Правительство Чили планирует к 2025 г. повысить долю ВИЭ в топливном балансе генерации электроэнергии до 20 %, к 2035 г. — до 60 %. Делается осторожный прогноз о выходе страны на полное обеспечение электроэнергией на базе ВИЭ в 2050 г. Кардинальным образом предполагается изменить структуру ВИЭ. Наибольшее развитие получит энергия солнца. Ее доля в энергобалансе превысит ветроэнергетику, являющуюся сегодня главным возобновляемым источником. Основной центр солнечной генерации создается в северных пустынных районах страны, где наблюдается самое интенсивное на планете солнечное излучение.

Развитие альтернативной энергетики в Чили опережает намеченные правительством планы. По состоянию на конец 2017 г. в коммерческой эксплуатации, в режиме тестирования и пробного запуска находилось почти 4 ГВт установленной мощности ВИЭ. Скорее всего, ближайшая цель — 20 % — будет достигнута уже в начале 2020-х гг., т.е. значительно раньше намеченного на 2025 г. срока.

В Колумбии принят специальный закон (№ 1715 от 2014 г.), в котором установлены правовые рамки для интеграции нетрадиционной возобновляемой энергии в колумбийскую энергетическую систему с целью содействия развитию и использованию этих источников. Электроэнергетика этой страны является одной из самых «чистых» на планете: 68 % установленной мощности — это гидроэлектростанции. ВИЭ занимают всего лишь 0,6 % топливного баланса электроэнергетики (18 МВт — мощность ветростанций и 77 МВт — биотопливо).

План развития электроэнергетики и расширения сетей передачи на 2014-2028 гг., одобренный правительством Колумбии предусматривает в одном из своих сценариев доведение установленной мощности объектов ветровой и солнечной генерации до 10 % энергобаланса, на базе которых будет произведено до 7,5 % от общего объема производства электроэнергии в стране.

В 2014 г. Министерство энергетики и шахт Колумбии разработало Национальный энергетический план развития отрасли на период до 2050 гг. Это своего рода концепция будущего развития энергетического сектора Колумбии, которая должна служить основой для осуществления энергетической политики и принятия конкретных управленческих решений. План констатирует вступление Колумбии в т.н. фазу «энергетического перехода», предполагающего радикальные изменения моделей использования энергии, эксплуатации и коммерциализации энергетических ресурсов и товаров, объектов их добычи/генерации,

транспортировки/ передачи/распределения, содержания энергетических услуг. Этот переход характеризуется сдвигом в сторону возобновляемых источников энергии, которые постепенно займут место основного источника энергии.

В Аргентине возобновляемые источники энергии пока не получили заметного развития. Однако с принятием в сентябре 2015 г. новой редакции Закона «О развитии использования возобновляемых источников, предназначенных для производства электроэнергии», здесь наметились серьезные подвижки. Законом установлено, что к 2018 г. как минимум 8 % от общего объема потребленной электроэнергии будет произведено на основе возобновляемых источников, а к 2016 г. — этот показатель должен был увеличиться до 20 %. Законодательно установлен план-график достижения поставленной цели. В период с 2018 по 2022 гг. доля ВИЭ в энергобалансе будет увеличиваться на 2 % ежегодно, а с 2023 по 2026 гг. — на 1 % — ежегодно.

В июле 2017 г. депутатами Национального конгресса Аргентины подготовлен законопроект «О распределенной энергетике», который урегулирует статус мелких производителей, включая население, обладающих оборудованием — солнечными батареями, ветроустановками и т.п., и позволит им продавать излишки произведенной электроэнергии. Центр электрогенерации тем самым сдвигается в сторону потребления, позволяя более эффективно расходовать ресурсы, «разгружает» сети от части транспортных потоков, сокращает расходы на передачу энергии и т.п.

Возобновляемые источники энергии демонстрируют экспоненциальный рост в большинстве стран мира. Они не только растут в объемах, но и делают это быстрее, чем обычная энергетика. В 2016 г. расширение глобальных генерирующих мощностей происходило в основном за счет ВИЭ.

Существует несколько причин быстрого роста возобновляемых источников энергии. Среди них заинтересованность правительств в обеспечении энергетической безопасности, снижении воздействия на окружающую среду и адаптации к политикам по предотвращению изменения климата. Решение задач по повышению эффективности функционирования энергетических рынков за счет использования новых энергетических и информационных технологий, внедрения элементов конкуренции в поставку энергетических товаров и услуг также побуждает их проводить политику, направленную на поощрение такого рода энергии. Но, пожалуй, главная причина заключается в том, что возобновляемая энергия

уже фактически перешла из опытно-экспериментальной фазы в коммерчески доступное и технологически масштабируемое производство.

Энергия, полученная из «нетрадиционных» возобновляемых источников, уже является вполне конкурентной опцией на фоне обычных источников энергии. Наибольшее снижение удельных издержек демонстрирует солнечная энергия: только в 2016 г. ее себестоимость снизилась в мире в среднем на 8-10%. Это не может не отражаться на конечной отпускной цене электроэнергии и привлекательности этого сектора для инвесторов, производителей и потребителей.

Интенсивное развитие возобновляемой энергетики меняет структуру рынков латиноамериканских стран, адаптирует их к потребностям покупателей, стимулирует возникновение новых категорий участников, механизмов торговли и компетенций.

«Нетрадиционные» ВИЭ — солнце и ветер, положили начало развитию распределенной энергетики. Конкуренция издержек приобрела новое качество: в нее вовлечены не только крупные производители энергии из различных источников, но и масса мелких игроков, которые, хотя пока проигрывают по себестоимости энергии, выигрывают по стоимости ее передачи.

ВИЭ придали импульс электрификации удаленных и труднодоступных территорий, которых немало имеется в Латинской Америке, и где централизованное энергоснабжение до сих пор было коммерчески и технически невозможным. В свою очередь, это вызвало волну нового развития этих территорий, вовлечения в оборот их ресурсов, обеспечения занятости, а также сопровождалось иными позитивными эффектами.

По степени использования «традиционных» возобновляемых источников — гидроэнергии и биотоплива — Латинская Америка является лидером среди других континентов. Сегодня она приступает к активному внедрению «нетрадиционных» ВИЭ солнца, ветра, морских приливов, которые со временем займут место основного источника генерации энергии. Ставка на возобновляемую энергетику — это, наверное, наиболее сложный выбор, в условиях современной турбулентности и неопределенности мировых энергетических рынков.

С учетом экономических трудностей и социальных проблем движение Латинской Америки к новому безуглеродному «электрическому миру» будет сложным процессом, в ходе которого неизбежны разного рода торможения и отступления. Однако, как представляется, избранный общий вектор развития является необратимым.

Часть III

# **Нетрадиционные ресурсы углеводородного сырья**

---



## ОБЗОР НЕТРАДИЦИОННЫХ РЕСУРСОВ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

---

В последнее время в информационном поле разных стран активно ведется дискуссия о необходимости вовлечения в баланс энергопотребления так называемой «альтернативной энергии», к которой большинство экспертов и ученых относят «нетрадиционные углеводородные ресурсы» и «возобновляемые источники энергии». Это, в основном, происходит по двум основным причинам:

- В мире в целом и, особенно, в динамично развивающихся странах, таких как Китай, Индия, Индонезия, Южная Корея, Малайзия, Вьетнам, Бразилия и некоторых других, наблюдается быстрый рост потребления энергии, что требует вовлечения в баланс энергопотребления дополнительных источников энергии, при этом рост энергопотребления уже невозможно удовлетворить за счет только «традиционных» ресурсов;
- Технические возможности и себестоимость получения «альтернативной» энергии зачастую дают существенные преференции перед «традиционными» источниками, так как активно развиваются и постоянно совершенствуются соответствующие технологии и техника.

Понятие «нетрадиционные углеводородные ресурсы» включает две составляющие — «углеводородные ресурсы» и «нетрадиционные». Остановимся на каждой из этих составляющих.

Общепринято, что «углеводородное сырье» — это, прежде всего, **сырая нефть и природный газ, а также все производные или добытые вместе с ними компоненты**. Но это понятие всем известно — уже более 160 лет мы ведем добычу нефти в промышленных масштабах. В чем же отличие ресурсов «традиционных» от «нетрадиционных»? **Главным отличием «нетрадиционных» ресурсов от «традиционных» является форма залегания этих ресурсов в земной коре**. Нетрадиционными они считаются потому, что до сих пор мы не приступали к массовой разработке этих ресурсов либо из-за отсутствия необходимых технологий, либо по причине высокой себестоимости разработки, что делало их добычу нерентабельной. Однако, в связи с общемировой

тенденцией устойчивого роста энергопотребления и связанного с этим повышения цен на энергию, а также постоянным совершенствованием техники и технологий добычи, мы все в большей и большей мере обращаем свои взоры на ресурсы, добыча которых еще пару десятилетий назад считалась утопией.

Таким образом можно утверждать, что к **нетрадиционным ресурсам углеводородов относятся ресурсы, залегающие в сложных геологических условиях, освоение которых нуждается в применении новых методов и способов их разведки, добычи, переработки и транспортировки с учетом геолого-технических, экономических, социальных и экологических факторов**<sup>221</sup>.

Но прежде чем мы приступим к рассмотрению вопросов разработки нетрадиционных ресурсов углеводородов, необходимо понять, есть ли в этом острая необходимость или мы можем и дальше развивать добычу традиционных углеводородов, не волнуясь о нашем энергетическом будущем?

#### **14.1. Оценка доказанных запасов органического топлива в мире**

Доказанные запасы органического топлива с вероятностью извлечения на поверхность не менее 90% (Proved Reserves или «1P» по классификации запасов SPE-PRMS) на 2015 год<sup>222</sup>, распределенные по регионам и континентам, приведены в таблице 14.1.

Постараемся оценить — много это или мало? Проведем оценку с двух точек зрения — сравним с тем, что уже добыто Человечеством и с тем, на сколько лет этого органического топлива хватит при существующем на сегодняшний день уровне энергопотребления?

По оценкам экспертов, на настоящий момент в мире добыто и потреблено порядка 170-175 млрд т нефти и 120-125 трлн м<sup>3</sup> газа. Тогда, следуя данным, приведенным в таблице 14.1, существующие доказанные извлекаемые запасы нефти и газа превышают уже потребленное количество углеводородов в 1,4-1,5 раза. Данных по потреблению угля нет, так как уголь Человечеством потреблялся с доисторических времен, когда никто и никакой статистики не вел, но если принять, что в промышленных целях уголь стал массово применяться с начала 19-го века, то можно приблизительно оценить количество потребленного в мире

221. Левинбук М.И., Котов В.Н. Энергетический сдвиг // The Chemical Journal. — 2013. — июль-август. — С. 50-66.

222. BP Statistical Review of World Energy, June 2016.



Таблица 14.1

**Совокупные запасы углеводородных ресурсов и угля  
по континентам и регионам на 2015 год**

Регион	Нефть		Газ		Уголь		Всего
	млрд тонн	млрд т н.э.	трлн м <sup>3</sup>	млрд т н.э.	млрд тонн	млрд т н.э.	млрд т н.э.
Северная Америка	35,9	35,9	12,8	11,6	245,1	163,2	210,7
Центральная и Южная Америка	51,0	51,0	7,6	6,8	14,6	9,7	67,5
Европа	1,9	1,9	3,3	3,0	84,1	56,0	60,9
Россия	14,0	14,0	32,3	29,1	157,0	104,5	147,6
Страны СНГ (без России)	5,1	5,1	21,2	19,1	69,5	46,3	70,5
Ближний и Средний Восток	108,7	108,7	80,0	72,1	1,1	0,7	181,5
Африка	17,1	17,1	14,1	12,7	31,8	21,2	51,0
Азия	5,7	5,7	15,6	14,0	288,3	192,0	211,7
Мир	239,4	239,4	186,9	168,4	891,5	593,6	1001,4

Источник: BP Statistical Review of World Energy, June 2016

угля цифрой 200-250 млрд т. Таким образом, запасы угля более чем в 3 раза превышают количество потребленного.

Теперь посмотрим на проблему с другой стороны — проанализируем доказанные запасы с точки зрения уровня производства энергии в мире. За период с 1981 по 2015 год производство энергии в мире выросло в 2 раза — с 6,68 до 13,23 млрд т н.э.<sup>223</sup>. При этом наблюдался устойчивый рост производства всех видов энергии<sup>224</sup>. За тот же период население Земли выросло с 4,5 до 7 млрд человек<sup>225</sup>, т. е. чуть

223. BP Statistical Review of World Energy, June 2016.

224. BP Statistical Review of World Energy, June 2016.

225. US Census Bureau, Demographic Internet Staff. Historical Estimates of World Population. URL: <http://www.census.gov/>

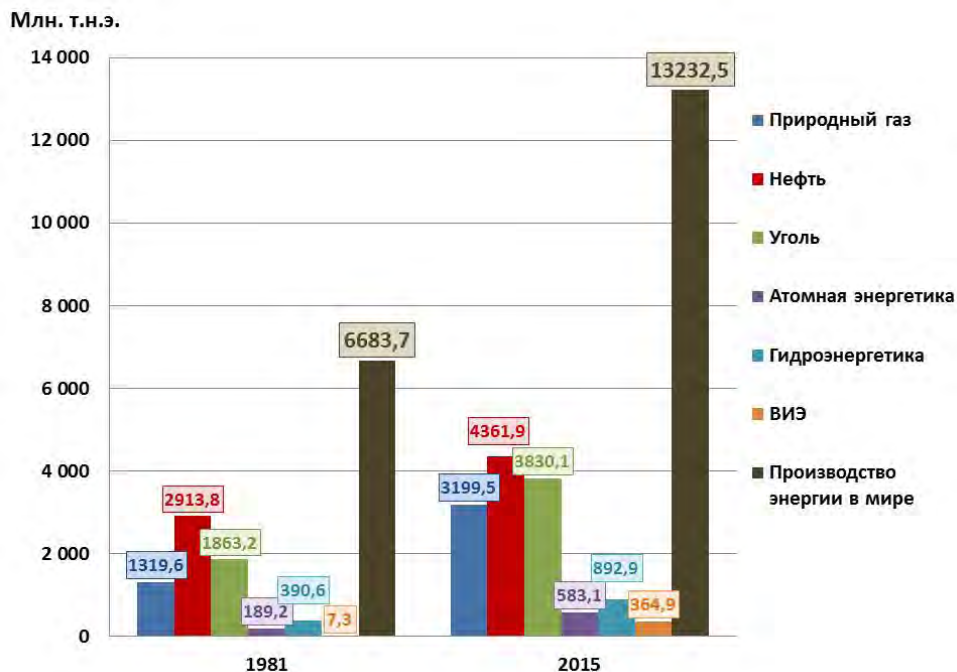


Рис. 14.1. Производство энергии в мире (млн т н.э.) в 1981 и 2015 годах

больше, чем в 1,5 раза. Таким образом, можно констатировать, что за последние 35 лет темп роста производства энергии в 1,3 превысил темп прироста населения Земли и, судя по всему, эта тенденция будет сохраняться в среднесрочной перспективе. Это является неизбежным следствием современного этапа научно-технического прогресса и связанного с этим опережающего роста потребления энергии<sup>226</sup>. Баланс производства энергии в мире в 1981 и 2015 годах показан на рисунке 14.1.

Используя данные из таблицы 14.1 и рисунка 14.1 мы можем рассчитать значения **коэффициента «Reserves to Production ratio» (RPR)**, который дает количественную оценку оставшихся в недрах любых природных ресурсов и выражается в годах добычи. Этот коэффициент применим ко всем натуральным ресурсам и **рассчитывается как отношение количества известных на текущий момент запасов к текущему количеству ежегодно добываемого**

226. Мартынов В.Г., Лопатин А.С., Бессель В.В. Природный газ — основа устойчивого развития энергетики// Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. — 2017. — №1-1(103). — С.70-77.

**сырья.** Наиболее часто употребляется для оценки оставшихся запасов органического топлива, в частности, нефти и природного газа. Таким образом:

$$\text{RPR нефть} = \frac{239,4}{4,36} \sim 55 \text{ лет};$$

$$\text{RPR газ} = \frac{168,4}{3,2} \sim 53 \text{ года};$$

$$\text{RPR уголь} = \frac{593,6}{3,83} \sim 155 \text{ лет};$$

$$\text{RPR углеводороды} = \frac{(239,4+168,4)}{(3,2+4,36)} \sim 54 \text{ года};$$

$$\text{RPR органическое топливо} = \frac{(239,4+168,4+593,6)}{(3,2+4,36+3,83)} \sim 88 \text{ лет}.$$

Согласно существующим на сегодняшний день сценариям мирового развития, уровень энергопотребления может вырасти до 17-18 млрд т н.э. в год к 2035 году<sup>227</sup>. При этом структура мирового энергопотребления будет меняться незначительно — это связано, прежде всего, с тем, что за девятнадцатый-двадцатый века была создана колоссальная энергетическая инфраструктура, рассчитанная на использование органического топлива. Ожидается, что к 2035 году доля потребления органического топлива в мировом балансе энергопотребления снизится до 78-80 %<sup>228</sup>. Таким образом, к 2035 году будет потреблять уже 13-14 млрд т н.э. органического топлива, при этом доля нефти будет продолжать снижаться, а доля природного газа будет возрастать за счет постепенного снижения доли угля. Таким образом, мы можем оценить, что существующих запасов традиционного органического топлива в мире может хватить чуть более чем на 70 лет, а углеводородов только на 40-45 лет.

Используя вышеприведенную методику расчета коэффициента RPR и данные по запасам и добыче углеводородного сырья по ведущим мировым производителям<sup>229</sup>, легко определить, на сколько лет хватит оставшихся извлекаемых запасов при существующем в 2015 году уровне добычи нефти и природного газа.

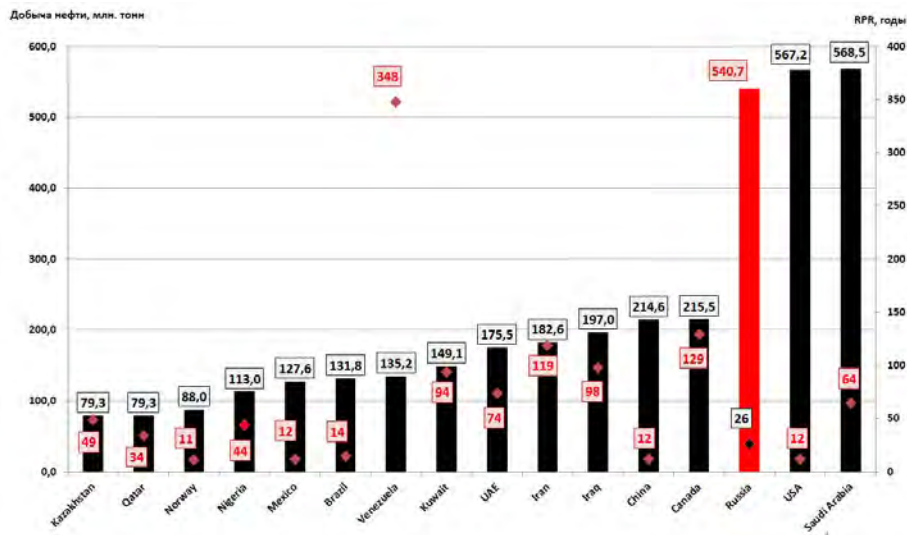
На рис. 14.2, приведены данные по добыче нефти (млн тонн)<sup>230</sup> и рассчитанные значения коэффициента RPR (годы добычи) в 16 странах с уровнем производства в 2015 году более 70 млн тонн нефти в год.

227. BP Energy Outlook 2035. February 2015.

228. там же.

229. BP Statistical Review of World Energy, June 2016.

230. там же.



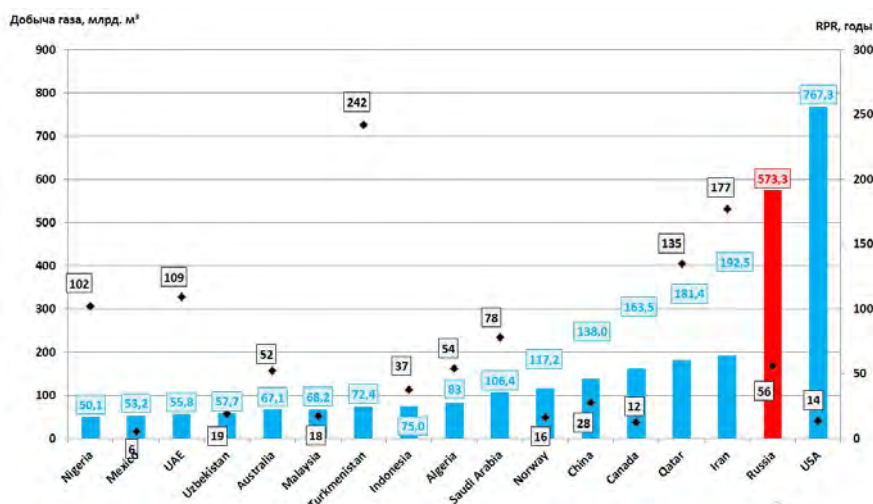
**Рис. 14.2. Крупнейшие производители нефти (млн тонн) и значение коэффициента RPR (годы добычи) в 2015 году**

Россия находилась на 3-ем месте в мире по производству нефти после Саудовской Аравии и США, существующих на сегодняшний день доказанных извлекаемых запасов ей хватит только на 26 лет. Как следует из диаграммы на рисунке 14.2, только 7 стран в мире имеют ресурсы для добычи нефти более, чем на 50 лет: Венесуэла — 348 лет, Канада — 129 лет, Иран — 119 лет, Ирак — 98 лет, Кувейт — 94 года, ОАЭ — 74 года и Саудовская Аравия — 64 года. Страны лидеры мировой экономики, Китай и США имеют сопоставимые по срокам добычи ресурсы — нефти им хватит только на 12 лет добычи.

На рис. 14.3, приведены данные по добыче газа (млрд м<sup>3</sup>)<sup>231</sup> и рассчитанные значения коэффициента RPR (годы добычи) в 17 странах с уровнем производства в 2015 году более 50 млрд м<sup>3</sup> газа в год.

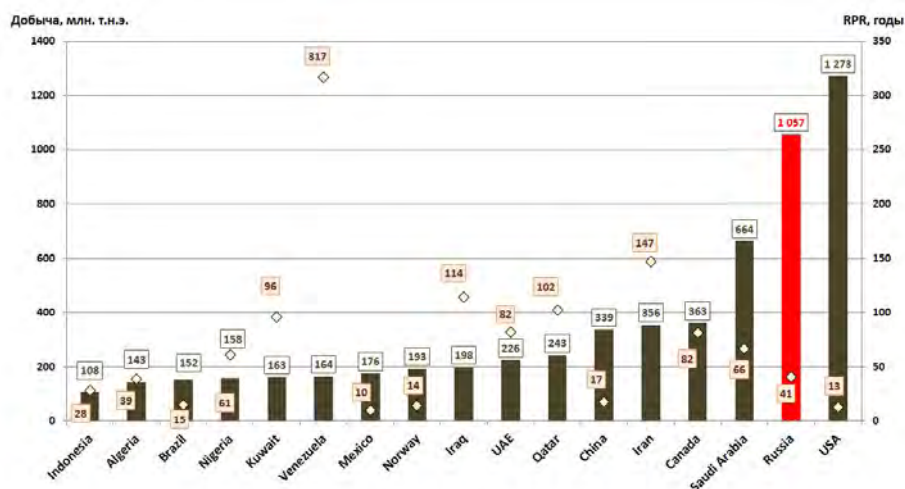
Россия находилась на 2-м месте в мире по производству природного газа после США, существующих на сегодняшний день доказанных извлекаемых запасов ей хватит на 56 лет. Как следует из диаграммы на рисунке 3, только 9 стран в мире имеют ресурсы для добычи природного газа более, чем на 50 лет: Туркменистан — 242 года, Иран — 177 лет, Катар — 135 лет, ОАЭ — 109 лет, Нигерия — 102 года, Саудовская Аравия — 78 лет, Россия — 56 лет, Алжир — 54 года и Австралия — 52 года. Страны лидеры мировой экономики, Китай и США имеют ресурсы газа на 28 и 14 лет добычи соответственно.

231. BP Statistical Review of World Energy, June 2016.



**Рис. 14.3. Крупнейшие производители газа (млрд м³) и значение коэффициента RPR (годы добычи) в 2015 году**

На рис.14.4, приведены данные по добыче углеводородного сырья (млн т н.э.) и рассчитанные значения коэффициента RPR (годы добычи) в 17 странах с уровнем производства в 2015 году более 100 млн т н.э. в год.



**Рис. 14.4. Крупнейшие производители углеводородного сырья (млн т н.э.) и значение коэффициента RPR (годы добычи) в 2015 году**

Россия находилась на 2-м месте в мире по производству природного газа после США, существующих на сегодняшний день доказанных извлекаемых запасов ей хватит на 41 год. Только 9 стран в мире имеют ресурсы для добычи углеводородного сырья более, чем на 50 лет: Венесуэла — 317 лет, Иран — 147 лет, Ирак — 114 года, Катар — 102 года, Кувейт — 96 лет, Канада и ОАЭ — 82 года, Саудовская Аравия — 66 лет и Нигерия — 61 год. Страны лидеры мировой экономики, Китай и США имеют ресурсы углеводородов на 17 и 13 лет добычи соответственно.

Таким образом непредвзятый анализ показывает, что традиционных запасов углеводородного сырья хватит чуть более, чем на 50 лет добычи даже при существующем уровне добычи. А с учетом устойчивого тренда роста потребления энергии в мире, этот прогноз выглядит значительно менее оптимистичным. А все известные запасы органического топлива могут быть исчерпаны уже в этом столетии. Поэтому столь актуальной на сегодняшний момент является задача вовлечения в разработку нетрадиционный ресурсов углеводородного сырья.

#### **14.2. Классификация нетрадиционных углеводородов**

В связи с началом промышленной разработки нетрадиционных углеводородов в экспертном сообществе возникла необходимость создания единой системы классификации нетрадиционных углеводородов. В научно-технической литературе как зарубежной, так и российской, периодически появляются работы, в которых предлагаются различные варианты классификаций, что, рано или поздно, приведет к экспертному консенсусу в этом вопросе. Но пока этот консенсус не достигнут, ниже приведен обзор разных подходов к классификации нетрадиционных углеводородов и их отличия от традиционных.

В работе «Система управления запасами и ресурсами углеводородов»<sup>232</sup>, подготовленной при участии SPE (Society of Petroleum Engineers), WPC (Worldwide Partner Conference), AAPG (American Association of Petroleum Geologists), SEG (Society of Exploration Geophysics) и SPEE (Society of Petroleum Evaluation Engineers) в 2011 г., даны разъяснения особенностей различных видов нефти и деления её на традиционную и нетрадиционную. Под **традиционной нефтью** подразумевается нефть, которая залегает в традиционных, гидродинамически связанных ловушках, добывается через обычную скважину,

232. Guidelines for Application of the Petroleum Resources Management System // SPE, WPC, AAPG, SEG и SPEE. — Nov., 2011.

в дальнейшем перекачивается по трубам без дополнительной подготовки и/или смешения с лёгкой нефтью, перед продажей проходит минимальную подготовку. **Нетрадиционная нефть** — ресурс, залегающий на больших территориях, для разработки которого требуется специальная технология, например горизонтальное бурение с последующим многостадийным гидроразрывом пласта (МГРП). Также необходима значительная подготовка данного сырья к продаже. В соответствии с этой классификацией, нефть плотных пород относится к традиционным источникам, в то время как нефтяные сланцы, сверхтяжёлая нефть и битумы — к нетрадиционным<sup>233</sup>.

Согласно классификации Международного энергетического агентства (МЭА, International Energy Agency, IEA)<sup>234</sup>, к понятию **нетрадиционная нефть** относятся сверхтяжёлая нефть и битумы, находящиеся в нефтяных песках; лёгкая нефть низкопроницаемых пород («tight oil») — обычная лёгкая нефть, которая залегает в нетрадиционных ловушках (сланцах, богатых керогеном, или других низкопроницаемых породах) и добывается с использованием горизонтального бурения с последующим проведением МГРП; керогеновая нефть («kerogen oil»); нефть, полученная из угля и газа. К **традиционной нефти** относятся различные виды сырой нефти и природный газовый конденсат.

Управление энергетической информации США (Energy Information Administration, EIA) утверждает<sup>235</sup>, что чёткого определения «нетрадиционная нефть» нет. К эквивалентам сырой нефти отнесены природный конденсат, сверхтяжёлая нефть, битумы («bitumen», «oil sands») и нефть, залегающая в низкопроницаемых коллекторах, карбонатах или сланцевых породах («tight oil», «shale oil»). Отдельно выделяются жидкие углеводороды, получаемые из биосырья, угля, природного газа и керогена.

Помимо категорий «традиционная нефть» и «нетрадиционная нефть» отдельно выделяется категория «промежуточная нефть» («transitional oil»), в которую вошли тяжёлая, сверхглубокая нефть и нефть низкопроницаемых пород<sup>236</sup>.

233. Guidelines for Application of the Petroleum Resources Management System // SPE, WPC, AAPG, SEG и SPEE. — Nov., 2011.

234. IEA: World Energy Outlook 2013.

235. Annual Energy Outlook 2013 with Projections to 2040. April 2013. U.S. Energy Information Administration Office of Integrated and International Energy Analysis U.S. Department of Energy Washington, DC 20585. URL:[http://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/0383\(2013\).pdf](http://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/0383(2013).pdf)

236. Gordon D. Understanding Unconventional Oil // Carnegie Endowment for International Peace. — Washington. — May, 2012.



Федеральный институт геологических наук и природных ресурсов Германии (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, BGR)<sup>237</sup> приводит деление на традиционную и нетрадиционную нефть в зависимости от плотности. Так, нефть с плотностью выше 10°API относится к традиционному типу (тяжёлая нефть, лёгкая нефть, конденсат), а высоковязкая или, как её ещё называют, сверхтяжёлая с плотностью ниже 10°API — к нетрадиционному.

В работе «Regular conventional oil production»<sup>238</sup> к числу нетрадиционной нефти относятся и нефти офшорных месторождений, залегающие на определённой глубине и в определённых регионах. Нефти подразделяются на традиционные и нетрадиционные в зависимости от вязкости и проницаемости породы<sup>239</sup>.

Достаточно полно и детально структурирована информация в исследовании<sup>240</sup>, где углеводородное сырьё распределено на группы по способам образования и скопления:

- традиционные углеводороды, сосредоточенные в традиционных залежах;
- мигрировавшие из материнской породы в низкопроницаемые пласты — «tight oil»;
- вызревшие и не ушедшие из материнской породы (нефтяных сланцев, «oil shale») — сланцевая нефть («shale oil»);
- недозревшие и не ушедшие из материнской породы — кероген.

Подробные разъяснения относительно классификации нефти приводятся также в исследованиях ИНЭИ РАН<sup>241</sup> и работах профессора РГУ нефти и газа НИУ имени И. М. Губкина М. И. Левинбука<sup>242</sup>.

Отличительной чертой **традиционной нефти** является тот факт, что жидкие углеводороды залегают в традиционных ловушках, добыча

237. Energy study: Reserves, Resources and Availability// BGR — Hannover. — 2013.

238. Campbell C. Regular conventional oil production. // ASPO Newsletter. — Apr., 2006. — № 64.

239. Cander H. What Are Unconventional Resources? A Simple Definition Using Viscosity and Permeability // Search and Discovery Article. — May, 2012. — № 80217.

240. Нетрадиционная нефть: станет ли Баженов вторым Баккеном? // Энергетический центр Московской школы управления Сколково. М., 2013

241. Нефть сланцевых плеев — новый вызов энергетическому рынку? // ИНЭИ РАН. — М. 2012, ноябрь

242. Левинбук М.И., Котов В.Н. Энергетический сдвиг// The Chemical Journal — 2013, июль–август; Левинбук М. И., Котов В. Н. Изменение структуры потребления основных энергоносителей в США — один из вызовов энергетической безопасности России // Мир нефтепродуктов. — 2013. — Август. — С. 3



осуществляется с применением хорошо отработанных технологий и для дальнейшей транспортировки и продажи не требуется существенной подготовки сырья. К данной категории относится как нефть наземных месторождений, так и морских. **Природный газовый конденсат** — жидкие или сжиженные газообразные углеводороды, выделенные из природного газа на установках сепарации или газоперерабатывающих заводах<sup>243</sup>.

К **нетрадиционной нефти** относятся ресурсы, расположенные в сложных геологических условиях, требующие применения новых нетривиальных методов разведки, добычи, переработки или транспортировки. Это — высоковязкая нефть, нефть, извлечённая из битуминозных песков, нефтяных сланцев и лёгкая нефть низкопроницаемых пород. Все перечисленные типы предлагается считать трудноизвлекаемыми<sup>244</sup>.

**Высоковязкая нефть** («heavy oil» или «bitumen») — тип нефти с большим содержанием масел, смол, серы и асфальтенов, отличающийся высокой плотностью (менее 22° API) и вязкостью (до 10 тыс. сП). Она залегает в твёрдом, вязком или вязко-пластичном состояниях. Зачастую говоря о высоковязкой нефти, подразумевают как тяжёлую ( $\leq 22^\circ$  API), так и сверхтяжёлую ( $\leq 10^\circ$  API) нефть. Самые крупные залежи сверхтяжёлой нефти расположены на территории Венесуэлы, в пределах пояса реки Ориноко, являющегося частью Восточно-Венесуэльской провинции. Плотность нефти — от 20° до 6° API, вязкость — 1,5-10 тыс. сП, её добыча в 2015 г. составила около 0,4 млн барр./сут.<sup>245</sup> По информации Геологической службы США (United States Geological Survey, USGS), мировые технически извлекаемые запасы достигают 513 млрд барр.

**Битуминозные пески** («oil sands», «tar sands») — смесь песка, воды, глины и битумов. Данный ресурс обладает высокой плотностью (менее 10° API) и вязкостью в пределах 10 тыс. — 10 млн сП. Геологические запасы составляют 1845 млрд барр., из которых лишь 168 млрд, по оценкам Совета по сохранению энергоресурсов (Energy Resources Conservation Board, ERCB), экономически рентабельны. Самые крупные запасы находятся в Канаде, в провинции Альберта, где добыча в 2015 г. составила более 2 млн барр./сутки<sup>246</sup> и ведётся двумя способами в зависимости от глубины залегания сырья:

243. Горячева А. Что такое нетрадиционная нефть?// Нефть России. — 2015. — №10.

244. там же.

245. IEA: World Energy Outlook 2016.

246. IEA: World Energy Outlook 2016.

- 20 % ресурсов, расположенных достаточно близко к поверхности, разрабатываются открытым карьерным способом (surface mining), а затем подвергаются дальнейшей обработке (ex situ processing);
- 80 % ресурсов, залегающих на глубине свыше 70 м, добываются различными методами внутрипластовой добычи (in situ).

**Нефтяные сланцы** (горючие сланцы, «oil shale», «kerogen oil») — материнская порода, состоящая из известняка, алевроита и отложений глинистых сланцев, содержащая в себе как вызревшую (сланцевую нефть), так и большое количество недозревшей нефти (керогена, который после предварительной обработки может быть преобразован в товарную нефть). По оценке МЭА<sup>247</sup>, мировые геологические запасы керогеновой нефти составляют порядка 1 трлн баррелей. Наиболее крупное месторождение — Green River — расположено в США, на территории штатов Колорадо, Юта и Вайоминг. По подсчётам USGS, его экономически извлекаемые запасы составляют 1 млрд баррелей. Помимо США, перспективными странами в плане наличия данного ресурса являются Австралия, Бразилия, Израиль, Иордан, Китай, Марокко и Эстония. В настоящее время добыча в небольших количествах ведётся в Эстонии, Китае и Бразилии. По оценкам EIA DOE, в 2012 г. в целом по миру производство достигло 10 тыс. барр./сут.

**Нефть низкопроницаемых пород** («tight oil», LTO, «shale oil») — вызревшая лёгкая нефть с низкой плотностью ( $\geq 35^\circ$  API), находящаяся в материнской породе или мигрировавшая в пласты с крайне низкой проницаемостью коллектора. Она извлекается методом, схожим с методом извлечения сланцевого газа — горизонтальным бурением с последующим МГРП.

В 2013 г., проанализировав 41 страну, 95 бассейнов и 137 формаций, EIA Department of Energy США оценила технически извлекаемые запасы лёгкой нефти плотных пород на уровне 345 млрд баррелей, компания British Petroleum — 240 млрд. баррелей. По информации EIA DOE, в 2012 г. добыча велась преимущественно на территории Соединённых Штатов на уровне 2,4 млн барр./сут. За пределами США наибольший интерес вызывают перспективы разработки низкопроницаемых пород в Австралии, Аргентине, Венесуэле, Канаде, Ливии, Мексике, Пакистане, Китае и России (баженовская свита).

Важным нюансом является тот факт, что **нефть низкопроницаемых пород** («tight oil», «shale oil») и **сланцевая нефть** («oil shale»)

247. IEA: World Energy Outlook 2016.

существенно отличаются друг от друга и требуют различных методов добычи. Но, как уже отмечалось, зачастую в статьях их используют в качестве синонимов, что порой приводит к путанице в терминологии. При этом надо понимать, что добыча 2 млн барр./сут. жидких нетрадиционных углеводородов в США — это не что иное, как нефть низкопроницаемых пород и газовый конденсат, получаемый из сланцевого газа («shale gas») и газа плотных пород («tight gas») <sup>248</sup>.

Жидкие углеводороды могут быть получены не только из нефтяного сырья, но и путём переработки угля, газа и биоматериала.

**Синтетическое жидкое топливо из газа (GTL).** В настоящее время заводы, производящие жидкие углеводороды из газа методом Фишера — Тропша, есть в Малайзии (Bintulu GTL), Южной Африке (Sasol, Moss gas) и Катаре (Oryx GTL, Pearl GTL). На стадии строительства мощностей находится проект в Нигерии (Escravos GTL). Возможно появление ещё трёх заводов в США. Учитывая сланцевую революцию в Северной Америке, рост доли газа в энергетическом балансе, а также первые успехи в разработке газогидратов в Японии <sup>249</sup>, в долгосрочной перспективе GTL может стать одним из основных способов утилизации попутного газа нефтяного газа, особенно в удаленных, труднодоступных регионах <sup>250</sup>. Для развития данного направления в полной мере необходимо сокращение капитальных издержек (которые ныне очень высоки) за счёт усовершенствования технологий, а также наличие существенной разницы между ценами на нефть и газ, наблюдаемое на протяжении последних лет.

**Синтетическое жидкое топливо из угля (CTL).** Первые заводы по технологии CTL были построены после Первой мировой войны в Германии. Ныне данная технология носит локальный характер в силу того, что ресурсы угля, которые расположены вблизи поверхности и могут быть извлечены карьерным способом, достаточно малы, а шахтная разработка приводит к высоким издержкам. Большая часть заводов, производящих жидкие топлива из угля, находится в Китае и странах Африки. Запланировано строительство дополнительных мощностей в КНР, странах Африки, а также в Индонезии, США и Австралии.

---

248. Gordon D. Understanding Unconventional Oil // Carnegie Endowment for International Peace. — Washington. — May, 2012.

249. Якушев В. С. Разработка нетрадиционных ресурсов газа в России // Газовая промышленность. — 2013. — № 6 (691). — С. 20.

250. Карабанова А.Н., Бессель В.В. Эффективность применения технологии GTL для энергообеспечения объектов нефтегазового комплекса в отдаленных регионах России // Территория НЕФТЕГАЗ — 2017. — №1-2. — С.70-77.

**Биотопливо.** Рассматриваются жидкие виды биотоплива, полученные из растительного сырья и пригодные для двигателей внутреннего сгорания, например биоэтанол, биометанол и биодизель. Наблюдается существенное технологическое продвижение в данной области — на смену этанолу, производимому из кукурузы, сахарного тростника, пшеницы, сахарной свёклы и биодизелю, производимому из рапса, сои, пальмового масла, подсолнухов, пришла технология переработки непищевого сырья. В настоящее время растёт количество исследований по производству биометанола — топлива последнего поколения, которое может быть получено из водорослей. Большое внимание к этой теме уделяют ведущие автомобильные концерны и авиакомпании. В 2013 г. был совершён первый коммерческий трансатлантический авиарейс на биотопливе. А в 2014 г. в Швеции открылась первая в Европе станция по заправке самолётов данным видом горючего. Согласно данным МЭА, биотопливо обеспечивает около 3 % потребления в секторе дорожного транспорта. Основными производителями являются США, Бразилия и Евросоюз<sup>251</sup>.

Серьёзные работы в мире проводятся по созданию реальной альтернативы традиционному двигателю внутреннего сгорания. Основные надежды возлагаются на **электромобили**, число которых в мире растёт<sup>252</sup>. Но отсутствие промышленно значимых решений по таким важным техническим аспектам, как стабильность работы при отрицательных температурах, недостаточная ёмкость аккумуляторов, а так же скорость их зарядки являются сдерживающими факторами существенного прорыва на мировом транспортном рынке.

Необходимо осознать тот факт, что век доступных и дешевых углеводородов подходит к концу, а эпоха нетрадиционных углеводородов только началась, ознаменовавшись всплеском добычи лёгкой нефти низкопроницаемых пород и высоковязкой, сверхтяжелой нефти битуминозных песков. Проанализировав наиболее значимые и обсуждаемые в информационном пространстве примеры классификаций, подготовленных ведущими организациями и учёными, мы наблюдаем разнообразие подходов, которое демонстрирует неоднозначность при отнесении того или иного сырья к категории нетрадиционного источника. Мы должны быть готовыми войти в новую эпоху нефтегазодобычи руководствуясь единой и понятной всем классификацией нетра-

251. IEA: World Energy Outlook 2016.

252. Электромобиль: «игрушка для богатых», или революция в потреблении нефти? // Энергетический центр Московской школы управления Сколково. — М., 2014.; Савчик Е., Белова М. «Эра бензина» заканчивается? // Нефть России. — 2014. — № 6.

диционных углеводородов, чтобы сократить разброс оценок запасов и тем самым оперировать более точными данными при разработке стратегических решений<sup>253</sup>.

Добыча жидких углеводородов стремительно развивается и, порой, ресурсы, ещё вчера считавшиеся нетрадиционными или трудноизвлекаемыми, благодаря совершенствованию техники и технологий становятся сопоставимыми по издержкам производства с традиционными. Так как все энергетические проекты очень инерционны, т.е. с момента начала реализации проекта до его выхода на проектную мощность проходит, как минимум, от 15 до 30 лет, то очень важно именно сегодня обратить самое пристальное внимание на практическую реализацию проектов добычи «нетрадиционных» углеводородов в России<sup>254</sup>.

\* \* \*

С учетом анализа, проведенного выше, в настоящий момент основные виды нетрадиционных ресурсов углеводородов условно можно разбить:

- На группу подготовленных для промышленного (или опытно-промышленного) освоения, для которой необходима разработка новых технологий с вовлечением в освоение в долгосрочной перспективе;
- На группу проблемных и гипотетических углеводородов.

В России по возможности вовлечения в разработку нетрадиционные ресурсы УВ можно разделить на три неравнозначные группы:

1. Практическую значимость в качестве УВ сырья из нетрадиционных ресурсов в настоящее время имеют трудно извлекаемые (тяжелые высоковязкие) нефти, битумы и нефтяные пески, а также нефти и газы низкопроницаемых коллекторов, в том числе и нефти «баженовской» свиты и газы в угленосных толщах.

2. В среднесрочной перспективе (15-20 лет) к этой группе можно будет относить газ в сланцевых отложениях.

3. В дальнесрочной перспективе (25-40 лет) к этой группе можно будет отнести газ газогидратов и, возможно, водорастворенный газ.

Далее рассмотрим каждый из видов этих ресурсов подробнее.

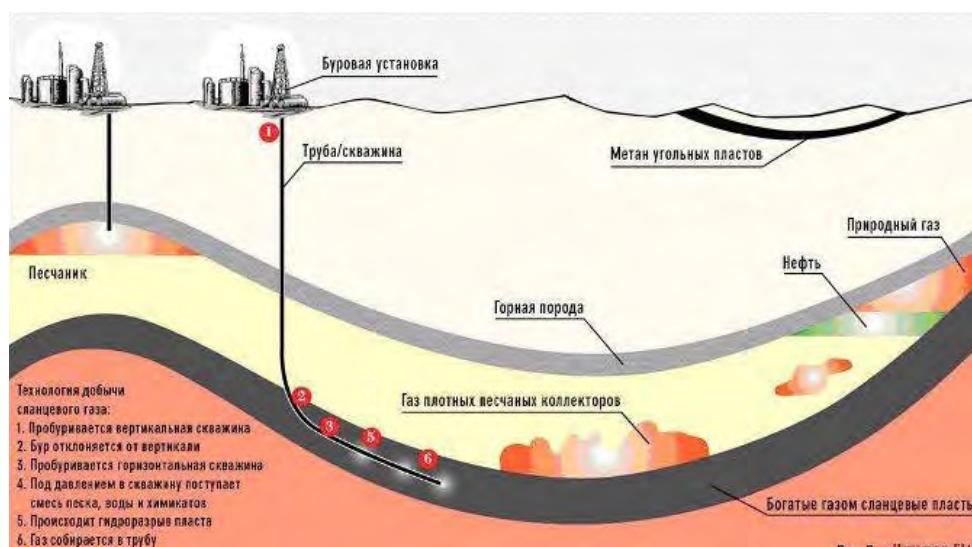
---

253. Горячева А. Что такое нетрадиционная нефть? // Нефть России. — 2015. — №10.

254. Бессель В. В. Нетрадиционные углеводородные ресурсы — альтернатива или миф? // Нефтегаз.RU. — 2013. — №9

## ГАЗ «НЕТРАДИЦИОННЫХ» ИСТОЧНИКОВ

Природный газ залегает в земной коре как в «традиционных» ловушках в виде газовых, нефтегазовых и газоконденсатных залежей, разработка которых осуществляется традиционными методами, так и в «нетрадиционных», к которым можно отнести низкопроницаемые коллекторы, сланцы, угольные пласты, как это показано на рисунке 15.1 и газогидратные отложения в зонах вечной мерзлоты или на дне глубоких водоемов.



**Рис. 15.1. Геология залегания «традиционных» и «нетрадиционных» ловушек газа**

На самом деле «нетрадиционный» газ — это обычный метан (иногда с примесями этана и пропан — бутановых смесей), залегающий в недрах земли не в «традиционных» в геологическом смысле ловушках, а в ином виде. На рисунке 15.2 приведены оценки ресурсов «нетрадиционного» газа, сделанные Международным Энергетическим Агентством в 2010 году.

Как видно из приведенных оценок, мировые ресурсы так называемого «нетрадиционного» газа колоссальны, на несколько порядков больше, чем запасы природного газа, как мы уже знаем из таблицы 14.1, оцениваемые в 186,9 трлн м<sup>3</sup>.<sup>255</sup>

255. BP Statistical Review of World Energy, June 2016.



На территории России и в ее шельфовой зоне эти ресурсы огромны, остановимся на них подробнее.

### 15.1. Газ газовых гидратов

Прежде всего, о газовых гидратах, ресурсы которых оцениваются как самые большие. Впервые гидраты газов (сернистого газа и хлора) наблюдали ещё в конце XVIII века Дж. Пристли, Б. Пелетье и В. Карстен.

Советские ученые — Академик АН СССР А. А. Трофимук, член-корреспондент АН СССР Н. В. Черский, доктор технических наук Ф. А. Требин, кандидат технических наук Ю. Ф. Макогон и кандидат геолого-минералогических наук В. Г. Васильев в 1961 году зарегистрировали открытие «некоторых ранее неизвестных свойств природных газов образовывать в земной коре при определенных термодинамических условиях (температура до 295° К, давление до 250 атмосфер) залежи в твердом газогидратном состоянии», причем с несравненно более высокой концентрацией газа в единице объема пористой среды, чем в обычных газовых месторождениях. Это было практически доказано в 1969 году в процессе освоения и ввода в эксплуатацию Мессояхского нефтегазового месторождения, расположенного в Тазовском районе Ямало-Ненецкого АО в 340 км к северу от г. Новый Уренгой.

### Мировые ресурсы нетрадиционного газа

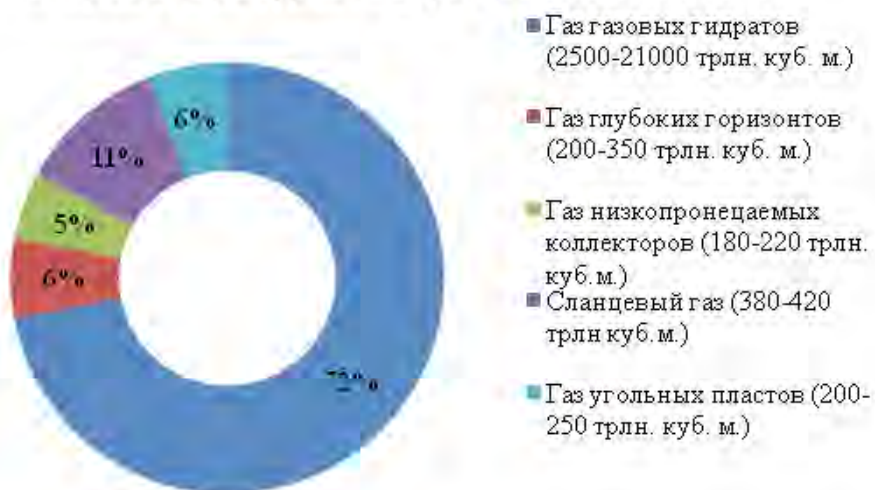


Рис. 15.2. Мировые ресурсы нетрадиционного газа

Газовые гидраты — это твердые кристаллические вещества внешне очень похожие на снег или рыхлый лед. Газ переходит в твердое состояние в земной коре, соединяясь с пластовой водой при гидростатических давлениях и сравнительно низких температурах — до  $+25^{\circ}$ , как это схематично показано на рисунке 15.3.



**Рис. 15.3. Образование залежей газовых гидратов**

По любой из признанных на сегодняшний день теорий происхождения углеводородного сырья — биогенной или абиогенной, метан образуется либо в «нефтематеринских» породах из органики, либо в верхних слоях мантии из расплавов минералов и мигрирует к поверхности земли по тектоническим разломам. Так как плотность и вязкость метана низки, его способность к миграции по самым незначительным трещинам и разломам велика. Если в результате миграции метан не находит «традиционную» ловушку, он продолжает двигаться к земной поверхности и попадая в обводненные донные отложения глубоких водоемов или в зоны вечной мерзлоты, происходит проникновение метана в молекулярную структуру воды и, соответственно, образование залежей гидратов. Отсюда определяются регионы поиска газовых

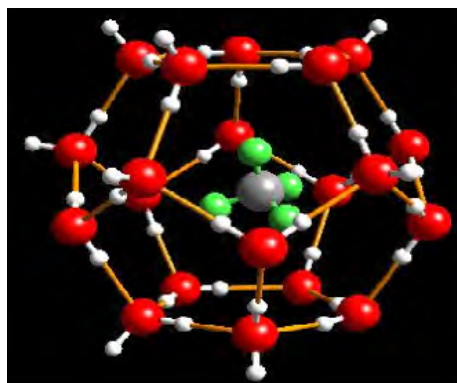


гидратов — глубоководный шельф (при глубинах воды свыше 400-500 метров) или зоны вечной мерзлоты.

На рисунке 15.4 показано как горит метан, выделяющийся под действием тепла рук человека из куска газогидрата — метан выделяется и сгорает, а кристаллы льда плавятся и превращаются в обычную воду.



**Рис. 15.4. Процесс горения метана, выделяемого из газового гидрата**

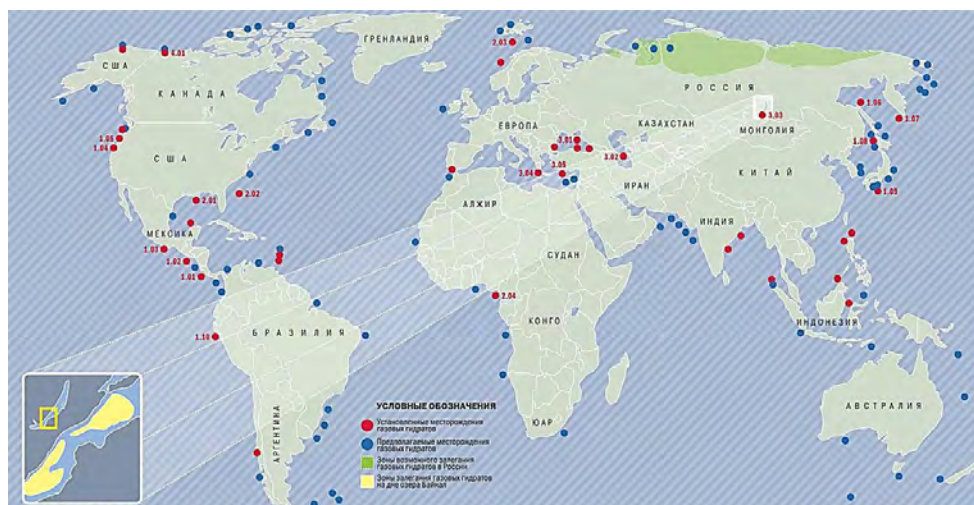


**Рис. 15.5. Структура газового гидрата**

Кристаллическая решетка газовых гидратов построена из молекул воды, во внутренних полостях которых размещаются молекулы метана. На рисунке 15.5 показана условная схема гидрата метана, когда молекула метана  $\text{CH}_4$  (серый шарик — атом углерода, зеленые шарики — атомы водорода) окружен молекулами воды  $\text{H}_2\text{O}$  (красный шарик — атомы кислорода, белые шарики — атомы водорода).

Экспериментальные исследования показали, что при одинаковых давлениях газогидратная залежь содержит в несколько раз больше газа, чем обычная равнообъемная газовая залежь — один объем воды при переходе ее в гидратное состояние связывает до 220 объемов газа, то есть кубический сантиметр газового гидрата может содержать до 220  $\text{см}^3$  метана.

Газовый гидрат устойчив только при низких температурах и высоких давлениях, что определяет зоны его скоплений — глубоководный шельф либо зоны вечной мерзлоты. Территория, где могут быть встречены подобные залежи, составляет более 50 % территории России, около четверти суши нашей планеты и более 90 % территории Мирового океана. По оценкам МЭА, к настоящему времени выявлено более 220 крупных газогидратных месторождений, показанных на рисунке 15.6, с ресурсами более 6000 трлн  $\text{м}^3$  метана, причем, если мы используем только 10 % разведанных на этих месторождениях запасов газогидратов, то мир будет обеспечен газом на 200 лет вперед.

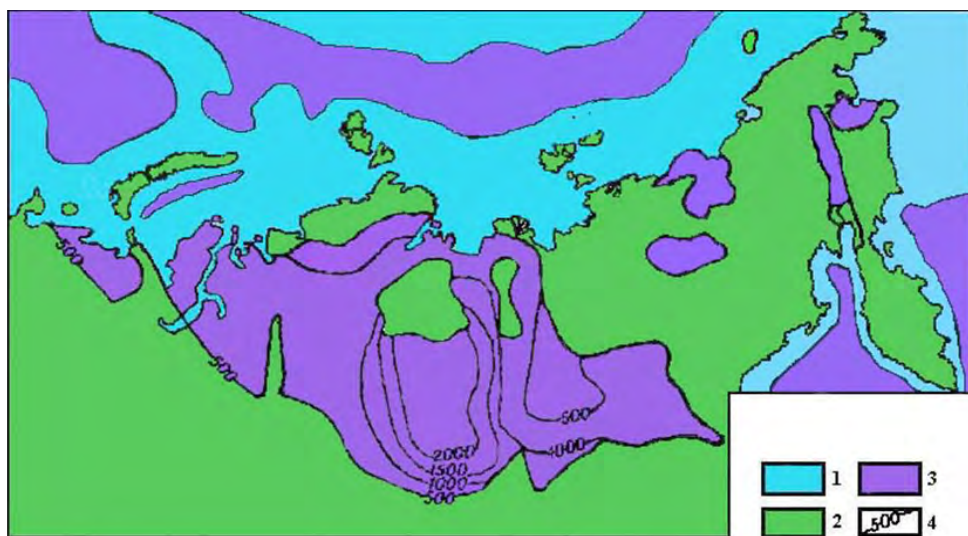


**Рис. 15.6. Установленные и предполагаемые зоны скопления газовых гидратов**

До начала 90-х годов Советский Союз удерживал одно из лидирующих мест в мире в области изучения газовых гидратов. После распада СССР исследования газогидратных скоплений были существенно сокращены из-за недостатка финансирования. Тем не менее, работы по изучению газогидратных залежей в России продолжаются в ООО «ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ» и АО «ГАЗПРОМ ПРОМГАЗ». Согласно данным, приведенным специалистами ВНИИГАЗа, на территории России и в прилегающих территориальных глубоководных шельфовых отложениях зона распространения гидратообразования оценивается площадью до 3-4 миллионов квадратных километров при глубинах залегания газогидратных отложений в регионах Восточной Сибири и Дальнего Востока — до 2000 метров, что показано на рисунке 15.7.

С учетом прогнозируемого потепления климата Земли, через 150-200 лет разогрев вечномёрзлых газогидратных залежей может привести к неконтролируемому выходу огромного количества метана в атмосферу, что соизмеримо с экологической катастрофой Вселенского масштаба! Эту задачу придется решать уже следующим поколениям с учетом новых знаний и опыта, которые они приобретут.

Одним из наиболее перспективных мест скопления газогидратов в России является дно озера Байкал. Дело в том, что под дном озера проходит дивергентная граница (происходит расхождения земной коры) Евразийской (западная часть) и Амурской (восточная часть) тектонических плит, т.е. существует канал миграции глубинных углеводородов на поверхность. И, как это уже было отмечено выше, метан, попадая



**Рис. 15.7. Зона гидратообразования на территории России**

1 — вода, 2 — суша, 3 — зоны возможного гидратообразования,  
4 — изолинии глубины залегания зон возможного гидратообразования.

в обводненные донные отложения при высоком давлении (а глубина озера достигает 1400 метров) и низких температурах, образуются залежи гидратов метана. Исследования дна озера Байкал проводились как с помощью глубоководных аппаратов «Мир», так и с помощью судов. Один из методов добычи метана из газовых гидратов, так называемый «метод разгерметизации», позволяет получать метан из газогидрата путем размыва последнего поверхностной теплой водой с последующим поднятием гидратной пульпы на поверхность, при этом гидростатическое давление падает, а температура повышается. Японская компания «Shimizu Corporation» в конце 90-х годов провела успешный эксперимент по добыче гидрата метана на Байкале с глубины 400 м. Принцип добычи прост: гидрат растворяется в воде через закачивание на дно теплой воды с поверхности водоёма (с помощью форсунок гидрат взбалтывается), а затем раствор гидрата метана поднимается на поверхность. По мере поднятия раствора вверх, как только давление понижалось, из раствора сам по себе выделялся газ метан, что показано на рисунке 15.8.

Именно метод разгерметизации признан японцами, как наиболее эффективный при добыче метана из газогидратов. Глубоководный шельф Японии содержит много газогидратных залежей. Проведенные в период 1995-2000 годы исследования показали, что в только Нанкайской впадине прогнозируемые ресурсы метана могут составлять от 4-х до 20 трлн м<sup>3</sup>, что показано на рисунке 15.9.

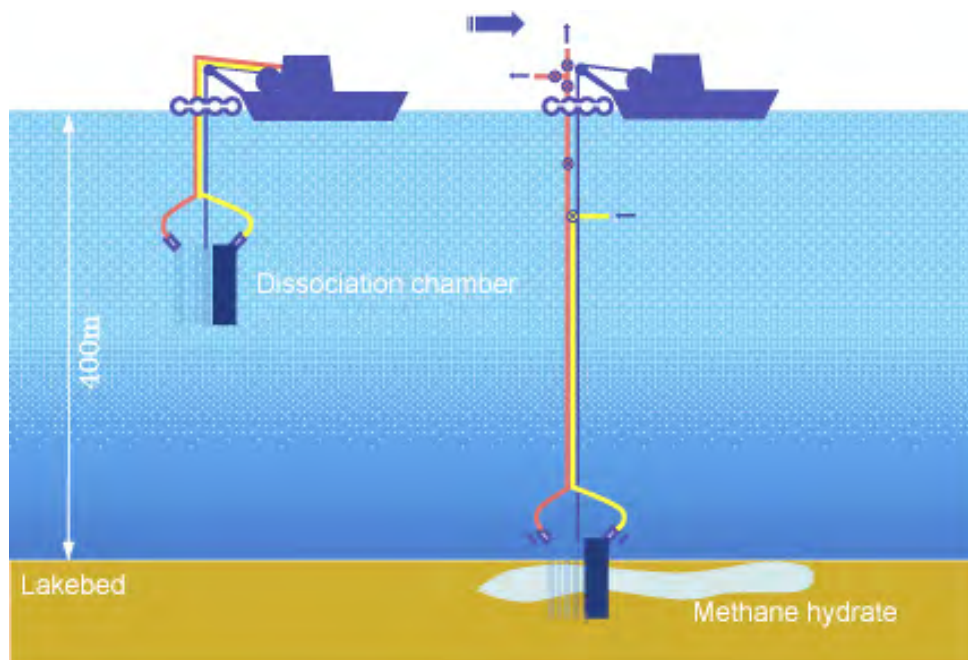


Рис. 15.8. Эксперимент по добыче метана из газогидратных залежей, проведенный компанией «Shimizu Corp.» на озере Байкал



Рис. 15.9. Расположения газогидратных залежей в прибрежной зоне Японии



В феврале 2012 года в районе подводного желоба Нанкай (Японское море) в 70 км от полуострова Ацуми национальная компания JOGMNC (Japan Oil, Gas & Metals National Corp.) начала бурение первой скважины с бурового судна “CHIKYU” (Тикю) глубиной 300 метров при глубине моря 1000 метров и в марте 2013 года заявила о начале пробной эксплуатации подводного газогидратного месторождения и получении из него первого природного газа. Хотя пробная добыча длилась всего 6 дней (с 12 до 18 марта 2013 года), при том, что планировалась двухнедельная добыча (помешала плохая погода), было добыто 120 тыс. м<sup>3</sup> природного газа (в среднем 20 тыс. м<sup>3</sup> в сутки). Министерство экономики, торговли и промышленности Японии охарактеризовало результаты добычи как «впечатляющие», выход намного превысил ожидания японских специалистов. Полномасштабное промышленное освоение месторождения планируется начать в 2018-2019 году после доработки соответствующих технологий. **На сегодняшний момент Япония занимает лидирующие позиции по разработке технологий добычи газа из газогидратных отложений.** Предполагаемое начало промышленной добычи метана из газогидратных залежей в Японии представляет непосредственную угрозу рыночным позициям ПАО «ГАЗПРОМ» и других российских производителей газа в странах Азии. С другой стороны, с учетом все более углубляющейся глобализацией мировой экономики, остается пожелать японским коллегам успехов, так как их опыт и передовые технологии позволят России оставаться мировым лидером по добыче газа в долгосрочной перспективе, когда Россия также начнет заниматься промышленной добычей метана из газогидратов. **По оценкам специалистов ООО «Газпром ВНИИГАЗ» ресурсы метана России в залежах газогидратов составляют более 1000 трлн м<sup>3</sup>.**

### **15.2. Метан угольных пластов**

Уголь является для метана одновременно «нефтематеринской» и вмещающей породой. Генезис образования метана — микробиологический или термический. Значительная часть метана сорбируется поверхностью частичек угля. Этан и пропан также могут образовываться в угольных отложениях, однако их доля крайне незначительна. Толща угольного пласта подвергнута своеобразным тектоническим деформациям — кливажам, которые определяют способность горной породы делиться по параллельным поверхностям трещинам на тонкие пластинки

с размерами от видимых трещин до невидимых нанотрещин, обширная сетка которых важна для добычи газа, потому что позволяет освобождаться сорбированному в угле газу и поступать к забою скважины. Один грамм угля состоит из микрочастиц, общая поверхность которых соизмерима с поверхностью нескольких футбольных полей, поэтому способен сорбировать большое количество метана. *Огромная сорбирующая поверхность угля определяет его медицинскую ценность, когда мы принимаем активированный уголь в момент отравления.* Тонна угля может содержать до 1300 м<sup>3</sup> метана, однако средняя газообильность выработок составляет около 30-40 м<sup>3</sup> метана на тонну добываемого угля.

Технология добычи метана из угленосных толщ на небольших глубинах (до 1200 метров) заключается в откачке воды из угольного пласта. По мере снижения гидростатического давления в зоне добычи, метан начинает десорбироваться (отделяться) от поверхности угля и поступать в скважину, как это показано на рисунке 15.10.

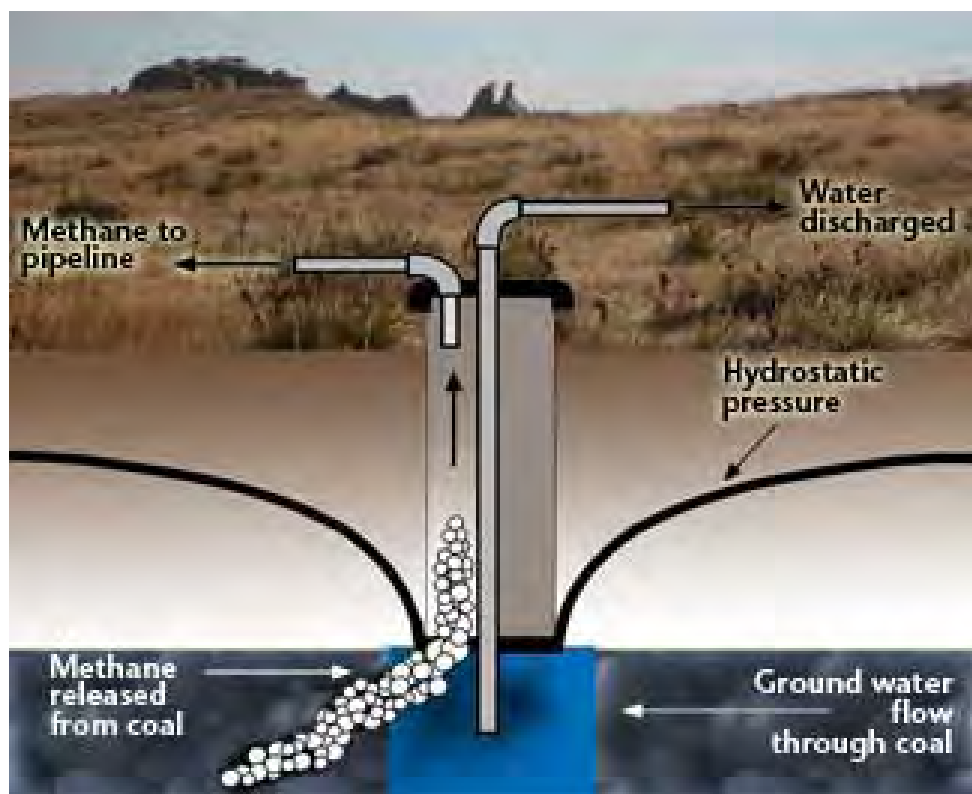


Рис. 15.10. Технология добычи метана из угля

В зоне добычи метана из угольных пластов уровень воды постоянно снижается за счет непрерывной откачки воды из метанугольной скважины. При этом на ранних стадиях добыча метана растет, потом стабилизируется, а потом начинает падать, так как весь свободный метан по мере снижения гидростатического давления десорбируется с поверхности угля, а миграция метана по кливажным трещинам в пределах угольного пласта возможно только в ограниченных зонах из-за наноразмеров кливажных трещин. В этом принципиальное отличие добычи метана из угленосных толщ от добычи метана из «традиционных» ловушек, когда добыча газа на начальных стадиях максимальна, а по истечении времени она плавно падает, при этом поры коллектора, ранее заполненные газом, заполняются подстилающей водой. На рисунке 15.11 показаны стадии добычи метана из угольного пласта и традиционной ловушки.

Поэтому, для поддержания постоянного уровня добычи метана необходимо бурить много скважин по плотной сетке. Но так как глубина этих скважин не велика, а буримость углей хорошая, коммерческая скорость строительства таких скважин существенно выше, чем обычных.

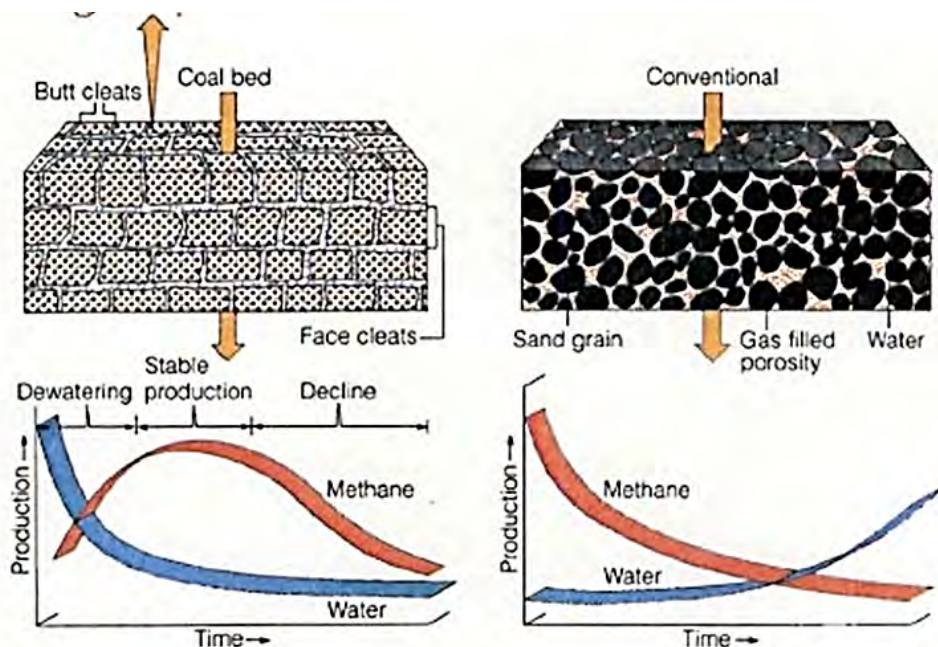
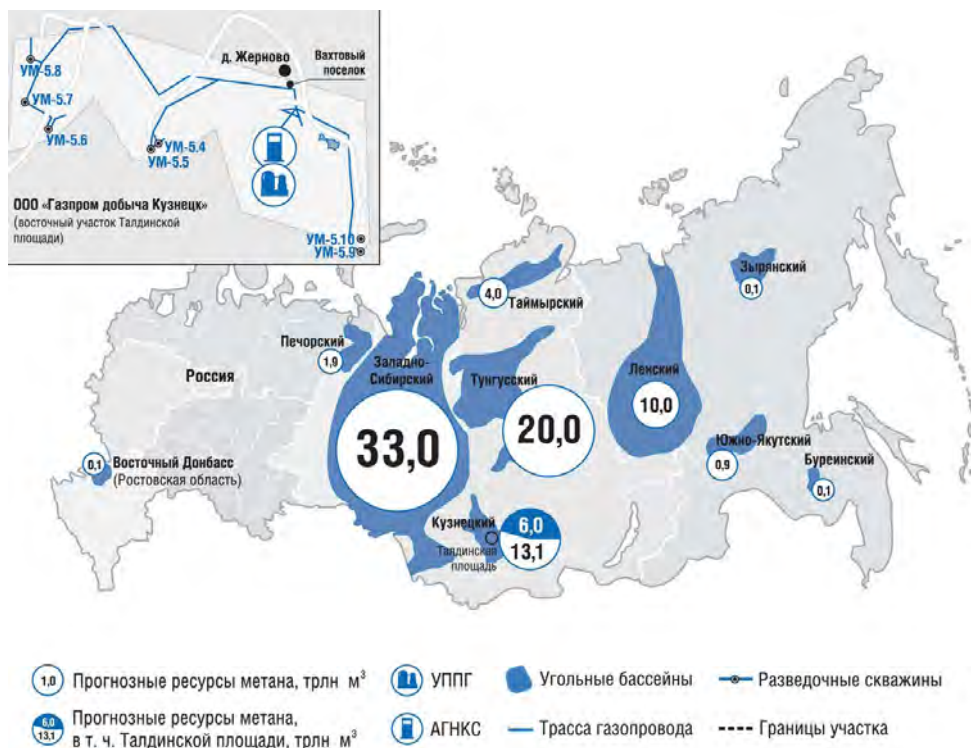


Рис. 15.11. Стадии добычи газа из угольного пласта (слева) и из «традиционной» залежи (справа)



**Рис. 15.12. Распределение ресурсов метана по угольным бассейнам России**

Запасы метана в угольных отложениях в мире огромны и по оценкам специалистов ПАО «ГАЗПРОМ» Россия с ресурсами 83,7 трлн м³ газа является мировым лидером в этом направлении. Распределение запасов метана по угольным бассейнам России показано на рис. 15.12.

С 2008 года ООО «Газпром добыча Кузнецк», являвшейся 100 % дочерним Обществом ПАО «Газпром», с 2008 года реализует совместный инновационный проект ПАО «Газпром» и Администрации Кемеровской области по добыче метана угольных пластов в Кузбассе.

Основными целями реализации Проекта являются:

- отработка технологии добычи метана угольных пластов;
- обеспечение безопасности шахтерского труда путем заблаговременной дегазации угольных пластов.

С целью реализации проекта ООО «Газпром добыча Кузнецк» выполняет геологоразведочные, проектные и строительные работы по подготовке к пробной и опытно-промышленной добыче газа на первоочередных площадях — Талдинской, Нарыкско-Осташкинской, Тутуяско-Распадской.



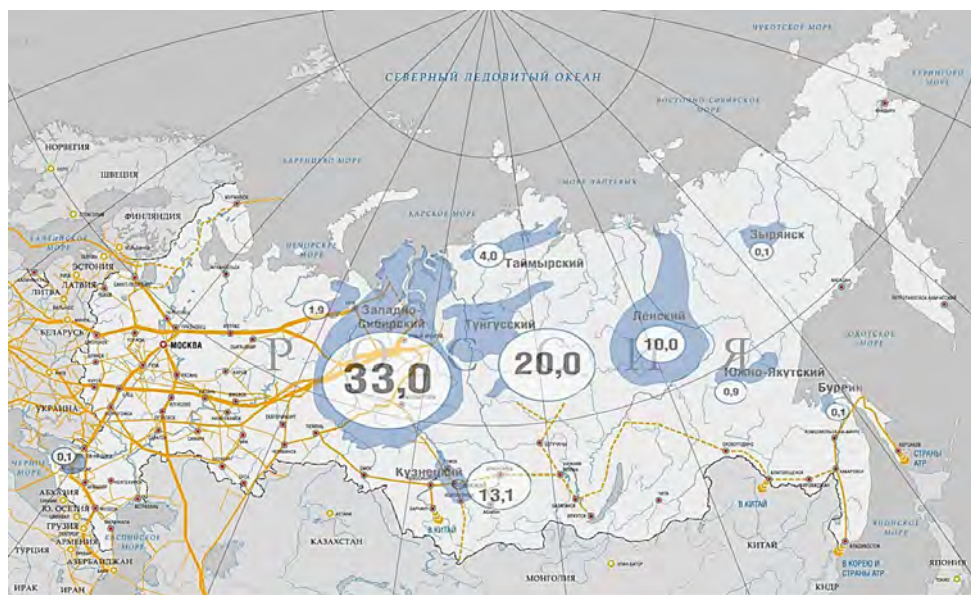
ООО «Газпром добыча Кузнецк» — первая и пока единственная компания в России, добывающая метан угольных пластов. Структурно Общество включает два метаноугольных промысла, показанных на рисунке 15.13 и офис в городе Кемерово.

Общество владеет лицензией на добычу метана и других углеводородов, площадь лицензионного отвода составляет 6 тыс. км<sup>2</sup> до глубины 2 км, оценка ресурсов метана угольных пластов — 5,7 трлн м<sup>3</sup>.

Одним из перспективных направлений, которым начали заниматься в РГУ нефти и газа НИУ имени И. М. Губкина, является оценка воз-



Рис. 15.13. Карта лицензионных участков метаноугольных промыслов ООО «Газпром добыча Кузнецк»



**Рис. 15.14. Совмещенная карта ЕСГ и метаноугольных отложений России**

возможностей использования метана из угольных пластов для решения задач энергосбережения при транспорте газа по Единой Системе Газоснабжения страны. На рисунке 15.14 показана совмещенная карта метаноугольных отложений и Единой Системы Газоснабжения (ЕСГ) России.

Из карты следует, что огромное количество трубопроводов проходят по территориям, богатым углем. Так как до 10% транспортируемого потребителям по магистральным трубопроводам товарного газа расходуется на собственные нужды (как топливный газ для газотурбинных ГПА и на другие технологические нужды), то любая возможность замещения товарного газа метаном, добываемым из угленосных толщ в зонах расположения объектов газопотребления ЕСГ, принесет существенную экономическую выгоду в масштабах страны! А в регионах, где нет ГТС, типа Якутия, добыча метана из угленосных толщ позволит решить огромное количество региональных инфраструктурных задач (перевод генерации электроэнергии и централизованного теплоснабжения с угля и мазута на газ, газоснабжение населения, экологические проблемы и прочее). Можно констатировать факт, что уже в настоящее время добыча метана из угленосных толщ в России — это уже достаточно традиционный и востребованный источник энергии. **Лидирующие позиции в мире по добыче метана из угольных отложений в настоящее время занимает Австралия.**

### 15.3. Газ сланцев

Следующий вид «нетрадиционного» газа — так называемый «сланцевый газ». На самом деле, это обычный метан, только находящийся в сланцах — некогда (десятки и сотни миллионов лет назад) донных осадках древних морей и океанов. Сланец, показанный на рисунке 3.19, является классическим образцом так называемой **«нефтематеринской» породы, т.е. осадочной породы, богатой органическим веществом.**

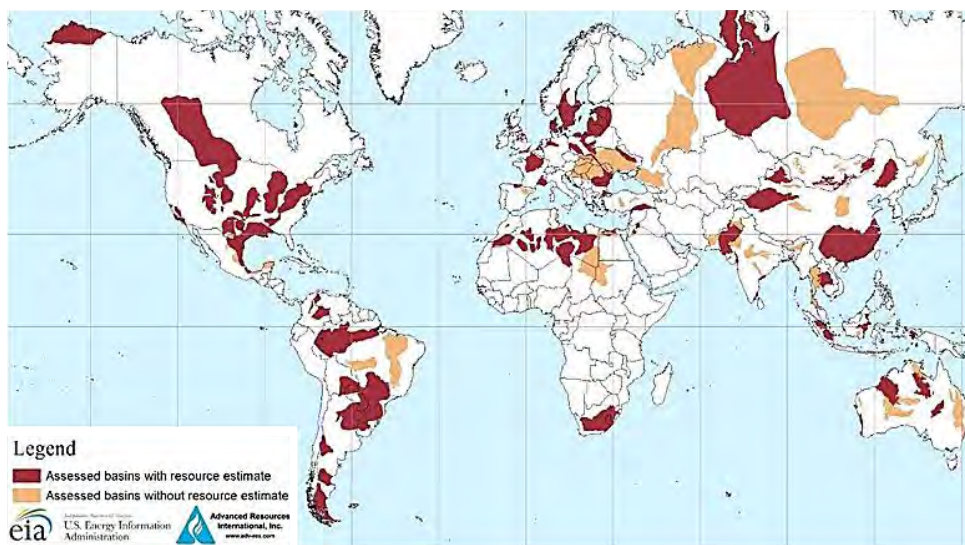
Формирование сланцевых пород происходило многие миллионы лет как за счет осаждения мелкодисперсных донных, так и за счет терригенных осадков, явившихся результатом разрушения береговых гор и возвышенностей. Вся биомасса, которая существовала в воде в течение более 3 миллиардов лет, а жизнь зародилась в воде на границе археозоя и протерозоя — на 2,5 миллиарда лет раньше, чем она появилась на поверхности Земли, превратилась в ту самую органику, которая накапливаясь и уплотняясь в донных осадках, подвергалась медленной низкотемпературной дефлюидизации, что привело к образованию керогена — прообраза нефти и газа, а потом и вызреванию нефти и газа.



Рис. 15.15. Сланец



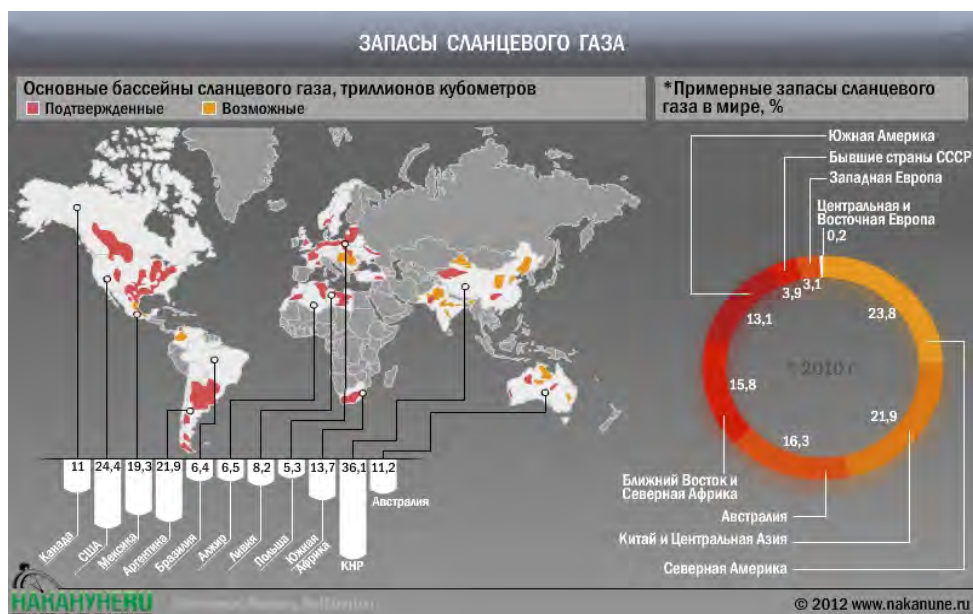
Поверхность планеты Земля на 29,2 % занята сушей, более 70 % поверхности покрыто водой. А в силу того, что геодинамические процессы не прекращались ни на секунду все время существования Земли, континенты двигались в пространстве, раскалывались, сливались, менялась их конфигурация. Границы простираения сланцев колоссальны, сланцы найдены на всех континентах земли. На рис. 15.16 показаны границы простираения известных на сегодняшний момент сланцевых отложений, опубликованные US Energy Information Administration.



**Рис. 15.16. Границы сланцевых отложений в мире**

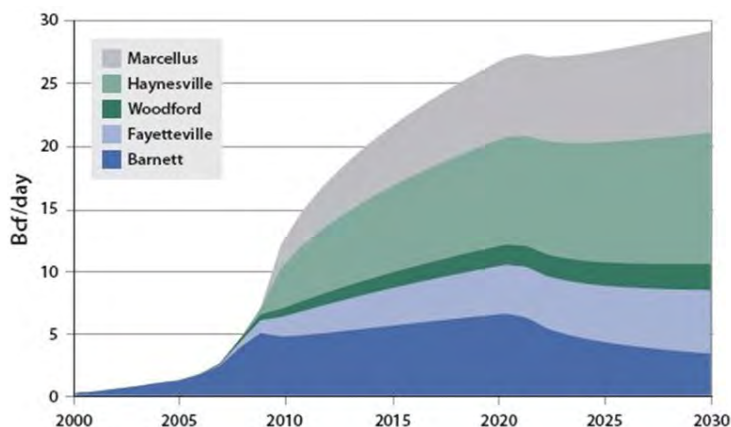
Даже с учетом того, что толщи сланцевых отложений в некоторых регионах — это метры и десятки метров, а открытая пористость сланцев мала, начальные геологические ресурсы углеводородов в сланцах огромны.

Оценки запасов сланцевого газа в настоящее время делаются многими исследователями и энергетическими агентствами, но говорить о каких-то хотя бы приблизительно конечных результатов даже в масштабах континентов преждевременно, так как ГРП на сланцевые отложения начались не так уж давно и проводятся масштабно только в США. Тем не менее, из приведенных на рис. 15.17 оценок US Energy Information Administration ресурсов газа следует, что сланцевого газа существенно больше, чем традиционного в таких странах, как США, Мексика, Китай, Австралия и многих других.

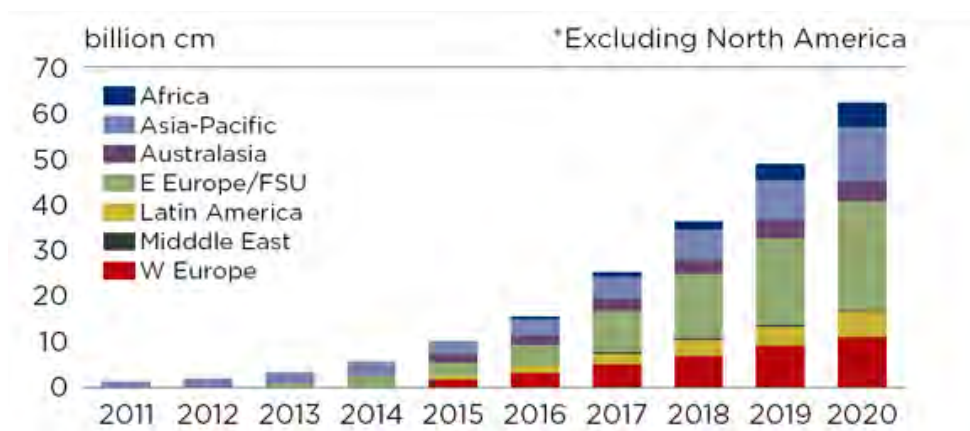


**Рис. 15.17. Оценки ресурсов сланцевого газа, трлн м<sup>3</sup>**

Как следует из ретроспективного анализа и прогноза, сделанного исследователями Массачусетского Технологического Института (США) и приведенного на рис. 15.18, динамика добычи сланцевого газа существенно нарастает — если в 2012 году в США было добыто 160-165 млрд м<sup>3</sup> метана из сланцев, то к 2020 году ожидается рост добычи до 260-270 млрд м<sup>3</sup>, а к 2030 году добыча, как ожидается, вырастет до 280-290 млрд м<sup>3</sup> в год.



**Рис. 15.18. Динамика добычи газа из сланцевых отложений в США, млрд кубических футов в день**

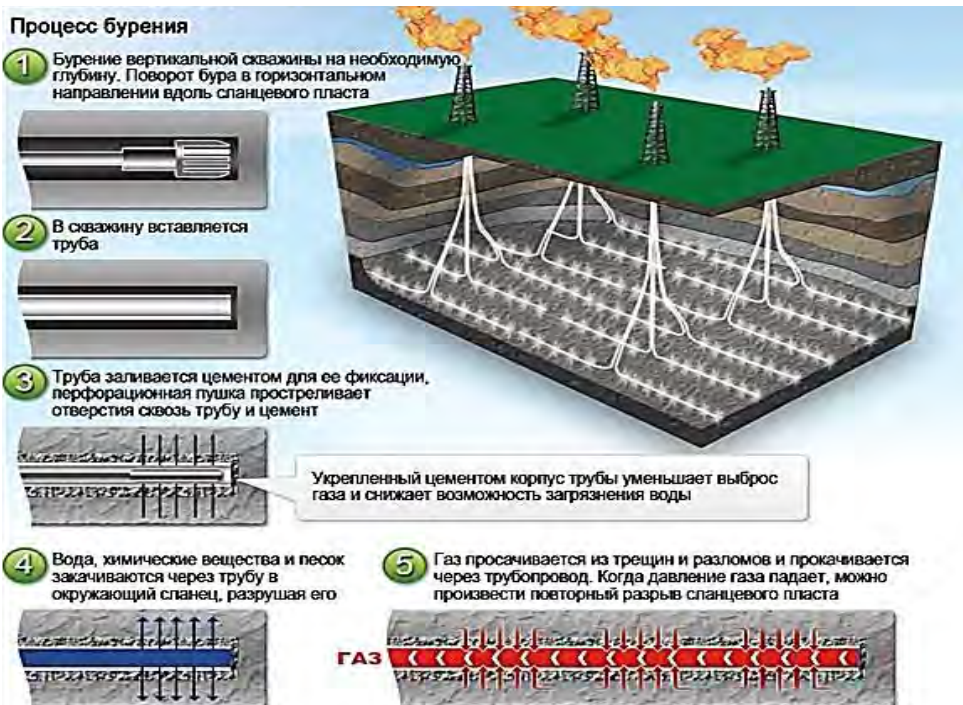


**Рис. 15.19. Прогноз добычи газа из сланцевых отложений в мире (за исключением США)**

Прогноз добыча газа в других странах мира (за исключением США), согласно мнению экспертов из Rystad Energy, EIA, Morgan Stanley Research Estimates, представлен на рис. 15.19.

К 2020 году ожидается достигнуть уровня добычи в 65 млрд кубических метров. Таким образом, к 2020 году добыча метана из сланцев в мире прогнозируется на уровне 325-335 млрд кубических метров, а это уже составляет 10% от нынешнего уровня мировой добычи газа. Так что, метан, добываемый из сланцев, становится существенным фактором мировой добычи газа и энергопотребления, и не учитывать его в рыночных прогнозах было бы неправильно.

Главное отличие и главная сложность при добыче сланцевого газа — это низкая проницаемость газосодержащих сланцевых пластов: углеводород практически не просачивается сквозь плотную и твердую породу, поэтому дебет вертикальной скважины оказывается очень небольшим и разработка месторождения становится экономически невыгодной. Поэтому вместо многочисленных малорентабельных вертикальных скважин применяют горизонтальное бурение с последующими многостадийными гидроразрывом пласта (ГРП) — в горизонтальную скважину под большим (до 70 МПа) давлением закачивается смесь воды, песка и специальных химических реактивов, которая разрывает пласт и создает систему искусственных трещин, по которым газ из сланцевой породы мигрирует к забою скважины, как это показано на рис. 15.20.



**Рис. 15.20. Схема добычи газа из сланцевых пород**

Недостатком такой добычи является то, что зона дренирования скважины определяется зоной созданных трещин в сланцевой породе, и как только газ собирается из этой зоны, требуется бурить следующую скважину, так как естественная фильтрация газа в сланцах практически невозможна.

Такой же метод добычи газа применяется и в плотных низкопроницаемых коллекторах.

**США являются мировым лидером по добыче газа из сланцев.** Растущая добыча газа из сланцев в США и применение все более совершенных технологий многостадийного ГРП привело к тому, что значительно упали цены на сжиженный газ в регионах его добычи. Как следует из диаграммы на рис. 15.21, цены на газ из сланцевых пород в регионах добычи в США почти в 3 раза ниже, чем цены на сжиженный газ на спотовом рынке в Европе и почти в 5 раз ниже, чем цены на газ в странах АТР.

Потенциальные ресурсы «нетрадиционных» источников газа в России по оценкам экспертов из ООО «ГАЗПРОМ — ВНИИГАЗ» огромны, что показано в таблице 15.2.



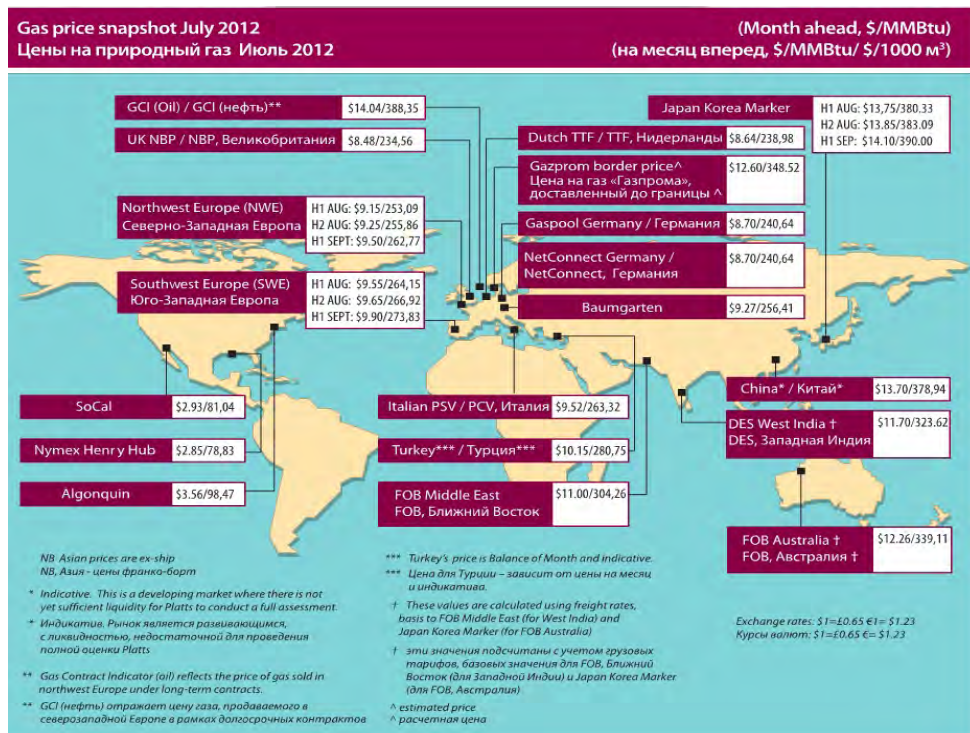


Рис. 15.21. Цены на природный газ в июле 2012 года

Таблица 15.2

### Совокупные запасы углеводородных ресурсов и угля по континентам и регионам на 2015 год

Источник	Общие ресурсы, трлн м³	Коэффициент извлечения, %	Извлекаемые ресурсы, трлн м³
Газы угленосных толщ	50	40-60	20-30
Природные газогидраты	1100	15-30	160-320
Водорастворенные газы	2774	1-3	27-82
Газы низкопроницаемых коллекторов (глубина 2-4,5 тыс. м)	69	30-60	21-42
Газы глубоких месторождений (глубина 4,5-7 тыс. м)	43	30-60	13-26
Газы внутримерзлотных скоплений	17	40-70	7-12
<b>Итого</b>	<b>4053</b>		<b>248-512</b>

При самых консервативных оценках, количество газа, содержащегося в «нетрадиционных» источниках, оценивается специалистами ООО «ГАЗПРОМ — ВНИИГАЗ» в 248 трлн м<sup>3</sup>. Это в 7,7 раза больше запасов традиционного газа!

Публикуемые в открытой печати оценки потенциальных ресурсов зачастую колеблются в пределах  $\pm 50\%$ , однако это ни как не уменьшает значимости этих оценок — просто делаются они разными экспертами на основании изучения разных разрозненных материалов, имеющих в открытом доступе. По мере процесса изучения, дополнения и детализации первичной информации, рано или поздно все оценки будут сходиться практически к одним и тем же цифрам. Очевидно одно — Россия обладает колоссальными ресурсами «нетрадиционного» газа, который, в долгосрочной перспективе, может стать основой ее энергетического могущества.

## «НЕТРАДИЦИЦИОННЫЕ» НЕФТИ

Теперь перейдем к «нетрадиционным» нефтям. Соотношение текущей добычи, запасов и ресурсов нефти России показано в исследованиях ученых ВНИГРИ на диаграмме, приведенной на рис. 16.1.

Из приведенной диаграммы следует, что существенно снижается качество запасов и ресурсов нефти — если текущая добыча на 45% обеспечивается добычей традиционной нефти, то к запасам мы можем отнести только 25-27%, а к ресурсам — не более 10%. Растет доля тяжелых высоковязких нефти, запасы которой оцениваются в 6-7 млрд тонн. Более 70% от общего объема залежей находятся в Волго-Уральском и Западно-Сибирском нефтегазоносных регионах, в которых создана и эксплуатируется прекрасная инфраструктура для добычи углеводородов. Месторождения тяжелой нефти найдены в Татарии, Удмуртии, Башкирии, Самарской и Пермской областях.

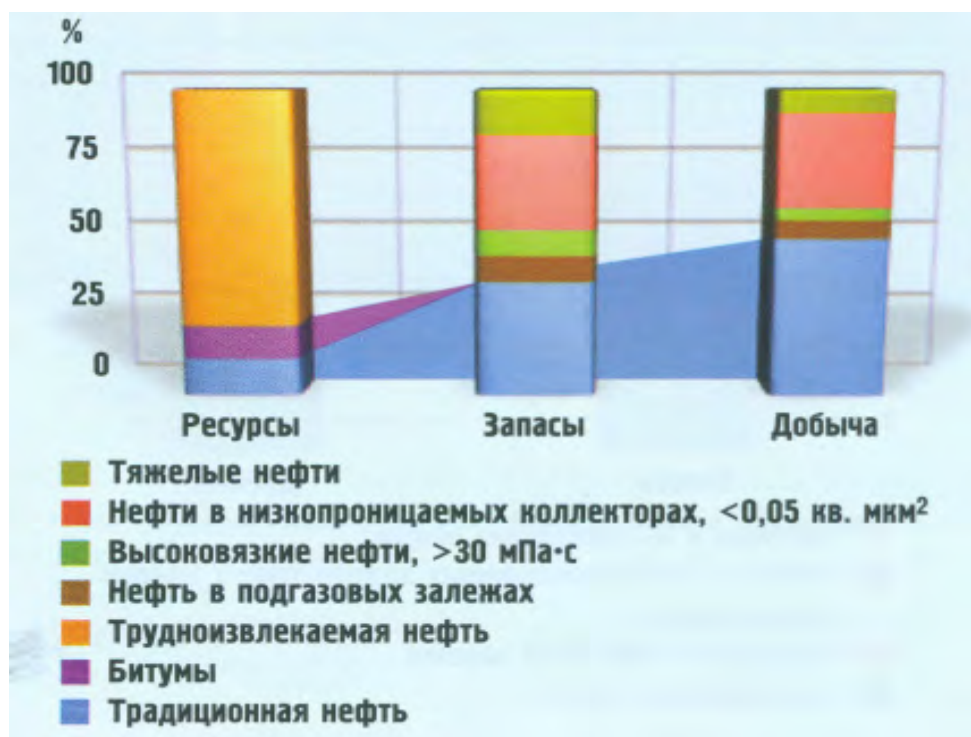


Рис. 16.1. Соотношение видов нефтей в текущей добыче, запасах и ресурсах России

Сегодня на долю тяжелой нефти приходится 23 % от общей добычи нефти в РФ, при этом почти половина тяжелых нефтей добывается в Ханты-Мансийском АО (Вань-Еганское месторождение). Серьезные запасы тяжелых нефтей и битумов расположены в Татарстане, они составляют, по разным оценкам, от 1,5 до 7 млрд тонн. В последние годы здесь активно разрабатывается Ашальчинское месторождение: с начала 2007 года производят опытно-технологические работы по добыче тяжелой нефти.

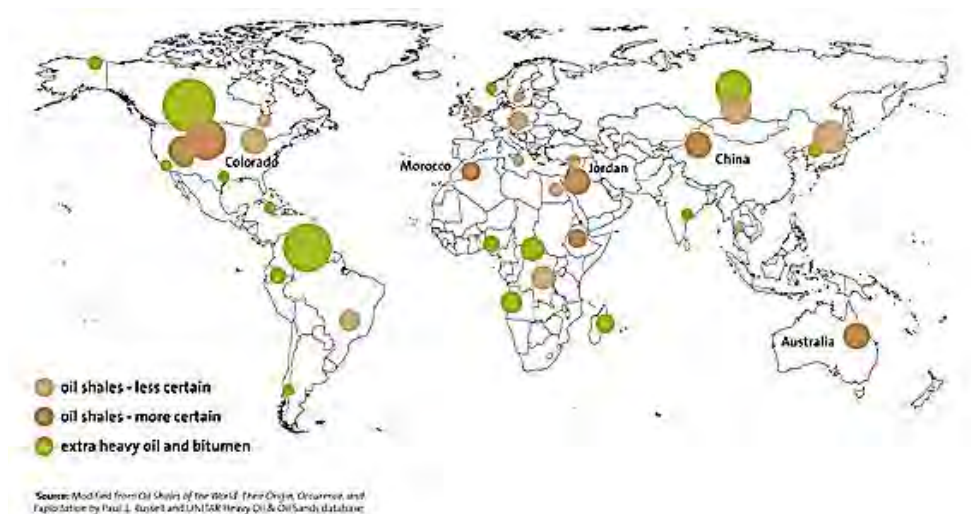
Арктический регион России богат нефтегазовыми месторождениями: на шельфе и побережье Печорского и Карского морей разведано 19 месторождений тяжелых и битуминозных нефтей. Их общие извлекаемые запасы составляют 1,7 млрд тонн. Сегодня разрабатываются только месторождения севера Тимано-Печорской провинции (ОАО «ЛУКОЙЛ»), где общий объем добычи не превышает 0,6 млн тонн в год. Непосредственно на шельфе, в Печорском море, на пяти открытых месторождениях сосредоточено 0,4 млрд тонн извлекаемых запасов, 85 % которых представлены тяжелыми и битуминозными нефтями, но на настоящий момент особенностью освоения арктических месторождений является их оторванность от инфраструктуры и системы. Единственным доступным видом перевозки нефти там является морской транспорт.

### **16.1. Нефть битуминозных песков**

На диаграмме на рис. 16.2 показаны основные регионы скопления тяжелых и битуминозных нефтей в мире, а также известные на сегодняшний момент месторождения сланцевой нефти.

К настоящему времени в мире известны два огромных месторождения битуминозной нефти — в битуминозных песках провинции Альберта (Канада) и пояса реки Ориноко (Венесуэла). Согласно данным, опубликованным канадским исследователем Dr. Randall Gossen, ресурсы этих нефтеносных бассейнов оцениваются почти в 3,7 трлн барр. нефти (более 500 млрд тонн), что почти в 2 раза больше мировых запасов традиционной нефти на 2013 год. Сами по себе нефтеносные песчаники — это окаменевшая смесь песка, глины и битума. На рис. 16.3 показан карьер битуминозных песчаников в провинции Альберта (Канада).

Образование битуминозных песков происходило в течение миллионов лет в результате миграции по тектоническим разломам на земную поверхность углеводородов с последующим улетучиванием низко- и



**Рис. 16.2. Основные регионы скопления ресурсов тяжелых и битуминозных нефтей**

среднемолекулярных углеводородных соединений под действием ветра, тепла и солнечного излучения. В результате этого образовались огромные поверхностные и приповерхностные залежи битуминозных песков.

Существуют два основных способа их добычи — горные разработки поверхностных залежей обеспечивают до 20% добычи нефти из битуминозных песков, бурение скважин на глубины до 500-700 метров с последующей закачкой теплоносителя и растворителя обеспечивает до 80% добычи нефти из битуминозных песков.



**Рис. 16.3. Карьер битуминозных песчаников**



Схема разработка битуминозных песков карьерным способом показана на рис. 16.4.

На начальной стадии — 1 открытым способом разрабатывается карьер с битумосодержащей породой, которая с помощью большегрузных самосвалов перевозится на горнообогатительную фабрику — 2, где порода проходит стадии дробления и обогащения с последующей транспортировкой ее в огромные емкости, где битум отделяется от песка и воды — 3. Далее битум смешивается с прямогонным низкооктановым бензином и растворителем для отделения оставшейся твердой фазы и воды — 4, а затем попадает на высокотемпературную переработку с добавлением водорода, где высокомолекулярные углеводородные цепочки подвергаются расщеплению, и, таким образом, получается высококачественная синтетическая нефть — 5 (примерно также, как это делается для переработки тяжелых нефтяных остатков на с использованием термических и каталитических методов вторичной переработки нефти на современных НПЗ).

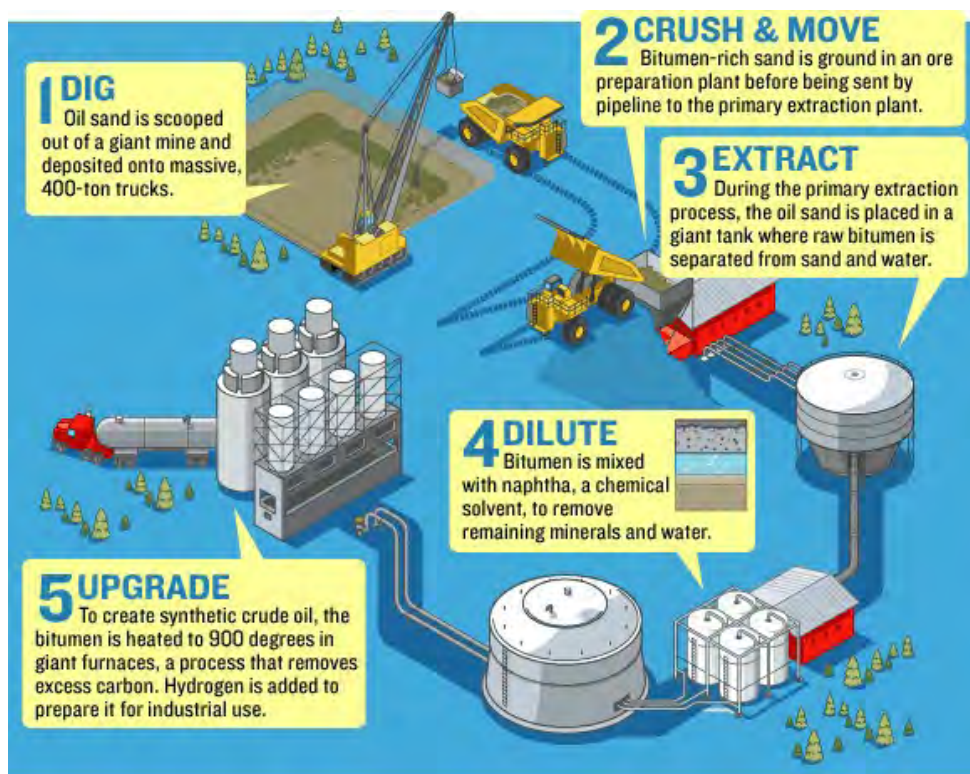
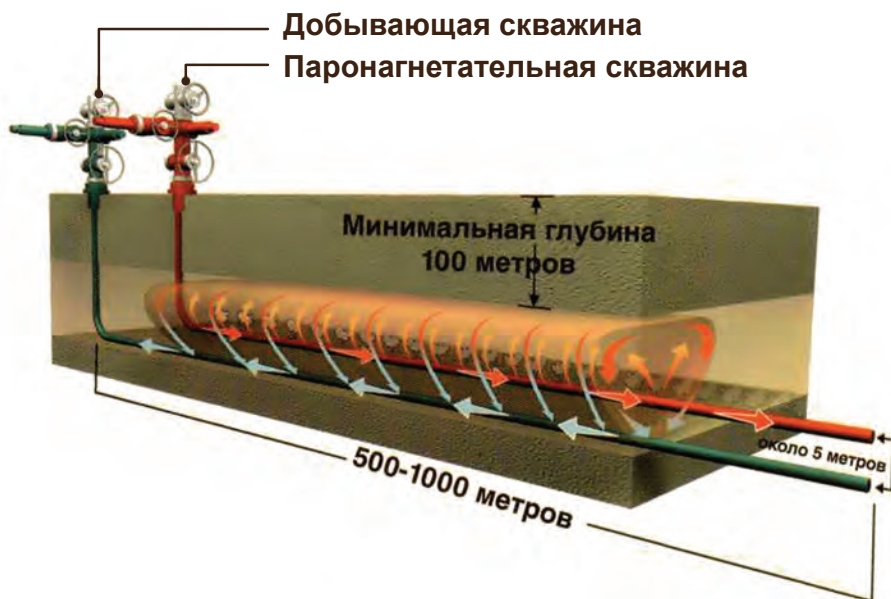


Рис. 16.4. Схема разработки битуминозных песков карьерным способом



**Рис. 16.5. Кустовая площадка на месторождении битуминозных песков**

Если же в результате прогиба земной коры месторождение битуминозного песка углубилось на 500 метров (вскрышные работы невозможны из-за огромного количества пустой породы, которую просто физически некуда складировать), то используется скважинный способ добычи битума из битумосодержащих песков. Для этого с кустовой площадки бурятся 10 пар горизонтальных скважин (1 скважина — нагнетательная, 1 скважина — добывающая) на глубину до 500 метров с горизонтальным отводом до 700-1000 метров, как это показано на рис. 16.5.



**Рис. 16.6. Схема скважинной добычи тяжелой нефти из битуминозных песков**

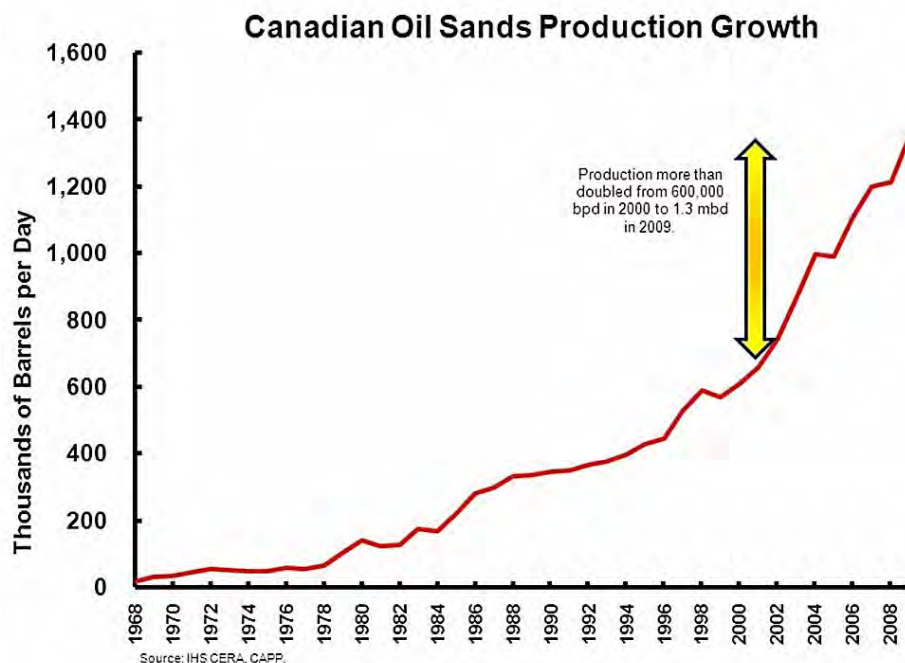


В нагнетательную скважину под большим давлением закачивают перегретый пар с растворителем, происходит растепление и разжижение битума, что позволяет ему стать текучей субстанцией, в результате чего под действием силы тяжести он стекает в зону дренирования добывающей скважины, как это показано на схеме на рис. 16.6.

Этот метод требует большого количества пресной воды, поэтому в настоящий момент применяются также геофизические методы разогрева пласта, основанные на высокочастотных электромагнитных колебаниях, создаваемых непосредственно под землей (по принципу СВЧ печки).

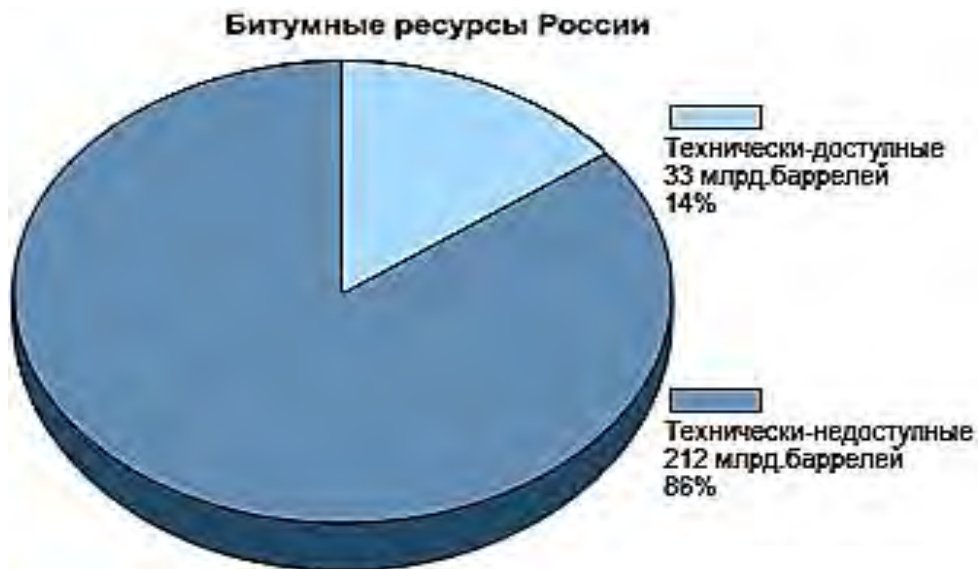
**Канада является мировым лидером по добыче нефти из битуминозных песков.** Как следует из графика на рис. 16.7, постоянное совершенствование технологий добычи нефти из битуминозных песков позволили Канаде за последние 40 лет нарастить добычу нефти до уровня 65 млн тонн в 2009 году, что составило почти 40 % годовой добычи нефти.

Крупные запасы битуминозных песков обнаружены и в России в Волго-Уральском бассейне, Республике Коми и Восточной Сибири.



**Рис. 16.7. График динамики добычи нефти из битуминозных песков (млн барр./день, Канада)**

Общий объем нефти в битуминозных песках в России по оценкам компании «BP» и «Oil & Gas Journal» составляет 245 млрд барр. (около 33 млрд тонн). При этом, объем российских ресурсов технически-доступной нефти в битуминозных песках составляет 33,7 млрд барр. (4,5 млрд тонн), технически-недоступной на сегодняшний момент нефти — 212 млрд барр. (28,53 млрд тонн). Структура битумных ресурсов России показана на рис. 16.8.



**Рис. 16.8. Структура битумных ресурсов России**

Но с течением времени и бурным развитием техники и технологий, технически-недоступные ресурсы станут технически-доступными, что позволит России оставаться одним из мировых лидеров по ресурсам нефти. Уже сейчас в России ведутся большие работы по добыче нефти из битуминозных песков. ПАО «ЛУКОЙЛ» впервые в мире реализовал проект встречного термогравитационного дренирования пласта (ТГДП) (по англ. SAGD — Steam-Assisted Gravity Drainage) в системе горизонтальных скважин на Лыаельской площади Ярегского месторождения в Республике Коми. История Ярегского месторождения началась а апреле 1932 года, когда между речками Домаником и Ярегой была заложена первая скважина. На «линии Стрижова» летом 1932 года из первой пробуренной скважины № 57 вместо ожидавшегося газа с глубины около двухсот метров была получена нефть. В тот день из скважины был поднят сплошь насыщенный густой нефтью песчаник.

Позже была заложена скважина № 62, с глубины 192-205 м было получено две тонны густой нефти. Так было официально открыто Ярегское месторождение тяжёлой нефти. Его первооткрывателем следует считать И. Н. Стрижова. Применяемая в настоящее время технология встречного ТГДП позволит эффективно вовлечь в разработку свыше 16 млн тонн запасов нефти только на Лыаельской площади. В отличие от традиционного ТГДП, при котором паронагнетательная и добывающая скважины бурятся в одном направлении из соседних точек, новый метод предусматривает бурение встречных горизонтальных скважин, как это показано на рис. 16.9. Это позволяет более равномерно распределять температуру нагрева песка по всей зоне дренирования добывающей скважины, что приводит к увеличению дебета скважины.



Рис. 16.9. Схема строительства встречных горизонтальных скважин для добычи тяжелой нефти из битуминозных песков

В соответствии с проектом, в продуктивной части пласта пробурено пять пар скважин с длиной горизонтальной части ствола — 1000 м. Расстояние между паронагнетательной и добывающей скважинами составляет 5-10 м, между парами скважин — 70 м. В верхнюю скважину непрерывно закачивается пар, в результате чего образуется паровая камера, которая постоянно расширяется. На границе этой камеры пар конденсируется и вместе с нагретой нефтью под действием сил гравитации стекает к нижней скважине, из которой добывается нефть. Нефть Ярегского месторождения является тяжелой, ее вязкость достигает 12 Па/с (Паскаль в секунду), что в 12000 раз больше вязкости воды. В его состав входят три структуры: Ярегская, Лыяельская и Вежавожская. В промышленной разработке с 1939 года находилась только Ярегская площадь, где с 1972 года применяется термошахтный метод добычи нефти. Президент ПАО «ЛУКОЙЛ» Вагит Алекперов в своей статье, опубликованной в «Российской газете», озвучил прогноз, что российским компаниям для развития и приумножения ресурсной базы в будущем «придется идти либо на морской шельф, либо на месторождения с трудноизвлекаемыми, нетрадиционными ресурсами». В обоих случаях это потребует новейших технологических методов и значительных финансовых затрат.

Проблемами добычи сверхвязкой нефти из битуминозных песков занимается также компания «Татнефть». По состоянию на 1 июня 2008 г. на балансе «Татнефти» числятся запасы 21 месторождения сверхвязкой нефти с 118 млн тонн балансовых и 41,5 млн тонн извлекаемых запасов. Возможные запасы битумной нефти у «Татнефти», согласно информации «Miller & Lents», достигают 258 млн барр., или, примерно, 50 % от совокупных запасов нефтяной компании. Оценки ресурсов битуминозных песков в Татарстане колеблются от 1,4 до 7 млрд тонн. Месторождения находятся на глубине от 70 до 200 м, толщина залежей достигает 30 метров.

«Татнефть» пока добывает очень незначительный объем битумной нефти, но в среднесрочной перспективе компания сможет нарастить добычу сверхвязкой нефти до 5-7 млн т в год. Основным риском этого проекта эксперты считают высокую себестоимость добычи. Тем не менее, нулевая ставка по налогу на добычу полезных ископаемых (НДПИ), возможная отмена экспортной пошлины на битумную нефть а также постоянное снижение себестоимости добычи за счет внедрения все более совершенных технологий разработки битуминозных песков вне всякого сомнения приведут к существенному увеличению рентабельности добычи.

## 16.2. Сланцевая нефть

Процесс формирования нефти в сланцах практически такой же, как это происходит в обычных «нефтематеринских» породах — в течение десятков и сотен миллионов лет происходит процесс низкотемпературной дефлюидизации органики, содержащейся в сланцах кероген, а затем вызревание керогена в нефть и газ. На рис. 16.10 показан образец нефтесодержащего сланца.

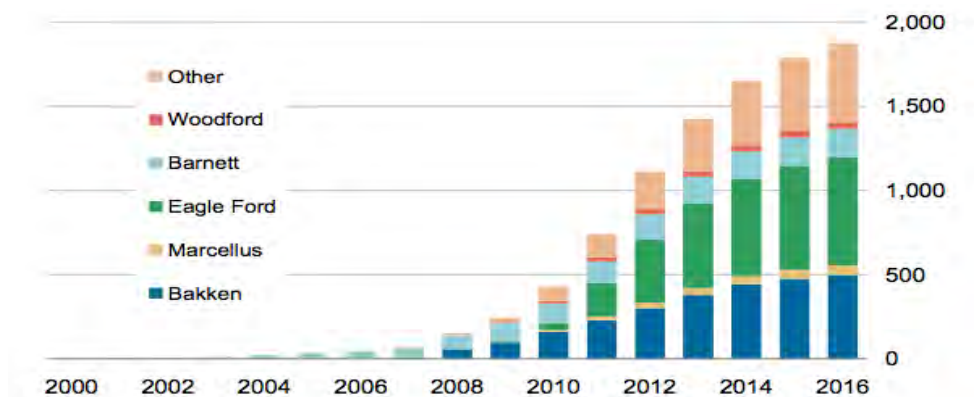
Если сланцевая порода не подвержена существенным геологическим нарушениям, происходит естественная миграция метана на верх сланцевого слоя с последующим вытеснением образующейся нефти вниз того же сланцевого слоя. Поэтому, технология добычи сланцевой нефти почти такая же, как для добычи сланцевого газа — горизонтальное бурение в сочетании с многостадийным гидроразрывом пласта, с той лишь разницей, что горизонтальную скважину располагают глубже — на уровень, где залегают более тяжелые конденсат и нефть.

**США являются лидерами добычи нефти из сланцев.** Как следует из прогнозов экспертов, приведенных на рис. 16.10, к 2016 году добыча нефти из сланцев в США достигнет 95 млн тонн в год, что составит 20 % от ожидаемой добычи нефти в США.



Рис. 16.10. Нефтесодержащий сланец





**Рис. 16.11. Прогноз добычи сланцевой нефти в США (тыс. барр./сут.)**

Источник: Rystad Energy, EIA, Morgan Stanley Research estimates.

Безусловно, себестоимость добычи нефти из сланцевых пород выше, чем при добыче традиционной нефти, в том числе и на шельфе. На диаграмме, приведенной на рис. 16.11, приведены осредненные данные по себестоимости добычи нефти из разных источников, сделанная экспертами Международного Энергетического Агентства и журнала «Эксперт».

Как видно из графика, добывать сланцевую нефть при существующей на сегодняшний день цене на нефть вполне рентабельно.



**Рис. 16.12. Себестоимость добычи нефти**

Источник: «Эксперт» на основе IEA и данных компаний.

### 16.3. Нефть «баженовской» свиты

А есть ли в России месторождения сланцевой нефти? Есть, и очень много. И к самым известным из них относятся нефти так называемой «баженовской» свиты. Когда-то очень и очень давно, примерно 145–140 млн лет назад, в геологические периоды, относящиеся к поздней юре и раннему мелу, над всей территорией нынешней Западной Сибири простирался огромный океан площадью около 2 миллионов квадратных километров, со всех сторон окруженный горами — с запада это были Уральские горы, с востока — Средне-Сибирская возвышенность, с юга — Казахская возвышенность. На рис. 16.13 показано, как выглядели континенты земли в тот период. Белым эллипсоидом выделено место современной Западной Сибири.

В то время геодинамическая активность Земли была на порядки выше, чем сейчас, постоянно происходили землетрясения и извержения вулканов, горы разрушались и обломки разрушенной горной породы падали в океан. Там они смешивались с донными накоплениями и органикой, населявшей воды океана и оседали на дно. А потом произошло поднятие земной коры, океан ушел и бывшее океанское дно стало сушей. А затем, по прошествии десятков миллионов лет, в результате прогиба земной коры, бывшее океанское дно погружалось в толщу Земли, а сверху на него продолжали наноситься все новые и новые слои обломков разрушавшихся гор. Так сформировался Западно-Сибирский бассейн осадконакопления.

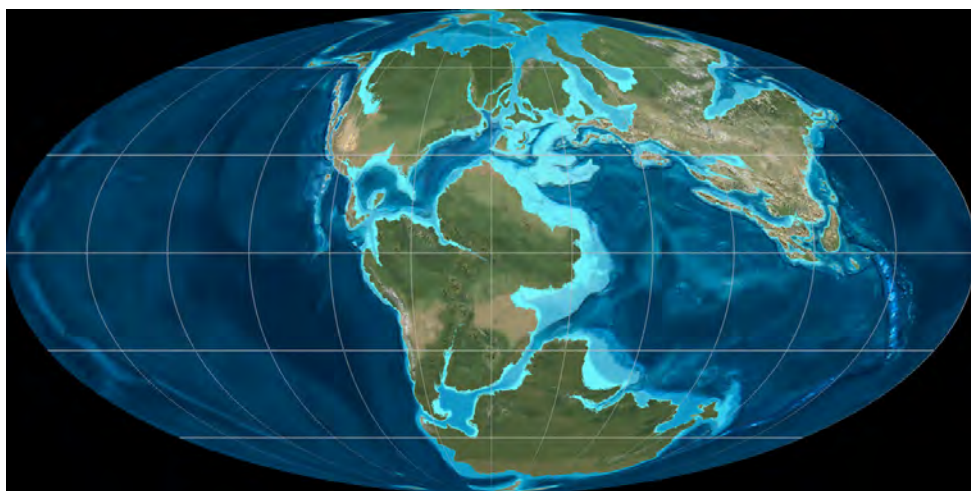


Рис. 16.13. Примерно так выглядела планета Земля 140–150 млн лет назад



Огромные нефтяные и газовые запасы в этом регионе были предсказаны еще в начале 20-го века великим советским ученым — Академиком Иваном Михайловичем Губкиным.

Поэтому, когда в конце 50-х, начале 60-х годов в этот регион пришли советские геологи, все гениальные предсказания Губкина подтвердились. Первые структурные и параметрические скважины они бурили, как правило, на всю толщу бассейна осадконакопления для того, чтобы получить максимум геологической информации о геологическом строении Западно-Сибирского бассейна. И в процессе бурения постоянно отбирали керн — образцы горных пород, со всех глубин. Так была открыта «баженовская» свита, которая в данном бассейне является «нефтематеринской» породой, т.е. осадочной породой, богатой органическим веществом, в недрах которой вызывает кероген — прообраз нефти и газа.

На рис. 16.14. показан геологический разрез Западно-Сибирского региона с Запада на Восток. По-существу, «баженовская» свита является подобием сланцевой породы, сформировавшейся из смеси донных осадков древнего океана и терригенных обломочных пород прилегающих возвышенностей. Первый фонтан нефти из «баженовского» горизонта был получен советскими нефтяниками в 1967 году на Салымском месторождении. На настоящий момент нефтепроявления известны более чем на 70 месторождениях. Устойчивые полученные притоки составляют от 0,5 до 350 тонн в сутки, максимальный приток — 2500 тонн в сутки.

### ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ. ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ

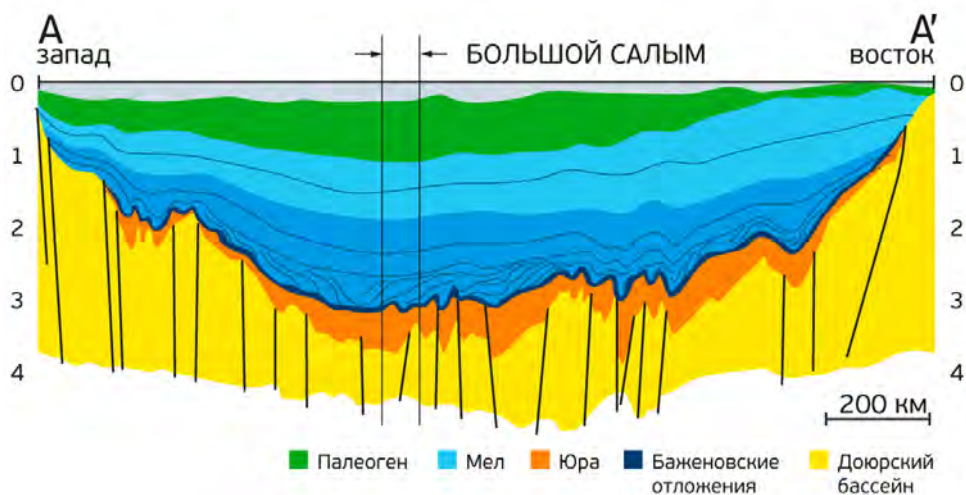


Рис. 16.14. Геологический разрез Западно-Сибирского региона

Битуминозный аргиллит, то есть тонкодисперсная глина, в поровом пространстве которой содержится нефть, представляющий «баженковский» горизонт, изображен на рис. 16.15.

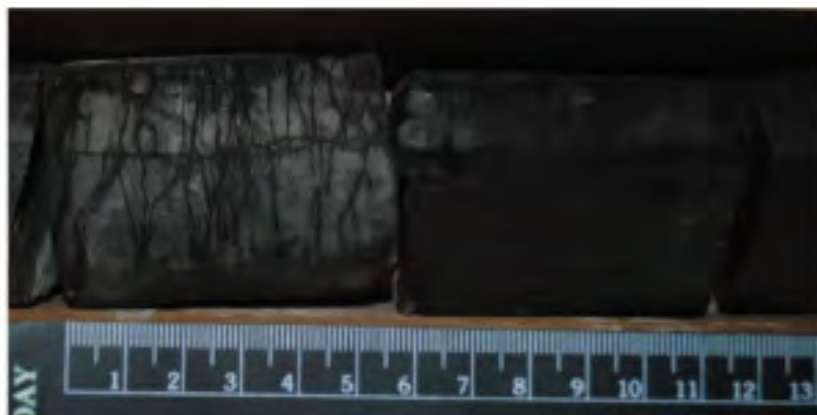


Рис. 16.15. Нефтенасыщенный керн из «баженовского» горизонта

Попробуем оценить геологические ресурсы нефти в «баженовском» горизонте. Значения коэффициента открытой пористости, определенные в лабораторных условиях по образцам отобранных кернов, колеблются в пределах 1-5 %. Если принять среднее значение коэффициента открытой пористости — 2,5 %, площадь простирания «баженовского» горизонта — 1 млн км<sup>2</sup>, среднюю толщину «баженовской» свиты — 30 м, значения коэффициента нефтенасыщенности — от 3 до 20 %, **первоначальные геологические ресурсы нефти могут быть оценены в пределах от 20 до 140 млрд тонн!** Это в 2-10 раз больше доказанных запасов нефти в России, приведенных в таблице 14.1.

Практически вся площадь простирания «баженовского» горизонта находится в регионе Западной Сибири, что делает очень перспективной добычу этой нефти в среднесрочной перспективе. Дело в том, что для добычи нефти необходима, прежде всего, развитая промышленная и транспортная инфраструктура — дороги, порты, рабочие поселки, аэропорты, объекты сбора и подготовки нефти к транспорту и многое, многое другое. **Создавать такую инфраструктуру — очень долго и это требует колоссальных финансовых и материальных ресурсов.** А в этом регионе находятся крупнейшие города нефтяников, такие как Сургут, Нижневартовск, Когалым, Лангепас, Ханты-Мансийск, Губкинский и много других, высшие и средние специальные учебные заведения, имеющие прекрасные традиции подготовки кадров для нефтегазовой отрасли, развита сеть великолепных, ничем не уступающих

европейским автотрасс, аэропортов, железных дорог, морских портов как на берегах крупных и средних сибирских рек, так и на побережье Северного Ледовитого Океана. На рис. 16.16 показан суперсовременный мост через реку Обь в районе г. Сургут.

Там создана великолепная, если не лучшая в мире, инфраструктура для добычи, сбора, подготовки и транспорта нефти и газа. Регион с избытком обеспечен электроэнергией. Поэтому, промышленная добыча нефти из «баженовского» горизонта представляется государственной задачей первостепенной важности.

Главным механизмом, обеспечивающим в настоящее время приток флюида в скважины «баженовской» свиты, является фильтрация нефти через систему **естественных** протяженных трещин пласта. Однако естественная трещиноватость развита слабо, а средняя проницаемость коллектора «баженовской» свиты находится в пределах 0,001мДарси, что совершенно недостаточно для процессов естественной фильтрации флюида. В связи с этим основной технологической задачей разработки нефти «баженовского» горизонта является создание **вторичной** проницаемости за счет плотной системы **искусственно созданных трещин**. А эта задача технически и технологически уже решена нефтяниками США при добыче нефти и газа из сланцев. Существует достаточно



Рис. 16.16. Мост через Обь

много современных технологических и технических решений, разрабатываемых российскими компаниями, такими как «Сургутнефтегаз», «Газпром Нефть», «Роснефть», «ЛУКОЙЛ-РИТЭК» по добыче нефти из «баженовской» свиты. Перспективы промышленной добычи нефти из «баженовского» горизонта позволят России быть мировым лидером в нефтедобыче десятки лет! А за эти годы и на средства, вырученные от продажи этой нефти, государство сможет спокойно и полномасштабно создавать необходимую инфраструктуру для промышленного освоения нефтегазовых богатств Восточной Сибири и Арктического региона.

#### **16.4. Матричная нефть**

В конце 80-х годов при исследованиях остатков из сепарационного оборудования и образцов керна Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения были выделены высокомолекулярные компоненты (ВМК), которые состоят из озокеритоподобных и церезиноподобных образований, твердых парафинов и углеводородов нефтяного ряда. Детальное изучение ВМК привело ученых ИПНГ РАН под руководством Академика Дмитриевского А.Н. к открытию нового вида углеводородного сырья, названного «матричной нефтью»<sup>256</sup>.

«Матричная нефть» является нетрадиционным углеводородным сырьем, которое представляет собой коллоидную систему, а ее компоненты растворены друг в друге. По молекулярному составу к ней относятся углеводороды C<sub>11</sub>+, которые не переходят в паровую фазу, в том числе жидкие и высокомолекулярные компоненты (ВМК). Соотношение между жидкими углеводородами и ВМК определяется степенью катагенетической преобразованности «матричной нефти». Жидкие углеводороды (до C<sub>10</sub>), перешедшие в паровую фазу, относятся к газоконденсату. Основными высокомолекулярными компонентами «матричной нефти» являются масла, легкие и тяжелые смолы, асфальтены и твердые парафины.

В соответствии с гипотезой, предложенной Н. А. Скибицкой в 2007 году, «матричная нефть» образуется из карбонатно-органического

---

256. Дмитриевский А.Н., Скибицкая Н.А., Яковлева О.П., Кузьмин, В.А., Зекель Л.А., Прибылов А.А. Увеличение ресурсного потенциала газоконденсатных месторождений за счет высокомолекулярного сырья («матричной нефти») // Фундаментальные проблемы геологии и геохимии нефти и газа и развития нефтегазового комплекса России. М.: ГЕОС, 2007. С. 360-377.

вещества в процессе преобразования его органической полимерной составляющей последовательно в керогеноподобное вещество, асфальтены, тяжелые смолы, легкие смолы, масла. Исследования подтверждают, что карбонатное породообразующее вещество, в котором органическая и неорганическая составляющие химически связаны, имеет полимерное строение, аналогичное строению органических полимеров. Установлено также, что в карбонатных образцах, имеющих четкую кристаллографическую форму кальцита, содержится значительно больше углерода и кислорода, чем в чистом карбонате кальция. Таким образом, эти факты подтверждают возможность рождения углеводородных соединений из карбонатной матрицы. В процессе химического старения и перехода органической части карбонатно-органического полимера в керогеноподобное вещество происходит газогенерация — сброс низкомолекулярных углеводородных и неуглеводородных компонентов природного газа. Схема образования «матричной нефти» показана на рис. 16.17.

Для добычи «матричной нефти» учеными ИПНГ РАН на Оренбургском НГКМ опробован ряд технологий воздействия на пласт растворителями, в том числе ароматическими, разработаны регламенты на добычу «матричной нефти» с применением ароматических растворителей и сухого газа, разработан анализ экономической эффективности реализации данных технологий. Разработаны рекомендации по комплексному технологическому воздействию на эксплуатационный объект с целью добычи матричной нефти, в том числе ее жидких углеводородов и высокомолекулярных компонентов при подготовленном прогреве пласта закачкой окислителей, циклической прокачкой объемов легко испаряемого ароматического растворителя и равновеликих объемов газа с завершающей прокачкой нагретого сухого газа для извлечения из пласта оставленного растворителя до необходимых показателей рентабельности.

Высокомолекулярные компоненты (ВМК) «матричной нефти» содержат большие концентрации микроэлементов, редких и редкоземельных металлов. Некоторые металлы, например, никель, ванадий, галлий, содержатся в ВМК матричной нефти в промышленных концентрациях (цинк — 20 г/т, стронций — 10 кг/т, тантал — 10 г/т, бор — 200 г/т и др.), что показано на рис. 16.18.

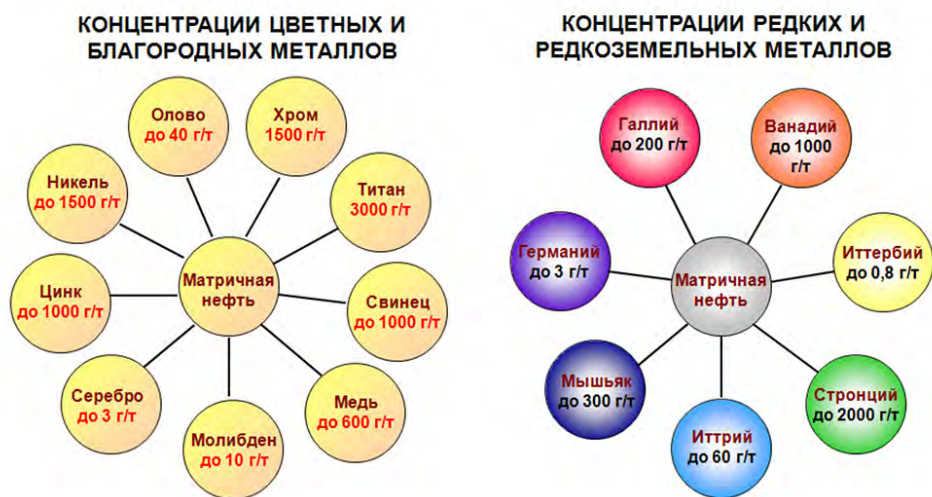
Это объясняется как способностью живого вещества аккумулировать различные химические элементы из среды обитания, так и аномальными сорбционными особенностями высокомолекулярных компонентов КОП, что позволяет им удерживать диффундирующие из мантии микроэлементы и соединения.





Рис. 16.17. Схема образования матричной нефти

Переработка «матричной нефти» с высоким содержанием в ее составе высокомолекулярных компонентов с аномально высокой средней молекулярной массой литоасфальтенов и литосмол (6000 а.е. — для асфальтенов и 3200 а.е. — для смол) на нефтеперерабатывающих заводах представляет большую проблему. Одним из путей решения данной проблемы является их переработка путем каталитической гидрогенизации.



**Рис. 16.18. Концентрации металлов в высокомолекулярных компонентах матричной нефти газоконденсатных месторождений**

«Матричная нефть» является новой разновидностью углеводородного сырья, установленного в пределах карбонатных резервуаров газоконденсатных месторождений. Ресурсы «матричной нефти» выявлены впервые и поэтому не учитывались при традиционном подсчете запасов. На основе разработанной методики оценки дополнительных, неучтенных при подсчете запасов нефти и газа, сырьевых ресурсов в залежи Оренбургского НГКМ, выполнена в 2004 году, представлена в ГКЗ и прошла в 2005 году экспертизу оценка геологических запасов высокомолекулярного сырья (ВМС) Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения. Экспертной комиссией было вынесено решение согласиться с количественной оценкой высокомолекулярного сырья в недрах ОНГКМ в объеме 2,59 млрд т н.э. (из протокола заседания экспертной комиссии ГКЗ МПР РФ 2005 г.).

Открытие «матричной нефти» — это новый пласт знаний о, казалось бы, известных процессах и существенный вклад в концепцию полигенеза. Особенности ее формирования подтверждают основные положения гипотезы биогенного образования углеводородов. Разработка проекта «Матричная нефть газоконденсатных месторождений» на Оренбургском НГКМ находится в стадии опытного и начала опытно-промышленного внедрения уже созданных и разработки новых инновационных технологий.



Доказанные нефтегазоматеринские свойства карбонатных отложений таких газоконденсатных и нефтегазоконденсатных месторождений, как Оренбургское, Астраханское, Карачаганакское, указывают на необходимость оценки запасов «матричной нефти» и связанных с ней неучтенных запасов сорбированного газа и на других газоконденсатных и нефтегазоконденсатных месторождениях

Для газовых, газоконденсатных и нефтегазоконденсатных месторождений, вступивших в период падающей добычи, выявление дополнительных запасов связанного газа, не учтенных при оценке и дооценке запасов традиционного свободного газа, в максимальной степени приуроченного к трещинным, порово-трещинным и тонкопоровым слабопроницаемым поровым коллекторам, является необходимой задачей, решение которой позволит не только скорректировать проекты доразработки месторождений, но и оценить перспективы соответствующих добывающих компаний.

### **16.5. Синтетическое жидкое топливо по технологии GTL**

Задача энергообеспечения удаленных объектов нефтегазового комплекса страны в регионах со слабо развитой энергетической инфраструктурой становится особенно актуальной в связи с продвижением добычи углеводородного сырья в регионы Крайнего Севера, Восточной Сибири и Дальнего Востока, где какая-либо энергетическая инфраструктура либо отсутствует вообще, либо развита недостаточно. Разработка удаленных нефтяных и нефтегазовых месторождений связана с огромным количеством проблем, одной из которых является транспортировка товарного продукта к объектам уже существующей инфраструктуры для транспорта углеводородного сырья. Трудно ожидать, что при всех существующих и возникающих проблемах транспорта углеводородов будет уделяться хоть какое-нибудь внимание утилизации попутного нефтяного газа, количество которого составляет малую долю от количества добываемых жидких углеводородов. Поэтому, энергетический способ утилизации попутного нефтяного газа позволяет решить сразу несколько задач — обеспечить электроэнергией и жидким моторным топливом нефтепромысловые объекты, экономить товарные углеводороды, традиционно сжигаемые на промысле для выработки энергии и существенно сократить выбросы двуокиси углерода в атмосферу<sup>257</sup>.

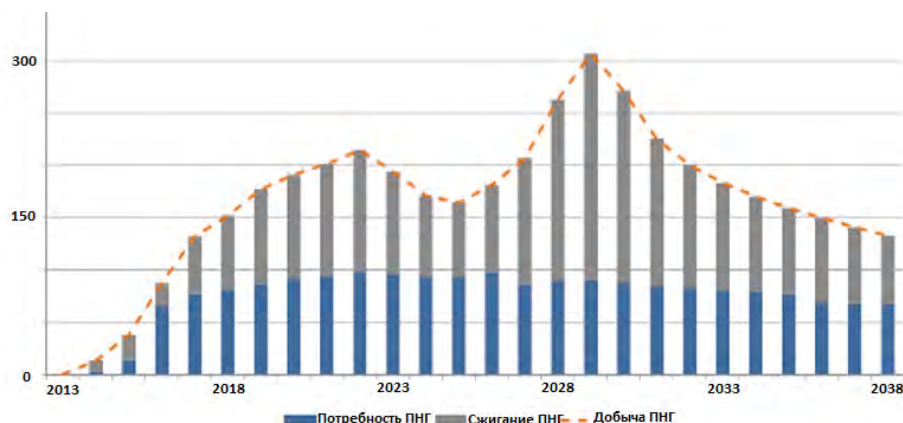
257. Карабанова А.Н., Бессель В.В. Эффективность применения технологии GTL для энергообеспечения объектов нефтегазового комплекса в отдаленных регионах России// Территория НЕФТЕГАЗ — 2017. — №1-2. — С.70-77.



**Рис. 16.19. Методы утилизации ПНГ**

На сегодняшний день мировой годовой объем сжигаемого попутного нефтяного газа (ПНГ) составляет более 140 млрд м<sup>3</sup>, что сопоставимо по объемам почти с 30% потребляемого газа странами Европы. Кроме того, в процессе сжигания ПНГ происходит выброс в атмосферу вредных веществ, таких как оксидов азота и серы, бензола, толуола, 3,4-бензпирена и др.

По данным Глобального партнерства по сокращению объемов сжигания попутного нефтяного газа (GGFR — Global Gas Flaring Reduction), Россия ответственна почти за четверть общемирового сжигания ПНГ, поэтому нашу страну можно с уверенностью назвать «лидером» в данной категории.



**Рис. 16.20. Добыча, потребность и сжигание ПНГ на российских месторождениях, млн м<sup>3</sup>**

При этом необходимо отметить, что около 50% сжигаемого ПНГ в России является газом малых отдаленных месторождений, которые имеют две особенности:

- эти месторождения расположены далеко от рынков сбыта газа и существующей газотранспортной инфраструктуры;
- объем получаемого при их разработке ПНГ слишком незначителен для строительства систем централизованного сбора и транспортировки газа.

На рис. 16.19 представлена диаграмма с существующими на сегодняшний момент методами утилизации ПНГ.

Учитывая тот факт, что около половины сжигаемого ПНГ является газом, получаемым при разработке малых отдаленных месторождений, в качестве наиболее приемлемого варианта использования ПНГ можно было бы предложить производство электроэнергии на ГТУ в промышленных условиях для собственных нужд. Но в этом случае нефтяные компании часто сталкиваются с тем, что объем получаемого ПНГ существенно превосходит его потребление на ГТУ. Это, в свою очередь, приводит к неизбежному сжиганию избытка ценного сырья, что отражено на диаграмме, приведенной на рис. 16.20.

Таким образом, нефтяные компании сталкиваются с необходимостью более тщательного подхода к схеме утилизации ПНГ на малых отдаленных месторождениях. На диаграмме, приведенной на рис. 16.21,



Рис. 16.21. Методы утилизации ПНГ в зависимости от объема ресурса и расстояния до рынка сбыта готового продукта

показаны оптимальные методы утилизации ПНГ в зависимости от количества ПНГ и расстояния от рынка сбыта товарной продукции.

Как следует из диаграммы, технология мини-GTL представлена как альтернативный метод использования газа на малых отдаленных нефтяных месторождениях. Поэтому актуальной на сегодняшний день проблемой является разработка и внедрение экономически и энергетически эффективных схем по использованию ПНГ. В качестве решения поставленной проблемы в настоящей работе были предложены четыре схемы по использованию ПНГ для автономного энергообеспечения промысла, после проведения экономико-математического моделирования которых была выбрана наиболее выгодная технология с точки зрения экономики и экологии. Кроме того, на основании экономических и экологических результатов исследования была оценена эффективность внедрения технологии мини-GTL в схемы по утилизации ПНГ.

### Технология мини-GTL

Термин GTL — *Gas To Liquids* (от англ. «газ в жидкость») используется в тех случаях, когда речь идет о превращении газа, в частности метана, в жидкие углеводороды. Данная технология состоит из трех ступеней:

- производство синтез-газа;
- синтез Фишера-Тропша;
- гидрокрекинг и гидрооблагораживание,

что показано на диаграмме, приведенной на рис. 16.22.

Для того чтобы рассчитать материальный баланс трехступенчатой технологии GTL, необходимо рассмотреть каждую из ее стадий в отдельности.

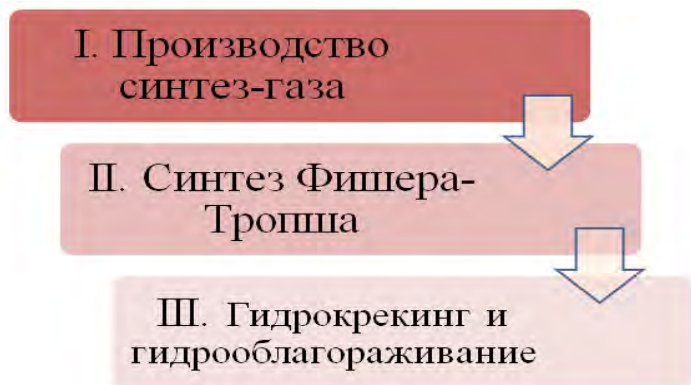


Рис. 16.22. Схема технологии GTL

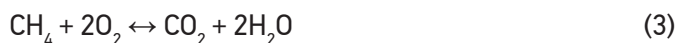
### 1. Производство синтез-газа

Целью данного процесса является превращение природного газа в смесь монооксида углерода и водорода, называемую синтез-газом. Среди промышленных методов производства синтез-газа можно выделить следующие:

1. Паровая конверсия метана
2. Парциальное окисление
3. Автотермический риформинг

В качестве первой стадии технологии GTL был выбран автотермический паровоздушный риформинг по причине сниженных капитальных затрат за счет использования компактного реактора и исключения дорогостоящей установки разделения воздуха.

При осуществлении процесса автотермического риформинга протекают следующие основные реакции: паровая конверсия природного газа (1), реакция равновесия водяного газа (2) и полное (3) либо парциальное (4) окисление метана.

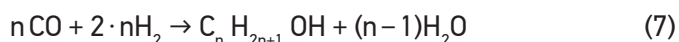
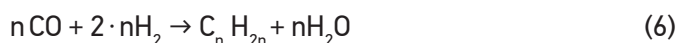
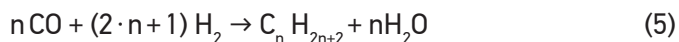


После проведения математического моделирования двух вариантов автотермической паровоздушной конверсии, а именно метода «ТАНДЕМ» (полное окисление метана) и процесса компании Syntroleum (парциальное окисление метана), с целью выбрать процесс с максимальным выходом целевого продукта — синтез-газа, был выбран процесс Syntroleum с выходом целевых продуктов 38% против 26% в методе «ТАНДЕМ».

Синтез-газ, полученный на первой стадии технологии GTL, отправляется на вторую ступень, известную как синтез Фишера-Тропша.

## 2. Синтез Фишера-Тропша

На второй стадии синтез-газ превращается в алканы (5), алкены (6) и спирты (7) с числом атомов углерода  $n$  от 1 до 100.



Длина углеродной цепи  $n$  подчиняется молекулярно-массовому распределению, которое может быть описано уравнением Флори:

$$m_n = \alpha^{n-1} \cdot (1 - \alpha) \quad (1^*)$$

где  $m_n$  — мольная доля компонентов ФТ-продукта с числом атомов углерода  $n$ ;  $\alpha$  — параметр молекулярно-массового распределения компонентов ФТ-продукта,  $0 < \alpha < 1$ . Данный параметр определяет вероятность роста углеродной цепи.

Используя уравнение Флори, а также учитывая тот факт, что в промышленности параметр  $\alpha$  принимает значения от 0,6 до 0,95, был построен показанный на рис. 16.23 график распределения выхода фракций синтетических продуктов при различных значениях параметра  $\alpha$ .

Для отдаленных промыслов наиболее ценным продуктом является дизельное топливо, используемое автотранспортом и спецтехникой, поэтому для уменьшения выхода легких фракций и увеличения содержания дизельного топлива в продукте синтеза Фишера-Тропша величина параметра молекулярно-массового распределения  $\alpha$  была принята 0,95.

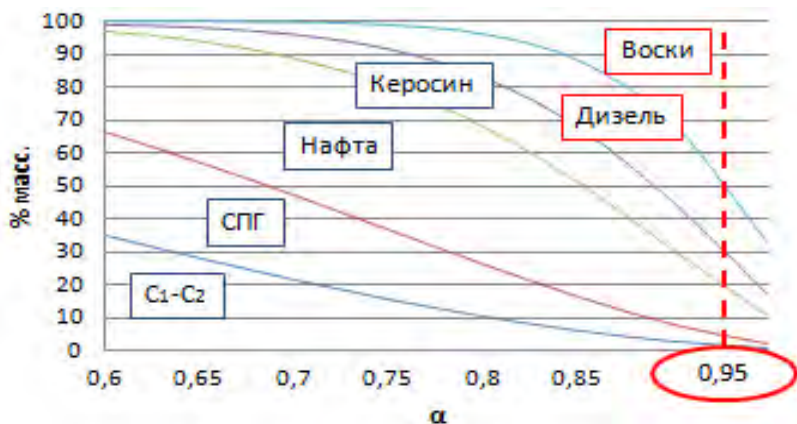
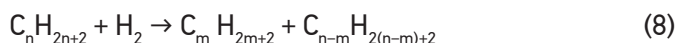


Рис. 16.23. Молекулярно-массовое распределение продуктов синтеза Фишера-Тропша в зависимости от параметра  $\alpha$

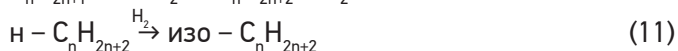
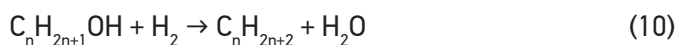
В связи с тем, что в продукте синтеза Фишера-Тропша содержится большое количество твердых парафинов, третья стадия технологии GTL крайне важна, главным образом, для преобразования восков в дизельное топливо.

### 1. Гидрокрекинг и гидрооблагораживание

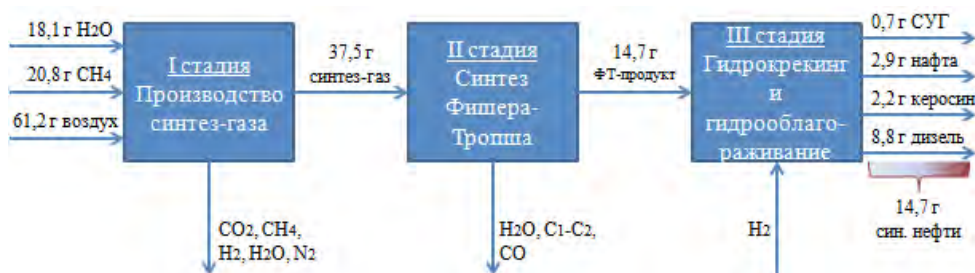
На третьей ступени происходят следующие процессы: гидрокрекинг (8), гидрирование олефинов (9) и спиртов (10) и изомеризация n-парафинов (11).



где  $m \approx 0,5 \cdot n$ .



После рассмотрения всех стадий технологии GTL был составлен ее материальный баланс, схема которого представлена на рис. 16.24.



**Рис. 16.24. Схема производства синтетических углеводородов**

Таким образом, для получения 14,7 г синтетической нефти, в состав которой входит 60 % масс. дизельного топлива, расходуется 20,8 г метана. Зная это, по формуле (2\*) был найден расходный коэффициент метана по синтетическим жидким углеводородам, который составил 1995 м³/т.

$$\sigma = \frac{V_{CH_4}}{m_{synoil}} = 1995 \text{ м}^3/\text{т} \quad (2^*)$$

### **Схемы утилизации попутного нефтяного газа.**

Для определения эффективности схем энергетической утилизации ПНГ, была рассмотрена группа объектов нефтегазового промысла с установленной мощностью энергопотребления в 2,8 МВт.



**Схема «GTL+ДГ».** Весь газ, добываемый попутно с нефтью, перерабатывается на мини-установке GTL в синтетические жидкие продукты (дизельное топливо (ДТ), СУГ, нефтя, керосин), что показано на рис. 16.25. Синтетическая дизельная фракция используется в качестве топлива для дизельных генераторов (ДГ) для производства электроэнергии для собственных нужд промысла.

Проведенные расчеты показывают, что для производства необходимого количества дизельного топлива потребуется годовой объем ПНГ, равный 25,3 млн м<sup>3</sup>.

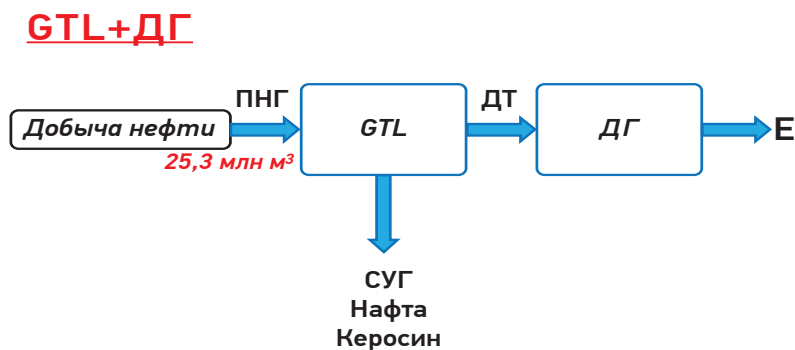


Рис. 16.25. Схема утилизации ПНГ «GTL+ДГ»

**Схема «GTL+ГТУ».** В данной схеме годовой объем получаемого ПНГ был взят из первого проекта «GTL+ДГ» (25,3 млн м<sup>3</sup>). Здесь большая часть газа (17,3 млн м<sup>3</sup>) поступает на ГТУ для выработки электроэнергии установленной мощности 2,8 МВт. Оставшийся объем ПНГ перерабатывается в синтетические жидкие углеводороды, что представлено на рис. 16.26.

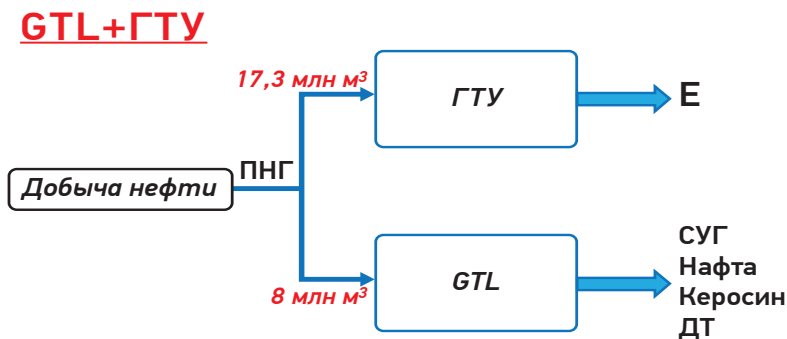


Рис. 16.26. Схема утилизации ПНГ «GTL+ГТУ»

**Схема «ДГ».** Так как в этой схеме весь объем добываемого ПНГ поступает на факел, нефтяная компания вынуждена платить штраф, который в первый год эксплуатации месторождения составил более 13 млн руб. (рис. 16.27). В данном проекте электроэнергия вырабатывается дизельными генераторами, топливо для которых поставляется бензовозами с ближайшего нефтеперерабатывающего завода. Было учтено, что затраты на транспортировку топлива в несколько раз превосходят его себестоимость.

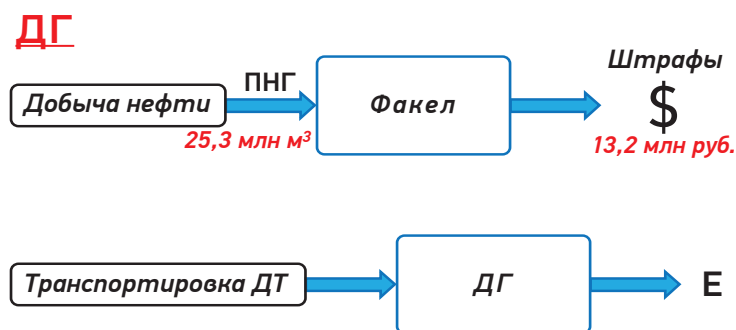


Рис. 16.27. Схема утилизации ПНГ «ДГ»

**Схема «ГТУ».** В данной схеме большая часть добываемого ПНГ используется в качестве топлива для газовой турбины, а остаток отправляется для сжигания на факел, что показано на рис. 16.28. В этом случае штраф за сжигание ПНГ в первый год эксплуатации промысла составил более 4 млн руб.

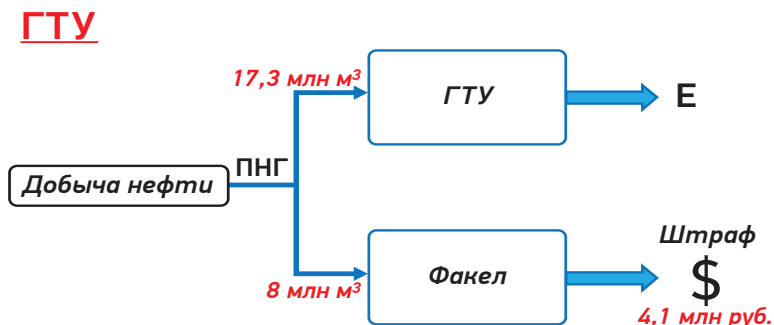


Рис. 16.28. Схема утилизации ПНГ «ГТУ»

Результаты экономического анализа и экологической оценки четырех предложенных проектов использования ПНГ с целью энергообеспечения промысла представлены в таблице 16.1.

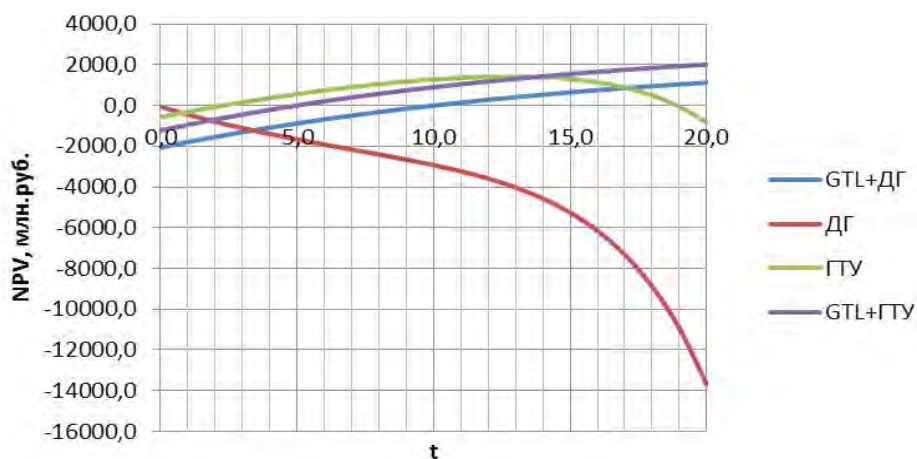
Таблица 16.3

**Результаты экономического анализа и экологической оценки проектов утилизации ПНГ с целью энергоснабжения промысла**

Схема	NPV, млн руб.	Срок окупаемости	Индекс рентабельности	CO <sub>2</sub> , тонн/год
GTL + ДГ	1123	10	1,5	-
ДГ	-13688	-	-208,3	<b>49696</b>
GTL + ГТУ	2013	5	2,6	-
ГТУ	-832	-	-0,5	<b>15714</b>

Схемы с применением технологии GTL «GTL + ДГ» и «GTL + ГТУ» полностью утилизируют получаемый ПНГ, что объясняет отсутствие выбросов диоксида углерода из-за факельного сжигания газа. Если предположить, что в состав ПНГ входит только метан, то в случае схем «ДГ» и «ГТУ» на факел каждый год поступает 25,3 и 8 млн м<sup>3</sup>, и это приводит к ежегодному выбросу 49696 и 15714 т диоксида углерода соответственно.

Для проведения детального экономического анализа проектов были построены представленные на рис. 16.29 кривые NPV.



**Рис. 16.29. Кривые NPV для проектов утилизации ПНГ для энергоснабжения промысла**

Экономико-математическое моделирование четырех схем утилизации ПНГ для энергоснабжения отдаленных малых промыслов показало, что проекты с мини-установкой GTL («GTL+ДГ» и «GTL+ГТУ») имеют намного более привлекательные экономические показатели по сравнению со схемами без внедрения технологии GTL («ДГ» и «ГТУ»). Несмотря на меньшие первоначальные затраты в схемах без установок мини-GTL, на момент окончания срока эксплуатации месторождения (20 лет) разница между значениями NPV проекта «GTL+ДГ» и схемы «ДГ» составила 14812,5 млн руб.; для пары «GTL+ГТУ» — «ГТУ» различие в NPV оказалось равно 2845,3 млн руб.

Причина разницы в величине NPV различных проектов энергообеспечения промыслов и поведения кривых этого показателя для проектов «ДГ» и «ГТУ» заключается в прогрессивно возрастающих штрафах за сжигание ПНГ, а также высокой стоимости завезенного на промысел дизельного топлива для схемы «ДГ».

В расчетах было принято, что ежегодное увеличение повышающего коэффициента к базовой плате за выбросы при превышении 5-процентного показателя сжигания ПНГ составляет 50%. Отслеживая динамику изменения величины коэффициента за последние пять лет (2012 — 4,5; 2013 — 12; 2014 — 25), можно утверждать, что данный прогноз является если не оптимистичным, то более чем реалистичным. Поэтому, сравнивая экономические показатели эффективности четырех предложенных в данной работе проектов, можно утверждать, что с учетом санкций за сжигание ПНГ, установленных правительством РФ, нефтяным компаниям намного выгоднее использовать его в качестве сырья для производства синтетических жидких углеводородов, нежели сжигать ценное химическое сырье.

Исследования показывают, что установка мини-GTL — готовая к внедрению инновационная технология, предназначенная для отдаленных малых нефтяных месторождений российского нефтегазового комплекса, — является не только мерой по предотвращению сжигания ПНГ на факелах и источником ценного на промыслах дизельного топлива, но также и экономически привлекательным мероприятием<sup>258</sup>.

258. Карабанова А.Н., Бессель В.В. Эффективность применения технологии GTL для энергообеспечения объектов нефтегазового комплекса в отдаленных регионах России// Территория НЕФТЕГАЗ — 2017. — №1-2. — С.70-77.

\* \* \*

Ресурсная база углеводородного сырья в России медленно, но уверенно смещается в сторону трудноизвлекаемых запасов. Разработка большинства крупных месторождений переходит на заключительные стадии. Это неизбежно для нефтегазовой отрасли страны в целом и означает необходимость изменения модели нефтегазообеспечения и новой технологической политики, как в выявлении сырьевых ресурсов, так и в их добыче и переработке. В стратегическом плане у России есть две альтернативы развития нефтегазового комплекса:

1. Заниматься геологоразведочными работами на нефть и газ в необжитых регионах Восточной Сибири, Дальнего Востока, а также на арктическом и дальневосточном шельфе. Но для этого потребуются колоссальные временные, финансовые, материальные и людские ресурсы на создание инфраструктуры в этих регионах. При этом восполнение минерально-сырьевой базы будет обеспечено за счет «традиционных» запасов углеводородов.

2. Обеспечить восполнение минерально-сырьевой базы страны за счет вовлечения в разработку «нетрадиционных» ресурсов углеводородного сырья в районах с уже обустроенной и готовой инфраструктурой (Западная Сибирь — нефть «баженовской» свиты, Кузбасс — метан угольных пластов, Татария и республик Коми — нефть битуминозных песков и т.д.).

Скорее всего, будет реализовываться некий компромиссный вариант, включающий в себя развитие по первому и второму пути. Учитывая то, что приведенные выше оценки ресурсов «нетрадиционного» углеводородного сырья в России предварительны, нуждаются в серьезных доработках, что потребует проведения широкомасштабных и наукоемких исследований, все равно можно с уверенностью констатировать тот факт, что эти ресурсы по объемам сопоставимы, а в некоторых случаях и превышают доказанные запасы «традиционных» углеводородов. А так как огромная их часть сосредоточена в регионах с уже развитой инфраструктурой, то они могут рассматриваться, как альтернатива для восполнения минерально-сырьевой базы страны. Причем, как показывает мировой опыт, с появлением все более новых и совершенных технологий их добычи, себестоимость добычи «нетрадиционных» углеводородов становится сопоставимой с себестоимостью традиционного углеводородного сырья.

Часть IV

# **Трансформация энергетических рынков и технологическое прогнозирование**

---





# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ФОРСАЙТ

---

### 1.1. Развитие методик прогнозирования

Энергетические рынки претерпевают значительные изменения, связанные с воздействием финансовых, экономических, природно-экологических, социально-политических, социокультурных и технологических факторов.

Наиболее значительными являются *технологические* факторы, так как технологии:

- являются основополагающими для формирования отраслевых проектов и обеспечения возможности их реализации;
- характеризуются максимальными рисками и неопределенностью, связанной с разработкой и освоением новых технологий;
- обеспечивают поддержание спроса на продукцию отраслей ТЭК;
- обеспечивают поддержание реализации стратегических программ и следование определенным политическим курсам;
- способны значительно видоизменить текущий образ отраслей;
- обеспечивают наиболее весомые конкурентные преимущества.

В связи с этим формированию технологических портфелей уделяется особое внимание как на национальном, так и на корпоративном уровне. Для определения стратегий развития используются результаты прогнозных исследований, среди которых выделяются качественные и количественные методы, а также комплексные методики — форсайт.

Прогнозирование (от греч. πρόγνωσις (prognosis) - знание наперед) — это предсказание о развитии и исходе каких-нибудь событий, явлений на основании имеющихся данных.

Результатом процесса прогнозирования является прогноз, то есть выраженные в словесной, математической, графической или другой форме суждения о возможном состоянии объекта и его среды в будущий период времени.

Под прогнозированием в узком смысле понимают специальное научное исследование конкретных перспектив развития какого-либо процесса.

На сегодняшний день существуют различные классификаций прогнозов (таблица 17.1).

Таблица 17.1

**Современная классификация прогнозов**

№	Классификация прогнозов	Вид прогноза
1	Горизонт прогнозирования (временной охват)	Краткосрочный, среднесрочный, долгосрочный
2	Типы прогнозирования	Поисковый, нормативный
3	Степень вероятности будущих событий	Вариантный, инвариантный
4	Способ представления результатов прогноза	Точечный, интервальный

Источник: адаптировано из Константиновская Л.В. (2013) Прогнозирование.  
<http://www.astronom2000.info>

В современной науке обозначено множество возможных объектов прогнозирования, каждый из которых требует подбора оптимального комплекса методов прогнозирования. С этим связано и большое многообразие методов<sup>259</sup> прогнозирования, при этом на сегодняшний день не существует универсального метода, подходящего для всех возможных объектов прогнозирования.

Различные источники выделяют несколько возможных классификаций методов прогнозирования, совокупность которых может быть представлена двумя группами методов в зависимости от степени их однородности: простые и комплексные методы.

Группа *простых методов* объединяет однородные по содержанию и используемому инструментарию методы прогнозирования (например, экстраполяция тенденций, морфологический анализ и др.).

259. Под методом в широком смысле слова (от древнегреч. μέθοδος — путь исследования или познания, от μετά-+ὁδός «путь») понимается способ познания, исследования явлений природы и общественной жизни; прием или система приемов в какой-либо деятельности.

*Метод в прогнозировании* — сложный прием, упорядоченная совокупность более простых приемов, направленных на разработку прогноза в целом.

*Прием прогнозирования* — конкретная форма теоретического или практического подхода к разработке прогноза; одна или несколько математических, или логических операций, направленных на получение конкретного результата в процессе разработки прогноза.



*Комплексные методы* отражают совокупности, комбинации методов, чаще всего реализуемые специальными системами<sup>260</sup> (например, методы прогнозного графа, система «Паттерн» и др.).

Выделяются как *поисковые* прогнозы, отвечающие на вопрос о долгосрочном развитии в рамках текущих тенденций, так и *нормативные*, позволяющие ответить на вопрос как достичь обозначенных к определенному сроку целей.

Кроме того, все методы прогнозирования могут быть поделены на три класса (рис. 17.1): фактографические методы, экспертные методы и комбинированные методы.

В настоящее время существует около 220 методов прогнозирования, на практике, как правило, используются не более 10-12 наиболее распространенных: фактографические (экстраполяция, интерполяция), экспертные, публикационные (в т.ч. патентные), сценарные, цитатно-индексные, матричные, моделирование (в рамках современных исследований востребованы также интеллектуальные самообучающиеся нейро-модели), метод аналогий и др.

260. Система прогнозирования («прогнозирующая система») — это упорядоченная совокупность методик, технических средств, предназначенная для прогнозирования сложных явлений или процессов.

Таким образом, **методика прогнозирования** — это определенное сочетание приемов (способов) выполнения прогностических операций, получение и обработка информации о будущем на основе однородных методов разработки прогноза. **Методология прогнозирования** — это учение о методе, основные принципы или совокупность приемов исследования, применяемых для составления того или иного вида прогноза для какого-либо объекта исследования. Выбранное конкретное сочетание приемов и методов прогнозирования можно считать **методикой разработки прогноза**.

### Методики форсайта

С середины прошлого столетия в области исследований будущего развитие получили более комплексные практики, которые отражали не только прогнозы развития той или иной области, но и содержали стратегические аспекты реализации и достижения желаемых перспектив в средне- и долгосрочной перспективах, а также способы организации взаимодействия ключевых агентов и план внедрения разработок в сложившиеся на данном этапе структуры. Данные исследования получили название «**форсайт**».

Включая уроки в области технологического прогнозирования, форсайт также рассматривает взаимосвязи между социальными, политическими и экологическими вопросами, позволяя строить будущее на основе тесного взаимодействия ключевых социальных групп и выступает в этом ключе как наиболее эффективный подход к стратегированию в рамках современных условий развития.

Форсайт позволяет оценить будущие возможности таким образом, чтобы иметь способность ими воспользоваться, объединяет прогнозирование и реализацию стратегических видений.

Существует различные определения термина форсайт, два наиболее распространенных:

**Форсайт** — процесс, связанный с систематическими попытками заглянуть в более долгосрочное будущее развития науки, технологий, экономики и общества с целью выявления областей стратегических исследований и новых развивающихся технологий, которые вероятнее всего приведут к наибольшим экономическим и социальным выгодам (Martin, 1995).

**Форсайт** — открытый и коллективный процесс целенаправленного, ориентированного на будущее исследования, который инициирует

обсуждение между различными акторами на научной и технологической аренах с целью формулирования общего видения стратегий, наилучшим образом учитывающих будущие возможности и угрозы.

**Более современные исследователи определяют его следующим образом: *форсайт*** (от англ. foresight — «взгляд в будущее») — осуществление систематического, основанного на взаимодействии всех ключевых акторов, процесса создания видения будущего и его анализа для средне- и долгосрочной перспективы с целью сформировать необходимые сегодня решения и эффективно организовать совместные действия.

Ключевой особенностью форсайт-исследований является их комплексность. Методики форсайта образованы на стыке методов прогнозирования и стратегирования, при этом обязательным является включение в процесс представителей всех групп ключевых акторов<sup>261</sup> и заинтересованных сторон, что и позволяет достигать высокой эффективности форсайт-программ за счет их общего согласования и обсуждения на всех этапах разработки.

На сегодняшний день в мире реализовано более 1000 крупных форсайт-проектов различной направленности, форсайт может осуществляться на *наднациональном, национальном, региональном и корпоративном* уровне, с широким спектром областей исследований в рамках таких базовых направлений как политика и экономика, технологии, экология и общество.

**Корпоративные форсайты** менее освещены в литературе, поскольку в них содержатся формулировки стратегических элементов, которые составят в перспективе ключевые конкурентные преимущества компаний.

**Форсайт-проекты на национальном уровне** достаточно широко известны и представляют собой видение развития экономики отдельного государства.

**Региональный форсайт** может быть применен для решения различных проблем регионального развития, в частности, таких как научно-технологическое развитие, развитие научно-образовательного комплекса, вопросы загрязнения окружающей среды, развитие транспортной системы города, кластерное развитие территории и т.д.

Современные практики форсайта подвержены влиянию сформировавшейся новой глобальной среды и перемен, среди которых:

– **увеличение финансовых, торговых и инвестиционных потоков;**

---

261. Тематические сообщества, компании, отрасли, страны (представители)

- **быстрый и ускоряющийся технический прогресс**, и высокий уровень научно-технологического развития: информационно-коммуникационные технологии (ICTs), биотехнологии, нанотехнологии и др.;
- **новые международные правила и стандарты** в области торговли, качества, труда, окружающей среды, прав интеллектуальной собственности;
- **новые системы для разработки, производства, распространения и управления** продуктами и услугами;
- **глобальные сбытовые и производственные сети**;
- **необходимость повышения эффективности международной и национальной инновационной систем.**

Европейским научным сообществом также введен термин «полноценный форсайт» (Fully-Fledged Foresight), чтобы описать практику, где форсайт связан с действиями по его реализации и, в частности, обеспечением планирования и определением приоритетов, и подчеркнуть необходимость привлечения широкого круга заинтересованных сторон через построение социальных сетей. Это не только выходит за рамки обычного горизонта планирования, но также выходит за пределы традиционных подходов к принятию решений.

**Полноценный форсайт** объединяет три направления деятельности:

- **Перспективный анализ** (*Prospective analysis*) включает долгосрочные исследования будущего (прогнозирование, с акцентом на альтернативные варианты будущего, а не инвариантный прогноз);
- **Планирование деятельности** (*Planning activities*) — стратегический анализ, определение приоритетов, долгосрочное планирование;
- **Организация эффективного взаимодействия и построение сетей** (*Participatory methods and networking*) с целью использовать максимальное количество источников информации, чтобы обеспечить участие заинтересованных лиц в процессе планирования и осуществления ориентированных на будущее действий.

Каждая из трех представленных сфер имеет свой собственный спектр методов. Многие из них являются специализированными и редко используемыми, некоторые из них хорошо известны. Методический спектр форсайт-исследований состоит как из существующих методик прогнозирования, так и из уникальных оригинальных методик,

используемых только в рамках его практики (к примеру, анализ «слабых сигналов» и «джокеров»)<sup>262</sup>, включая также широкий спектр методов работы с экспертами и организации комплексных исследований.

Традиции и инструменты перспективного анализа и исследований будущего в рамках данной концепции характеризуются следующими особенностями и отличительными чертами:

- форсайт как правило, имеет дело с будущим в горизонтах 10 и более лет;
- форсайт часто ассоциируется с «альтернативным будущим» и работает с несколькими сценариями;
- форсайт имеет дело с процессами планирования и разработкой политики, где вводятся подобные долгосрочные перспективы;
- форсайт предполагает довольно широкое применение подходов взаимодействия и построения экспертных сетей.

262. Современные форсайт-исследования предполагают использование терминологического аппарата, сформированного на основе наиболее устойчивых для мировой практики форсайта определений, среди которых:

- **Тренд (trend)** — основная тенденция динамики показателя, очищенная от случайных влияний и индивидуальных особенностей отдельных периодов.
- **Драйвер (driver)** — внешний фактор оказывающий влияние на систему и ведущий к изменению ее характеристик и параметров
- **Прерывание тенденции, «смена курса» (discontinuity)** — изменение в тенденциях развития системы, приводящее к смене ее характеристик и направлений развития.
- **Слабые сигналы (weak signals)** — первые проявления факторов, которые возможно окажут значительное влияние на развитие системы в будущем.
- **Джокеры (wild cards)** — непредвиденные события в будущем которые способны кардинально изменить структуру и тенденции развития рассматриваемой системы.
- **Вызов** — крупная проблема социально-экономического, научно-технологического, экологического или иного характера, требующая принятия комплексных мер, направленных на ее решение на национальном или глобальном уровне.
- **Окно возможностей** — возникновение ограниченной во времени ситуации, создающей условия для занятия значимых позиций на глобальных и внутренних рынках, технологических прорывов, интеграции в мировые цепочки создания добавленной стоимости, решения крупных социально-экономических проблем.
- **Перспективная продуктовая группа** — группа инновационных товаров и услуг, объединенных одним или несколькими признаками (использование аналогичных технологий производства, сходные функциональные свойства и области применения, общие каналы распределения, методы ценообразования и др.) и способных произвести максимальный экономический эффект.
- **Критические технологии** — технологии, имеющие важное социально-экономическое значение или важное значение для обороны страны и безопасности государства (базовое определение — примечание автора).



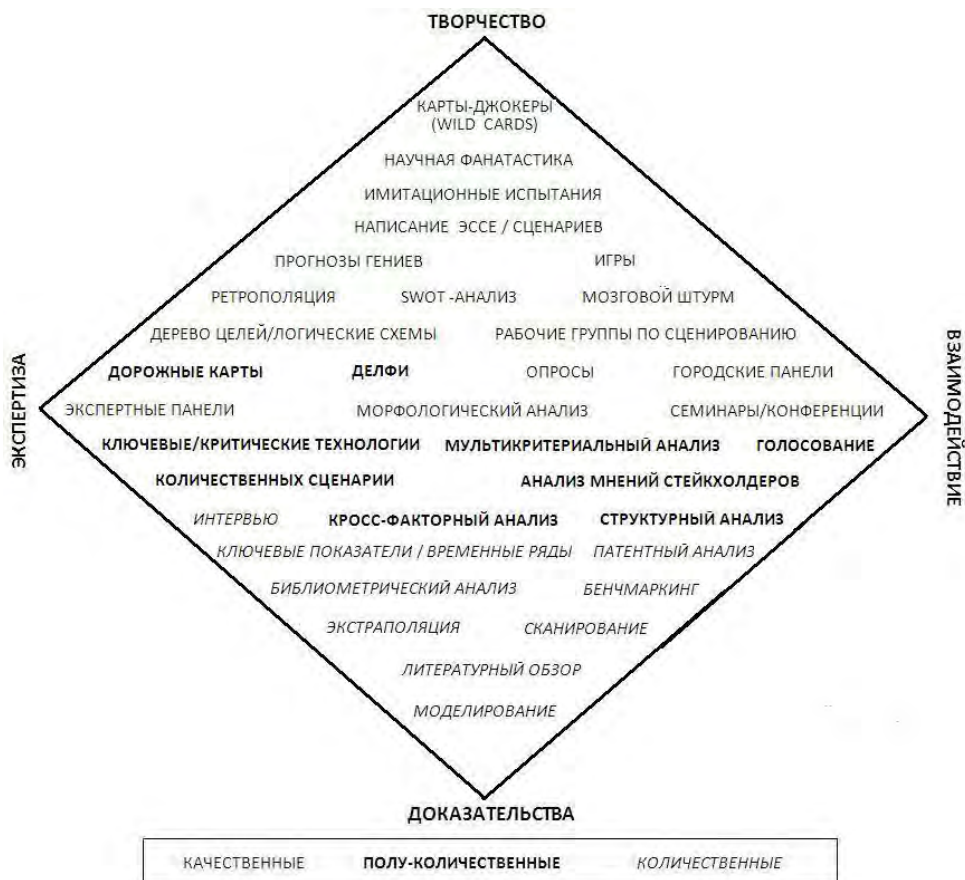
Использование форсайта сегодня представляется эффективным в областях: построения оптимального видения будущего и путей его достижения; обеспечения превентивного комплексного понимания развития для всех участников системы; определения ключевых направлений исследований; информирования представителей политики и общества, получения возможности обратной связи; информирования о финансировании и инвестиционных приоритетах. При этом достигается:

- повышение вовлечения участников системы в процесс принятия решений;
- улучшение понимания и изменение укоренившихся представлений;
- доверие между участниками исследования;
- эффективное сотрудничество и широкие междисциплинарные возможности;
- построение новых социальных сетей и укрепление экспертных сообществ.

Сегодня существует широкий спектр различных **методов в области форсайта**, которые классифицируются в зависимости от техники (количественные, качественные, полуколичественные) по типам подходов (поисковые, нормативные), по типу источников знаний (выделяют методы, основанные на экспертизе, методы, основанные на взаимодействии, а также методы, основанные на доказательствах (эмпирических данных)).

Вопрос о сочетании тех или иных методов в рамках практик форсайта был рассмотрен еще в начале 2000-х гг. в работах Р. Поппер, где было введено понятие «ромб форсайта» (Foresight Diamond), в котором были распределены по категориям «экспертное мнение — взаимодействие», «творчество — эмпирические данные» 32 наиболее известных метода форсайта (с отражением их принадлежности к качественным, количественным и комбинированным методам). Данный ромб представлен на рис. 17.2. Методическое правило в проведении форсайт-исследования — «соблюдение баланса между всеми углами ромба», т.е. использование в равной степени методов различной природы и сложности (более простые методы помещены в углах ромба, в центре находятся более комплексные методы).

В рамках современных методических подходов используется

**Рис. 17.2. Ромб Форсайта**

Источник: Keenan M. and Popper, R. Comparing foresight «style» In six world regions, перевод согласно современной терминологии.

понятие системный форсайт, где выделяют 7 базовых стадий (фаз) реализации форсайт-проекта.<sup>263</sup> Первые шесть из них образуют замкнутый цикл (форсайт всегда является систематическим процессом с анализом эффективности разработок и мониторингом новых возможностей), а седьмая является общей для всех этапов проведения исследования и отражает постоянное взаимодействие между разработчиками и целевыми группами исследования.

**I фаза — Изучение.** Сканирование, изучение материалов, определение ключевых тенденций. Создание общего понимания и оценка решаемых вопросов.

263. Схема предложена O. Saritas (2006). Ранее использовалась более простая градация с выделением 5 базовых фаз: пре-форсайт, сбор информации, генерация, действия, обновление.

**II фаза — Представление.** Разработка ряда альтернативных сценариев на основании материала фазы I.

**III фаза — Интеграция.** Анализ альтернативных моделей будущего и их «приоритизирование» с обсуждением стейкхолдерами и другими участниками системы с целью создать согласованную и наиболее желаемую модель будущего.

**IV фаза — Интерпретация.** Перевод перспектив достижения желаемого видения будущего в программу скоординированных действий для кратко-, средне- и долгосрочной перспективы, разработка дорожных карт.

**V фаза — Внедрение.** Создание стратегии по информированию ключевых агентов для осуществления необходимых изменений для внедрения форсайта.

**VI фаза — Воздействие.** Оценка результатов и последствий форсайта, которая обеспечивает данные для следующего раунда основе использования данного опыта.

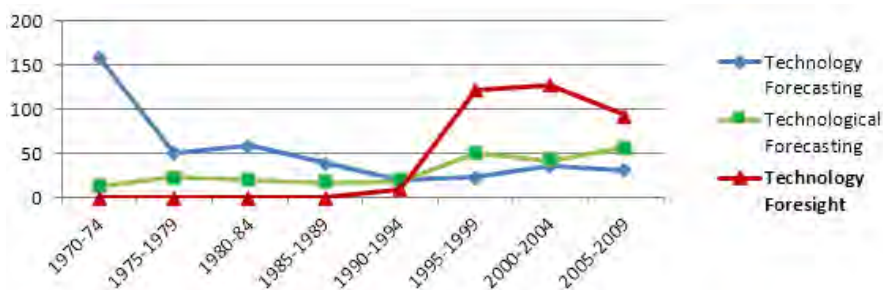
**VII фаза — Взаимодействие.** Общая фаза для всего исследования, форсайт по определению предполагает активное включение экспертов и учет пожеланий целевых групп исследования на каждом этапе его реализации.

Форсайт всегда рассматривается в контексте влияния внешних факторов и использует широкий спектр методов матричного анализа, что позволяет учесть все перспективы развития, а также оценить уровень субъектности среды исследования.

Таким образом, **форсайт представляет собой значительно более комплексный подход к изучению будущего, чем традиционное прогнозирование.** Используя практически все основные методы прогнозирования, форсайт содержит также стратегические аспекты реализации наиболее подходящих сценариев и достижения поставленных целей, предполагает собою активное включение всех ключевых акторов (согласно особенностям коллективной работы, результаты всеми участниками воспринимаются как собственные, при этом формируется новое уникальное знание и опыт), а также учитывает интересы всех целевых групп исследования. В форсайт-исследованиях производится оценка перспектив инновационного развития, очерчиваются возможные технологические горизонты, которые могут быть достигнуты при вложении определенных средств и соответствующей организации

работы, а также оцениваются вероятные эффекты для экономики и общества, определяются пути достижения поставленных целей в рамках интересующего временного горизонта.

Современные форсайт-исследования реализуются в рамках широкого спектра уровней (наднациональный, национальный, региональный, корпоративный) и всех существующих областей человеческой деятельности, рассматривая при этом различные временные горизонты (от краткосрочных периодов до столетий, включая также практики футурологических исследований). Развитие методик форсайта представляется как качественный структурный переход в области эффективных практик изучения будущего. Наглядно данная тенденция представлена на рис. 17.3.



**Рис. 17.3. Количество публикаций с участием ключевых терминов в их названиях**  
Источник: адаптировано из Synthesis Report // Manchester Energy Foresight, 2012.

Универсальность методик данного направления, присутствие уникальных методов и практик наравне с синтезированными и синергетическими подходами, образованными на стыке различных областей, позволяет говорить о форсайте, как о новом витке в области научного познания, комплексно отражающем современные практики стратегирования и прогнозирования, а также социально-этические аспекты и тенденции развития общества.

Среди недостатков данных методов на сегодняшний день можно выделить:

– Дороговизну проводимых исследований (разработка форсайт-проекта среднего уровня масштаба и сложности занимает около 1-3 лет и стоит 100-500 тысяч евро). Данный фактор сильно зависит от масштаба исследования и может быть нивелирован при его сокращении, кроме того, с развитием практик и методов, доступностью проведения экспертных опросов и составления сетей экспертов в

онлайн-пространстве, а также с ростом качества автоматизированных комплексов для обработки данных и построения форсайт-программ, растет и общая экономическая доступность данных исследований.

– *Невозможность точной гарантии следования определенному сценарию развития (как и для других методик).* В данном ключе необходимо обратить внимание, что форсайт содержит уникальных комплекс методик для минимизации подобных рисков и отдельно рассматривает сценарии, в рамках которых происходят максимально непредвиденные события, ведущие к изменению качеств и структуры системы на различных уровнях, разрабатывая для данных случаев отдельные стратегические комплексы.

*Перспективы развития форсайт-исследований связаны сегодня с:*

– повышением их структурности (рассмотрение дополнительных уровней, слоев и контекстов в рамках представления дорожных карт<sup>264</sup>),

264. Дорожная карта — документ, в котором определяются (для какого-либо набора потребностей) критичные требования к системе, целевые показатели продукта и процесса, технологические альтернативы и контрольные отметки достижения этих целей. В нем определяется видение будущего рыночного спроса, а также указываются альтернативные технологические продукты и процессы для удовлетворения этого спроса (UNIDO, 2005).

В соответствии мировым алгоритмам построения дорожных карт среди минимально необходимых требований к их структуре и содержанию можно выделить:

- наличие ключевых слоев (НИОКР, технологии, продукты, ключевые рынки (в широком понимании)), уровней (мировой, ключевые региональные и рынки, государственное законодательство и др.);
- учет и отражение ресурсов субъекта;
- учет и отражение стратегических ориентиров субъекта и ключевых акторов.

Среди дополнительных элементов могут быть использованы:

- формирование дополнительных уровней и слоев (слой «глобальный контекст развития» (данный элемент используется и введен в рамках разработок НИУ ВШЭ и представляет возможное отражение повышенного экологического, политического, экономического и др. аспектов («атрибутов») (работы О.В. Ены, К.В. Нагаева и др.)), слой «корпоративный контекст» (с возможностью отражения различных стратегических ориентиров компаний, детализацией корпоративных и/или производственных уровней), уровень «мировой энергетический рынок», «инновационное развитие мирового энергетического комплекса» (для энергетики) и др.), которые при взаимодействии с остальными представленными слоями влияют на оптимальные траектории развития субъекта исследования в рамках рассматриваемого временного горизонта;
- дифференцированное и/или таргетированное отражение ресурсов компании;
- отражение видений различных социальных групп (за счет использования в составе экспертов различных групп ключевых акторов возможно построение специализированных видений).

- повышением доступности проведения исследований,
- ростом спроса на исследования для всех уровней,
- повышением возможностей и вариативности реализации (стоимость и сложность исследования, уровни и продолжительность проведения),
- развитием методического аппарата (общая частота использования всех «новых, редких» методов в рамках практик форсайта достигает 19% (оценка на 2006 год), что представляет пятую по счету позицию в рейтинге наиболее часто используемых методов и говорит об этапе интенсивного развития и поиска новых подходов),
- формированием более четко-очерченного понятийного и терминологического аппарата (сегодня это представляет определенные трудности, т.к. высокая заинтересованность и мода на это направление не только стимулирует развитие исследований, но также порождает сложности в выработке единого языка для научного сообщества).

*В области методик управления долгосрочным развитием сегодня важно осознание необходимости полного перехода к структурным исследованиям, позволяющим максимально отразить все аспекты развития отрасли и связанные с этим области, что означает необходимость не только внедрения практик форсайт-исследований и освоения организационных вопросов их проведения для различных уровней (страна, компании, регионы, отрасли), но и необходимость формирования действительно эффективного взаимодействия в рамках рабочих площадок, создания и поддержки сетей экспертов национального и международного уровня.*

*В развитии методик управления долгосрочным развитием структурных объектов исследований особое внимание уделяется возможностям анализа перспектив научно-технологического развития, что связано с его ключевой ролью в формировании конкурентных преимуществ экономических агентов и обусловлено рядом глобальных тенденций развития мировой экономики и мирового энергетического комплекса в частности.*

## **17.2. Перспективы долгосрочного развития мирового энергетического комплекса**

В рамках исследования развития МЭК в средне- и долгосрочной перспективе на сегодняшний день разработан широкий спектр прогнозов и сценариев, которые могут быть распределены на 3 базовые группы: инерционные, стагнационные, инновационные прогнозы/сце-



нарии. На основании обобщения материалов данных групп возможно формирование общих сценариев долгосрочного развития отраслей МЭК.

**Общий инерционный сценарий (фазовая катастрофа)** предполагает продолжение развития в рамках текущей индустриальной фазы, столкновение с ограничениями (экологическими, управленческими и др.). В рамках продолжения существующих тенденций, инерционное развитие сменяется кризисом, следствием которого становится снижение темпов развития, дестабилизация крупных регионов мира или мировой системы.

**Общий стагнационный сценарий (фазовая стагнация)** предполагает стабилизацию при сохранении ключевых структур текущей индустриальной фазы. Фазовая стагнация может быть устойчива только при значительном замедлении темпов развития, в последствие она приводит к затяжной экономической, политической и психологической депрессии в ведущих странах мира.

**Общий инновационный сценарий (фазовый переход)** предполагает преодоление пределов роста индустриальной фазы развития и переход к новой фазе.

Консенсус-прогноз<sup>265</sup> видений будущего показывает, что согласно широкому спектру прогнозных показателей в долгосрочной перспективе возможно как незначительное, так и кардинальное изменение структуры мирового энергетического баланса. Разброс прогнозов может быть значителен. К примеру, доля ВИЭ в общей структуре энергопотребления к 2040 году может достигнуть от 14 % (по сценарию Eххон Mobil) до 63 % (сценарий Гринпис, «Энергетическая революция»).

Ключевыми тенденциями, на основе проведенных комплексных исследований в области долгосрочного развития МЭК, сегодня могут быть представлены следующие положения:

1. Увеличение роли местных видов энергоресурсов в структуре мирового топливно-энергетического баланса (ТЭБ).
2. Усиление технологической глобализации и ресурсной регионализации.
3. Затухание мирового нефтяного бизнеса, снижение нефтеемкости мировой экономики.
4. Быстрый рост газовой промышленности, обладание энергоно-

---

265. Консенсус-прогноз — прогноз, составленный на основе объединения показателей различных прогнозных исследований в рамках одного рассматриваемого временного горизонта.



сителя преимуществами эффективной интеграции ресурса в формирующиеся энергосистемы.<sup>266</sup>

5. Формирование устойчивого восточного вектора развития МЭК.

6. Усиление влияния экологического и социального фактора, переход к устойчивому развитию МЭК.

7. Качественный переход от «силовой» к «умной» энергетике, развитие интеллектуальных систем.

8. Повышение диверсификации ТЭБ, рост значения электроэнергетики, снижение зависимости от углеродного топлива.

9. Повышение диверсификации деятельности компаний МЭК.

10. Повышение роли и качества инновационного менеджмента как организационно-управленческом, так и в отраслевом контексте.

### **17.3. Роль менеджмента инноваций в условиях перехода к новому технологическому укладу**

Инновация интерпретируется как превращение потенциального научно-технического прогресса в реальный, воплощающийся в новых продуктах и технологиях. Применительно к технологическим инновациям действуют понятия, установленные в *Международных стандартах в статистике науки, техники и инноваций*<sup>267</sup>.

В соответствии с этими стандартами **инновация** — конечный результат инновационной деятельности, получивший воплощение в виде нового или усовершенствованного продукта, внедренного на рынке, нового или усовершенствованного технологического процесса, используемого в практической деятельности, либо в новом подходе к социальным услугам.

Таким образом:

- инновация — следствие инновационной деятельности;
- содержание инновации составляют изменения;
- главная функция инновационной деятельности — функция изменения.

В ряде источников инновация рассматривается как процесс, при этом признается, что нововведение развивается во времени и имеет отчетливо выраженные стадии.

266. Формирование новых энергетических систем обусловлено, главным образом, переходом к новому технологическому укладу.

267. Международные стандарты в статистике науки, техники и инноваций — рекомендации международных организаций в области статистики науки и инноваций, обеспечивающие их системное описание в условиях рыночной экономики.

Под процессом *диффузии инноваций* понимается процесс распространения, освоения и рутинизации однотипных инноваций хозяйствующими субъектами на рынке. Здесь надо различать прямое приобретение (покупку ноу-хау, лицензий и т.д.) предпринимателями новых технологий, от разработки (или модернизации) ими аналогичных новаций, типологически схожих с уже появившимися на рынке.

**Для инновации в равной мере важны три свойства:** научно-техническая новизна, производственная применимость, коммерческая реализуемость (способность удовлетворять рыночному спросу и приносить прибыль производителю). Отсутствие любого из них отрицательно сказывается на инновационном процессе.<sup>268</sup>

Важным фактором распространения любой инновации является ее взаимодействие с социально-экономическим окружением, существенным элементом которого являются конкурирующие технологии.

**Инновационный менеджмент** — совокупность принципов, методов и форм управления инновационными процессами, инновационной деятельностью, занятыми этой деятельностью организационными структурами и их персоналом. Инновационная деятельность (НИОКР и внедрение их результатов в производство) является одной из основных сфер деятельности любой организации, при этом в большинстве случаев управление НИОКР (прогнозирование, планирование, оценка проектов, организация и комплексное управление, контроль за ходом НИОКР) — стратегически более важная задача, чем собственно исполнение НИОКР.

*В рамках современного развития энергетического комплекса понятие инновационный менеджмент носит также организационный*

---

268. Термины «инновация» и «инновационный процесс» не однозначны, хотя и близки.

**Инновационный процесс** связан с созданием, освоением и распространением инноваций. Различают три логических формы инновационного процесса:

*Простой инновационный процесс* предполагает создание и использование новшества внутри одной и той же организации, новшество в этом случае не принимает непосредственно товарной формы.

При *простом межорганизационном инновационном процессе* новшество выступает как предмет купли-продажи. Данная форма инновационного процесса означает отделение функции создателя и производителя новшества от функции его потребителя.

*Расширенный инновационный процесс* проявляется в создании все новых и новых производителей нововведения, нарушении монополии производителя-пионера, что способствует совершенствованию потребительских свойств выпускаемого товара посредством усиления конкуренции.

*характер применительно к расширенному спектру объектов анализа и может рассматриваться как элемент стратегического менеджмента (а также элемент форсайт-исследований) включающий в себя новые подходы и методики различной направленности.*

**Жизненный цикл инновации** представляет собой определенный период времени, в течение которого инновация обладает активной жизненной силой и приносит производителю и/или продавцу прибыль или другую реальную выгоду.<sup>269</sup> **Эффективное проектирование жизненного цикла инновационной продукции** позволяет предприятиям в дальнейшем анализировать соответствие действительного состояния продукции желаемому и вовремя корректировать жизненный цикл продукции.

**Развитие любых процессов в мире происходит согласно циклическим законам.** Циклы в динамике социально-экономических систем бывают разной длительности: вместе с текущими флуктуациями (колебаниями) сезонных циклов в пределах года выделяют краткосрочные (3-4 года), среднесрочные (8-12 лет), долгосрочные (40-60 лет), сверх-долгосрочные (несколько столетий) и тысячелетние циклы.

В общем случае выделяют пять фаз развития цикла: зарождение в предыдущем цикле; инновационное становление; распространение (диффузия); развитие (зрелость); вытеснение новой, более прогрессивной системой (кризисная фаза). Далее возможен либо переход системы в качественно новое состояние (следующий цикл в ее динамике), либо распад. Сегодня наиболее глубоко изучены среднесрочные экономические циклы, которые находят выражение в экономических кризисах, периодически (10-11 лет) потрясающих национальную и мировую экономику.

Благодаря исследованиям в области данной проблематики стало возможным определение перспектив развития в рамках того или иного технологического уклада, возможность прогнозирования глобальных и экономических кризисов.

**Технологический уклад** — комплекс освоенных революционных технологий, инноваций, изобретений, лежащих в основе количественного и качественного скачка в развитии производительных сил общества.

---

269. Жизненные циклы различаются в зависимости от видов инноваций, различия затрагивают, прежде всего, общую продолжительность цикла, продолжительность каждой стадии внутри цикла, особенности развития самого цикла, количество стадий.

В связи с доминирующей ролью технологий (инноваций) в рамках того или иного технологического уклада их классифицируют на революционные и эволюционные:

- **революционные** (прорывные, пионерские, заменяющие технологии) — нацелены на создание принципиально новых продуктов, товаров, услуг или иных материальных благ;
- **эволюционные**, (улучшающие, продолжающиеся) инновации, нацелены на совершенствование уже освоенных продуктов, товаров, услуг и т.д.

Эволюционные инновации и технологии полностью не уходят при переходе к новому технологическому укладу, но перестают играть доминирующую роль, уступая место революционным.

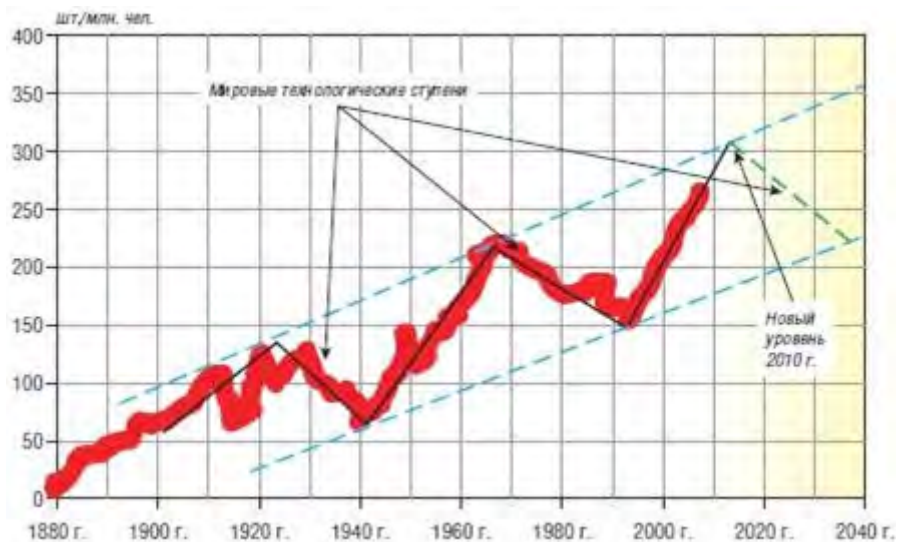
Земная цивилизация в своем развитии прошла целый ряд доиндустриальных и не менее 6 индустриальных технологических укладов, сейчас развитые страны находятся на V технологическом укладе и готовятся к переходу в VI,<sup>270</sup> что обеспечит им выход из экономического кризиса.

Следует отметить важную характеристику смены технологических укладов: открытие, изобретение всех новшеств начинается значительно раньше их массового освоения. Т.е. их зарождение происходит в одном технологическом укладе, а массовое использование в следующем, при этом технологии, созданные в предыдущем технологическом укладе не исчезают в следующем, оставаясь уже недоминирующими. Страны, общества быстрее почувствовавшие новации и тенденции нового технологического уклада быстрее входят в него и оказываются лидерами (Англия — 2-ой технологический уклад, США, Япония, Корея — 4-ый технологический уклад, США, Китай, Индия — 5-ый технологический уклад).

*Наравне с цикличностью, долговременной закономерностью мирового технологического развития также является наличие ступеней технологического роста (рис.17.4).*

---

270. Доиндустриальные уклады базировались на мускульной энергетике человека и животных. Изобретения того времени, дошедшие до нашего времени, направлены на усиление мускульной силы человека и животных (винт, рычаг, колесо, редуктор, гончарный круг, меха в кузнице, механическая прялка, ручной ткацкий станок). Начало индустриальных периодов технологических укладов приходится на конец XVIII — начало XIX веков.



**Рис. 17.4. Динамика фактически зарегистрированных патентных заявок (в расчете на 1 млн человек населения мира) в период 1880–2009 гг. и прогноз до 2040 года**

Источник: ИНЭИ РАН.

На основании динамики числа мировых патентных заявок с 1880 г. на 1 млн человек населения мира установлено, что их количество зависит от глобальных мировых процессов, связанных с переделами мира. Как показывает анализ, каждые 25–30 лет интенсивного роста удельного количества заявок на патенты чередуются с последующим 25-летним периодом снижения этой интенсивности. Такая периодичность объясняется переходом научно-технических знаний, накопленных на этапе роста патентных заявок, в новые технологии, формируемые на этапе снижения интенсивности. В стадии уменьшения интенсивности патентных заявок происходит технологическое обновление мировой экономики, которая приобретает новый технологический облик.

В XX веке реализовано две технологические ступени в периоды 1920–1945 гг. и 1970–1995 гг. При этом переход от первой ко второй технологической ступени привёл к резкому росту производительности труда в целом по промышленности — в 7 раз, по тяжелой промышленности — в 11 раз, по ТЭКу — в 5 раз<sup>271</sup>. Сегодня происходит формирование третьей технологической ступени, на которой, как ожидается,

271. Согласно данным исследования ИНЭИ РАН на основе статистического материала по зарегистрированным патентным заявкам в 154 странах мира («Wido Statistics Data Base», December 2008) и проведены исследования на длинных временных рядах, охватывающих период 1880–2007 годы.

будут осуществлены не менее масштабные технологические преобразования. По существующим прогнозам, данная ступень будет характеризоваться значительным увеличением производительности труда, а также роботизацией производственных процессов, созданием и внедрением интеллектуальных Smart-систем.

*Таким образом, технологическое развитие носит циклических характер с тенденцией к сокращению продолжительности последующих технологических укладов. Данные факторы представляет возможности для построения прогнозов возникновения кризисов и периодов связанной с этим необходимости качественного определения тенденций будущего технологического уклада с целью оптимизации инвестиционных портфелей субъектов НИС.*

МЭК постепенно выходит из фазы гиперболического роста<sup>272</sup> с соответствующим изменением его качественных характеристик. Такой процесс требует перехода от неравновесной топливной энергетики к равновесной многоукладной, предполагающей диверсификацию и изменение структуры энергетического баланса в направлении низкоуглеродной энергетики, а также повышение эффективности использования энергетических ресурсов.

В долгосрочной перспективе технологические ограничения и возможности развития будут неразрывно связаны с комплексным влиянием различных факторов глобального развития: демографического, природно-экологического, технологического, экономического, социально-политического и социокультурного.

**Сегодня технологическое лидерство становится ключевым аспектом геополитического влияния и конкурентного преимущества.** Данная тенденция означает необходимость постановки долгосрочных задач не только обеспечения энергетического комплекса высокоэффективными научно-техническими решениями в объемах, необходимых для поддержания энергетической и технологической безопасности<sup>273</sup> субъектов национальной инновационной системы

---

272. Гиперболический рост описывает динамику системы, при которой не только абсолютные, но и относительные темпы роста определенного параметра увеличиваются по мере роста самого показателя. Иными словами, рост является самоускоряющимся, и в определенный момент времени значение параметра достигает бесконечности.

273. Технологическая безопасность — состояние развития НИОКР и ведущих отраслей, обеспечивающее для страны возможность самостоятельного решения наиболее важных для национальной, в том числе экономической, безопасности задач даже в экстремальных условиях (например, в условиях войны).

(НИС)<sup>274</sup>, но и развитие разработок и направлений, обеспечивающих конкурентные преимущества и возможность экспорта технологических решений.

Для компаний новые эффективные технологии создают стратегические преимущества в наиболее конкурентных областях и, как показывают исследования, их инвестиционная активность и заинтересованность в развитии технологических и организационных инноваций растет, растет также и необходимость формирования качественно новых подходов и методов инновационного менеджмента. Для стран способность эффективно использовать инновации не только для достижения национальных целей (среди них национальная, энергетическая и технологическая безопасность, здравоохранение и защита окружающей среды), но и для повышения производительности труда и привлечения международных инвестиций, является ключом к постоянному улучшению уровня и качества жизни.

Если инновации — основа процветания и конкурентных преимуществ в современном мире, то ускорение инновационного цикла — дополнительное усиление преимуществ в конкурентной борьбе. В условиях высокой неопределенности современного развития МЭК с прослеживаемым формированием очагов распространения различных технологий на фоне общей технологической глобализации, все большее количество стран и представителей бизнес-сообщества учитывает существующие факторы и риски инновационного развития, используя существующие инструменты его оптимизации с целью усиления своих позиций на мировой энергетической арене.

Таким образом, инновационный менеджмент играет доминирующую, а возможно, и решающую роль, в определении круга тех участников конкурентной среды, которые будут процветать в будущем.

Инновационная активность сегодня имеет более высокий уровень концентрации, чем промышленное производство.<sup>275</sup> Высокая концентрация

274. Под понятием национальной инновационной системы (НИС) понимается совокупность взаимодействующих организаций (институтов) управления и регулирования инновационной деятельности, хозяйствующих субъектов государственного и частного секторов экономики, образовательной и финансово-кредитной сфер, осуществляющих инновационную деятельность на основе эффективно действующих институциональных механизмов, а также комплекс институтов правового и социокультурного характера, обеспечивающий реализацию национальных особенностей и традиций в научно-технической и производственной сферах.

275. См., напр., Buzard, K., and G. Carlino. *The Geography of Research and Development Activity in the U.S.* 2011.



характерна для всех стадий инновационного процесса — фундаментальной и прикладной науки, регистрации патентов, внедрения новых продуктов, инновационных производств, взаимных услуг и пр.<sup>276</sup>

В условиях неоиндустриального развития под воздействием ужесточения международной конкуренции на первый план для развития выходят инновационные факторы<sup>277</sup>, а также доступ к эффективной транспортной и энергетической инфраструктуре. В результате эволюции организационной структуры промышленности уже сегодня возникает новый тип организации пространства — энерготехнологические кластеры, формирование которых обусловлено сочетанием ряда факторов.

Промышленно-инновационные кластеры превращаются в основу конкурентоспособности промышленности развитых стран, они становятся также и новой формой сетевого и многополярного управления обществом и территорией, аналогом сетевого государства развития на субнациональном уровне. Именно кластерная структура, а не изолированные отрасли и моноспециализация, придают экономике региона максимальный динамизм и гибкость.<sup>278</sup> В то же время кластерный принцип организации производства требует применения более гибкой инфраструктурной системы энергообеспечения как за счет централизованного, так и местного энергоснабжения, в том числе за счет новых технологий генерации и аккумулирования различных видов энергии. При этом эффективный инновационный процесс в рамках современных условий развития возможен только при условии активного взаимодействия с производством — иными словами, при сохранении национальной и региональной промышленной базы.<sup>279</sup>

Основными вызовами научно-технологического развития МЭК представляются:

- низкий уровень НИС большинства развивающихся стран и отсутствие комплексного подхода к формированию эффективных путей ее развития;

276. Kerr, William R., and Scott Duke Kominers. *Agglomerative Forces and Cluster Shapes*, Harvard Business School Working Papers 11-061, Harvard Business School, 2010.

277. McKinsey Global Institute Report (2012). *Manufacturing the future: The next era of global growth and innovation*.

278. Delgado, Mercedes, Michael E. Porter, Scott Stern. *Clusters, Convergence, and Economic Performance*. 2011.

279. Tecu I., *The Location of Industrial Innovation: Does Manufacturing Matter?* Brown University, 2011.

- высокая инновационная активность, что сегодня является вызовом, требующим значительного повышения качества управления;
- низкий уровень инновационной инфраструктуры;
- низкая диффузия инноваций.
- низкий уровень эффективности и координации инновационных систем на региональном, национальном и международном уровнях;
- нереализованный высокий синергетический потенциал отрасли;
- отсутствие системного подхода в области технологического форсайта и долгосрочного стратегирования;
- условия высокой неопределенности и ускорение развития технологий.

#### **17.4. Приоритеты научно-технологического развития**

На основании широкого спектра существующих исследований становится очевидным истощение производительных возможностей действующего технологического сценария и осознание необходимости поворота капитала к реализации уже возникшего нового. Это представляет широкий спектр для получения конкурентных преимуществ игроками, которые своевременно осуществляют переход к освоению перспективных технологических инноваций. Однако в первую очередь данные тенденции тают в себе крайне высокие риски для дальнейшего развития отраслей и субъектов экономической деятельности, что обуславливает высокую потребность в эффективном развитии инновационного менеджмента, подразумевающего:

- оптимизацию внешней и внутренней инновационной политики;
- развитие форсайт-методов и методов стратегирования;
- формирование новых, более эффективных методических подходов и инструментов для управления научно-технологическим развитием энергетики;

**Наиболее остро сегодня стоят проблемы качественной консолидации и структурирования имеющихся знаний, проведения анализа и оценки эффективности существующих технологических решений для эффективного построения прогнозов, предвидения «линий» технологических прорывов и эффективного использования синергетического потенциала отраслей МЭК.**

На сегодняшний день уже накоплен большой опыт в области разработки и реализации стратегий инновационного развития для раз-

ных уровней (бизнес, государство), направлений (технологические (или STI), организационные (процессорные) и др. инновации), а также отраслей (все отрасли промышленности) их реализации; существует большое количество различных инструментов и механизмов, однако лишь немногие из них являются оптимальными для конкретных политических, экономических и др. условий реализации данных стратегий. При этом, развивающиеся страны, как правило, идут по пути повторения опыта лидеров инновационного развития со слабым учетом своей уникальной специфики, что дает недостаточно высокий прогресс в развитии НИС. Внимание мирового сообщества все более направлено на повышение эффективности взаимодействия внутри международной инновационной системы.

Примером *государственного регулирования научно-технической интеграции* в странах Западной Европы, осуществляемого как на национальном, так и на наднациональном уровнях в области научных исследований и технологического развития, могут быть крупномасштабные целевые проекты «ESPRIT», «COST», «COPERNICUS», а также программы «Эврика» и «TACIS», которые в значительной степени ориентированы на повышение инновационной активности частного бизнеса и оказание помощи ученым и инноваторам стран СНГ и Восточной Европы.

В систему государственного регулирования входит также экспортный контроль, направленный на предотвращение утечки из страны инновационных разработок. Это касается, прежде всего, экспорта технологий двойного назначения в страны, где их использование может нанести ущерб безопасности экспортера и мирового сообщества.

Государственная стратегия и тактика в области международной научно-технической кооперации должны дифференцироваться по странам и регионам мира, что предполагается эффективным для развития международных связей. Доступ к мировым инновационным ресурсам и рынкам инновационной продукции облегчается при активном участии страны в работе международных организаций инновационного профиля, таких как ЮНЕСКО, ОЭСР, ЮНКТАД, ЮНИДО, МАГАТЭ и др.

Одним из ключевых элементов инновационной инфраструктуры многих стран являются **информационно-технологические системы**. Эти системы основаны на базах данных, содержащих самую раз-

нообразную информацию о субъектах и результатах инновационной деятельности, включая информацию об инновационных продуктах, услугах, технологиях, научных и инновационных организациях, объектах интеллектуальной собственности и т.п. Примерами успешного функционирования этого элемента инновационной инфраструктуры являются информационно-технологические системы ARIST, CORDIS, EPIPOS, поддерживаемые странами Европейского Союза.<sup>280</sup>

Подобные системы представляет собой информационный инструмент для получения сведений о существующих на рынке разработках. Они используются для установления контактов инновационных организаций, обладающих соответствующей технологией, с потенциальными клиентами и предоставляют целый ряд информационных услуг с использованием научной, юридической (законодательства, нормативно-правовые акты различных стран, национальные и зарубежные технические стандарты, патенты) и экономической (рыночные исследования) информации для анализа инновационных технологий.

В настоящее время успешное развитие инновационной инфраструктуры во многих странах связывают с интеграционными процессами, позволяющими достигать синергетических эффектов за счет объединения и координации деятельности различных элементов инновационной инфраструктуры.

*Развитие комплексных информационно-технологических систем сегодня представляется ключевым звеном в формировании высокоэффективных национальных и международной инновационных систем и в переходе к новому этапу «открытых» инноваций. В этом случае на основе доступности знаний о мировых инновациях, конкурентные преимущества будут формироваться главным образом за счет общей эффективности систем технологических решений, а не узкоспециализированных разработок.*

**Таким образом, в области технологического развития сегодня ставится задача эффективного управления, что предполагает наличие *системы градации технологий* в зависимости от их характеристик**

280. Российский аналог подобной системы — единая государственная информационная система топливно-энергетического комплекса (ГИС ТЭК), задача по созданию которой была поставлена в 2009 г., ответственным за разработку назначено Министерство энергетики РФ. В ноябре 2011 г. был принят и одобрен Федеральный закон «О государственной информационной системе топливно-энергетического комплекса». Система впервые была представлена в рамках 6-го Совета по информационным технологиям в ТЭК.

и факторов среды применения. В развитии методического аппарата инновационного менеджмента необходимо **формирование и внедрение универсальных систем градации технологических решений по различным (иерархическому, «уровневому», производственному) принципам**, позволяющих анализировать доступные разработки, формировать технологические системы и управлять их развитием.

Существующая система градации технологических решений определяется *по принципу их революционности*.

Согласно градации технологий, введенной ООН, на сегодняшний день выделяют следующие определения:

- **технология в чистом виде**, охватывающая методы и технику производства товаров и услуг (*dissembled technology*);
- **воплощенная технология**, охватывающая машины, оборудование сооружения, целые производственные системы и продукцию с высокими технико-экономическими параметрами (*embodied technology*).

В рамках анализа деятельности предприятий предполагается целесообразным использовать градацию технологий по производственному принципу и рассматривать следующие группы: *процессные, базовые и прорывные технологические направления* (инновации).<sup>281</sup> При анализе рисков также рассматривается понятие «подрывных» технологий.

**281. Процессные инновации** — технологии, являющиеся чаще всего частью, а не конечной целью производственного процесса, направленные на его оптимизацию, повышение эффективности в рамках сложившихся систем и технологических комплексов.

Такие технологии обычно позволяют повышать эффективность в экономическом плане (снижение эксплуатационных или капитальных затрат), технологическом (повышение энергоэффективности, мощности, точности отображения данных и т.д.).

**Базовые инновации** — основополагающие инновационные технологические направления, наиболее эффективные на данный момент времени и являющиеся основой для совершенствования существующих и для разработки новых модифицированных технологий в рамках современных условий развития отрасли.

**Прорывные инновации** — технологии, ранее не реализуемые, или реализуемые на недостаточном уровне, обладающие уникальными характеристиками, которые способны качественно улучшить условия производства, тем самым обеспечивая наиболее выгодные конкурентные преимущества. Как правило, на них направляются основные усилия и НИОКР по следующим причинам:

- уникальная эффективность технологии в области ее экологической составляющей (для энергетики: технологии улавливания и хранения углерода (CCS), «чистое» сжигание угля).
- технология, позволяющая получить доступ к неосвоенным крупным ресурсам (углеводородным (Арктические шельфы) или возобновляемым (оффшорная энергетика)).
- передовая технология с точки зрения ее технологических характеристик.

**В целом, введение градаций технологий сегодня остается ситуативным, обусловлено задачами проводимого исследования и не представлено четким понятийным аппаратом.**

При общем анализе перспектив развития МЭК, в рамках *иерархической системы градации* могут быть выделены *перспективные, ключевые, критические и прорывные технологические направления*.

Под **перспективным** технологическим направлением понимается направление, существующее или планируемое к внедрению, рассчитанное на будущие возможности его эффективного использования с какой-либо точки зрения (экономической, технической, экологической и др.).

Технологические направления, имеющие стратегическое значение для развития какого-либо экономического субъекта могут быть **ключевыми** и **критическими** в зависимости от уровня значимости (приоритетности).

**Ключевое направление НТР** характеризуется важностью для достижения желаемых целевых показателей (уровня развития) рассматриваемого объекта в тот или иной временной период. Понятие ключевых направлений НТР шире, чем критических.

**Критическое**<sup>282</sup> **направление НТР** обладает приоритетностью и представляет технологии, без которых достичь желаемых целевых показателей (уровня развития) рассматриваемого объекта в тот или иной временной период считается невозможным. Критические направления могут быть определены на основе следующих критериев:

- *взаимосвязь с другими направлениями* (влияние на них, угроза эффективности их развития в его отсутствии);
- *невозможность замещения* критического направления;
- *высокая вероятность технологического прорыва*<sup>283</sup> и/или качественного перехода в рамках данного направления (или посредством его развития) в долгосрочной перспективе;
- *высокий уровень возможного влияния на структуру энергетических рынков в будущем.*

282. Термин «критические технологии» («critical technologies») берет свое начало от так называемых критических материалов — в середине XX в. так назывались не производившиеся в США, но необходимые для эффективного функционирования вооруженных сил стратегические материалы, пятилетний запас которых должен был иметься в стране на случай возможных военных конфликтов. Критические технологии — технологии, имеющие важное социально-экономическое значение или важное значение для обороны страны и безопасности государства.

283. Под технологическим прорывом подразумевается прорыв в какой-либо области в результате использования технологий (например, технологический прорыв в медицине за счёт применения современной техники), или крупное открытие, коренным образом влияющее на все сферы жизни (изобретение двигателя внутреннего сгорания).



**Рис. 17.5. Определение критических направлений технологического развития**  
 Источник: составлено М. В. Афанасьевой.

Под **прорывным технологическим направлением НТР** понимается направление, ранее нереализуемое или реализуемое на недостаточном уровне, обладающее уникальными характеристиками, включающее технологии, которые при их реализации, способны качественно улучшить условия производства, тем самым обеспечивая наиболее выгодные конкурентные преимущества.<sup>284</sup> На рис. 17.5 представлена общая схема определения и соотношения указанных технологических направлений развития мировой энергетики.

На основании *перечня существующих тенденций технологического развития* в различных областях МЭК, которые, предположительно, будут доминировать в рамках нового технологического уклада, целесообразно выделять *ключевые направления технологического развития МЭК* и уже на следующем этапе проводить определение *критических технологических*.

В таблице 17.2 представлен перечень критических направлений НТР с распределением относительно отраслей МЭК.

284. Примером таких технологий служат технологии улавливания и захоронения углерода (Carbon Capture and Storage, CCS), обеспечивающие уникальную эффективность с экологической точки зрения, технологии, позволяющие получить доступ к крупным запасам ресурсов (углеводородным (арктические шельфы) или возобновляемым (оффшорная энергетика)).



Таблица 17.2

### Критические технологические направления развития мировой энергетики до 2050 года

Отрасль	Критическое направление
Электро-энергетика	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Smart Grid и технологии оперативно-диспетчерского управления — FACTS и т.п.</li> <li>2. Развитие малой распределенной генерации (Micro Grid) на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ)</li> <li>3. Накопители электроэнергии (аккумуляторы и суперконденсаторы)</li> <li>4. Проводники нового поколения</li> <li>5. Сверхкритическое сжигание угля</li> <li>6. Технологии когенерации и тригенерации</li> <li>7. Модификации технологии кипящего слоя</li> </ol>
Транспорт	<ol style="list-style-type: none"> <li>8. Повышение эффективности двигателей внутреннего сгорания (ДВС)</li> <li>9. Гибриды и электромобили</li> <li>10. Биотопливо</li> <li>11. Топливные элементы</li> </ol>
Технологии добычи новых типов ресурсов углеводородов	<ol style="list-style-type: none"> <li>12. Повышение нефтеотдачи (третичные методы, биотехнологии и т.п.)</li> <li>13. Технологии добычи битуминозных песков и сверхтяжелой нефти</li> <li>14. Технологии глубоководной добычи углеводородов</li> <li>15. Технологии добычи нефти и газа в Арктике</li> <li>16. Технологии добычи сланцевого газа и нефти (горизонтальное бурение, ГРП, пропановый фрекинг, поинтервальное ГРП)</li> <li>17. Технологии добычи угольного метана (шахтный и скважинный способы, их модификации)</li> <li>18. Технологии добычи газовых гидратов</li> </ol>
Иные технологии	<ol style="list-style-type: none"> <li>19. Технологии улавливания и захоронения углерода (Carbon Capture and Storage, CCS)</li> <li>20. Пассивные и активные дома (комплексная энергоэффективность)</li> <li>21. Технологии эффективной передачи энергии на дальние расстояния, включая технологии беспроводной передачи энергии</li> <li>22. Интегрированные системы хранения энергии для ВИЭ (ВИЭ и водород, биотопливо)</li> <li>23. «Умные города» (автоматизированные системы управления тепло-, холодо-, электро- и газоснабжением, а также транспортом)</li> <li>24. Водородные технологии (технологии производства и потребления)</li> <li>25. Развитие технологий добычи угля (роботизированные технологии, технологии подводной добычи, мощные угольные пласты, выбросоопасные угольные пласты)</li> <li>26. Нефтехимия (совершенствование каталитических процессов, развитие мембранных и водородных технологий, более широкое использование био-сырья, CCS для аммиака и др.)</li> <li>27. Сжигание углеводородов (GTL-технологии, синтетический газ (био-газ), технологии газификации угля, жидкие продукты из угля, мульти-топливные технологии)</li> </ol>
Атомная энергетика	<ol style="list-style-type: none"> <li>28. Реакторы на быстрых нейтронах и замкнутый ядерный топливный цикл</li> <li>29. Термоядерные реакторы</li> </ol>
ВИЭ	<ol style="list-style-type: none"> <li>30. Фотоэлементы</li> <li>31. Совершенствование аэродинамических механизмов ветровой энергетики и оффшорная ветроэнергетика.</li> </ol>

Источник: составлено М. В. Афанасьевой

Таблица 17.3

**Сравнительный анализ критических направлений  
технологического развития МЭК**

№	Критическое направление	Оценка	
		Значимость воздействия	Вероятность воздействия
1.	Smart Grid и технологии оперативно-диспетчерского управления	3	5
2.	Развитие малой распределенной генерации (Micro Grid) на основе ВИЭ	2	4
3.	Накопители электроэнергии	3	4
4.	Проводники нового поколения	4	4
5.	Сверхкритическое сжигание угля	2	5
6.	Технологии когенерации и тригенерации	4	5
7.	Модификации технологии кипящего слоя	2	3
8.	Повышение эффективности ДВС	3	3
9.	Гибриды и электромобили	4	4
10.	Биотопливо	4	4
11.	Топливные элементы	3	3
12.	Повышение нефтеотдачи	3	5
13.	Технологии добычи битуминозных песков и сверхтяжелой нефти	2	4
14.	Технологии глубоководной добычи углеводородов	2	4
15.	Технологии добычи нефти и газа в Арктике	2	3
16.	Технологии добычи сланцевого газа и нефти	3	4
17.	Технологии добычи угольного метана	2	4
18.	Технологии добычи газовых гидратов	3	3
19.	Технологии улавливания и захоронения углерода (CCS)	4	5
20.	Пассивные и активные дома	3	4
21.	Интегрированные системы хранения энергии для ВИЭ	3	3
22.	Технологии эффективной передачи энергии на дальние расстояния, включая технологии беспроводной передачи энергии	3	4
23.	«Умные города»	5	4
24.	Водородные технологии	5	3
25.	Развитие технологий добычи угля	3	5
26.	Нефтехимия	5	5
27.	Сжижение углеводородов	4	5
28.	Реакторы на быстрых нейтронах и замкнутый ядерный топливный цикл	4	3
29.	Термоядерные реакторы	5	2
30.	Фотоэлементы	4	3
31.	Совершенствование аэродинамических механизмов ветровой энергетики и оффшорная ветроэнергетика	4	5

Источник: составлено М. В. Афанасьевой

Данные направления являются критическими для дальнейшего развития МЭК, которое в будущем, как ожидается, будет базироваться на комплексном подходе к добыче и использованию энергоресурсов, их диверсификации, что, несомненно, повлечет изменение мирового энергобаланса.

В таблице 17.3 представлены сводные оценки по значимости критических направлений, степени, и вероятности их воздействия на МЭК до 2050 года. Большинство критических направлений будут фигурировать в долгосрочной перспективе, воздействие многих из них, по существующим прогнозам, простирается за горизонт 2050 года. Наибольшее влияние на структуру МЭК будет оказано в случае ухода от современного энергобаланса и глобального развития альтернативных направлений, чем обусловлено возможное угасание «углеродных» направлений после 2025-2030 гг. Многовариантность существующих прогнозов и сценариев НТР не позволяет дать точную оценку, однако, на базе широко спектра различных источников, представляется возможность определения и систематизации ключевых тенденций для формирования общих прогнозов, что уже сегодня позволяет получить возможность «наблюдения» технологической картины будущего МЭК.

Среди прорывных направлений НТР МЭК, согласно обозначенной системе определений, можно выделить следующие:

1. Smart Grid и технологии оперативно-диспетчерского управления — FACTS и т.п.
2. Развитие малой распределенной генерации (Micro Grid) на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ)
3. Проводники нового поколения
4. Топливные элементы
5. Технологии глубоководной добычи углеводородов
6. Технологии добычи нефти и газа в Арктике
7. Технологии добычи газовых гидратов
8. Технологии улавливания и захоронения углерода (Carbon Capture and Storage, CCS)
9. Водородные технологии (технологии производства и потребления)
10. Термоядерные реакторы
11. Фотоэлементы
12. Совершенствование аэродинамических механизмов ветровой энергетики и оффшорная ветроэнергетика.

Они, в случае реализации, смогут сыграть ключевую роль для развития МЭК в рамках нового технологического уклада.

*Трансформация технологического лидерства в ключевой аспект геополитического влияния и конкурентного преимущества в современных условиях развития означает необходимость постановки долгосрочных задач не только обеспечения энергетического комплекса высокоэффективными научно-техническими решениями в объемах, необходимых для поддержания энергетической безопасности стран, но и развитие разработок и направлений, обеспечивающих их конкурентные преимущества и возможность импортозамещения и экспорта технологических решений. Бенчмаркинг в области технологических инноваций сегодня оказываются все более востребованными для энергетических компаний.*

Реализация инновационной политики не представляется возможной **без создания эффективной государственной платформы для развития энергетических компаний** (не только commodities, но и малого, и среднего инновационного сегмента), а также обеспечения диверсификации их производства и защиты интересов стран.

**В современных условиях для обеспечения технологической безопасности и** успешного технологического развития в долгосрочной перспективе для **субъектов МЭК актуальным является:**

- **определение ключевых технологий для решения проблем импортозамещения** необходимого оборудования для энергетического сектора и обеспечения требуемых условий энергетической безопасности страны,
- **создание информационных систем в области технологических решений** с возможностью многостороннего анализа инноваций энергетического сектора и создания высокоэффективных технологических систем.
- **создание стратегических синергетических альянсов**, реализация совместных (в т.ч. международных) инфраструктурных и производственных проектов.

## ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЫНКОВ: НОВЫЙ ЭТАП ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Значительные изменения, происходящие в настоящее время в мировой экономике, очевидно, характеризуют переход к иной системе международных экономических отношений и пересмотру долгосрочных стратегий развития как отдельных стран, так и глобальных рынков.

Сдвиг экономического роста в сторону Азии в ближайшие 20 лет и перспективы Индии как крупнейшей по населению (после 2040 года) страны мира означают изменение парадигмы развития мировой экономики и сдвиг центра роста в Азиатский регион, что повлечет за собой и перераспределение энерготранспортных потоков в сторону наиболее привлекательных и премиальных рынков (рис. 18.1).



Рис. 18.1. Внутренний валовой продукт (ВВП) по странам, млрд долл. США.

Глобальная экономика в 2016 году — 74 трлн долл.

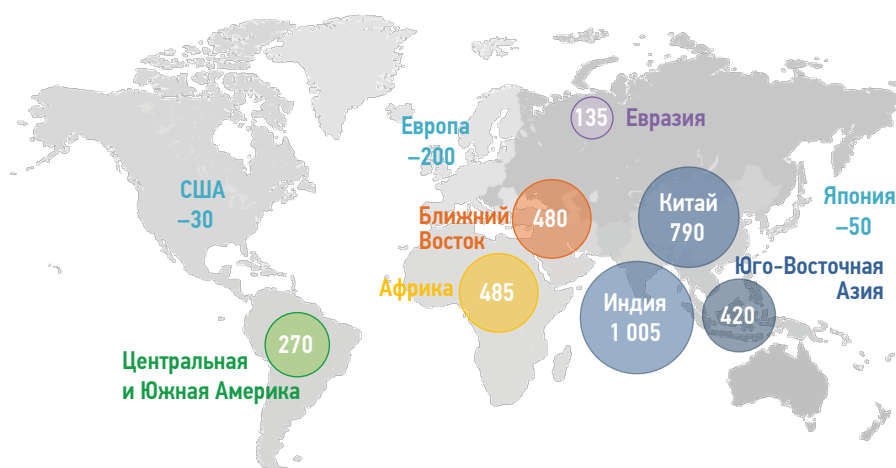
Источник: World Development Indicators, World Bank, 2017.

Подобные изменения затрагивают и мировую энергетику, в которой наблюдаются противоречивые тенденции развития, отражающие общие проблемы, связанные с низкими темпами экономического развития и невысоким уровнем спроса на энергоресурсы в последние годы и ближайшем будущем, а также неравномерность развития регионов мира.

Основными драйверами трансформации мирового энергетического сектора являются такие факторы, как технологическое развитие, сокращение ресурсов и изменение климата, рост населения в развивающихся регионах — Азии, Африке и Латинской Америке, ускорение процессов урбанизации и стремительное увеличение доли городского населения в мире одновременно с возрастающей потребностью в обеспечении энергоресурсами.

Согласно Прогнозу мировой энергетики WEO-2017, наибольший прирост спроса на энергоресурсы — почти 30 % от мирового — в период до 2040 года придется на Индию, чья доля в мировом энергопотреблении составит 11 % (при прогнозируемой численности населения в 18 % от мирового уровня) (рис. 18.2).

Китай, особенно после решений 19-го съезда Коммунистической партии, который состоялся в октябре 2017 года, и в соответствии с принятым 13-м пятилетним планом (2016-2020 гг.) вступает в новую фазу своего развития. Предусматривается, что темпы роста ВВП за этот период составят 6,5-7 % в год, что, по мнению руководства страны,



**Рис. 18.2. Энергопотребление в мире (2016-2040), (млн т н.э.)**

Источник: Прогноз мировой энергетики (WEO 2017) (МЭА, 2017).

оптимально для реализации поставленных задач — реструктуризация экономики и создания новой модели экономического развития, а также формирование внутреннего спроса через создание «общества среднего достатка». Решать эту задачу планируется через сокращение количества бедных в стране, ускоренную урбанизацию, повышение уровня жизни около 70 млн человек в год и т.д. Предполагается, что эти и другие меры будут способствовать созданию емкого внутреннего рынка, что в перспективе может снизить зависимость КНР от внешних рынков. Эти цели могут быть достигнуты только при кардинальном изменении энергетической политики. Прежняя ориентация на развитие тяжелой индустрии, расширение транспортной инфраструктуры и экспорт промышленных товаров позволило избавить миллионы людей от бедности, в том числе и энергетической, но оставила стране в наследство энергосистему, основанную преимущественно на нефти и угле, а также серьезные экологические проблемы, из-за которых ежегодно преждевременно умирают почти 2 миллиона человек. Поставленные цели — «энергетическая революция», «борьба с загрязнением» и переход к новой экономической модели — более ориентированы на услуги и задают новый вектор развития энергетического сектора. Через пять лет Китай намерен получить собственное производство процессоров, добиться мирового лидерства в химической промышленности, технологии связи, космосе, интернете, программном обеспечении, электронике, промышленной и строительной 3D-печати, бытовой электронике, авиастроении. Эти задачи потребуют сфокусировать национальную энергетическую политику на дальнейшем развитии электроэнергетического сектора с использованием более эффективных, экологически приемлемых энергоресурсов — низкоуглеродном природном газе и возобновляемых источниках энергии, а также повышении энергоэффективности и использовании цифровых технологий. Рост спроса на энергию заметно замедлился — с 8% в среднем за год в 2000-2012 гг. до менее 2% за год после 2012 года, а по прогнозу МЭА он продолжит замедляться в среднем до 1% в год до 2040 года. Это стало возможным в результате применения регуляторных мер в области энергоэффективности, тем не менее, к 2040 году энергопотребление на душу населения в Китае превысит потребление в Европейском Союзе.

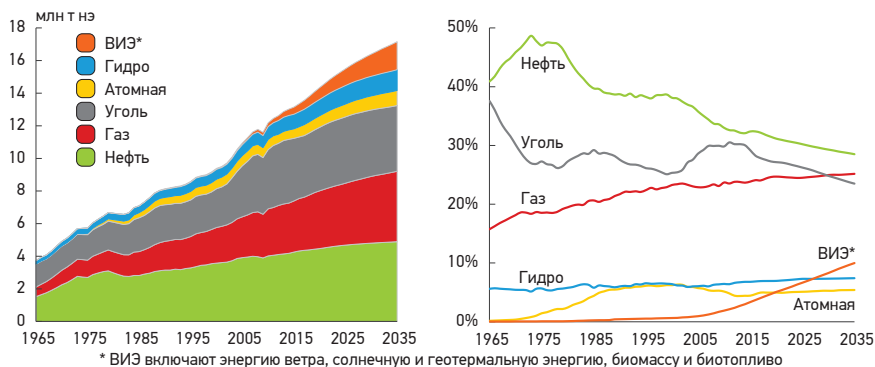
Новая энергетическая политика Китая окажет значительное влияние на формирование мировых тенденций в области энергетики могут стать катализатором перехода к «чистой» энергетике. Согласно Прогнозу мировой энергетики (WEO-2017) Международного Энергетического Агентства, треть новых мировых солнечных и ветровых



электростанций будет установлена в Китае, на него придется также более 40% мировых инвестиций в электромобили. Китай может обеспечить четверть прогнозируемого роста мирового потребления природного газа, а его импорт составит 280 млрд м<sup>3</sup>, уступив лишь странам Европейского Союза, что превращает Китай в ключевого игрока в глобальной торговле природным газом. Китай опередит США по потреблению нефти к 2030 г., а его чистый импорт, достигнет 13 млн барр./д в 2040 году. Но, с учетом жесткой политики в области эффективности моторного топлива для легковых и грузовых автомобилей и роста доли электромобилей до 25% от общего автопарка к 2040 году, Китай перестает быть основной движущей силой нефтепотребления в мире — после 2025 года Индия перегонит его. На рынке угля Китай по-прежнему сохранит внушительное присутствие, но до 2040 года уровень потребления угля сократится почти на 15%.

Кроме Китая и Индии, и другие страны Юго-Восточной Азии продемонстрируют значительный рост спроса на энергию — здесь он растет вдвое быстрее, чем в Китае. В целом на развивающиеся страны Азии приходится две третьих роста мирового спроса, а остаток распределяется в основном между Ближним Востоком, Африкой и Латинской Америкой.

Проблемы глобального потепления, выбросов вредных веществ и парниковых газов в атмосферу предопределили необходимость сокращения доли углеводородных ресурсов в мировой энергетике и более широкого использования возобновляемых источников энергии, а в долгосрочном периоде — формировании низкоуглеводородной энергетики (рис. 18.3).



**Рис. 18.3. Прогноз первичного потребления энергоносителей в мире до 2035 года (млн т н.э.)**

Источник: BP Energy Outlook 2017.

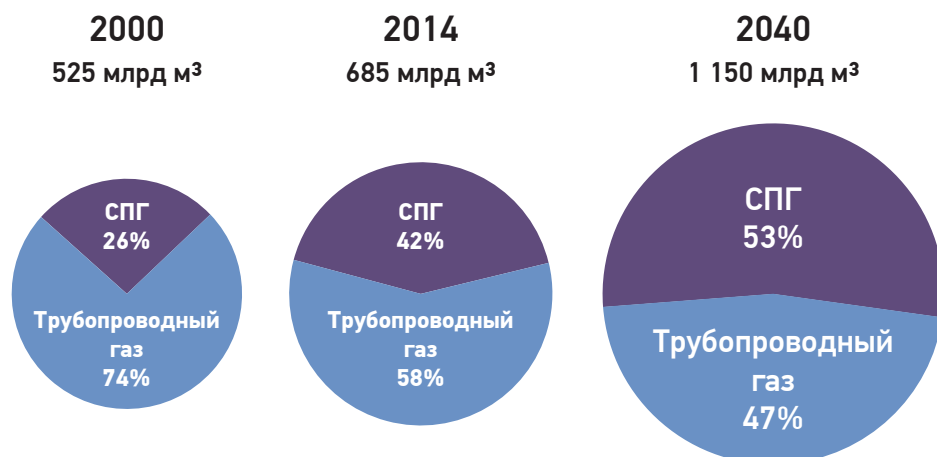
Однако до 2040 года доля нефти в мировом энергобалансе сохранится на уровне около 25 %, при этом ее использование в производстве электроэнергии будет максимально сокращено. В области моторных топлив межтопливная конкуренция будет возрастать, вытесняя нефтепродукты за счет биотоплив, сжиженных моторных топлив на основе газа, гибридных двигателей и электромобилей.

Среди углеводородных ресурсов наилучшие перспективы имеет природный газ, как в области производства топлива для транспорта, так и в электрогенерации, благодаря экологической приемлемости, экономической эффективности и большим мировым запасам. Он, как самый низкоуглеродный энергоресурс, усилит свои позиции в глобальной энергетической структуре, станет вторым по величине топливом после нефти в глобальном энергобалансе и будет обеспечивать до четверти мирового спроса на энергию к 2040 году. Не говоря уже о экономической эффективности использования природного газа, следует отметить, что в последние годы развиваются технологии по минимизации утечек в атмосферу метана по всей производственной цепочке. В соответствии с Прогнозом мировой энергетики (МЭА, 2017), 40-50 % этих выбросов могут быть ликвидированы с нулевыми чистыми затратами, поскольку стоимость уловленного метана может покрыть стоимость необходимых мер, а их реализация окажет такое же влияние на снижение средней глобальной температуры у поверхности Земли к 2100 году, как и закрытие всех существующих угольных электростанций в Китае.

Надо отметить, что природный газ играет важную роль в энергетических системах с большой зависимостью от угля (как в Китае и Индии), где возобновляемые альтернативы не очень доступны (особенно в некоторых секторах промышленности), или там, где требуется сезонная гибкость для встраивания в систему высокой доли переменной генерации на основе возобновляемых источников. Развивающиеся страны, и прежде всего, Китай, Индия и другие азиатские страны, будут генерировать до 80 % спроса на газ в период до 2040 года.

Особая роль в будущем мировом балансе энергопотребления отводится СПГ, поскольку именно он обеспечивает растущие потребности тех регионов, где отсутствует или неразвита трубопроводная инфраструктура, но имеются возможности по строительству заводов по регазификации — это прежде всего страны Азиатского региона. Стре-

мительному развитию глобального рынка СПГ способствовал высокий спрос на газ на стабильном платежеспособном рынке прежде всего Японии, а затем и других азиатских стран. С 2005 года число стран-импортеров СПГ выросло с 15 до 40 в настоящее время. И хотя этот рынок очень молодой (первые поставки СПГ были осуществлены в 1997 году из Катар в Японию), на нем уже происходят значительные изменения. Помимо роста поставщиков и потребителей, трансформируется система ценообразования — оно все больше базируется на конкуренции между производителями газа, а не на привязке к нефти. Расширение спотовой торговли на региональных хабах, более гибкие условия контрактов, появление новых экспортеров СПГ, что несомненно подогревает конкуренцию, — все это в перспективе может способствовать развитию более крупного и ликвидного рынка СПГ (рис. 18.4).



**Рис. 18.4. Доля СПГ в долгосрочном прогнозе мировой торговли газом**  
*Источник: Прогноз мировой энергетики (WEO 2017)(МЭА, 2017).*

По прогнозу МЭА, до 2040 года число заводов по производству СПГ удвоится, при этом лидерами станут США и Австралия, за ними последуют Россия, Катар, Мозамбик и Канада.

Одним из преимуществ СПГ является возможность его использования для компенсации в энергогенерирующих системах (например, при выводе из эксплуатации старых генерирующих мощностей на угле, если нет широких возможностей перехода на другие виды топлива в некоторых странах).

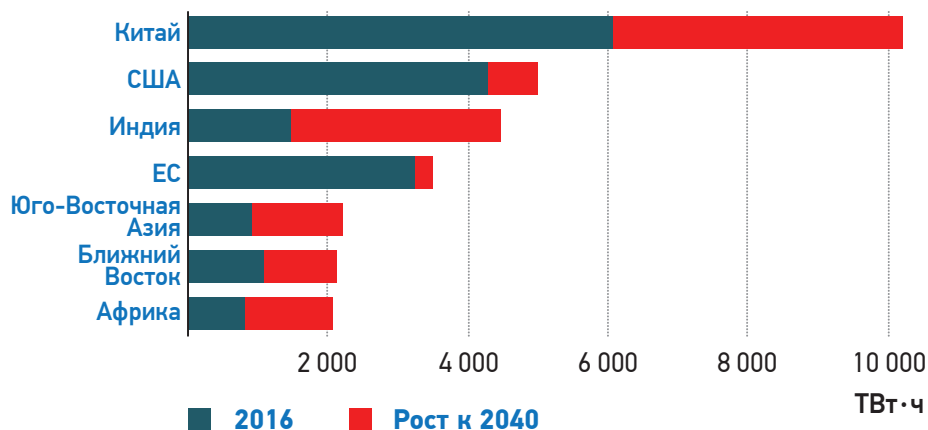
Уголь, несмотря на высокий уровень выбросов вредных веществ, будет использоваться в производстве электроэнергии отдельных стран

с большими запасами (например, Китае) и растущим спросом на энергоресурсы, при этом необходимо внедрять новейшие технологии (например, улавливания и хранения CO<sub>2</sub>) и оборудование для сокращения выбросов вредных веществ в атмосферу. С 2000 года до настоящего времени мощности угольной генерации выросли почти на 900 гигаватт (ГВт), но чистый прирост к 2040 году составит лишь 400 ГВт. Например, в Индии доля угля в структуре электрогенерации сократится с трех четвертей в 2016 году до менее половины в 2040 году.

Атомная энергетика, способная генерировать большие объемы электроэнергии по приемлемым для потребителя ценам, после аварии на Фукусиме потеряла свою привлекательность для целого ряда стран, в основном, развитых, которые предпочли более дорогие, но безопасные энергоресурсы. Тем не менее, по среднесрочным (20-25 лет) прогнозам развивающиеся страны Азии будут развивать атомную энергетику для удовлетворения быстро растущего спроса.

Солнечная и ветровая генерация являются наиболее перспективными источниками производства электроэнергии, хотя их использование ограничено такими факторами как географическое положение и климатические особенности, а также высокая стоимость электричества и необходимость государственной поддержки в виде субсидий или специальных программ. Тем не менее, отдельные страны, например, Германия, уже наглядно демонстрируют успехи в области возобновляемой электрогенерации, хотя в этом секторе есть и сложности — это неспособность ВИЭ обеспечивать постоянную генерацию и отсутствие возможности хранить производимую энергию, что ограничивает использование ВИЭ локальными или региональными рынками.

В целом, согласно Прогнозу мировой энергетики (WEO-2017), к 2040 году основным энергоресурсом в конечном энергопотреблении станет электричество, вытеснив с этой позиции нефть, что отражает тенденцию роста спроса на электроэнергию в промышленном секторе (рост промышленного оборудования и технологических систем на электродвигателях), транспорте (электромобили, железная дорога, городской транспорт — метро, трамваи, троллейбусы и пр.) и в домохозяйствах (бытовая техника, кондиционирование и отопление, системы «умных» устройств, гаджеты и д.). При этом наблюдается процесс быстрого внедрения новых энергоэффективных технологий в области возобновляемой энергетики и снижение стоимости как оборудования (особенно в области солнечной и ветровой энергетики), так и электроэнергетики (рис. 18.5, 18.6).



**Рис. 18.5. Рост производства электроэнергии по регионам (ТВт; 2016-2040 гг.)**

Источник: Прогноз мировой энергетики (WEO 2017)(МЭА, 2017).



**Рис. 18.6. Производство электроэнергии по секторам (к 2040 г.)**

Источник: Прогноз мировой энергетики (WEO 2017)(МЭА, 2017).

Исследователь-футурист Тони Себа<sup>285</sup> в своей книге «Чистый прорыв — почему энергия и транспорт устареют к 2030 году», выпущенной в 2016 году прогнозирует, что «в ближайшие 5-10 лет мы увидим более значительные технологические прорывы, чем за последнее столетие, со времен изобретения двигателя внутреннего сгорания и централизованной системы энергоснабжения» и рассматривает несколько областей, в которых возможен радикальный технологический прорыв

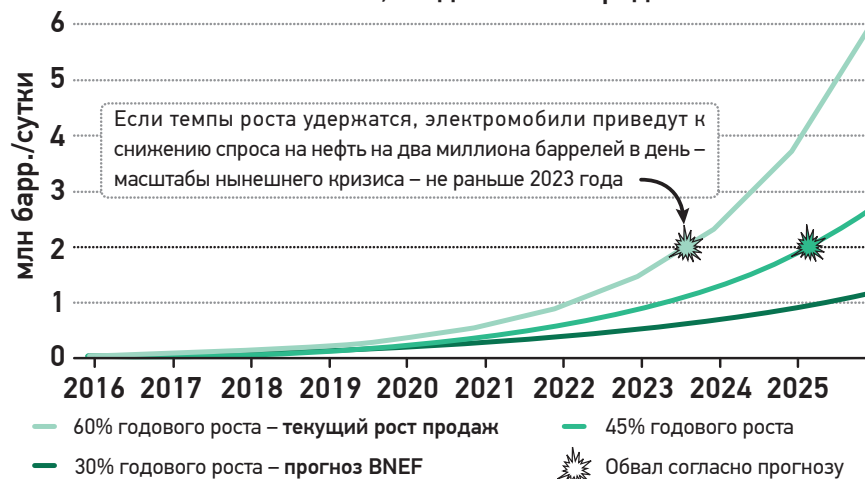
285. <https://tonyseba.com/>

в ближайшие годы, — прежде всего, это электромобили, беспилотники, солнечная энергетика, накопители энергии- аккумуляторы большой емкости. Он считает, что к 2030 году 95 % людей не будут иметь личные автомобили, а электромобили похоронят нефтеиндустрию. Это, конечно, очень амбициозный прогноз. Но, тем не менее, в условиях усиления процесса урбанизации, роста городов-миллионников и повышения мобильности населения наиболее экономичным, экологически приемлемым видом транспорта будет транспорт на электроэнергии — метро, троллейбусы, трамваи, электробусы, легкая железная дорога — и, конечно, электромобили, в том числе беспилотные. Тони Себа анализирует потенциал электромобилей и отмечает, что их использование принесет ряд несомненных преимуществ и изменит потребительское поведение. В настоящее время личные автомобили до 95 % времени находятся на парковках или стоянках (например, в рабочее время их владельцев), зато в часы пик создаются многочасовые пробки, которые приводят к увеличению выбросов вредных веществ в атмосферу, с одной стороны, и к потере времени автомобилистов. Транспорт на электричестве, управляемый «умными городскими системами» в сочетании с быстроразвивающимся сервисом совместного использования автомобилей (кар-шеринг) позволит увеличить количество человек на один автомобиль, сократить пассажиропоток и снизить загрязнение окружающей среды. К тому же электромоторы в несколько раз эффективнее двигателей внутреннего сгорания, и их в 10 раз дешевле заправлять.

Разброс прогнозов будущего использования электромобилей в мире очень широк — от 1-2 % (ОПЕК, ExxonMobil, ConocoPhillips) до 2/3 от общего парка автомобилей к 2050 году (Carbon Tracker and the Grantham Institute at Imperial College London, 2017). ОПЕК считает, что к 2040 году электрические транспортные средства составят всего 1 % автомобилей. В прошлом году главный исполнительный директор ConocoPhillips Райан Лэнс заявил, что электромобили не окажут существенного влияния еще 50 лет: вероятно, до конца его жизни.

Однако, согласно исследованиям в области рынка электрических транспортных средств компании Bloomberg New Energy Finance (BNEF), к 2020 году электромобили сравняются в цене с автомобилями с двигателями внутреннего сгорания, а к 2040 году займут 35 % всех продаж новых автомобилей в мире.

**Количество нефти, которое будет вытеснено электромобилями, зависит от того, когда взлетят продажи**



**Рис. 18.7. Сценарии роста продаж электромобилей в мире до 2025 года**  
 Источник: Bloomberg New Energy Finance.

Продолжаются и дискуссии о том, насколько стремительное распространение электромобилей повлияет на добычу и цены на нефть и как скоро наступит «конец нефтяной эры»? Рис. 18.7

Анализ BNEF фокусируется на общей стоимости владения электрокарами, в которую входят не только начальная цена, но и техническое обслуживание, расходы на топливо и, самое главное, стоимость аккумуляторных батарей, которая составляет примерно треть от стоимости электромобиля. Однако для широкого распространения этого вида транспорта необходимо как поддержка производителей со стороны правительств, так и программы стимулирования потребителей. Важным фактором, который может повлиять на темпы распространения электромобилей, является стоимость ресурсов, необходимых для производства как самого автомобиля, так и батарей, прежде всего металлов. Резкий спрос на них может привести к скачку цен на сырье и, соответственно, конечную стоимость самих электромобилей.

Еще один принципиальный вопрос — используемая электроэнергия. Согласно тому же источнику, к 2040 году электромобили будут потреблять 1900 ТВт/ч электроэнергии (приблизительно 10 % мирового производства электроэнергии в 2015

году). Оптимистичные прогнозы предполагают, что это будет «чистая» возобновляемая энергетика, что в значительной степени сократит



выбросы в атмосферу. Еще одним преимуществом электромобилей является их потенциальное использование в качестве накопителей электроэнергии в условиях «умных городов» и «умных сетей».

Вектор развития мировой энергетики будет в значительной степени определяться технологическим укладом развития мировой экономики. Появление IT — технологий и интернета вместе с мобильной связью, мощнейшими процессорами для анализа информации и новые, «облачные», технологии хранения этой информации, появившиеся за последние 15-20 лет, революционно меняют традиционный уклад мировой энергетики.

Своеобразным прорывом является и изменение позиций в рейтинге ведущих компаний мира по капитализации по итогам 2016 года.

Важной стороной технологических прорывов являются также инновации в бизнес-моделях ведущих мировых компаний и стремительное развитие отдельных отраслей (высокотехнологичных, в основном, связанных с IT, коммуникационным сетями и облачными хранилищами. В 2016 году высокотехнологичные компании сектора услуг впервые обогнали по капитализации «тяжеловесов» фондовых рынков — нефтяные компании и банки (Рис. 18.8).



**Рис. 18.8. Капитализация ведущих компаний мира в 2006–2016 гг.**

Источник: <http://www.visualcapitalist.com/visual-capitalist-top-infographics-of-2016/>.

«Дальнейший путь будет для нефтяных мейджоров очень трудным, — цитирует The Wall Street Journal адъюнкт-профессора финансов University of Notre Dame Джанну Берн<sup>286</sup>. — До сих пор их главным лозунгом был: «Сокращай расходы, персонал, число буровых и жди более высоких цен». Но не похоже, что их получится дожидаться в обозримой перспективе».

Трансформация потребительских рынков происходит стремительно. В то время как сырьевой сектор мировой экономики продолжает во многом зависеть от ценовых циклов и экономической нестабильности, технологический извлекает уроки из кризиса «дот-ком» конца 1990-х гг. В настоящее время наиболее перспективных направления — расширение возможностей для мобильных устройств и гаджетов, облачные технологии и обработка больших массивов информации («big data»). Технологические компании внедряются во все новые сферы, прикладывая свои разработки там, где еще вчера доминировали традиционные компании. Alphabet и GlaxoSmithKline объявили о создании совместного предприятия для разработки биоэлектронных лекарств.

Например, «Google» собирается с 2018 года полностью перейти на «зеленую» энергетику и инвестировала более \$2,5 млрд в различные проекты альтернативной энергетики, в научных исследованиях по охране окружающей среды и в области геотермальной энергетики. Компания получила патент на плавучие дата-центры — баржи с серверами на борту, которые получают питание от энергии волн. Но в перспективе, если идея получит распространение, то Google может развернуть в мировом океане целый флот на собственных источниках энергии. Правда, его будет проблематично подключить к интернету, разве что по спутниковым каналам. Кстати, именно Google финансирует проект Илона Маска по запуску на орбиту 4425 спутников связи, которые предоставят услуги высокоскоростного доступа в интернет в глобальном масштабе в частотных диапазонах Ku (10,7–18 ГГц) и Ka (26,5–40 ГГц). Компания совершила прорыв в сфере предоставлении услуг по снабжению электроэнергией потребителей, потеснив традиционные сетевые компании<sup>287</sup>.

---

286. «Amazon и Facebook обогнали по капитализации крупнейшую нефтегазовую компанию», Ведомости, 2 августа 2016, <https://www.vedomosti.ru/finance/articles/2016/08/02/651355-exxonmobil-viletela-pyaterki-samih-dorogih-publichnih-kompanii-ssha>.

287. <https://geektimes.ru/post/283460/>.

И другие IT-компании следуют этому примеру. Amazon ожидает по итогам 2016 года превзойти уровень 40 % потребления энергии от возобновляемых источников и в последнее время анонсировала пять проектов солнечных электростанций. Microsoft с потреблением 3,3 ТВт/ч в год планирует выйти на уровень 50 % в 2018 году.

Новые технологии генерации электроэнергии и децентрализация систем ее распределения создают возможности для появления новых «умных» сетей и «умных» домов, а в области разработки и добычи углеводородов — «умных скважин». Энергоэффективность, возобновляемые технологии и изменение потребительских предпочтений (например, использование «зеленой» энергетики) приведут к трансформации в области электрогенерации и дистрибуции электроэнергии — от крупных традиционных электростанций и централизованных распределительных сетей к локальному производству электричества и управлению спросом в автономных сетях, что повысит безопасность и надежность энергоснабжения. Для стран Азии и Африки с неразвитой энергетической инфраструктурой такая инновационная модель позволит обеспечить доступ к энергоресурсам значительной части населения.

Прорывные IT-технологий стремительно проникают во многие сферы жизни — от финансовых рынков до систем снабжения энергией. Потенциал применения технологии блокчейн в энергетике — огромен. Это и управление запасами и активами, организация транспорта и логистика, оптимизация закупок и сбыта. Но наиболее глубоким будет влияние блокчейна на механизмы торговли энергоресурсами, которые приобретут новые формы. Это же относится к биржам, хабам и другим объектам инфраструктуры организованной торговли газом, которые сегодня выполняют удостоверяющую и клиринговую роль, вознаграждаемую за счет транзакционных издержек участников рынка. Явным преимуществом блокчейна является то, что вся энергия, поставляемая по сетям, может быть четко отнесена к отдельным клиентам в самые короткие временные периоды (вплоть до минутных таймфреймов). Это означает, что вся произведенная и потребляемая энергия будет реализована очень точно по дифференцированным ценам. Физический поток энергии будет идти к конечному потребителю непосредственно от ближайшего производителя.

Происходит и трансформация в сфере предоставлении энергетических услуг — потребитель в системе «умных сетей» становится и производителем, используя возможность реализации излишков произведенной им энергии — изменяется и терминология.

Блокчейном уже пользуются некоторые банки и компании (мы уже упоминали компанию Google. Кроме того, в первом полугодии 2017 года:

- Швейцарский трейдер Mercuria провел пилотную сделку по торговле нефтью из Анголы в Китай;
- Французские и голландские банки отработали технологию обработки документации танкерной поставки СПГ;
- В Канаде крупнейший биржевой оператор TMX Group Ltd объявил о начале в пилотном режиме экспортных торгов газом американским потребителям.

Блокчейн не только изменит энергетический рынок, но и сделают энергоресурсы более дешёвыми, что, в конце концов, должно увеличить ликвидность всего рынка

Одним из наиболее перспективных направлений технологического развития становится использование разработка природоподобных технологий и материалов, которые не наносят ущерб окружающей среде окружающему миру и позволят соблюдать баланс между биосферой и техносферой.

Эффективное и рачительное пользование природными ресурсами в соответствии с государственными программами, разрабатываемыми во многих странах, позволят рационально использовать природные ресурсы и снижать энергопотребление.

В целом, мир сегодня стоит на пороге глобального технологического перехода, скорость наступления которого предстоит ощутить и проанализировать поколению молодых исследователей постуглеводородной экономики.

## ИСТОЧНИКИ И ЛИТЕРАТУРА

### К главам 1-5

1. IEA World Energy Outlook Special Report 2015.
2. IEA World Energy Outlook Special Report 2013.
3. IEA World Energy Outlook 2016
4. [http://www.euractiv.com/section/climate-change/opinion/embargo-wednesdaymagic-tricks-in-the-forest-when-member-states-make-their-emissions-vanish/?nl\\_ref=32771729](http://www.euractiv.com/section/climate-change/opinion/embargo-wednesdaymagic-tricks-in-the-forest-when-member-states-make-their-emissions-vanish/?nl_ref=32771729)
5. «Leaked paper exposes EU countries' abuse of climate loophole». EURACTIV.com: <http://eurac.tv/7nbm>
6. Energy Roadmap 2050. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS (COM/2011/0885 final).
7. European Energy Security Strategy. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL. Brussels, 28.5.2014 COM (2014) 330 final.
8. A policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS (COM/2014/015 final).
9. Council Directive 2009/119/EC of 14 September 2009 imposing an obligation on Member States to maintain minimum stocks of crude oil and/or petroleum products.
10. Second Report on the State of the Energy Union. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE, THE COMMITTEE OF THE REGIONS AND THE EUROPEAN INVESTMENT BANK.
11. Second Report on the State of the Energy Union. Communication from the commission to the European parliament, the Council, the European economic and social committee, the Committee of the regions and the European investment bank. Brussels, 1.2.2017. Com (2017) 53 final
12. A Framework Strategy for a Resilient Energy Union with a Forward-Looking Climate Change Policy. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE, THE COMMITTEE OF

THE REGIONS AND THE EUROPEAN INVESTMENT BANK. Brussels, 25.2.2015 COM (2015) 80 final.

13. DIRECTIVE 2009/28/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC.
14. Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the promotion of the use of energy from renewable sources. Brussels, 30.11.2016 COM (2016) 767.
15. [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/set-plan\\_progress\\_2016.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/set-plan_progress_2016.pdf).
16. <http://mission-innovation.net/about/>.

## К главе 6

1. Еремин С.В., «Рынки природного газа в условиях региональной экономической интеграции», Нефть, газ и бизнес, 2015. № 7.
2. Asturias J., Impacto de la matriz energetica en el desarrollo sostenible de America Latina y el Caribe, XII Curso de Invierno de Derecho Internacional Investigación sobre Desarrollo Sostenible y Matriz Energética Latinoamericana, OLADE, Ciudad Brasil, 11 Julio 2016 // [http://www.kas.de/wf/doc/kas\\_19741-1442-4-30.pdf?160718213947](http://www.kas.de/wf/doc/kas_19741-1442-4-30.pdf?160718213947)
3. Wertheim P.H., "Accord signed for Venezuela-Argentina Gasline", Oil & Gas Journal, vol.104, # 2, 2006, p.28.
4. Boyadjian C., «Vaca Muerta ya tiene pozos con niveles récord de producción», Diario Clarin Economía, 26/02/2017 // [https://www.clarin.com/economia/economia/vaca-muerta-pozos-niveles-record-produccion\\_0\\_S101o-Cte.html](https://www.clarin.com/economia/economia/vaca-muerta-pozos-niveles-record-produccion_0_S101o-Cte.html)
5. Castillo E., «El sector energético en América Latina y el Caribe: retos y perspectivas integracionistas tipo ALBA», 22 de mayo de 2012, <http://www.monografias.com/trabajos93/sector-energetico-america-latina-y-caribe/sector-energetico-america-latina-y-caribe.shtml#ixzz4vhLYNasF>
6. Sanz R., «La Integración del Sector Energético de América del Sur. Mercados energéticos», 7 de marzo de 2002, Miami, Florida US // [http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno02/sicsadi/Estudio\\_Bibliografico.html](http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno02/sicsadi/Estudio_Bibliografico.html)
7. Casarin A.A., Nicollier L.A., Gas Market Integration in the Southern Cone, A case study prepared for the International Gas Union's Gas Market Integration Task Force
8. Департамент энергетический информации США <http://www.eia>.

gov/pub/oil\_gas/natural\_gas/analysis\_publications/ngpipeline/impex\_list.html

9. Аргуэльо И., «Ядерная энергетика в Латинской Америке: между экономическим развитием и рисками распространения», Индекс безопасности, № 4 (95), Том 16, с.59-76. // <http://ns2.pircenter.org/media/content/files/0/13406970320.pdf>
10. Cecchi, José Cesário, «INFRAESTRUCTURA Y REGULACIÓN DEL GAS NATURAL EN BRASIL», XIV Reunión Anual de ARIAE Salvador — 29 de abril del 2010 // [www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br)

## К главе 7

1. Паньков В.С. Глобализация экономики: некоторые дискуссионные вопросы// Журнал «Золотой Лев» № 142-143– URL: [http://www.zlev.ru/142/142\\_36.htm](http://www.zlev.ru/142/142_36.htm)
2. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Глобализация>
3. Паньков В.С. Глобализация экономики: некоторые дискуссионные вопросы // Безопасность Евразии. 2008, № 1.
4. Levitt, Th. The Globalization of Markets. N. Y. 1983.
5. Ломакин В.К. Мировая экономика: Учебник для вузов. — М: ЮНИТИ-ДАНА. 2009, 671 с.
6. Подзигун И. М. Глобализация как реальность и проблема//Философские науки. 2013, № 1
7. Паньков В.С. Глобализация экономики: некоторые спорные вопросы — URL: <http://gigabaza.ru/doc/71110.html>
8. В. Л. Иноземцев. Вестернизация как глобализация и «глобализация» как американизация //Вопросы философии. 2004, №4
9. Антонян Г.А. Глобализация как идеология. — URL: [http://www.e-reading.club/chapter.php/100585/17/2009\\_17\\_\(616\).html](http://www.e-reading.club/chapter.php/100585/17/2009_17_(616).html)
10. Воронин С. А. Процесс глобализации или проект неолиберализма? Что нас ожидает// Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Всеобщая история. Выпуск № 4 / 2015
11. Павленко В., Штоль В. Проект «глобализация»: роль и место во всемирно-историческом процессе // ОБОЗРЕВАТЕЛЬ-OBSERVER, 4/2013, с. 6-26 — URL: [http://observer.materik.ru/observer/N4\\_2013/006\\_026.pdf](http://observer.materik.ru/observer/N4_2013/006_026.pdf)
12. Жак Деррида. Глобализация, мир и космополитизм. Космополис № 2 (8), М., 2004, с. 125-140.// Сайт журнала: <http://www.risa.ru/cosmopolis> — URL: <http://ec-dejavu.ru/g/Globalization.html>
13. Тишунина Н. В. Современные глобализационные процессы: вызов,



- рефлексии, стратегии./ В книге: Глобализация и культура: аналитический подход. СПб. Янус, 2003, с. 5-24. — URL: <http://ec-dejavu.ru/g/Globalization.html>
14. Перспективы развития мировой экономики: Слишком долгий период слишком медленного роста. Международный Валютный Фонд | Апрель 2016 — URL: <http://www.imf.org/external/russian/pubs/ft/weo/2016/01/pdf/texttr.pdf>
  15. Мастепанов А.М. О факторах ценообразования на мировом нефтяном рынке и роли сланцевой нефти в этом процессе // Нефтяное хозяйство, №9, 2016, с. 6-10
  16. Мастепанов А.М. О приоритетах мирового развития нефтегазовой отрасли в условиях низких цен на энергоресурсы // Доклад на Международной научно-практической конференции «Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли». Альметьевск, 28 октября 2016 г. Сайт ГУ ИЭС — URL: [http://www.energystrategy.ru/Docs/28\\_10\\_16\\_Mastepanov.pdf](http://www.energystrategy.ru/Docs/28_10_16_Mastepanov.pdf)
  17. Мастепанов А.М. Под знаком технологического фактора. Как будут меняться приоритеты мирового развития нефтегазовой отрасли в контексте сложившейся ситуации на рынке углеводородов? // Нефть России. № 11-12, 2016, с.4-9
  18. Мастепанов А.М. Мировая энергетика — новые вызовы. Доклад на ежегодном форуме Клуба Ниццы.— URL: [http://www.iehei.org/Club\\_de\\_Nice/2010/MASTEPANOV\\_2010.pdf](http://www.iehei.org/Club_de_Nice/2010/MASTEPANOV_2010.pdf)
  19. Энергетика и геополитика — IX Форум «Клуба Ниццы»: некоторые итоги, выводы и комментарии. М., ИД «ЭНЕРГИЯ», 2011, 88 с./ Приложение к общ.- деловому, научному журналу «Энергетическая политика»
  20. Энергетика и геополитика»/под ред. В.В. Костюка и А.А. Макарова. — М., Наука, 2011. 397 с.
  21. Мастепанов А.М. Глобализация и устойчивое развитие — новые вызовы и новые возможности // Энергетическая политика, Выпуск 3, 2012, стр. 12-16
  22. Энергетические приоритеты и безопасность России (нефтегазовый комплекс) / Под общей редакцией А.М. Мастепанова. М.: ООО «Газпром экспо», 2013, 336 с.
  23. Мастепанов А.М. Обеспечение энергетической безопасности: поиск решений в условиях новых вызовов // Neftegaz.RU, № 10, 2015, с. 18-29
  24. Тимофеев, И.Н. Россия и коллективный Запад: новая нормальность: рабочая тетр. № 32/2016 /. Российский совет по международным

- делам. — М.: НП РСМД, 2016. 36 с.
25. Глобальная система на переломе: пути к новой нормальности = Global System on the Brink: Pathways toward a New Normal: пер. с англ. / под ред. А. Дынкина, М. Барроуза; вт. кол. ИМЭМО РАН и Атлантического совета (США). М.: Магистр, 196 с.
  26. Международные отношения: рациональный мировой порядок?: рабочая тетр. № 34/2016 /; РСМД. — М.: НП РСМД, 2016. 40 с.
  27. Harold L. Sirkin, Michael Zinser, and Justin Rose. The Shifting Economics of Global Manufacturing. How Cost Competitiveness Is Changing Worldwide. August 19. 2014. —URL: [https://www.bcgperspectives.com/content/articles/lean\\_manufacturing\\_globalization\\_shifting\\_economics\\_global\\_manufacturing/](https://www.bcgperspectives.com/content/articles/lean_manufacturing_globalization_shifting_economics_global_manufacturing/)
  28. Global Growth: Can Productivity Save the Day in an Aging World / McKinsey Global Institute. January 2015.
  29. Butzen P., M. Deroose, Ide S. Global Imbalances and Gross Capital Flows // National Bank of Belgium Economic Review. September 2014.
  30. Мастепанов А.М. Корректировка Энергетической стратегии: некоторые первоочередные задачи// Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. Научно-экономич. журнал, №9, 2013, с. 6-10; №10, с.5-12
  31. Мастепанов А.М. Мировая энергетика: ещё раз о новых вызовах// Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. Научно-экономич. журнал, №11, 2014, с. 4-6
  32. Миллер А., Лукьянов Ф. Отстранённость вместо конфронтации: постевропейская Россия в поисках самодостаточности. Доклад. —URL: [http://svop.ru/wp-content/uploads/2016/11/miller\\_lukyanov\\_rus.pdf](http://svop.ru/wp-content/uploads/2016/11/miller_lukyanov_rus.pdf)
  33. Война и мир XXI века. Международная стабильность и баланс нового типа. Доклад международного дискуссионного клуба «ВАЛДАЙ». — URL: <http://ru.valdaiclub.com/files/10673/>
  34. Мастепанов А.М. Россия в системе глобальной энергетической безопасности. — В сб. Россия: тенденции и перспективы развития. Ежегодник. Вып. 11. / РАН. ИНИОН. Отд. науч. сотрудничества; Отв. ред. В.И. Герасимов. — М., 2016. — Ч. 2. — 744 с. (с.138-144).
  35. Мастепанов А.М. Ситуация на мировом нефтяном рынке: некоторые оценки и прогнозы //Энергетическая политика. Выпуск 2, 2016, стр. 7-20
  36. Мастепанов А.М. О современной ситуации на мировом нефтяном рынке и роли нефтяной отрасли США в ее формировании // Бурение и нефть, №9, 2016, с. 3-15

37. Мастепанов А.М. О факторах ценообразования на мировом нефтяном рынке и роли сланцевой нефти в этом процессе // Нефтяное хозяйство, №9, 2016, с. 6-10
38. Мастепанов А.М. О приоритетах мирового развития нефтегазовой отрасли в условиях низких цен на энергоресурсы. — Доклад на Международной научно-практической конференции «Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли». Альметьевск, 28 октября 2016 г. Сайт ГУ ИЭС. — URL: [http://www.energystrategy.ru/Docs/28\\_10\\_16\\_Mastepanov.pdf](http://www.energystrategy.ru/Docs/28_10_16_Mastepanov.pdf)
30. Радика Десаи. Геополитическая экономия — предмет для изучения многополярного мира. Валдайские записки, №24, Июль 2015. — URL: <http://ru.valdaiclub.com/files/10945/>
40. Kasper W. Spatial Economies // Henderson D.R. (ed.) The Fortune Encyclopedia of Economics. N.Y.: Warner Books, 1993. Pp. 82–86
41. Изменение климата, 2013 г. Физическая научная основа. Вклад Рабочей группы I в Пятый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата. Резюме для политиков. Напечатано в октябре 2013 г. МГЭИК, Швейцария. — URL: [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)
42. CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion. IEA Statistics. High Lights. 2015 Edition. OECD/IEA, 2015
43. Redrawing the Energy-Climate Map. World Energy Outlook Special Report. OECD/IEA, 2013
44. ЮНЕП (2015). Доклад о разрыве в уровнях выбросов 2015 года. Программа Организации Объединённых Наций по окружающей среде (ЮНЕП), Найроби
45. Кокорин А.О. Парижское климатическое соглашение ООН: нынешнее и будущее воздействие на экономику России и других стран// Выступление на семинаре «Климат и энергетика» Форума «Нефтегазовый диалог» ИМЭМО РАН. 11 февраля 2016 г. — URL: <http://www.imemo.ru/files/File/ru/conf/2016/11022016/11022016-PRZ-COCK.pdf>
46. URL: [https://www.keplercheuvreux.com/pdf/research/EG\\_EG\\_253208.pdf](https://www.keplercheuvreux.com/pdf/research/EG_EG_253208.pdf)
47. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Core Writing Team, K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.). IPCC. Geneva. Switzerland. 2014.
48. Синяк Ю.В. Экономическая оценка потенциала мировых запасов

- нефти и газа // Проблемы прогнозирования, № 6, 2015, с. 86-107
49. Синяк Ю.В. Новые явления в мировой энергетике и их влияние на ТЭК России. — URL: <http://mse-msu.ru/category/nauchnye-seminary/>
50. McGlade C., Eskins P. The Geographical Distribution of Fossil Fuels Unused when Limiting Global Warming to 2°C // Nature. Vol. 517. 08 January 2015.
51. BP Energy Outlook to 2035. 2016 edition. London, 2016
52. BP Statistical Review of World Energy. June 2015
53. Глобальная энергетика и устойчивое развитие (Белая книга). М., Изд. МЦУЭР, 2009

## К главе 8

1. Агеев А.И., Громов А.И. Концепция энергетизма и ее применение в задачах экономического и энергетического стратегирования. ж. «Энергетическая политика», М. N 5, 2014г. с. 17
2. Алфёров Ж. И., Андреев В. М., Румянцев В. Д. Тенденции и перспективы развития солнечной фотоэнергетики // Физика и техника полупроводников, 2004, Т. 38, вып. 8, с. 937-948.
3. Воронов Г. Укрощение плазмы. Журнал «Вокруг света». Октябрь 2008. URL: <http://www.vokrugsveta.ru/vs/article/6332/>
4. Григорьев Л.М., Курдин А.А. Экономический рост и спрос на энергию // Экономический журнал ВШЭ, № 3, 2013, С. 390-405;
5. Киотский протокол к рамочной конвенции ООН об изменении климата. Официальный текст. URL: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kprus.pdf>
6. По данным отчета Clean Energy Investment End of Year 2016. Bloomberg. URL: <https://about.bnef.com/clean-energy-investment/>
7. Россия предложит альтернативный ИТЭР проект термоядерного реактора. РИА Новости, 02.01.2016. URL: <https://ria.ru/science/20160102/1353344729.html>
8. Халова Г.О., Йорданов С.Г. Тенденции развития возобновляемых источников энергии в мире. // Инновации и инвестиции, №1, 2016, С. 98-104.
9. Халова Г.О., Йорданов С.Г., Полаева Г.Б. Анализ изменения роли ВИЭ в мировом производстве и потреблении энергии. // Инновации и инвестиции, №1, 2017, С.113-119.
10. Adnan Z. Amin, «The falling costs of renewable energy: no more excuses», Huntington Post, 30 November 2015. URL: [http://www.huntingtonpost.com/adnan-z-amin/post\\_10557\\_b\\_8600240.html](http://www.huntingtonpost.com/adnan-z-amin/post_10557_b_8600240.html);

11. Assessing the Post-2020 Clean Energy Landscape (Washington, DC: WRI, November 2015), [http://www.wri.org/sites/default/files/WRI-OCN\\_Assessing-Post-2020-Clean-Energy-Landscape.pdf](http://www.wri.org/sites/default/files/WRI-OCN_Assessing-Post-2020-Clean-Energy-Landscape.pdf)
12. Australian solar industry celebrates the new year by ticking over 1.5m PV systems and one solar panel per person. SunWiz. URL: <http://www.sunwiz.com.au/index.php/2012-06-26-00-47-40/73-newsletter/384-australian-solar-industry-celebrates-the-new-year-by-ticking-over-1-5m-pv-systems.html>.
13. Bernd Radowitz, "RE shine, but fossils force RWE to write-downs and lower guidance," Recharge News, 17 February 2016, <http://www.rechargenews.com/wind/1424156/re-shine-but-fossils-force-rwe-to-write-downs-and-lower-guidance>.
14. Chinese Renewable Energy Industries Association (CREIA), personal communication with REN21, 26 April 2016, and from IRENA, op. cit. note 40.
15. Clean Energy Investment End of Year 2016. Bloomberg. URL: <https://about.bnef.com/clean-energy-investment/>
16. Costantini V., Martini C. The Causality between Energy Consumption and Economic Growth: A Multi-sectoral Analysis Using Non-stationary Cointegrated Panel Data // Energy Economics. 2010. No 32. P. 591–603.
17. Demand for Rare Earths Will Grow Steadily // Engineering & Mining Journal, USA, 09.12.2015. URL: <http://www.emj.com/departments/markets/5830-demand-for-rare-earth-will-grow-steadily.html#.VxKyJfmLTIW>
18. Economic Community of West African States, ECOWAS Renewable Energy Policy (Praia, Cabo Verde: 2015), [http://www.ecreee.org/sites/default/files/documents/ecowas\\_renewable\\_energy\\_policy.pdf](http://www.ecreee.org/sites/default/files/documents/ecowas_renewable_energy_policy.pdf).
19. EWEA, op. cit. note 89, p. 4;
20. EWEA, op. cit. note 89, p. 8.
21. EWEA, op. cit. note 89, pp. 3, 6, 7.
22. Geoff Hiscock. Australia's Lynas chips away at Chinese domination. Asian Review Nikkei.
23. Government of India, Ministry of Power, Central Electricity Authority, "All India Installed Capacity (in MW) of Power Stations as on 31.12.2015 (Utilities)," URL: [http://www.cea.nic.in/reports/monthly/installedcapacity/2015/installed\\_capacity-12.pdf](http://www.cea.nic.in/reports/monthly/installedcapacity/2015/installed_capacity-12.pdf),
24. Henriette Jacobsen and James Crisp, "EU leaders adopt 'flexible' energy and climate targets for 2030," EurActiv, 28 October 2014, <https://www.euractiv.com/section/sustainable-dev/news/eu-leaders-adopt->

- 
- flexible-energy-and-climate-targets-for-2030/.
25. Hobart King. REE - Rare Earth Elements and their Uses. URL: <http://geology.com/articles/rare-earth-elements>
  26. IEA PVPS, op. cit. note 87; and GWEC, op. cit. note 28, p. 11.
  27. IEA, Medium-Term Renewable Energy Market Report 2015, op. cit. note 31, p. 131.
  28. IEA, Medium-Term Renewable Energy Market Report 2015, op. cit. note 31, p. 16.
  29. Integration from Paul Simons, IEA, presentation at 17e Colloque du Syndicat des Energies Renouvelables, UNESCO, Paris, 4 February 2016.
  30. IRENA, Renewable Energy Target Setting (Abu Dhabi: 2015), [http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA\\_RE\\_Target\\_Setting\\_2015.pdf](http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Target_Setting_2015.pdf).
  31. Justin Scheck, "After years of growth, renewable-energy investors pull back from Europe," Wall Street Journal, 4 February 2016, URL: <http://www.wsj.com/articles/after-years-of-growth-green-energy-investors-pull-back-from-europe-1454591209>;
  32. Mackay Miller et al., Status Report on Power System Transformation: A 21st Century Power Partnership Report (Golden, CO: NREL, May 2015), pp. iv–ix, <http://www.nrel.gov/docs/fy15osti/63366.pdf>.
  33. Marc Humphries. Rare Earth Elements: The Global Supply Chain. CRS Report for Congress, December 16, 2015, pp. 10–11.
  34. Middle East Solar Industry Association, Middle East Solar Outlook for 2016 (Dubai: 2016), p. 3, <http://www.mesia.com/wp-content/uploads/MESIA-Outlook-2016-web.pdf>.
  35. Nicola Jones. Report: A Scarcity of Rare Metals Is Hindering Green Technologies. Yale Environment 360. Yale School of Forestry & Environmental Studies.
  36. Photovoltaics - Historical Development. Large-Scale Solar Cell Producers. URL: <http://www.pvresources.com/en/introduction/history.php>
  37. Rafael Figueiredo and Larry B. Pascal, "New developments in Brazil's solar power sector," Renewable Energy World, 18 February 2016, <http://www.renewableenergyworld.com/articles/2016/02/new-developments-in-brazil-s-solar-power-sector>.
  38. Renewable Energy Policy Network for the 21st century (REN21). Renewables 2016. Global Status Report. P. 17.
  39. South Australian blackout blamed on thermal and wind generator failures, plus high demand // The Guardian, 15 февраля 2017 г. URL:

<https://www.theguardian.com/australia-news/2017/feb/15/south-australian-blackout-caused-by-demand-and-generator-failures-market-operator-says>

40. Statistics Canada, Table 127-0009, "Installed generating capacity, by class of electricity producer," URL: [http:// www5.statcan.gc.ca](http://www5.statcan.gc.ca)
41. The Climate Group, "Infographic: How governments are leading on climate through the compact of states and regions," 2 July 2015, <http://www.theclimategroup.org/what-we-do/news-and-blogs/infographic-how-governments-are-leading-on-climate-through-the-compact-of-states-and-regions/>.
42. Tom Randall, "Fossil fuels just lost the race against renewables," Bloomberg, 14 April 2015, <http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-04-14/fossil-fuels-just-lost-the-race-against-renewables>.
43. UN Sustainable Development Goals. Goal 7: Ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all. URL: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/energy/>
44. United Nations, "Sustainable Development Goals," <http://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>, viewed 18 February 2016.
45. US EIA, Electric Power Monthly with Data for December 2015, op. cit. note 87.

## **К главе 9**

1. 2014 World Energy Outlook. International Energy Agency. November 2014,
2. 2020 climate & energy package URL: [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_en)
3. Commission of the EC. The Internal Energy Market. Commission Working Document. COM(88) 238 final. Brussels, 2 May 1988, p. 5.
4. Connecting Europe Facility (CEF). Overview. URL: [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2013\\_pci\\_projects\\_country.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2013_pci_projects_country.pdf)
5. Directive 2003/54/EC of the European Parliament and of the Council of 26 June 2003 concerning common rules for the internal market in electricity and repealing Directive 96/92/EC - Statements made with regard to decommissioning and waste management activities // OJ L 176, 15.7.2003, p. 37–56
6. Directive 2003/55/EC of the European Parliament and of the Council of 26 June 2003 concerning common rules for the internal market in



- natural gas and repealing Directive 98/30/EC // OJ L 176, 15.7.2003, p. 57–78
7. Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC (Text with EEA relevance)
  8. Directive 96/92/EC of the European Parliament and of the Council of 19 December 1996 concerning common rules for the internal market in electricity // Official Journal L 027, 30/01/1997 P. 0020 - 0029
  9. Directive 98/30/EC of the European Parliament and of the Council of 22 June 1998 concerning common rules for the internal market in natural gas // Official Journal L 204 , 21/07/1998 P. 0001 — 0012
  10. DONG Energy. Our Business. URL: <http://www.dongenergy.com/en/our-business>
  11. Energy report: the most successful firms in European renewable energy / The Lawyer, 13 June 2016. URL: [https://www.thelawyer.com/issues/13-june-2016/energy-report-the-most-successful-firms-in-european-renewable-energy/?mm\\_590aa980b543a=590aa980b54e0](https://www.thelawyer.com/issues/13-june-2016/energy-report-the-most-successful-firms-in-european-renewable-energy/?mm_590aa980b543a=590aa980b54e0)
  12. Enlargement, two years after: an economic evaluation. by the Bureau of European Policy Advisers and the Directorate-General for Economic and Financial Affairs. Brussels, 2006, p. 69-72.
  13. EU to phase out China solar panel duties. The Star. 8 February 2017. URL: <http://www.thestar.com.my/business/business-news/2017/02/08/eu-to-phase-out-china-solar-panel-duties/#lD2t9l7H6B4AZFHQ.99>
  14. European Commission guidance for the design of renewables support schemes. Commission Staff Working Document. Brussels, 5.11.2013 SWD (2013) 439 final.
  15. European Investment Bank Official Website. URL: <http://www.eib.org/index.htm>
  16. European Regional Development Fund Official Page. URL: [http://ec.europa.eu/regional\\_policy/en/funding/erdf/](http://ec.europa.eu/regional_policy/en/funding/erdf/)
  17. European Renewable Energy M&A Trends / Impax Asset Management Report 2016, P.19
  18. Eurostat. Infrastructure - electricity - annual data[nrg\_113a]. Last update: 14-04-2016, Giorgio Corbetta, Ariola Mbistrova, Andrew Ho. Wind in power 2015 European statistics. European Wind Energy Association (EWEA). February 2016
  19. Expiry of ECSC Treaty [Электронный ресурс]. URL: [http://europa.eu/ecsc/index\\_en.htm](http://europa.eu/ecsc/index_en.htm)
  20. Financing Renewable Energy in the European Energy Market. Final

- Report by Ecofys for European Commission, 2012. P. 78
21. Five years of an enlarged EU — Economic achievements and challenges. Communication From the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee, the Committee of the Regions and the European Central Bank. Brussels, 20.2.2008 COM(2009) 79/3, P. 6.
  22. Five years of an enlarged EU — Economic achievements and challenges. Communication From the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee, the Committee of the Regions and the European Central Bank. Brussels, 20.2.2008 COM(2009) 79/3, P. 3.
  23. Five years of an enlarged EU — Economic achievements and challenges. 1/2009. P. 98.
  24. Francis McGowan, "Conflicting Objectives in European Energy Policy", in Colin Crouch and David Marquand (eds), *The Politics of 1992. Beyond the Single European Market*, Basil Blackwell, Cambridge (MA), 1990, pp. 127–128.
  25. Gerd Lesser. Overview Power Services — POWERing ahead together Capital Markets Day "Power Services" at Moorburg Power Plant. 02, 12, 2010, CEO of BB Power Services GmbH, p. 10
  26. IRENA. Renewable Energy and Jobs 2016 Review, P. 11
  27. Maastricht Treaty, Article G [Электронный ресурс]. URL: [https://europa.eu/european-union/sites/europaeu/treaty\\_on\\_european\\_union\\_en.pdf](https://europa.eu/european-union/sites/europaeu/treaty_on_european_union_en.pdf)
  28. NER 300 programme / Climate Action in European Union. URL: [https://ec.europa.eu/clima/policies/lowcarbon/ner300\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/lowcarbon/ner300_en)
  29. Nuclear Illustrative Programme presented under Article 40 of the Euratom Treaty for the opinion of the European Economic and Social Committee Brussels, COMMUNICATION FROM THE COMMISSION. COM(2016) 177 final. 4,4,2016, p. 4-10
  30. Questions and Answers on the third legislative package for an internal EU gas and electricity market. MEMO/11/125 - Brussels, 2 March 2011, P. 3.
  31. Rachel Morison. EU Will be Forced To Curtail Renewable Energy Generation this Summer. Bloomberg. June 6, 2014.
  32. Renewable energy in Europe : markets, trends, and technologies / European Renewable Energy Council (EREC), 2016, P.106
  33. Renewable energy in Europe : markets, trends, and technologies / European Renewable Energy Council (EREC), 2016, P.106
  34. Renewable energy in Europe : markets, trends, and technologies / European Renewable Energy Council (EREC), 2016, P. 49
  35. Report on the implementation of the European Energy Programme for

- Recovery [COM(2016) 743].
36. Robert Lieber, "Energy, Economics and Security in Alliance Perspective", in *International Security*, Vol. 4, No. 4. (Spring, 1980), p. 144.
  37. Robert Lieber, "Europe and America in the World Energy Crisis", in *International Affairs*, Royal Institute of International Affairs, London, Vol. 55, No. 4. (Oct., 1979), p. 533.
  38. Siemes. Topic Areas. URL: <https://www.siemens.com/global/en/home/company/topic-areas.html>
  39. Sinn Hans-Werner. *The Green Paradox: A Supply-Side Approach to Global Warming* Wiley. 03,02,2012 p. 288)
  40. Technical Guidance «Financing the energy renovation of buildings with Cohesion Policy Funding» / Final Report. URL: [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2014\\_guidance\\_energy\\_renovation\\_buildings.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2014_guidance_energy_renovation_buildings.pdf)
  41. The EU Framework Programme for Research and Innovation. URL: <http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/area/energy>
  42. The Schuman Declaration — 9 May 1950. EU law and other public EU documents [Электронный ресурс]. URL: [http://europa.eu/european-union/about-eu/symbols/europe-day/schuman-declaration\\_en](http://europa.eu/european-union/about-eu/symbols/europe-day/schuman-declaration_en)
  43. Tonini A. *The EEC Commission and European Energy Policy: A Historical Appraisal*. Springer International Publishing Switzerland 2016 13 R. Bardazzi et al. (eds.), *European Energy and Climate Security*, Lecture Notes in Energy 31, DOI 10.1007/978-3-319-21302-6\_2, P.21
  44. Treaty establishing the European Coal and Steel Community, ECSC Treaty [Электронный ресурс]. URL: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:xy0022>
  45. Treaty of Lisbon Amending the Treaty on European Union and the Treaty Establishing the European Community, Title XX (Energy).
  46. Victoria Cuming. Investing in renewable energy projects in Europe. *Dentons' Guide. Bloomberg New Energy Finance* .January 2016, p. 3

## К главе 10

1. <https://www.eia.gov/>
2. <http://www.rea.org.ua/>
3. Renewable Fuels Association, January 2013
4. <http://www.dsireusa.org>
5. <http://www.afdc.energy.gov/laws>
6. <https://www.whitehouse.gov/climate-change>
7. <http://www.arb.ca.gov/>

**К главе 11**

1. Международный форум «Один пояс, один путь». Пресс-служба Администрации Президента РФ. // URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/54491>
2. Baihetan Hydropower Project. China International Water Electric Corp. URL: <http://english.cwe.cn/show.aspx?id=1828&cid=43>
3. Buffett's BYD Vs. Musk's Tesla: Electric Vehicle Race Still Undecided. Forbes, November 4, 2015. URL: <https://www.forbes.com/sites/michaelylynch/2015/11/04/byd-buffett-vs-tesla-musk-electric-vehicle-race-still-undecided/#93d3df34b2ca>
4. China Could Issue Renewable Portfolio Standard by Year-End. Renesola News. 2014. <http://www.renesola.com/news/156.htm>
5. China's Global Renewable Energy Expansion. Report by IEEFA.
6. China's Overseas Investments In The Wind And Solar Industries: Trends And Drivers. World Resources Institute Working Paper // URL: [http://www.wri.org/sites/default/files/pdf/chinas\\_overseas\\_investments\\_in\\_wind\\_and\\_solar\\_trends\\_and\\_drivers.pdf](http://www.wri.org/sites/default/files/pdf/chinas_overseas_investments_in_wind_and_solar_trends_and_drivers.pdf)
7. Chinese rare earth giant born. Mining.com // URL: <http://www.mining.com/chinese-rare-earth-giant-born-62354/>
8. Chinese rare earth giant born. Mining.com // URL: <http://www.mining.com/chinese-rare-earth-giant-born-62354/>
9. DBS Asian Insights. Renewable Energy in China: Transiting to a Low-Carbon Economy // DBS Group Research, November 2016.
10. First Solar cuts continue solar industry retrenchment, but investors approve. URL: <https://www.electricitypolicy.com/News/first-solar-cuts-continue-solar-industry-retrenchment-but-investors-approve>
11. Global Offshore Wind Power Project Database Q1 2017 // MAKE Consulting. URL: <http://www.consultmake.com/consulting/offshore-wind#accordion-23167>
12. Goldwind Edges Out Vestas As World's Leading Wind Turbine Supplier. CleanTechnica//URL:<https://cleantechnica.com/2016/05/19/goldwind-edges-vestas-worlds-leading-wind-turbine-supplier/>
13. Major Chinese rare earth group formed to boost industry. Xinhua. // [http://www.china.org.cn/business/2016-06/29/content\\_38779521.htm](http://www.china.org.cn/business/2016-06/29/content_38779521.htm)
14. Molycorp Bankruptcy Auction Flop Stirs Bondholder Rancor. The Wall Street Journal // URL: <https://www.wsj.com/articles/molycorp-bankruptcy-auction-flop-stirs-bondholder-rancor-1457473434>
15. Molycorp buys Neo Material for C\$1.3 billion. Reuters // URL: <http://>

- www.reuters.com/article/us-molycorp-idUSBRE82800T20120309
16. Molycorp, Inc. Emerges from Chapter 11 as Neo Performance Materials. Nasdaq Global Newswire // URL: <https://globenewswire.com/news-release/2016/08/31/868672/0/en/Molycorp-Inc-Emerges-from-Chapter-11-as-Neo-Performance-Materials.html>
  17. Outlook of Power Generation Technology Cost in China. Norwegian School of Economics, Bergen, 2015. URL: <https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/300594/Master%20thesis.pdf?sequence=1>
  18. Renewable Energy Law of the People's Republic of China (Adopted at the 14th Meeting of the Standing Committee of the Tenth National People's Congress on February 28, 2005). URL: [http://www.npc.gov.cn/englishnpc/Law/2007-12/13/content\\_1384096.htm](http://www.npc.gov.cn/englishnpc/Law/2007-12/13/content_1384096.htm)
  19. Wang. L. China Smart Grid. Xin dian gai li ting xin nengyuan: ke zai sheng nengyuan pei e zhi yi huo pi jinqi huo gongbu. 2015. URL: <http://guangfu.bjx.com.cn/news/20150330/603267.shtml>
  20. The 12th Five-Year Plan For Economic And Social Development Of The People's Republic Of China (2011–2015). Chapter 30 // National Development and Reform Commission of People's Republic of China.
  21. The 13th Five-Year Plan For Economic And Social Development Of The People's Republic Of China (2016–2020). Chapter 30 // National Development and Reform Commission of People's Republic of China.
  22. Top 5 solar module manufacturers in 2016. PV-Tech // URL: <https://www.pv-tech.org/editors-blog/top-5-solar-module-manufacturers-in-2016>
  23. UNEP/BNEF, Global Trends in Renewable Energy Investment 2016.

## К главе 12

1. Analysis of state-wise RPO Regulation across India / MNRE. URL: <http://mnre.gov.in/file-manager/UserFiles/Solar%20RPO/analysis-of-state-RPO-regulations.pdf>
2. Bloomberg New Energy Finance's New Energy Outlook 2016
3. BP Statistical Review of World Energy 2016
4. Central Electricity Regulatory Commission (Terms and Conditions for recognition and issuance of Renewable Energy Certificate for Renewable Energy Generation) Regulations, 2010.
5. Charles K. Ebinger. India's Energy and Climate Policy. Policy Brief / The Energy Security and Climate Initiative (ESCI) at the Brookings Institution
6. Compendium Of Regulations & Tariff Orders Issued By Regulatory

- Commissions For Renewable Energy Sources In India / Internet Database. URL: <http://mnre.gov.in/file-manager/Compendium/Program.htm>
7. Electricity Act (EA) of India, 2003, Sections 3, 61, 86.
  8. Financing India's Clean Energy Transition / Bloomberg New Energy Finance, 2017.
  9. Government of India. Ministry of Power / 24x7 Power for All. URL: <http://powermin.nic.in/en/content/power-all>
  10. India and Russia Report: Defence. URL: <https://in.rbth.com/defence>
  11. India expects to build three more LNG terminals on east coast / The Economic Times. URL: <http://economictimes.indiatimes.com/industry/energy/oil-gas/india-expects-to-build-three-more-lng-terminals-on-east-coast/articleshow/55829310.cms>
  12. Iran-India energy cooperation opens new horizons / AlMonitor, by Reza Yeganehshakib. URL: <http://www.al-monitor.com/pulse/originals/2016/01/iran-india-oman-gas-pipeline-meidp-vs-tapi.html>
  13. Ministry of New and Renewable Energy of India: Mission and Vision. URL: <http://mnre.gov.in/mission-and-vision-2/mission-and-vision/>
  14. National Electricity Policy (NEP) of India, 2005, Sections 5.12.1, 5.12.2, 5.2.20
  15. Power Sector in India — KPMG. White paper on Implementation Challenges and Opportunities. P. 2.
  16. Renewable Energy Certificate (REC) Mechanism in India / NLDC. URL: [https://www.recregistryindia.nic.in/pdf/Others/C5\\_113\\_2012.pdf](https://www.recregistryindia.nic.in/pdf/Others/C5_113_2012.pdf)
  17. Renewable Energy in India: Growth and Targets / Ministry of New and Renewable Energy (MNRE), 2017, P. 17.
  18. Russia-India relations in 2016: A review. URL: [https://in.rbth.com/economics/cooperation/2016/12/28/russia-india-relations-in-2016-a-review\\_670298](https://in.rbth.com/economics/cooperation/2016/12/28/russia-india-relations-in-2016-a-review_670298)
  19. S.K. Soonee, Minaxi Garg, S.C. Saxena, Satya Prakash. Implementation of Renewable Energy Certificate (REC) Mechanism in India / CIGRE-2012, C5-113
  20. WorldPovertyOverview / World Bank Data. URL: <http://www.worldbank.org/en/topic/poverty/overview>
  21. ПАО «Роснефть» приобретает 49% Essar Oil Limited / Пресс-релиз ПАО «Роснефть» URL: <https://www.rosneft.ru/press/releases/item/184097/>
  22. Департамент Метеорологии Индии. URL: <http://www.imd.gov.in/>
  23. Саммит БРИКС / Пресс-служба Президента Российской Федерации. URL: <http://kremlin.ru/events/president/news/53101>

## К главе 13

1. Еремин С.В., Конкуренция в условиях международной интеграции рынков природного газа // «Мировые рынки нефти и природного газа: ужесточение конкуренции», Москва ИМЭМО РАН 2017, с.85-97
2. Сидорович В., «Бразилия: План развития энергетики до 2026», информационный ресурс RenEn — Renewable Energy — Возобновляемая Энергетика, 13.07.2017 // <http://renen.ru/brazil-energy-development-plan-to-2026/>
3. Сидорович В., «О доле ВИЭ в мировом энергетическом балансе», информационный ресурс RenEn — Renewable Energy — Возобновляемая Энергетика, 2.09.2017 // <http://renen.ru/on-the-share-of-renewable-energy-in-the-world-energy-balance/>
4. Asturias J., Impacto de la matriz energetica en el desarrollo sostenible de America Latina y el Caribe, XII Curso de Invierno de Derecho Internacional Investigación sobre Desarrollo Sostenible y Matriz Energética Latinoamericana, OLADE, Ciudad Brasil, 11 Julio 2016 // [http://www.kas.de/wf/doc/kas\\_19741-1442-4-30.pdf?160718213947](http://www.kas.de/wf/doc/kas_19741-1442-4-30.pdf?160718213947)
5. Chaer, R., Gurin, M., Cornalino, E. и Draper, M., «Complementariedad de las Energias Renovables en Uruguay y valorizacion de proyectos para el filtrado de su variabilidad», Fundacion Julio Ricaldoni, Uruguay, Montevideo, 2014 // <http://iie.fing.edu.uy/publicaciones/2014/CGCDTAA14/CGCDTAA14.pdf>.
6. International Renewable Energy Agency (IRENA), “Análisis del Mercado de energias renovables, America Latina”, 2016 // [http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA\\_Market\\_Analysis\\_Latin\\_America\\_summary\\_ES\\_2016.pdf](http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Market_Analysis_Latin_America_summary_ES_2016.pdf)
7. Paredes, J.R. «Energías renovables variables y su contribución a la seguridad energética: complementariedad en Colombia», Banco Interamericano de Desarrollo, 2017 // <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/8146/Energias-renovables-variables-y-su-contribucion-a-la-seguridad-energetica-Complementariedad-en-Colombia.PDF?sequence=5>
8. “Renewable energy country attractiveness index RECAI”, Ernst & Young, October 2017, Issue 50 // <https://emeia.ey-vx.com/4864/93958/landing-pages/recai-50-all-pages-interactive-dps-view.pdf>
9. Sauar E. “IEA counts fossil fuels threefold versus wind and solar”, Информационный ресурс Energy-og-Klima, 28.08.2017 // <https://>



energiogklima.no/kommentar/iea-counts-fossil-fuels-threelfold-versus-wind-and-solar/

## К главам 14-16

1. Левинбук М.И., Котов В.Н. Энергетический сдвиг// The Chemical Journal. — 2013. — июль-август. — С. 50-66.
2. BP Statistical Review of World Energy, June 2016. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.bp.com/statisticalreview/>
3. US Census Bureau, Demographic Internet Staff. Historical Estimates of World Population (EN-US). [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.census.gov/>
4. Мартынов В.Г., Лопатин А.С., Бессель В.В. Природный газ — основа устойчивого развития энергетики// Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. — 2017. — №1-1(103). — С.70-77
5. BP Energy Outlook 2035. February 2015. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/energy-outlook-2015/bp-energy-outlook-2035-booklet.pdf/>
6. Guidelines for Application of the Petroleum Resources Management System // SPE, WPC, AAPG, SEG и SPEE. — Nov., 2011.
7. IEA: World Energy Outlook 2013. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.worldenergyoutlook.org/weo2013/>
8. Annual Energy Outlook 2013 with Projections to 2040. April 2013. U.S. Energy Information Administration Office of Integrated and International Energy Analysis U.S. Department of Energy Washington, DC 20585. [Электронный ресурс] — Режим доступа: [http://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/0383\(2013\).pdf/](http://www.eia.gov/outlooks/aeo/pdf/0383(2013).pdf/)
9. Gordon D. Understanding Unconventional Oil // Carnegie Endowment for International Peace. — Washington. — May, 2012.
10. Energy study: Reserves, Resources and Availability// BGR — Hannover. — 2013.
11. Campbell C. Regular conventional oil production. // ASPO Newsletter. — Apr., 2006. — № 64.
12. Cander H. What Are Unconventional Resources? A Simple Definition Using Viscosity and Permeability // Search and Discovery Article. — May, 2012. — № 80217.
13. Нетрадиционная нефть: станет ли Баженов вторым Баккеном? // Энергетический центр Московской школы управления Сколково.

- М., 2013.
14. Нефть сланцевых плеев — новый вызов энергетическому рынку? // ИНЭИ РАН. — М. 2012, ноябрь.
  15. Левинбук М. И., Котов В. Н. Изменение структуры потребления основных энергоносителей в США — один из вызовов энергетической безопасности России // Мир нефтепродуктов. — 2013. — Август. — С. 3
  16. IEA: World Energy Outlook 2016. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.worldenergyoutlook.org/weo-2016/>
  17. Якушев В. С. Разработка нетрадиционных ресурсов газа в России // Газовая промышленность. — 2013. — № 6 (691). — С. 20.
  18. Карабанова А.Н., Бессель В.В. Эффективность применения технологии GTL для энергообеспечения объектов нефтегазового комплекса в отдаленных регионах России// Территория НЕФТЕГАЗ.-2017.- №1-2.- С.70-77.
  19. Электромобиль: «игрушка для богатых», или революция в потреблении нефти? // Энергетический центр Московской школы управления Сколково. — М., 2014.
  20. Савчик Е., Белова М. «Эра бензина» заканчивается? // Нефть России. — 2014. — № 6. — С. 12.
  21. Горячева А. Что такое нетрадиционная нефть?// Нефть России. — 2015. — №10. — С.28-32.
  22. Бессель В.В. Нетрадиционные углеводородные ресурсы — альтернатива или миф?// Нефтегаз.RU. — 2013. — №9.- С.64-70.
  23. Дмитриевский А.Н., Скибицкая Н.А., Яковлева О.П., Кузьмин, В.А., Зекель Л.А., Прибылов А.А. Увеличение ресурсного потенциала газоконденсатных месторождений за счет высокомолекулярного сырья («матричной нефти») // Фундаментальные проблемы геологии и геохимии нефти и газа и развития нефтегазового комплекса России. М.: ГЕОС, 2007. С. 360-377

## К главе17

1. Афанасьева М.В. (2015) Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук «Оценка эффективности и устойчивости развития корпоративного сектора мирового энергетического комплекса»
2. Константиновская Л.В. (2013) Прогнозирование. <http://www.astronom2000.info>
3. Вольдер Б.С. Теория и методы прогнозирования. — М.: Теория ве-

- роятности и математическая статистика, 2000. — 503 с.
4. Комков Н.И. «Прогнозирование и экономическое обоснование инновационных процессов». ИМП РАН, М.: 2000 — 220 с.
  5. Keenan M. and Popper, R. Comparing foresight «style» In six world regions (2008) / — Foresight. No10 (6). — p.16 — 38.
  6. Synthesis Report // Manchester Energy Foresight, 2012.
  7. Агарков С.А., Кузнецова Е.С., Грязнова М.О. Инновационный менеджмент и государственная инновационная политика: мон. —М.: Академия Естествознания», 2011.
  8. Бовин А.А., Чередникова Л.Е., Якимович В.А. Управление инновациями в организации —М.: Омега — Л, 2008.
  9. Бушуев В.В. Опыт энергетического стратегирования в России// Энергетическая политика. — 2014. -N 2.
  10. Материалы Заседания Общественного совета при Минэнерго России по доработке проекта Энергостратегии РФ до 2035 г. Strategy Partners Group, 2014.
  11. Energy Policies of IEA Countries, Norway (2011) (Energy Policies of IEA Countries — International Energy Agency) / OECD / IEA, Organization for Economic. — 146 с.
  12. Strategic Energy Plan of Japan, April 2014.
  13. The Federal Government's energy concept of 2010 and the transformation of the energy system of 2011 / Federal Ministry of Economics and Technology (BMWi), Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU), 2010.
  14. Институт энергетической стратегии (ГУ ИЭС) [Электронный ресурс] URL:<http://www.energystrategy.ru/>
  15. Мировая энергетика — 2050 (Белая книга) / Под ред. Бушуева В.В. (ГУ ИЭС), Каламанова В.А. (МЦУЭР) — М.:ИЦ «Энергия», 2011. — 360 с.
  16. Butter, M., Brandes, F., Keenan, M. and Popper, R. (2008) Evaluating Foresight: an introduction to the European Foresight Monitoring Network, Foresight. — No10(6), p. 3 — 15
  17. European Foresight Monitoring Network (EFMN) [Электронный ресурс] URL:<http://www.efmn.eu>
  18. Foresight. The journal of futures studies, strategic thinking and policy. Volume 14. — 2012. — No 4.
  19. Georghiou L. Future of Foresighting for Economic Development. Technology Foresight Summit, Budapest, UNIDO, 2007.
  20. Georghiou, L. and Keenan, M. (2008), «Evaluation and Impact of Foresight», in Georghiou. L, Cassingena, J., Keenan, M., Miles, I. and

- Popper, R. (eds.). The Handbook of Technology Foresight, Cheltenham: Edward Elgar.
21. Keenan, M., Butter, M., Sainz, G., and Popper, R. (2006), Mapping Foresight In Europe and other Regions of the World: The 2006 Annual Mapping Report of the EFMN, report to the European Commission, Delft: TNO.
  22. Manchester Institute of Innovation Research, University of Manchester, UK [Электронный ресурс] URL:<http://www.manchester.ac.uk/business/>
  23. Synthesis Report // Manchester Energy Foresight, 2012.
  24. Scanning & Bibliometrics: Technical Report // The University of Manchester, 2012.
  25. Балабанов И.Т. Инновационный менеджмент / И.Т. Балабанов. — СПб.: Питер, 2006. — 304 с.
  26. Кричевский Г.Е. Нано -, био-, химические технологии в производстве нового поколения волокон, текстиля и одежды. 1-е изд. — М.: 2011. — 528 с.
  27. Акаев А.А., Плаkitкин Ю.А. и др. «Проекты и риски будущего: концепция, модели, инструменты, прогнозы». М., Красанд, 2010. — 432 с.
  28. Плаkitкина Л.С. Основные технологические ступени, реализованные в XX веке, и их прогноз на XXI век -М.: Институт энергетических исследований РАН (ИНЭИ РАН), 2011.
  29. Кризис 2010 -х гг. и новая энергетическая цивилизация/Под ред. В.В.Бушуева, М.Н. Муханова. — М.: ИД «Энергия», 2013. — 272 с.
  30. Яковец Ю.В. Прогнозирование циклов и кризисов. «Фонд имени Питирима Сорокина». — М.: МФК, 2000.
  31. Яковец Ю.В., Абрамов В.Л. Анализ факторов научно-технологического развития в контексте цивилизационных циклов / Под редакцией Ю.В.Яковца, В.Л. Абрамова — М.: МИСК, 2012. — 456 с.
  32. Плаkitкина Л.С. Основные технологические ступени, реализованные в XX веке, и их прогноз на XXI век — М.: Институт энергетических исследований РАН (ИНЭИ РАН), 2011.
  33. Институт энергетических исследований (ИНЭИ РАН) [Электронный ресурс] URL: <http://www.eriras.ru/>

## К главе 18

1. Телегина Е.А. Углеводородная экономика. Издание 3-е, переработанное, сокращенное и дополненное. Монография /Телегина Е.А.- М.: Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2017

2. Телегина Е.А., Еремин С.В., Катюха П.Б., Бессель В.В., Салахов И.И., Канаяма Р.Д., Султанов Э.Р. Трансформация энергетических рынков: новый этап технологического развития мировой энергетики. Нефть, газ и бизнес, 2017, №10
3. Прогноз мировой энергетики (WEO 2017) (МЭА, 2017).  
<https://www.iea.org/weo2017/>
4. BP Energy Outlook 2017
5. <https://www.bloomberg.com/features/2016-ev-oil-crisis/>
6. <https://www.vedomosti.ru/finance/articles/2016/08/02/651355-exxonmobil-viletela-pyaterki-samih-dorogih-publichnyh-kompanii-ssha>
7. <https://geektimes.ru/post/283460/>
8. World Development Indicators, World Bank, 2017. <https://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators>
9. <https://tonyseba.com/>
10. <https://geektimes.ru/post/283460/>

---

## ДЛЯ ЗАМЕТОК

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

# ПОСТУГЛЕВОДОРОДНАЯ ЭКОНОМИКА: ВОПРОСЫ ПЕРЕХОДА

*Под редакцией члена-корреспондента РАН,  
профессора Е. А. Телегиной*

Редактор: *Л. А. Студеникина*  
Графика и дизайн: *В. В. Алимин*  
Компьютерная вёрстка: *М. А. Солдатова*

Подписано в печать 05.12.2017. Формат 70×100 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура «Таймс».  
Усл. п. л. 25,5. Тираж 300 экз. Заказ № 628

ISBN 978-5-91961-220-9



Издательский центр  
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И. М. Губкина  
119991, Москва, Ленинский проспект, дом 65  
тел./факс: (499) 507 82 12