

ГЛОБАЛЬНАЯ
ЭНЕРГЕТИКА
И УСТОЙЧИВОЕ
РАЗВИТИЕ

МИРОВАЯ ЭНЕРГЕТИКА - 2050 (БЕЛАЯ КНИГА)

- ❖ Международный центр устойчивого энергетического развития под эгидой ЮНЕСКО (МЦУЭР) © 2011
- ❖ ЗАО «Глобализация и Устойчивое развитие. ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СТРАТЕГИИ» (ИЭС) © 2011

УДК 621.311.1

ББК 31

А 20

Глобальная энергетика и устойчивое развитие

Мировая энергетика – 2050 (Белая книга)

Под ред. В.В. Бушуева (ИЭС), В.А. Каламанова (МЦУЭР). – М.: ИД «ЭНЕРГИЯ», 2011. – 360 с.

Авторский коллектив:

В.В. Бушуев (введение, разделы 2 и 3, заключение); А.М. Мастепанов (раздел 3); Н.К. Куричев (разделы 1, 7, 8, 9, 10); А.М. Белогорьев (разделы 7, 8, 9); А.И. Громов (разделы 2 и 3)

При участии:

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН: Л.С. Беляев (разделы 4.1, 5.5);

О.В. Марченко (разделы 4.1, 5.5); С.В. Соломин (разделы 4.1, 5.5)

НКО «Гринпис России»: В.А. Чупров (разделы 5, 6)

Центр научно-практических исследований социально-экологического развития:

И.Э. Шкрадюк (разделы 5, 6)

Объединенный институт высоких температур РАН: В.М. Батенин (разделы 5.4, 5.5);

В.М. Масленников (разделы 5.4, 5.5); С.А. Медин (разделы 5.4, 5.5)

НП «Экспертный клуб промышленности и энергетики»: Г.Э. Афанасьев (раздел 5);

О.А. Панчихина (раздел 5)

Центр по эффективному использованию энергии: И.Г. Грицевич (раздел 4.2)

ISBN 978-5-98908-048-9

Книга содержит прогноз развития мировой энергетики на период до 2050 года. На основе анализа исторических и современных трендов построен прогноз развития всех ключевых отраслей энергетики и прогноз динамики энергетического сектора в ведущих странах и регионах мира. Применяемый в работе сценарный подход позволяет связать между собой тренды, наблюдаемые в различных регионах мира, в различных отраслях энергетики, а также согласовать технологические, энергетические, экономические, социальные и политические факторы. Анализ количественных тенденций и перспективной структуры топливно-энергетического баланса сочетается с анализом качественных тенденций развития мировой энергетики – перестройки энергетических рынков и корпоративной структуры энергетики, систем регулирования и геополитических приоритетов ведущих государств мира.

Книга рассчитана на энергетиков и экономистов, инженеров и экологов, политиков и представителей широкой общественности.

ISBN 978-5-98908-048-9

© Авторы, 2011

© МЦУЭР, 2011

© ЗАО «ГУ ИЭС», 2011

Вступительное слово А. Б. Яновского, заместителя Министра энергетики Российской Федерации



Долгосрочный прогноз развития мировой энергетики — задача, стоящая перед исследователями уже на протяжении многих лет. События последнего времени повысили степень неопределенности перспективного энергетического развития и сформировали потребность в новых подходах к прогнозированию нашего общего энергетического будущего. Сегодня практически все ведущие мировые научно-аналитические центры представили свое видение будущего мирового энергетического развития в долгосрочной перспективе до 2030 и даже до 2050 года.

В настоящей работе представлена авторская позиция российских экспертов в отношении будущего мировой энергетики, которая базируется на комплексном и неинерционном подходе к прогнозированию мирового энергетического развития на период до 2050 года. Системное видение будущего мирового энергетического развития, отраженное в работе, учитывает не только экономические и технологические тренды развития собственно энергетики, но и возможные тенденции развития экономики и общества, формирующие спрос на энергию, определяющие требования общества к энергетике, задающие общественно-политические приоритеты ее развития.

Авторы стремятся показать многообразие возможных путей развития энергетики до 2050 г. и смоделировать развитие мировой экономики и энергетики в условиях инерционного, стагнационного и инновационного сценариев. Конечно, многие из описанных трендов могут и не проявиться в будущем так же ярко, как они описаны в данной работе. Вместе с тем мы не должны быть консервативны в оценках нашего энергетического будущего, поскольку мир, очевидно, не может развиваться исключительно в рамках наблюдаемых сегодня энергетических трендов. Энергетика остро нуждается в новых источниках энергии, новых принципах ее преобразования и транспортировки, новых «умных» системах организации энергоснабжения. Мы стоим на пороге качествен-

ных изменений в мировой энергетической системе и должны быть к ним готовы.

Россия обладает огромным энергетическим потенциалом и занимает важное место в обеспечении глобальной энергетической безопасности. Однако мы должны не только эффективно распоряжаться своими энергетическими богатствами сегодня, но и формировать основу своего энергетического будущего за счет развития новых технологий добычи и производства энергоресурсов, транспорта и распределения энергии, управления и диспетчеризации энергетических потоков. И мы должны уже сегодня на базе комплексных исследований нашего общего энергетического будущего начать формирование инновационной энергетики, основой долгосрочного развития которой станет не только добыча, производство и экспорт энергоносителей, но и создание, внедрение и экспорт новых передовых энергетических технологий и принципов организации работы энергетических систем.

*Гретхен Калонжи,
Заместитель Генерального директора ЮНЕСКО
по естественным наукам*



С началом XXI века человечество вступило в период глобальных энергетических вызовов. Энергетика занимает центральное место в действиях по достижению целей устойчивого развития. Проблема заключается в поиске способов обеспечения баланса между удовлетворением растущего спроса на энергию и воздействием энергетики на природную ресурсную базу в интересах достижения целей в области устойчивого развития.

Одновременно должна быть решена проблема бедных людей: около полутора миллиардов человек в современном мире не имеют доступа к электроэнергии. Недаром 2012 г. объявлен ООН Международным годом устойчивой энергетики для всех.

Энергетические проблемы следует решать комплексно, с учетом проблем водной, продовольственной и социальной безопасности. Все это должно найти отражение в долгосрочной энергетической политике, проводимой мировым сообществом в интересах всех и каждого.

Наш общий планетарный Дом должен стать теплым и светлым, чистым и уютным, удобным для проживания нынешних и будущих поколений.

Для этого прежде всего нужен энергетический диалог, который был бы посвящен как текущим, так и долгосрочным проблемам нашего Дома — планеты Земля. ЮНЕСКО всячески поддерживает такой диалог, в том числе путем исследований и публикаций, позволяющих выработать общую энергетическую политику.

Для решения этой задачи многое делает созданный ЮНЕСКО и Правительством Российской Федерации Международный центр устойчивого энергетического развития (МЦУЭР). Опираясь на мнения ведущих специалистов, как российских, так и зарубежных, Центр регулярно выпускает материалы по общей проблеме «Глобальная энергетика и устойчивое развитие». Широкий резонанс мировой общественности имела выпущенная МЦУЭР в 2009 г. «Белая книга».

С большим удовольствием представляю читателям новый выпуск этой книги, посвященный проблемам мировой энергетики до 2050 года. В его подготовке также принимал активное участие Институт энергетической стратегии в Москве.

Надеюсь, что представленные в книге материалы будут не просто интересны читателю, но и помогут всем нам правильно выбрать путь дальнейшего развития мировой энергетической цивилизации.

*Ханс Д' Орвиль,
Заместитель Генерального директора ЮНЕСКО
по стратегическому планированию*



Энергетика – ключевой элемент в развитии мировой и национальной экономики и общества. Действительно, она является ключевым компонентом для устойчивого развития и будет выступать в качестве центральной темы на Конференции ООН по устойчивому развитию «Рио+20» в июне 2012 года. Энергетика – основа для решения социально-экономических, гуманитарных проблем, проблем окружающей среды и экологии. Поэтому важно, чтобы исследования долгосрочного взаимодействия между всеми этими факторами проводились как часть

целостного подхода к изучению мирового развития.

В настоящее время на международном уровне и внутри системы ООН осуществляется переход на точку зрения, что энергетика должна рассматриваться как важнейший компонент устойчивого развития для создания экологически чистых экономик, для противодействия изменению климата и для того, чтобы содействовать разрешению различных кризисных ситуаций. Более того, катастрофа на АЭС «Фукусима» в Японии, случившаяся в начале этого года, вызвала во многих странах пересмотр подходов к ядерной энергетике, которую многие считали низкоуглеродной и, следовательно, чистой и экологически оправданной.

Энергетические вызовы требуют создания человеческого и институционального потенциала, развития энергетической политики и совместного использования научных знаний и передового опыта.

Имеются многочисленные прогнозы в области поставки и спроса на энергию, в том числе долгосрочные исследования. Данная книга вписана в основные направления научных исследований мировой энергетики и представляет альтернативные подходы. В качестве вклада в более широкое обсуждение проблемы авторы предлагают новые подходы и перспективы. В этом контексте позвольте мне упомянуть некоторые особенности этой книги, которые отличают ее от других исследований в области прогнозирования трендов мировой энергетики.

Прогнозы авторов опираются на ретроспективный анализ исторических трендов развития экономики, обществ и использования энергетики по миру

в целом и его ведущим регионам. Это придает работе историческую глубину. Авторы опираются на представления о цикличности развития мировой энергетики. Это актуально, учитывая продолжающийся мировой кризис. Авторы рассматривают вопросы энергетики в контексте демографических, экологических, продовольственных проблем и вопроса обеспечения водой.

Энергетическая бедность будет препятствовать доступу к образованию и реализации целей «Образования для всех», обеспечению и доступу к здравоохранению, обеспечению роли культуры для развития, использованию современных технологий и инновационных методов работы. Решение проблемы энергетической бедности становится одной из важнейших социально-гуманитарных задач нашего времени. В частности, необходимо полностью реализовать потенциал каждого человека, мужчин и женщин, особенно в развивающихся странах, и привести мир к устойчивому развитию. Экологическая устойчивость должна стать одним из ключевых критериев развития энергетики.

И наконец, самое непосредственное значение имеет то, что Россия, будучи одним из ключевых игроков на мировых энергетических рынках, была в прошлом представлена лишь отдельными прогностическими исследованиями. Хочется надеяться, что новый труд несколько исправит такой дисбаланс и поможет интегрировать российское политическое мышление и взгляды в глобальный энергетический диалог.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	10
РАЗДЕЛ 1. МИРОВОЙ ОПЫТ ИССЛЕДОВАНИЯ БУДУЩЕГО ЭНЕРГЕТИКИ . . .	12
1.1. Сценарии Глобальной группы сценирования	13
1.2. Сценарии Мирового бизнес-совета по устойчивому развитию.	16
1.3. Сценарии Проекта «Миллениум».	19
1.4. Сценарии компании Shell	21
1.5. Сценарии «Гринпис»	26
1.6. Сценарии Международного энергетического агентства	29
1.7. Сценарии IPCC	35
1.8. Количественные параметры сценариев	36
1.9. Обзор сценариев развития мировой энергетики	43
РАЗДЕЛ 2. МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ БУДУЩЕГО МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	47
2.1. Факторы развития мировой энергетики	47
2.2. Проблемы прогноза мировой энергетики	52
2.3. Общая схема прогноза.	56
РАЗДЕЛ 3. ТРЕНДЫ МИРОВОГО РАЗВИТИЯ	61
3.1. Долгосрочная динамика мирового развития	61
3.2. Факторы мирового развития.	72
3.3. Энергетика и тренды мирового развития	92
РАЗДЕЛ 4. РЕСУРСНЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	101
4.1. Ресурсная база мировой энергетики	101
4.2. Экологические факторы развития мировой энергетики	122
РАЗДЕЛ 5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕНДЫ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	137
5.1. Технологии конечного потребления энергии	137
5.2. Технологии в электроэнергетике	148
5.3. Технологии возобновляемой энергетики	157
5.4. Технологии атомной энергетики.	165
5.5. Технологии топливной энергетики	174
РАЗДЕЛ 6. ТРЕНДЫ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	181
6.1. Динамика энергетики	181
6.2. Электроэнергетика	189
6.3. Возобновляемые источники энергии	194
6.4. Атомная отрасль	198

6.5. Нефтяная отрасль	204
6.6. Газовая отрасль	210
6.7. Угольная отрасль	215
РАЗДЕЛ 7. ИНЕРЦИОННЫЙ СЦЕНАРИЙ	219
7.1. Динамика мировой энергетики	219
7.2. Электроэнергетика	223
7.3. Возобновляемые источники энергии	228
7.4. Атомная отрасль	232
7.5. Нефтяная отрасль	238
7.6. Газовая отрасль	247
7.7. Угольная отрасль	252
7.8. Региональный аспект мировой энергетики	256
РАЗДЕЛ 8. СТАГНАЦИОННЫЙ СЦЕНАРИЙ	262
8.1. Динамика мировой энергетики	262
8.2. Электроэнергетика	267
8.3. Возобновляемые источники энергии	273
8.4. Атомная отрасль	277
8.5. Нефтяная отрасль	281
8.6. Газовая отрасль	288
8.7. Угольная отрасль	291
8.8. Региональный аспект мировой энергетики	293
РАЗДЕЛ 9. ИННОВАЦИОННЫЙ СЦЕНАРИЙ	299
9.1. Динамика мировой энергетики	299
9.2. Электроэнергетика	305
9.3. Возобновляемые источники энергии	313
9.4. Атомная отрасль	316
9.5. Нефтяная отрасль	325
9.6. Газовая отрасль	333
9.7. Угольная отрасль	336
9.8. Региональный аспект мировой энергетики	338
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	344
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	352

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая работа представляет собой анализ тенденций мирового энергетического развития и построение на его основе прогноза развития мировой энергетики на период до 2050 года.

Глобальные энергетические вызовы, стоящие перед мировым сообществом, требуют комплексного и неинерционного подхода к прогнозированию энергетического будущего планеты, который учитывает всю совокупность факторов, влияющих на него: от социально-экономических трендов до технологических инноваций как в системе производства, транспорта и распределения энергии, так и в сфере ее конечного потребления.

Методология прогнозирования на долгосрочный период (до 2050 г. и далее) существенно отличается от методов среднесрочных прогнозов развития энергетики (в пределах 20 лет), поскольку в зависимости от периода прогноза изменяется набор ключевых факторов влияния. С учетом этого в работе тщательно проанализирована методология прогнозирования, использованная в большинстве известных нам исследований с горизонтом прогнозирования до 2050 года.

Особое внимание в работе уделено ретроспективному анализу развития мировой энергетики, который показывает, что мировая энергетика, как и мировая система в целом, выходит из режима гиперболического роста, в котором она находилась на протяжении длительного времени, и переходит в новый режим развития. Это, в свою очередь, приводит к возникновению кризисов, в которых сочетаются как циклические, так и стадийные факторы развития.

Мировая энергетика рассматривается в работе как сложная динамическая система противоречий, нелинейно реагирующая на изменение внешних условий. На основе современных данных и исследований определены ключевые тренды современного энергетического развития. Для интеграции всего комплекса указанных факторов энергетического развития рассматриваются три комплексных сценария: инерционный, стагнационный и инновационный. Каждый сценарий представляет собой совокупность взаимосвязанных трендов разной природы и позволяет выявить основные проблемы развития мировой энергетики в перспективе.

Представление о глобальных трендах экономического и энергетического развития в рамках выхода из режима гиперболического роста задает внешние условия сценариев энергетического развития. Для математического моделирования развития мировой энергетики в рамках настоящей работы

использованы модели GEM (модель мировой энергетики) и MACRO (макроэкономическая модель) Института систем энергетики им. Л. А. Мелентьева (ИСЭМ СО РАН, г. Иркутск). Модели включают в себя ресурсные и технологические ограничения, заданные на основе комплексного анализа существующих и перспективных энергетических технологий, возможных масштабов и последствий их внедрения. На основе результатов моделирования мы анализируем изменения в организации энергетических рынков и энергетических компаний, темпы инвестиционного процесса и другие более тонкие параметры энергетического развития.

В начале 2011 г. произошли три важных события, которые обозначили ключевые проблемы мирового энергетического развития.

Волнения в арабских странах обострили проблему баланса между глобализацией и регионализацией мировой энергетики. Резко возросло геополитическое напряжение на нефтяном рынке, возникли предпосылки для повторения кризисных ситуаций 1970-х годов.

Ведущие страны мира (США, страны ЕС и Китай) начали программы по снижению зависимости от импорта энергоносителей. Резкий рост цен на нефть стал угрожать новым шоком для мировой экономики, которая еще не преодолела последствий кризиса. Это может ускорить процесс завершения нефтяной эпохи, а в долгосрочной перспективе привести к структурным изменениям, снижению спроса на нефть и, как следствие, спаду цен и закату нефтяного бизнеса.

Наконец, катастрофа на АЭС «Фукусима-1» в Японии остро поставила вопрос о создании инновационной электроэнергетики и, более широко, об инновационном развитии энергетики в целом. Для атомной энергетики еще более выпукло проявилась проблема, отраженная уже в нашем исследовании годичной давности: невозможность инерционного роста и фактический выбор между стагнацией (и даже сворачиванием в отдельных регионах, например в Европе) и инновационным скачком, который, однако, сталкивается со значительными трудностями.

Для России эти вызовы означают необходимость кардинальной модернизации экономики и энергетики и снижение зависимости от топливно-энергетического комплекса. При этом ТЭК должен играть активную роль в модернизации, будучи не только пассивным объектом, но и активным субъектом этого процесса, используя накопленный финансовый, кадровый и технологический потенциал, генерируя инвестиционный и инновационный спрос.

РАЗДЕЛ 1. МИРОВОЙ ОПЫТ ИССЛЕДОВАНИЯ БУДУЩЕГО ЭНЕРГЕТИКИ

Работы по исследованию будущего активно ведутся в мире начиная с 1970-х годов. К настоящему времени накоплен значительный опыт проведения как специальных энергетических исследований, так и исследований по развитию социума в целом, которые косвенно затрагивают энергетическую проблематику.

Главным методом исследования будущего является сценарирование. Процедура построения сценариев включает в себя:

- 1) определение ключевых трендов и факторов развития;
- 2) определение их возможных изменений в будущем;
- 3) определение инвариантных безальтернативных трендов;
- 4) выявление ключевых неопределенностей и построение на их основе сценариев;
- 5) определение ключевых субъектов развития и их возможных действий;
- 6) выработку политических рекомендаций.

Работы по исследованию будущего преследуют две основные цели: 1) собственно исследовательскую, 2) управленческую, а именно предоставление рекомендаций по необходимым политическим мерам для реализации предпочтительных вариантов будущего и предотвращению нежелательных. Как правило, вторая цель является основной. Как следствие, сценарии будущего делятся на два типа: 1) исследовательские, 2) нормативные. В исследовательских сценариях описываются результаты развития наблюдаемых трендов; в нормативных сценариях описываются пути достижения заранее заданных результатов.

Сценарирование может включать в себя математическое моделирование, которое позволяет получить количественные оценки динамики мировой энергетики. Вместе с тем математическое моделирование не учитывает резких сдвигов трендов в результате катастрофических событий, игнорирует политические решения, изменение ценностей и институтов и фактически лишь экстраполирует текущие тенденции без учета возможностей их изменения. Иными словами, экономическое, институциональное, социально-политическое содержание сценариев слабо поддается математическому моделированию, оно дает точные результаты только в периоды устойчивого развития. В 2010-2050 гг. произойдет комплексный кризис развития, что делает возможности математического моделирования ограниченными. По существу, его результаты отражают не возможное будущее мировой энерге-

тики, а направление развития современных трендов, которые заведомо изменятся в будущем.

В разделе 2 приведен обзор основных работ по исследованию будущего мировой энергетики, включающий все типы возможных сценариев.

1.1. Сценарии Глобальной группы сценарирования

Глобальная группа сценарирования (The Global Scenario Group – GSG) создана в 1995 г. и опубликовала результаты своих исследований в 2002 году¹. Сценарии не содержат количественных оценок, но отличаются оригинальностью подходов и выводов.

Для сценариев GSG характерно следующее:

- Сценарии находятся в русле концепции устойчивого развития, но во многих отношениях существенно выходят за его рамки.

- В сценариях явно учитывается одно из двух ключевых противоречий индустриальной фазы развития – противоречие между конечностью земного пространства и необходимостью постоянного роста.

- Второе ключевое противоречие данных сценариев – нарастающая внутренняя сложность индустриальной цивилизации, выходящая за рамки возможностей управления существующими технологиями, средствами – не отражено, хотя оно является более важным.

- В сценариях GSG учитывается возможность «диких карт», или «джокеров», – неожиданных событий, оказывающих глубокое воздействие на тренды мирового развития.

- В отличие от авторов большинства других сценариев GSG учитывает кризисные и катастрофические варианты развития событий.

- В сценариях GSG рассматриваются три ключевых негативных безальтернативных тренда: 1) истощение ресурсов и деградация окружающей среды, 2) рост социально-экономического неравенства, 3) бедность и маргинализация в ряде регионов мира. Эти тренды являются главными источниками глобальных рисков.

- Сценарии GSG исходят из того, что мир в настоящее время (2002 г.) находится в критической точке, после которой его развитие качественно изменится и сформируется «планетарная стадия цивилизации». Проблема перехода от одной фазы развития к другой авторами сценария осознана.

Согласно прогнозу GSG в будущем (до 2050 г.) возможны три принципиально различных сценария развития, каждый из которых распадается на два дополнительных варианта.

¹ Great Transition: The Promise and Lure of the Times Ahead. – The Global Scenario Group, 2002.

Первая группа сценариев – Инерционные миры (Conventional Worlds).

В этой группе сценариев предполагается:

- сохранение современных трендов развития с преобладанием рыночной экономики;
- развитие новых технологий (но без радикальных технологических прорывов с глубокими социально-экономическими последствиями);
- сохранение доминирования национальных государств.

Сценарий разбивается на два варианта – Рыночный (Market Forces) и Политический (Policy Reform). Авторы считают, что после 2020 г. нарастающий экологический кризис в любом варианте вынудит социум изменить траекторию своего развития.

В Рыночном варианте:

- изменение траектории развития произойдет через рыночные механизмы;
- высокие цены на ресурсы и энергоносители сделают рентабельным энерго- и ресурсосбережение, возобновляемые источники энергии;
- ряд экономических и энергетических шоков потребует пересмотра экономической модели развития, как это было в 1970-е годы;
- такие шоки окажут тяжелое негативное воздействие на социальную ситуацию в развивающихся странах;
- будет реализована сравнительно малая часть потенциала энерго- и ресурсосбережения – только экономически рентабельная при слабом государственном регулировании.

В Политическом варианте:

- главную роль в обеспечении устойчивости сыграют не рыночные силы, а правительства, которые будут различными мерами стимулировать энерго- и ресурсосбережение;
- эти меры включают в себя технологические стандарты, климатическую политику, рынки выбросов и пр.;
- этот вариант обеспечивает больший сдвиг к устойчивому развитию за счет использования возможностей государства, но требует значительных экономических затрат и создания сложной системы регулирования, а поэтому маловероятен.

Вторая группа сценариев – Варваризация (Barbarization). В этой группе сценариев предполагается:

- нарастание трех указанных выше негативных тенденций (истощения ресурсов, роста неравенства, маргинализации) приводит к острым гражданским и международным конфликтам, острому противостоянию развитых стран развивающимся, коренного населения развитых стран – мигрантам, обеспеченных слоев населения – необеспеченным;
- эти процессы поставят на грань коллапса социальную, политическую и экономическую структуру развитых стран.

Возможно два последующих варианта развития событий: Обвал (Breakdown) и Крепость (Fortress).

Вариант «Обвал» означает:

- наступление социального хаоса в развитых странах с последующим глубоким технологическим, социальным, культурным и экономическим откатом практически во всех странах мира;

- этот процесс будет сопровождаться масштабными войнами, разрушениями и локальными экологическими катастрофами.

Вариант «Крепость» предполагает:

- консолидацию элит ведущих стран мира с целью удержать ситуацию в своих странах под контролем;

- усиление авторитарных тенденций в ведущих странах мира;

- снижение темпов развития;

- политический, социальный и экономический хаос в других регионах мира.

Наконец, третья группа сценариев – *Великий переход* (The Great Transition). Этот сценарий предполагает:

- сдвиг в направлении устойчивого развития за счет комплекса технологических, политических и экономических решений и преодоление указанных выше ключевых негативных трендов, для чего потребуются не только действие рыночных механизмов и активная государственная политика, но и глубокое изменение доминирующих в обществе ценностей от материализма и индивидуализма к солидарности и экологическим ценностям;

- формирование международного гражданского экологического движения.

В зависимости от скорости сдвига к новым ценностям возможны два варианта в пределах сценария «Великий переход».

Первый вариант – Эко-коммунализм (Eco-Communalism), в котором локальные гражданские сообщества становятся основой развития. Стоит отметить, что этот сценарий, по мнению самих авторов, крайне маловероятен, поскольку противоречит основным тенденциям мирового развития. В первую очередь, неясно, что будет происходить в индустриализирующихся развивающихся странах.

Второй вариант – Новая парадигма устойчивости (New Sustainability Paradigm). Он предполагает стабилизацию численности населения, снижение ориентации на потребление, переход к экологическим ценностям, гуманизацию общества, сокращение неравенства. Предполагается, что значительную роль будут играть некоммерческие организации, транснациональные корпорации, межправительственные организации при снижении роли национального государства.

Таким образом, три группы сценариев в целом соответствуют нашим сценариям развития – соответственно стабилизационно-стагнационному,

инерционно-катастрофическому, инновационно-революционному. В последнем случае соответствие наименьшее, поскольку в сценариях GSG проигнорированы технологические основы перехода, сделан избыточный акцент на экологических проблемах, не описаны социальные последствия и риски перехода.

В сценариях GSG не проводится специальный анализ развития энергетики, однако определенные выводы о ее состоянии можно сделать:

- Сценарий «Варваризация» и его варианты предполагает доминирование ископаемых видов топлива при относительно высокой энергоемкости экономики (вариант «Крепость») или при резком спаде энергопотребления, распаде мировых энергетических рынков и переходе на уголь как местный источник энергии (вариант «Обвал»).

- Сценарий «Великий переход» предполагает радикальное снижение энергоемкости экономики и абсолютного потребления энергии, а также переход от топливной к возобновляемой энергетике, особенно в варианте «Эко-коммунализм».

- Сценарий «Инерционные миры» предполагает сочетание тенденций двух предыдущих сценариев. В заключение следует отметить, что мировое развитие в 2002-2010 гг. происходило скорее в рамках Инерционной группы сценариев.

1.2. Сценарии Мирового бизнес-совета по устойчивому развитию

Мировой бизнес-совет по устойчивому развитию (The World Business Council for Sustainable Development – WBCSD) в 1999 г. опубликовал работу, специально посвященную сценариям развития энергетики². Эта работа была частью большого проекта по сценированию мирового развития (Exploring Sustainable Development), поэтому общие методологические подходы и набор сценариев развития энергетики и мирового развития в них совпадают. В последующих публикациях энергетические проблемы затрагивались в ограниченной степени³. В исследовании «Energy 2050. Rysky Business» количественные оценки сценариев отсутствуют.

В рамках этой работы практически не уделено внимание внутренним проблемам и вызовам индустриальной фазы развития. Развитие представляется реакцией на некоторые внешние вызовы социально-экономическому развитию, а не как преодоление внутренних противоречий системы.

² Energy 2050. Risky Business. – The World Business Council for Sustainable Development, 1999.

³ Vision 2050. The new agenda for business. – WBCSD, 2009.

Авторы исследования считают, что главными факторами развития в 2005-2050 гг. будут: 1) рост численности населения, 2) технологические инновации, 3) глобализация. Ключевой неопределенностью является переход (или отсутствие перехода) мира на траекторию устойчивого развития, эта концепция играет в исследовании основную роль.

В рамках исследования WBCSD рассматриваются три сценария – Экономоцентричный (FROG – first raise our growth), ГЕОполитика (GEOPolity), «Джаз» (Jazz).

Экономоцентричный сценарий предполагает:

- приоритет экономического развития над экологическими проблемами в общественном сознании и ослабление мирового экологического движения;
- снижение роли экологического фактора в развитии экономики и энергетики;
- экономический рост идет высокими темпами в большинстве регионов мира;
- быстрый рост спроса на энергоносители, особенно в развивающихся странах, который приводит: 1) к резкому росту международной торговли энергоносителями и зависимости ряда стран от импорта, 2) быстрому росту потребления угля, 3) опережающему росту производства и потребления электроэнергии, 4) росту выбросов CO₂ и других парниковых газов;
- быстрое технологическое развитие, в частности использование технологий высокотемпературной сверхпроводимости и топливных элементов;
- создание более мощных, компактных и дешевых аккумуляторов, а также технологии передачи электроэнергии на большие расстояния и конвертации одних видов энергии в другие;
- развитие ВИЭ ограничено сферой их коммерческой эффективности и сосредоточено преимущественно в развитых странах;
- быстрый рост атомной энергетики;
- высокий уровень социального неравенства как главный риск данного сценария, что может спровоцировать острые внутренние и международные конфликты.

Сценарий ГЕОполитики предполагает:

- переход к устойчивому развитию с замедленным ростом спроса на энергоносители, снижение выбросов CO₂;
- рост доли газа и атомной энергии в энергобалансе за счет снижения доли угля;
- быстрый рост возобновляемой энергетики, использование топливных элементов, солнечных батарей, ветровой энергии, биотоплива;
- проведение активной климатической политики на основе киотских и пост-киотских соглашений с системой квотирования выбросов и торговли ими.

Сценарий отличается технократизмом: подробно описаны необходимые технологии, но практически не описаны необходимые изменения

общественных ценностей и приоритетов. Кроме того, переход к устойчивому развитию является не естественным трендом развития, а искусственным продуктом целенаправленных усилий со стороны государства, что требует создания очень сложной системы регулирования. Поскольку авторы доклада отдают себе в этом отчет, то к 2020 г. они прогнозируют кризис глобальной и национальных систем регулирования, которые будут не в состоянии справиться с растущей нагрузкой. Кризис приведет к их переформатированию и может сопровождаться рядом техногенных катастроф.

Сценарий «Джаз» предполагает:

- приоритет экономического развития над экологическими проблемами в общественном сознании и ослабление мирового экологического движения;
- прогресс информационных технологий как ключевой фактор развития;
- открытый, демократичный, либеральный мир, который характеризуется быстрым технологическим развитием, что позволяет преодолеть экологические проблемы;
- энергетику в роли сервисной отрасли, отличающуюся разнообразием игроков, потребителей и применяемых технологий;
- конвергенцию энергетики и техносферы: все большее количество устройств и технических систем содержат в себе генераторы энергии различных видов;
- сравнительно низкие цены на энергию;
- доминирование на рынке не традиционных энергетических компаний, а инновационных технологических и коммунальных компаний;
- рост доли атомной энергетики и природного газа в потреблении энергии, быстрое повышение энергетической эффективности, развитие технологии «умных» сетей и топливных элементов;
- активное развитие возобновляемой энергетики.

Обострение экологического кризиса в 2020-е гг. приводит к заключению Пакта об охране природы и введению глобального налога на ущерб окружающей среде. Его выполнение обеспечивает гражданский контроль, который в открытом информационном мире более эффективен, чем государственный. Главным риском в этом сценарии является неуправляемая социальная трансформация и связанные с ней конфликты.

Таким образом, Экономоцентричный сценарий соответствует нашему инерционно-катастрофическому сценарию (хотя содержит в себе элементы инновационно-революционного), сценарий «Джаз» соответствует инновационно-революционному сценарию, а сценарий ГЕОполитики – стабилизационно-стагнационному сценарию. Но сценарии WBCSD во многих отношениях излишне оптимистичны, не учитывают глубины и остроты противоречий мирового развития, не отражают существующих рисков.

1.3. Сценарии Проекта «Миллениум»

Проект «Миллениум» реализовывался Университетом ООН в 1996-2002 годах. По результатам проекта были разработаны два ключевых с точки зрения энергетического развития документа – Сценарии развития мировой энергетики до 2020 г.⁴ и Исследовательские сценарии до 2050 года⁵. Кроме того, проводится ежегодный мониторинг мирового развития и вводятся дополнения к сценариям. Первая работа посвящена непосредственно энергетике, но среднесрочный характер выводит ее за пределы рассмотрения нашей работы. Анализ трендов мирового развития в этой работе, исходя из ретроспективного анализа за 2002-2010 гг., находится на высоком уровне. В рамках нашего исследования мирового развития до 2050 г. мы будем рассматривать вторую работу, в которой наряду с энергетикой рассматриваются и общие вопросы мирового развития. Она содержит ограниченные элементы квантификации, но в целом находится в рамках качественного исследования.

В сценариях проекта «Миллениум» рассматриваются четыре ключевые оси, от которых зависят будущие сценарии мирового развития:

1. Глобализация («+» – свободная торговля, «-» – изоляционизм),
2. Технологии связи («+» – быстрое развитие, «-» – стагнация),
3. Уровень угроз международной безопасности и (или) качеству жизни («+» – низкие, «-» – высокие),
4. Роль государства в обществе («+» – низкая, «-» – высокая).

Наличие четырех осей с двумя вариантами для каждой из них позволяет теоретически сформировать 16 сценариев, однако авторы считают сколь угодно вероятными только четыре из них.

Первый сценарий – Кибертопия (Cybertopia) – предполагает:

- свободную торговлю,
- быстрое развитие коммуникационных технологий,
- низкий уровень угроз,
- низкую роль государства, или «++++» по рассмотренным выше осям,
- быстрое повышение энергоэффективности и развитие возобновляемой энергетики,
 - рост к 2050 г. потребления энергии в 2 раза по сравнению с 2000 г.,
 - отсутствие значимых новых энергетических технологий,
 - высокие темпы экономического роста и создание нового качества за счет развития информационных технологий и виртуальной экономики,
 - рост угрозы терроризма, в том числе информационного, а также социальных и культурных конфликтов, но в целом они авторами недооцениваются,
 - достижение пика глобализации.

⁴ 2020 Global Energy Scenarios. – Millennium Project, 2002.

⁵ Global Exploratory Scenarios. – Millennium Project, 2002.

Авторы считают этот сценарий максимально благоприятным.

Второй сценарий – «Богатые еще богаче» (The Rich Get Richer) – предполагает:

- свободную торговлю,
- быстрое развитие коммуникационных технологий,
- высокий уровень угроз,
- низкую роль государства, или «++-+» по рассмотренным выше осям,
- высокий уровень внутренних и внешних конфликтов, угрозы терроризма,
- слабую роль государства и, как следствие, корпоративный мир,
- рост влияния транснациональных корпораций, приобретение ими политических функций, что приводит к резкому росту неравенства,
 - тяжелые проблемы развивающихся стран, которые сталкиваются с давлением со стороны развитых стран,
 - рост доли возобновляемой энергетики в развитых странах из-за соображений энергетической безопасности,
 - замедление распространения современных энергоносителей и использование в широких масштабах традиционной биомассы в развивающихся странах.

В работе не прописаны в достаточной степени последствия этого сценария, однако существуют основания полагать, что они будут очень тяжелыми. Конфликт развитых и развивающихся стран приведет либо к масштабной горячей, либо к холодной войне.

Третий сценарий – «Пассивный мир» (A Passive Mean World) – предполагает:

- изоляционизм,
- медленное развитие коммуникационных технологий,
- низкий уровень угроз,
- высокую роль государства, или «--+-» по рассмотренным выше осям,
- медленный экономический рост, высокую безработицу, медленное технологическое развитие, ограничения миграций и международной торговли, торговые войны и протекционизм,
 - относительно успешное развитие Китая, Индии и других новых индустриальных стран,
 - национализм и распад мировой экономической системы, включая энергетическую, что может привести к крупным конфликтам,
 - снижение доли нефти и природного газа в энергетике за счет роста доли угля из-за соображений национальной энергетической безопасности,
 - замедление развития атомной и возобновляемой энергетики в условиях технологической стагнации.

Иными словами, этот сценарий является антиподом по отношению к предыдущему и предполагает затяжную социально-экономическую стагнацию.

Четвертый сценарий – «Мировая торговля» (Trading Places) – предполагает:

- свободную торговлю,
- быстрое развитие био- и коммуникационных технологий,
- высокий уровень угроз,
- низкую роль государства, или «++-+» по рассмотренным выше осям,
- продолжение глобализации в близком к современному виде,
- рост влияния ВТО, МВФ, Всемирного банка за счет снижения роли США,
- быстрый экономический рост в странах Восточной и Юго-Восточной Азии, а также в Индии,
- ухудшение экономической ситуации в США, ЕС и Японии (эти страны постепенно теряют лидерство),
- снижение роли экологических проблем,
- значительное противоречие между социальными и экономическими задачами.

Этот сценарий в наибольшей степени близок к инерционному и к современным процессам. В проекте «Миллениум» не раскрыты многочисленные риски этого сценария, которые делают его неустойчивым.

Во всех сценариях проекта «Миллениум» происходит острый кризис в 2025-2030 гг., хотя его причины отличаются в зависимости от сценария. В некоторых случаях после кризиса тренды развития меняются на противоположные. Это подтверждает нашу точку зрения о неизбежности в период 2025-2030 гг. фазового кризиса.

Сценарии проекта «Миллениум» интересны тем, что они исследуют различные возможные варианты инерционно-катастрофического сценария в нашем понимании (сценарии «Богатые еще богаче», «Пассивный мир», «Мировая торговля») и показывают наличие существенно различных возможностей в его пределах. Вместе с тем риски этих сценариев существенно недооцениваются, и только сценарий «Кибертопия» частично выходит за рамки инерционного сценария. Кроме того, в проекте «Миллениум» по сути, нет сценариев, соответствующих стабилизационно-стагнационному варианту настоящего исследования.

1.4. Сценарии компании Shell

Сценарный проект компании «Ройал Датч Шелл» реализуется с 1990-х гг. и включает в себя работы 1990, 1996, 2001, 2005 и 2008 годов. Ниже анализируется последний вариант сценариев от 2008 года⁶. В отличие от многих других прогнозов он содержит в себе количественные показатели структуры мирового топливно-энергетического баланса до 2050 года.

⁶ Shell energy scenarios to 2050. – Shell International BV, 2008.

Последние варианты сценариев компании «Ройал Датч Шелл» стали существенно менее оптимистичными, чем более ранние.

- Сценарии 1990-х гг. описывались самими авторами формулой TINA – There Is No Alternative. Предполагалось, что либерализация, глобализация и технологическое развитие обеспечат решение энергетических и экономических проблем, в том числе в развивающихся странах Азии. Риски социально-экономического и энергетического развития расценивались как низкие. Такая оценка ситуации постфактум представляется неадекватной. Видимо, на работу оказала влияние эйфория, связанная с доминированием западной модели развития в 1990-е гг. после распада СССР и иллюзиями относительно возможности ее бесконфликтного распространения.

- В сценариях 2005 г. уже были отражены новые риски. Они были связаны с геополитическими (террористические акты 11 сентября 2001 г. и последующая борьба с терроризмом), энергетическими и экономическими (дело «Энрон», кризис высокотехнологичной экономики 2001 г.) факторами. Но в целом базальтернативная логика TINA сохранилась.

- В сценариях 2008 г. эта концепция наконец пересмотрена и заменена формулой TANIA – There Are No Ideal Answers. Это говорит о более адекватной оценке рисков энергетического и экономического развития и отсутствии готовых решений.

Авторы сценария считают, что современное мировое развитие определяется тремя ключевыми противоречиями:

- 1) «противоречие неравенства» между богатством и бедностью;
- 2) «противоречие доверия» между глобализацией и безопасностью;
- 3) «противоречие индустриализации» между экономическим ростом и окружающей средой.

В качестве инвариантных характеристик обоих сценариев авторы рассматривают:

- быстрый экономический рост;
- глобализацию;
- высокие геополитические риски.

В энергетической сфере ключевыми трендами будут:

- 1) прохождение развивающимися странами, в первую очередь Китаем и Индией, наиболее энергоемкой стадии индустриализации;

- 2) быстрый рост спроса на энергоносители, несмотря на значительный рост энергоэффективности;

- 3) рост добычи конвенциональных видов нефти и природного газа (с простыми условиями разработки и низкими издержками) к 2015 г. не сможет полностью удовлетворить спрос;

- 4) использование угля, несмотря на наличие значительных ресурсов, будет сдерживаться экологическими ограничениями (как климатической

политикой, так и локальным загрязнением воздуха) и проблемами с транспортировкой.

Несмотря на рост возобновляемой энергетики, авторы считают крайне проблематичным обеспечение концентрации парниковых газов на уровне 450 ppm CO₂-эквивалента (считается, что именно после этого уровня изменение климата становится неуправляемым). Не существует одной универсальной технологии, которая позволила бы решить энергетические проблемы; необходимо использование всего комплекса имеющихся технологий.

В условиях роста спроса, ограниченного предложения и усиления экологических ограничений политический выбор направления развития играет ключевую роль. В условиях неизбежных революционных изменений в мировой энергетике даже инерционный сценарий business-as-usual включает в себя новые правила регулирования и новые технологии – ВИЭ, инфраструктура технологий улавливания и захоронения углерода (CCS) и другие.

В работе «Ройал Датч Шелл» рассматриваются два сценария развития мировой энергетики – кризисный (Scramble) и проектный (Blueprint). Необходимо подчеркнуть, что ни один из них не является инерционным и не оценивается как лучший или худший. Оба сценария предполагают глубокие изменения в мировой энергетике, но в первом сценарии они происходят стихийно, а во втором – управляемо (проектно).

В кризисном сценарии (Scramble) выделяются три этапа: 1) инерционное развитие в 2006-2025 гг., 2) кризис в 2025-2035 гг., 3) посткризисное развитие 2035-2055 годов. Наступление кризиса в 2025-2035 гг. вытекает из собственных тенденций развития энергетики.

Кризисный сценарий характеризуется следующими чертами:

- обеспечение национальной энергетической безопасности как центральной проблемы государственной энергетической политики в период инерционного развития;
- низкий уровень доверия и высокая степень конфликтности, что поощряет геополитическую конкуренцию между государствами и их блоками, преобладание двусторонних соглашений над многосторонними;
- снижение роли мирового энергетического рынка и переориентация на локальные источники энергии – уголь, тяжелую нефть и биотопливо;
- рост мирового потребления угля в 2000-2025 гг. в 2 раза, а к 2050 г. – в 2,5 раза;
- развитие атомной энергетики будет ограниченным из-за политики обладающих ядерными технологиями стран, которые будут опасаться распространения ядерного оружия и блокировать передачу этих технологий другим странам;
- значительное распространение получит биотопливо второго поколения, особенно в США и Европе, доля которого на транспорте к 2050 г. может составить до 25%;

- решающая роль национальных энергетических компаний;
- увеличение роли стран – экспортеров энергоносителей, которые получают возможность устанавливать собственные правила игры на мировом энергетическом рынке;
- сохранение огромных различий в уровне социально-экономического развития разных регионов мира;
- высокая вероятность ряда гражданских и военных конфликтов, смены режима в некоторых странах.

К 2025 г. потенциал развития в рамках этой модели будет исчерпан.

С одной стороны, быстрый рост спроса при медленном росте предложения и геополитической нестабильности приведет к острым энергетическим кризисам. Государства будут разрешать их путем жестких ограничений энергопотребления и повышения цен на энергоносители, что в перспективе приведет к снижению спроса и выходу из этого сценария.

С другой стороны, будет усиливаться протест против развития угольной энергетики по экологическим соображениям (в США, Китае) и трудности с логистикой.

В условиях высоких рисков срыва поставок и транзита, а также высоких цен на энергоносители проблемы борьбы с изменением климата и повышения энергоэффективности отходят на второй план. Кроме того, климатическая политика сдерживается отсутствием эффективных международных механизмов ее реализации и противоречиями между развитыми и развивающимися странами.

Экономическое развитие имеет приоритет по сравнению с экологическими проблемами.

После 2030 г. содержание развития меняется:

- К 2030 г. проявляются серьезные последствия изменения климата, что вынуждает государства принять жесткие, хотя и запоздалые меры, вплоть до моратория на развитие наиболее углеродоемких видов энергетики.
- Сочетание перебоев в энергоснабжении и растущих экологических рисков вызовет резкое замедление экономического роста и потребует изменения модели развития.
- К 2030 г. высокие цены на энергоносители придадут мощный дополнительный импульс развитию энергосбережения и возобновляемых источников энергии (биотоплива, солнечной и ветровой энергетики).
- Вероятен ренессанс атомной энергетики.
- Начинают приниматься активные меры климатической политики, однако они значительно запоздают, и значительного изменения климата Земли избежать не удастся.

В *проектном сценарии* (Blueprint) меняется как проблематика энергетического развития, так и субъект этого развития:

- Вместо национальной энергетической безопасности главной проблемой становится обеспечение экономического роста при соблюдении экологических ограничений.
- Вместо государства формируется коалиция общественных и коммерческих организаций, заинтересованных в изменении модели развития энергетики.
- Активное участие в энергетическом развитии будут принимать города (на субнациональном уровне) и международные организации.
- Основную роль в их вовлечении в энергетическую политику будут играть локальные проблемы, в первую очередь загрязнение городского воздуха угольными электростанциями и автомобилями в Китае, однако в дальнейшем они перейдут к решению глобальных проблем.
- Ключевыми результатами деятельности этой коалиции на первом этапе станут значительное повышение энергоэффективности в сфере конечного потребления и развитие возобновляемой энергетики (в ее коммерчески эффективной части), а затем массовое распространение электромобилей, что радикально сократит спрос на нефть.
- Мировое экономическое развитие будет продолжаться высокими темпами, однако будет менее энергоемким и с меньшим абсолютным объемом энергопотребления.
- К 2050 г. экономический рост будет полностью оторван от роста энергопотребления.
- Мировое потребление нефти выйдет на длительное плато, в то время как возобновляемая энергетика будет быстро расти как в развитых, так и в развивающихся странах.
- К 2050 г. доля электромобилей в продажах новых транспортных средств может достигнуть 50%, что вызовет снижение спроса на нефтепродукты и сырую нефть.
- Атомная энергетика будет быстро развиваться.
- Весьма вероятно своевременное заключение посткиотских соглашений об изменении климата и дальнейшее развитие международной системы торговли квотами.
- Национальные системы торговли квотами будут развиваться в ЕС и вводиться в США, а затем и в Китае.
- Крупные компании будут добиваться унификации правил работы в энергетической сфере по всему миру.
- Особое значение будет иметь изменение позиции США, которые отойдут от противодействия климатической политике. До 2015 г. в США будет принято решение о введении налогов на выбросы CO₂, об ужесточении к 2020 г. стандартов экономии топлива до европейского уровня и о стимулировании продаж энергоэффективных автомобилей.

- Правительства Индии и Китая под давлением внутренней и международной общественности, а также в рамках смены модели экономического развития резко активизируют климатическую политику. Однако авторы признают, что для этого необходим эффективный механизм трансфера технологий и инвестиций в чистую энергетику развивающихся стран со стороны развитых стран.

Как следствие, к 2050 г. душевое потребление энергии в США и ЕС снижается на 33% по сравнению с современным уровнем, а в Китае оно уже проходит пиковое значение. Рост душевого потребления в Индии продолжается, но при существенно более низких значениях энергоемкости.

Следует отметить, что проектный сценарий «Шелл» предполагает вступление в силу уже с 2012 г. эффективного международного соглашения по торговле квотами на выбросы CO₂. С учетом результатов Копенгагенского саммита это представляется маловероятным. Кроме того, в рамках сценария предполагается мощное развитие технологий улавливания и захоронения углерода (CCS), несмотря на их крайнюю дороговизну и необходимость создания инфраструктуры, превышающей, по авторской оценке, современную инфраструктуру для транспорта природного газа как минимум вдвое. Сценарий «Шелл» предполагает, что к 2050 г. 90% угольных электростанций в странах ОЭСР и 50% электростанций в других странах будут оборудованы системами CCS. Мы считаем такое развитие событий крайне маловероятным в связи с неприемлемым уровнем издержек.

Кроме того, проектный сценарий «Шелл» предполагает затяжное и глубокое падение мировых цен на нефть и природный газ, что приведет к политической нестабильности на Ближнем Востоке, в России и странах СНГ. Ожидается также экономический, экологический и энергетический кризис в развивающихся странах, которые будут вынуждены существенно изменить модель роста. Таким образом, этот сценарий также содержит значительные политические риски.

1.5. Сценарии «Гринпис»

Неправительственная организация «Гринпис» в 2007 г. разработала собственные сценарии развития мировой энергетики и периодически обновляет их⁷. В отличие от большинства сценариев других организаций разработанный «Гринпис» сценарий энергетической революции является не исследовательским, а нормативным. Иными словами, он описывает не наиболее вероятные варианты будущего, а желательные (хотя и возможные, по мнению авторов). Наряду с этим сценарием рассматривается инерционный сценарий, который построен на основе работ Международного энергетиче-

⁷ The global energy [r]evolution 2010. Greenpeace, 2010.

ческого агентства путем экстраполяции сегодняшних тенденций на период после 2030 г. и поэтому не представляет интереса. Сценарии содержат количественные показатели структуры мирового топливно-энергетического баланса до 2050 г., в том числе по регионам, видам энергии и секторам конечного потребления.

Ключевыми целями нормативного сценария энергетической революции являются:

- предотвращение изменения климата и ограничение глобального роста температур пределом в 2 °С (как обычно считается, именно эта величина является порогом устойчивости геосферы);
- сокращение выбросов CO₂ на 50% к 2050 г. по сравнению с уровнем 2003 г. – до 11,5 Гт с 23 Гт, в том числе в странах ОЭСР – на 80%;
- заключение ряда новых международных соглашений, которые заменят Киотский протокол, а также резкое усиление климатической политики на национальном уровне.

Сценарий энергетической революции предполагает:

- продолжение экономического роста, но при этом – очень быстрое развитие энергосбережения и переход на неэнергоемкий путь развития;
- сохранение мирового энергопотребления к 2050 г. на современном уровне (предполагается слабое снижение – с 11,1 до 10,7 млрд т н.э.), несмотря на рост населения с 6,5 до 9 млрд человек и рост экономики приблизительно в 3 раза;
- полное сворачивание мировой атомной энергетики к 2030 г. с мотивацией возможности аварий, нерешенности проблемы радиоактивных отходов и ОЯТ, угрозы распространения ядерного оружия и дороговизны;
- отказ от технологии улавливания и захоронения углерода (CCS) как дорогой, экологически опасной и бесполезной;
- формирование технологической базы мировой энергетики на основе возобновляемых источников энергии – солнечной (фотовольтаика и концентраторы солнечной энергии), ветровой, биомассы;
- достижение производством солнечной и ветровой энергии уровня конкурентоспособности по отношению к топливным источникам энергии после 2025 г. при выполнении ряда условий;
- достижение к 2030 г. стоимости энергии ВИЭ на уровне 30-60% от современного, к 2050 г. – 20-50%;
- активное развитие совместного производства тепла и электроэнергии и масштабная децентрализация энергетики;
- развитие распределенной генерации позволит достичь самообеспечения энергией локальными сообществами;
- создание электростанций на основе ВИЭ с высокой мощностью, в первую очередь ветровых и солнечных;

- развитие интеллектуальных энергетических систем и сетей будет ключевым направлением развития энергетики, что позволит управлять децентрализованной электроэнергетической сетью с распределенной генерацией и частично решить проблему нестабильности выработки электроэнергии ВИЭ;

- создание специальных систем аккумулирования энергии на базе гидроаккумулирующих станций или сжатия воздуха.

Авторы считают, что к 2030 г. ВИЭ могут обеспечить 35% мирового первичного потребления энергии, а к 2050 г. – 55%. В производстве электроэнергии доля ВИЭ вырастет с 18% в 2007 г. (включая большую гидроэнергетику) до 70% в 2050 г. (в том числе инновационные ВИЭ, без ГЭС и биомассы – 42%), в производстве тепла – с 26 до 65%. По мнению авторов, такой сценарий развития энергетики позволит существенно снизить затраты на ее функционирование за счет снижения потребления ископаемого топлива.

Необходимо отметить ряд слабых мест этого сценария:

- Набор предлагаемых для использования технологий определяется в первую очередь экологическими соображениями.

- Оценка снижения издержек построена на ретроспективных данных об удешевлении источников энергии по мере роста их установленной мощности. Но их экстраполяция в будущее некорректна в связи с неизбежным замедлением технологического прогресса по мере насыщения рынка. Кроме того, в этих оценках не учитываются косвенные затраты на создание аккумуляторов электроэнергии и перестройку электроэнергетических систем.

- Необходимо отметить, что обоснование возможностей столь значительного роста энергоэффективности в работе не приводится.

- Предполагается, что рост потребления в развивающихся странах должен еще некоторое время продолжаться, но компенсироваться снижением потребления в развитых странах.

- По нашему мнению, столь значительное повышение энергоэффективности невозможно; стабилизация спроса на энергоносители достижима только в случае экономической стагнации.

- Авторы признают, что наиболее проблематичной сферой с точки зрения возможного отказа от ископаемого топлива является транспорт. Решение этой проблемы в сценарии не предлагается, но постулируется необходимость развивать все существующие альтернативные по отношению к нефтепродуктам технологии, хотя признается, что развитие биотоплива сопровождается многочисленными негативными побочными эффектами.

- Необходимо отметить, что расчеты стоимости всех указанных мер авторами не приводятся, что ставит под сомнение приведенные ими оценки о снижении стоимости электроэнергии и общих затрат на энергетику в сценарии энергетической революции по сравнению с базовым сценарием.

- Требования значительных субсидий для возобновляемой энергетики противоречат оценкам себестоимости энергии ВИЭ, приводимым авторами. Согласно им ВИЭ вполне конкурентоспособны по отношению к топливной энергетике.

Для реализации этого сценария авторы считают необходимым принять целый комплекс мер, в том числе:

- 1) отменить государственные субсидии для нефтегазовой, угольной и атомной отраслей во всех их формах;
- 2) создать механизм оплаты экстерналий, в первую очередь в форме платы за выбросы (на уровне 50-100 долл. за 1 т CO₂-эквивалента);
- 3) гарантировать возврат инвестированных в возобновляемую энергетику средств инвесторам;
- 4) предоставить возобновляемым источникам энергии приоритетное право доступа к электроэнергетическим сетям и приоритетное право сбыта;
- 5) предоставить субсидии, льготные кредиты, налоговые льготы и компенсации компаниям в области возобновляемой энергетики;
- 6) радикально ужесточить стандарты энергоэффективности во всех отраслях экономики и в сфере конечного потребления.

Необходимо отметить, что сценарий энергетической революции не является полноценным сценарием развития мировой энергетики, поскольку не учитывает всего комплекса энергетических проблем, а именно:

- геополитических проблем;
- неравномерности развития различных стран;
- изменения особенностей спроса;
- необходимости энергетического роста в развивающихся странах.

По существу, этот сценарий отражает только один из многих векторов развития мировой энергетики – экологический. Кроме того, ключевые предположения сценария: 1) о возможности немедленного прекращения роста энергопотребления при сохранении экономического роста, 2) о потенциале удешевления возобновляемой энергетики – представляются нереалистичными, что делает его реализацию практически невозможной. Тенденции энергетического развития в 2003-2010 гг. подтверждают эту точку зрения.

1.6. Сценарии Международного энергетического агентства

Международное энергетическое агентство (МЭА) ежегодно публикует «Обзор мировой энергетики»⁸. Он содержит подробный прогноз состояния мировой энергетики на 20-25 лет вперед. Прогноз приводится, как

⁸ World Energy Outlook 2010. – IEA, 2010.

правило, по двум сценариям – инерционному (Reference) и альтернативному. В последние годы горизонт прогноза достигает 2030 г., а в качестве альтернативного рассматривается сценарий, обеспечивающий стабилизацию концентрации парниковых газов на уровне 450 ppm CO₂-эквивалента. Однако, во-первых, World Energy Outlook является скорее среднесрочным, а не долгосрочным прогнозом, во-вторых, МЭА исходит из весьма идеологизированных и конъюнктурных представлений о будущем, в-третьих, методологически сценарии МЭА принципиально отличаются от других рассматриваемых нами сценариев.

Инерционный сценарий (Reference), по существу, представляет собой экстраполяцию существующих трендов развития, поэтому вероятность его реализации весьма мала, и он не позволяет выявить ключевые переломы и изменения в трендах. *Альтернативный сценарий* стабилизации концентрации парниковых газов на уровне 450 ppm CO₂-эквивалента, напротив, является нормативным и описывает не то, как *может* развиваться мировая энергетика, а то, как она *должна* развиваться, исходя из определенных целевых установок. Прогнозная ценность такого сценария весьма низка. Как следствие, World Energy Outlook не может рассматриваться как пример полноценного сценарирования развития мировой энергетике.

Международное энергетическое агентство стремилось преодолеть ограниченность материалов World Energy Outlook и для этого в 2002-2003 гг. провело специальное исследование – «Энергия 2050. Сценарии устойчивого будущего»⁹. Эта работа в значительно большей степени соответствует формату долгосрочных энергетических исследований, поэтому мы считаем целесообразным рассматривать именно ее. В рамках исследования «Энергия 2050» рассматривались три исследовательских сценария и один нормативный сценарий устойчивого развития (сценарий SD Vision). Исследовательские сценарии носят качественный характер, нормативный сценарий дополнен достаточно подробными количественными расчетами.

По мнению авторов исследования «Энергия 2050», ключевыми факторами формирования сценариев будут: 1) темпы технологического развития – от низких до высоких, 2) уровень внимания к глобальным экологическим проблемам – от низкого до высокого. Матрица из двух факторов делает возможным существование четырех сценариев.

1) Экологочетричный сценарий (Clean but not sparkling) соответствует **НИЗКИМ** темпам технологического развития при **ВЫСОКОМ** внимании к глобальным проблемам окружающей среды.

2) Экономочетричный сценарий (Dynamic but careless) соответствует **ВЫСОКИМ** темпам технологического развития при **НИЗКОМ** внимании к глобальным проблемам окружающей среды.

⁹ Energy for 2050: Scenarios for a Sustainable Future. – IEA, 2003.

3) Динамичный сценарий (Bright skies) соответствует **высоким** темпам технологического развития при **высоком** внимании к глобальным проблемам окружающей среды.

4) Сценарий низких темпов технологического развития и низкого внимания к глобальным экологическим проблемам авторами не рассматривается, хотя некоторые тенденции мирового энергетического развития говорят о том, что его реализация возможна.

Экологоцентричный сценарий характеризуется:

- Активным международным сотрудничеством в области климатической политики. Спусковым фактором резкой интенсификации такого сотрудничества может стать серия локальных погодных аномалий с катастрофическими социально-экономическими последствиями, что привлечет внимание государств и обществ к проблеме изменения климата.

- Изменениями в государственной политике и общественном сознании, что позволит принять эффективные посткиотские соглашения по ограничению выбросов и добиться начала снижения выбросов после 2040 года.

- Жестким технологическим регулированием, введением квот и штрафов за выбросы, развитием рынка квот в глобальном масштабе.

- Активным поощрением со стороны государства, в том числе льготами и субсидиями, развитием всего спектра доступных в настоящее время возобновляемых источников энергии; эффективность этих стимулов будет, однако, весьма ограниченной.

- Внедрением технологии улавливания и захоронения углерода (CCS).
- Медленным развитием атомной энергетики.
- Увеличением роли природного газа в энергобалансе и геополитике по сравнению с ролью нефти.

- Медленным технологическим прогрессом, что приведет к повышенному вниманию к мерам энергосбережения – в частности, к изменению принципов планирования городов для сокращения необходимости в транспорте. При этом снизятся затраты на НИОКР в энергетике и их эффективность.

Экологоцентричный сценарий содержит ряд проблем:

- Низкие темпы технологического развития затрудняют ограничение выбросов CO₂ и потребуют высоких затрат, а также приведут к ограничению социально-экономического роста в развивающихся странах через высокие цены на энергию и ограниченное предложение.

- В сценарии не описываются стимулы, которые подтолкнули бы развивающиеся страны к проведению такой политики, а также источники средств и технологий для нее (в частности, механизм технологического трансфера и механизм финансовой помощи развивающимся странам со стороны развитых).

- После 2025 г. авторы прогнозируют более медленное развитие энергосбережения и возобновляемой энергетики, поскольку потенциал уже соз-

данных технологий будет исчерпан, а новые технологии будут появляться весьма медленно. Это приведет к дальнейшему росту цен и замедлению темпов развития экономики. К 2035 г. контроль над выбросами CO₂ будет введен во всех странах мира.

- Этот сценарий фактически игнорирует проблемы индустриализации развивающихся стран, поэтому он практически нереалистичен. В условиях замедления темпов технологического развития решение экологических проблем будет крайне затруднено, поскольку станет противоречить требованиям экономического роста.

Экономоцентричный сценарий характеризуется:

- Высоким уровнем неравенства.
- Высоким уровнем нестабильности и политических рисков, включая военные конфликты и террористические акты (следует отметить, что в экологоцентричном сценарии эти риски не упоминаются, хотя все предпосылки к их возникновению существуют).
- Увеличением спроса на энергоносители вследствие быстрого экономического развития, особенно в транспортном секторе и в электроэнергетике, что требует роста добычи угля и создания «чистых» технологий его использования.
- Активным развитием нетрадиционных источников углеводородного топлива – сланцевый газ, тяжелые нефти, газогидраты.
- Внедрением технологии газификации угля и получения из него моторного топлива по соображениям энергетической безопасности.
- Быстрым развитием энергосбережения, но не по экологическим, а по экономическим мотивам.
- Быстрым развитием атомной энергетики и экономически эффективных сегментов возобновляемой энергетики, в первую очередь ветровой.
- Резким ростом инвестиций в энергетику в целом и в НИОКР в частности.

В сценарии не предполагается появления прорывных инновационных технологий. Быстро развиваются только уже существующие технологии. Проблема обеспечения энергетической безопасности становится ключевой и оказывает значительное влияние на цены, поддерживая их на высоком уровне.

После истечения срока Киотского протокола новое соглашение по ограничению выбросов парниковых газов из-за противоречий между развитыми и развивающимися странами либо не заключается, либо оказывается малоэффективным. Это приводит к быстрому росту выбросов CO₂. Наиболее сложная ситуация сложится в крупнейших городах развивающихся стран из-за загрязнения воздуха угольными котельными и электростанциями и автомобильным транспортом.

После 2030 г. авторы прогнозируют:

- Ускорение роста атомной энергетики, производства водорода из угля и природного газа, технологий улавливания и захоронения углерода (CCS).

- После 2040 г. вследствие технологического прогресса начнется быстрое снижение выбросов CO₂, несмотря на слабость климатической политики (однако кумулятивные выбросы в этом сценарии существенно больше, чем в экологоцентричном).

Динамичный сценарий предполагает:

- Мощный экономический рост и реализацию ряда прорывных технологий, в число которых авторы включают водородную энергетику, атомную энергетику нового поколения, новые технологии в области возобновляемых источников энергии, топливные элементы, аккумуляторы для накопления электроэнергии, термоядерную энергетику.

- Формирование «электрического мира», что в сочетании с изменениями в транспортных технологиях определит структуру энергетики будущего.

- Сценарий неявно подразумевает наличие единого мирового проекта технологического развития и инвестирование в него значительных средств как из частных источников, так и из государственных, включая долгосрочные инвестиции.

- Резкий рост потребления природного газа при резком сокращении потребления угля под воздействием экологических приоритетов, которые играют центральную роль в энергетическом развитии.

- Оставшаяся часть потребления угля переводится на технологии «чистого угля», в том числе улавливания и захоронения углерода (CCS).

- Проведение активной климатической политики в рамках посткиотских соглашений и развитие углеродных рынков требует снижения выбросов CO₂.

- Как и в экологоцентричном сценарии, происходит существенное изменение городского планирования для сокращения потребности в мобильности, однако в этом сценарии организационные меры поддерживаются значимыми новыми технологиями на транспорте, включая гибридные и электромобили.

- Новые тренды энергетического развития сразу же распространяются на развивающиеся страны, однако предпосылки и механизмы такого распространения не описаны.

Неясность вопросов технологического трансфера и инвестиций в развивающиеся страны, а также фактические тренды мирового развития в 2003-2010 гг. позволяют оценить вероятность реализации такого сценария как низкую.

Необходимо отметить, что экологически ориентированные сценарии МЭА описаны в более благоприятном ключе, чем экономически ориентированные, даже тогда, когда для этого нет оснований. Так, динамичный сценарий предполагает гораздо более значительный технологический прогресс,

чем экономоцентричный, хотя по построению сценариев его темпы должны быть одинаковыми. Экономоцентричный сценарий содержит гораздо более высокие геополитические риски, чем экологоцентричный, хотя для этого нет серьезных оснований: экологические приоритеты также приведут к геополитическим конфликтам, хотя и другого рода.

Нормативный сценарий устойчивого развития (сценарий SD Vision) рассматривается МЭА как оптимальная траектория развития мировой энергетики. Этот сценарий должен обеспечить достижение ключевых целей мирового энергетического развития, в качестве которых авторы рассматривают:

- 1) снижение выбросов CO₂,
- 2) обеспечение энергетической безопасности предложения,
- 3) обеспечение населения мира доступом к энергии.

Содержание сценария задается рядом количественных характеристик, а именно:

- 1) мировые выбросы CO₂ к 2050 г. должны сократиться до уровня 2000 года,
- 2) 60% первичной энергии должно производиться нетопливными (не связанными с выбросами CO₂) источниками энергии,
- 3) 60% потребления энергии на транспорте должно приходиться на альтернативные нефтепродуктам виды моторного топлива,
- 4) 95% населения мира должны иметь доступ к электроэнергии.

Таким образом, на уровне поставленных целей поддерживается определенный баланс между экологической, социальной и экономической сторонами устойчивого развития, однако ряд особенностей сценария подрывает этот баланс:

- На уровне конкретных мер весьма подробно определены только меры по снижению выбросов CO₂ и по обеспечению энергетической безопасности стран-потребителей.
- Проблеме ликвидации энергетической бедности уделено минимальное внимание, не прописаны конкретные механизмы достижения этой цели.
- Анализ предлагаемых мер показывает, что этот сценарий соответствует в первую очередь интересам развитых стран, но во многом противоречит задачам мирового устойчивого развития и может иметь негативные последствия для развивающихся стран.

Нормативный сценарий устойчивого развития (сценарий SD Vision) предполагает:

- Распространение возобновляемой энергетики в развивающихся странах в качестве ключевой задачи, создание адекватных для их условий технологий и обеспечение финансирования.
- Возобновляемая энергетика будет уступать по темпам роста только атомной и намного опередит все виды топливной энергетики. Стоит отме-

тить, что в сценарии не предложено обоснования реалистичности требуемых объемов строительства атомных энергоблоков.

- Сценарий неявно подразумевает наличие единого мирового проекта технологического развития, но его организационные рамки рассматриваются исключительно в рамках либерально-рыночной парадигмы, что представляется недостаточным.

- Несмотря на активную климатическую политику, потребление нефти к 2050 г. возрастает по сравнению с уровнем 2000 г. на 18%, природного газа – в три раза.

- Предлагаемая авторами концепция временного повышения доли природного газа до создания эффективных ВИЭ аналогична концепции «газовой паузы» в СССР в 1970-1980-х годах.

- Активное развитие технологий добычи и переработки нетрадиционных видов углеводородов, а также водородной энергетики.

- Предполагается большое количество сложных и искусственных технологических решений (CCS, водородная энергетика) при отсутствии прорывных энергетических технологий.

Анализ нормативного сценария устойчивого развития (сценария SD Vision) показывает, что в нем не раскрываются технологические основы, экономические, социальные и геополитические последствия перехода энергетики к новой фазе развития. Он ограничен рамками концепции устойчивого развития, а в рамках нашего подхода – стабилизационно-стагнационным сценарием.

1.7. Сценарии IPCC

Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК, IPCC) в рамках исследования воздействия выбросов CO₂ со стороны энергетики на климат формирует собственные сценарии развития энергетики, представленные в Первом – Четвертом оценочных докладах по изменению климата (Четвертый доклад – 2007 г.)¹⁰, а также в Специальном докладе по сценариям выбросов¹¹. По сравнению с другими сценариями работы IPCC отличаются высокой степенью математизации, поскольку от структуры энергетики зависят объемы выбросов CO₂. Вместе с тем для IPCC моделирование развития энергетики представляет собой интерес только с точки зрения получения входных данных для климатического моделирования. Как следствие, IPCC рассматривает 40 сценариев, которые объединены в четыре большие группы. При этом оценка вероятности

¹⁰ Четвертый оценочный доклад МГЭИК. – МГЭИК, 2007.

¹¹ Специальный доклад о сценариях выбросов (СДСВ). – МГЭИК, 2000.

сценариев не проводится, поэтому в их число входят и явно нереалистичные, а содержательная сторона сценариев с энергетической точки зрения не раскрывается.

Авторы структурируют сценарии по двум ключевым параметрам:

1. ориентация на экономический рост (сценарии А) и на экологические ограничения (сценарии В),
2. продолжение глобализации (сценарии 1) или регионализация (сценарии 2).

Как следствие, возникают четыре группы сценариев – А1, А2, В1, В2. По оценке авторов, сценарии группы А1 наиболее близки к инерционным. Вероятность реализации других сценариев весьма низка, поэтому мы не будем подробно их рассматривать.

В рамках группы сценариев А1 авторы рассматривают три сценарные группы – А1F, А1В и А1Т.

Сценарий А1F предполагает быстрый рост потребления ископаемых топлив при медленном росте возобновляемой энергетики и медленном техническом прогрессе.

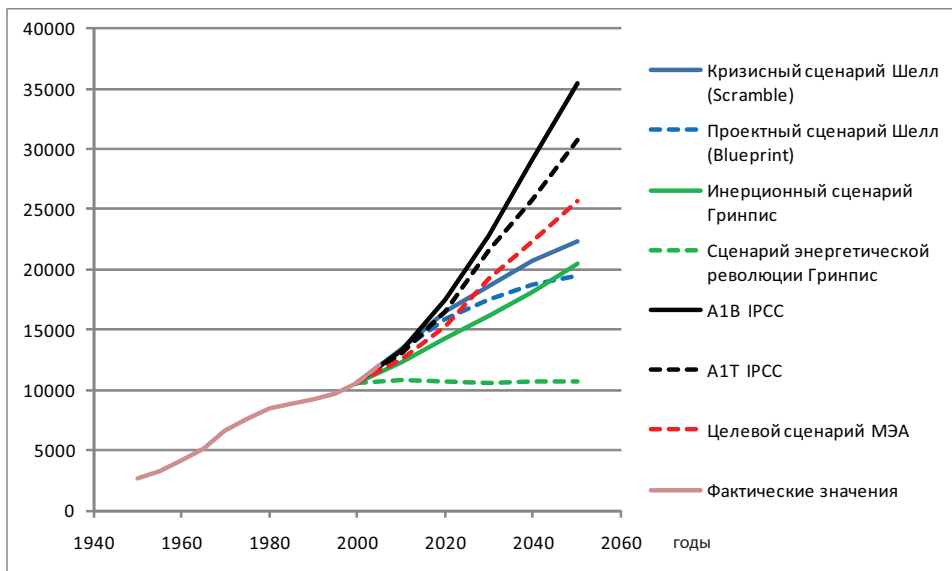
Сценарий А1Т, напротив, рассчитан на максимально высокие темпы технологического прогресса и постепенный переход от топливной энергетики к атомной и возобновляемой (но не по экологическим причинам, а по экономическим). Как следствие, несмотря на ориентацию на экономический рост, он обеспечивает значительное снижение выбросов CO₂ после 2030 г. (до уровня, близкого к экологически ориентированным сценариям).

Наконец, сценарий А1В предполагает умеренные темпы технологического прогресса и диверсифицированную структуру топливно-энергетического баланса с участием как топливной энергетики (преобладающим), так и возобновляемой. Организационные, рыночные и геополитические факторы в сценариях ИРСС практически не рассматриваются.

1.8. Количественные параметры сценариев

Помимо качественных характеристик для ряда рассмотренных сценариев представлены также количественные параметры – динамика мирового потребления первичной энергии и его структуры. Такие характеристики представлены в сценариях компании «Ройал Датч Шелл», «Гринпис», ИРСС и одном из сценариев Международного энергетического агентства.

Анализ количественных характеристик показывает наличие глубоких расхождений между сценариями по базовому параметру – прогнозируемому объему потребления энергии (рис. 1.1).

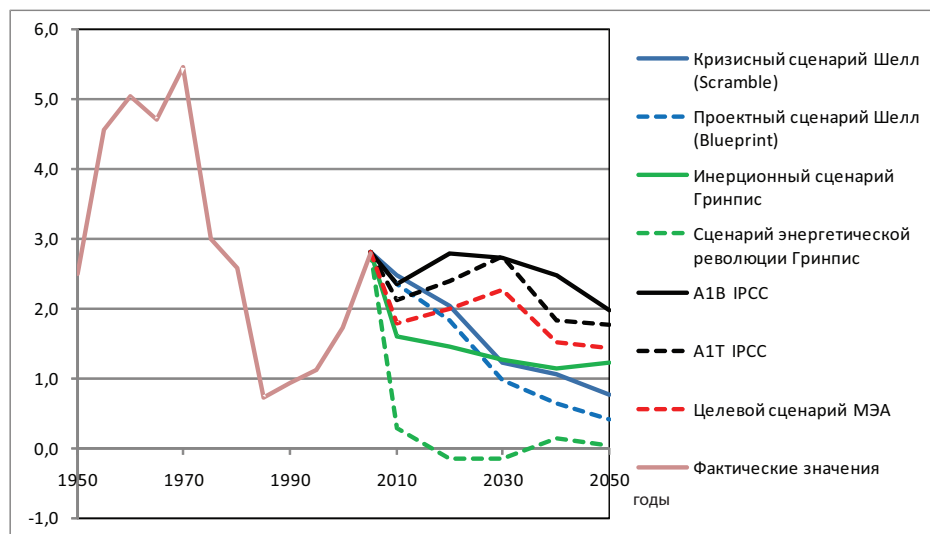


Источник: расчеты автора по данным форсайтных исследований.

Рис. 1.1. Динамика мирового потребления первичной энергии, млн т н.э.

Расхождение между крайними сценариями (A1B IPCC и сценарием энергетической революции «Гринпис») достигает 3,3 раза. Последний сценарий представляется абсолютно нереалистичным, однако даже без его учета расхождение достигает 1,8 раза. Обращает на себя внимание, что сценарии IPCC, используемые в прогнозе изменения климата, исходят из максимальных оценок величины энергопотребления в будущем. В то же время сценарии «Шелл» и инерционный сценарий «Гринпис» указывают на близкие значения энергопотребления (19,5-22,5 млрд т н.э.), а целевой сценарий МЭА – на несколько более высокие (25,7 млрд т н.э.). Уровень 19,5-22,5 млрд т н.э. может рассматриваться как консенсусный прогноз в рамках инерционного сценария.

Анализ ожидаемых темпов прироста потребления энергии (рис. 1.2) показывает, что сценарии IPCC, особенно A1B, предполагают в 2010-2050 гг. сохранение темпов роста, достигнутых в первой половине 2000-х гг. и существенно превышающих уровень 1980-1990-х годов.



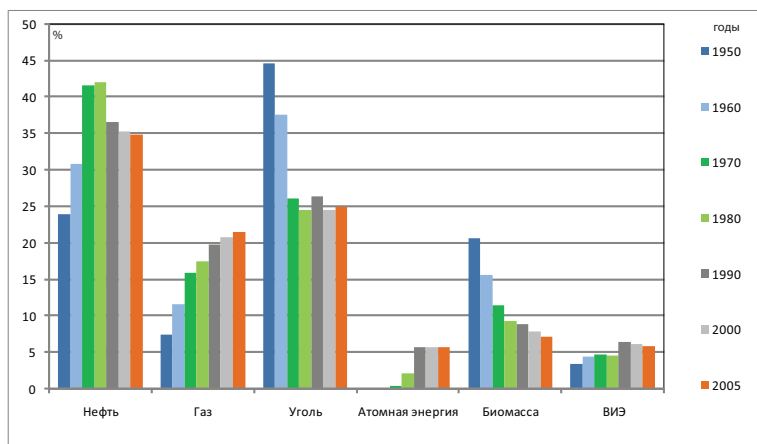
Источник: расчеты автора по данным форсайтных исследований.

Рис. 1.2. Темпы прироста мирового потребления первичной энергии, % в год

С учетом прохождения ключевыми развивающимися странами стадии энерго- и материалоемкой индустриализации и неизбежной сменой модели развития столь высокие темпы роста представляются нереалистичными. В то же время сценарий энергетической революции «Гринпис», предполагающий стагнацию энергопотребления, противоречит всем сложившимся трендам мирового развития и практически невозможен. Диапазон реальных возможностей энергетического развития лежит между Проектным сценарием «Шелл» и целевым сценарием МЭА.

Что касается структуры потребления первичных источников энергии, то ретроспективный анализ показывает высокую степень ее инерционности и устойчивости (рис. 1.3).

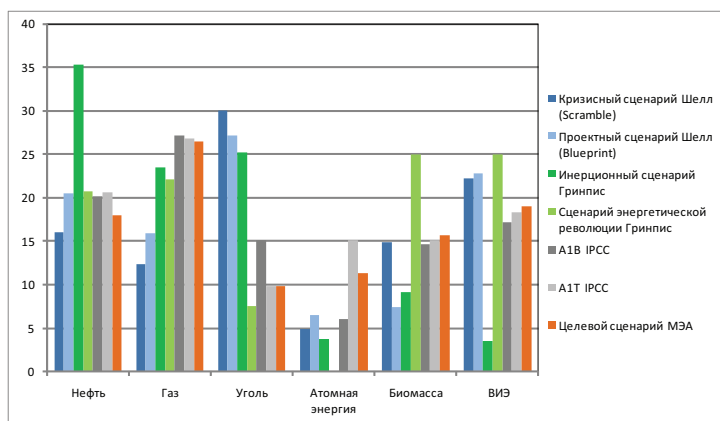
С 1950 по 2005 г. доля природного газа стабильно росла (с 7,4 до 21,4% с постепенным замедлением роста). Доля нефти сначала быстро возрастала (с 24,0 до 42,0%), а затем несколько сократилась, практически стабилизировавшись на уровне 35%. Доля угля резко снизилась с 44,5 до 25% уже к 1970 г. и стабилизировалась на этом уровне. Доля атомной энергии между 1960 и 1990 г. возросла с 0 до 5,8% и затем стабилизировалась на достигнутом уровне. Доля биомассы устойчиво сокращалась с 20,7 до 7,2%. Наконец, доля ВИЭ (включая большую гидроэнергетику) сначала возросла с 3,4 до 6,4% в 1990 г., а затем несколько сократилась.



Источник: расчеты автора.

Рис. 1.3. Структура мирового потребления первичной энергии в 1950-2005 гг., %

Несмотря на сравнительно медленные изменения структуры энергетики в прошлом, форсайтные исследования отличаются высоким разнообразием прогнозов структуры мировой энергетики в будущем (рис. 1.4). Это свидетельствует как о вступлении мировой энергетики в полосу кризиса, когда ее структура может претерпеть резкие изменения, так и о недостаточном уровне понимания происходящих в энергетике процессов.



Источник: расчеты автора.

Рис. 1.4. Структура мирового потребления первичной энергии в 2050 г., %

Сценарии «Гринпис» носят крайний характер. В инерционном сценарии «Гринпис» консервируется современная доля нефти в первичном потреблении энергии (35%), что представляется практически нереалистичным (все другие сценарии предполагают снижение доли нефти до 16-21%). При этом доля ВИЭ ожидается на уровне 3,5%, что явно занижено.

Напротив, сценарий энергетической революции «Гринпис» предполагает очень сильное снижение доли угля (до 7,6%) при полном сворачивании атомной энергетики уже к 2030 г. и росте доли биомассы и ВИЭ до 25% (в сумме – 50%). Такой сценарий также представляется нереалистичным.

Кроме того, в инерционном сценарии «Гринпис» консервируется также высокая доля угля (25%). Однако в этом отношении сценарии «Гринпис» совпадают со сценариями «Шелл», которые предполагают даже некоторый рост доли угля до 27-30%. Вместе с тем сходство полученных результатов по этому параметру сочетается с принципиально разными методологическими основаниями прогнозов. Инерционный сценарий «Гринпис» носит черты «антинормативного» для противопоставления нормативному сценарию энергетической революции и поэтому консервирует современную структуру мирового ТЭБ, хотя для этого нет оснований.

Сценарии «Шелл», напротив, оптимизированы в первую очередь с экономической точки зрения, а не с экологической, что и приводит к высокой доле угля. Вместе с тем они предполагают существенное снижение доли газа (с 21,4 до 12-16%).

Напротив, сценарии IPCC и МЭА предполагают рост доли газа до 26-27% и повышение доли атомной энергетики до 10-15%. Эти сценарии, как и сценарии «Шелл», предполагают достижение доли ВИЭ в ТЭБ в размере 17-22%.

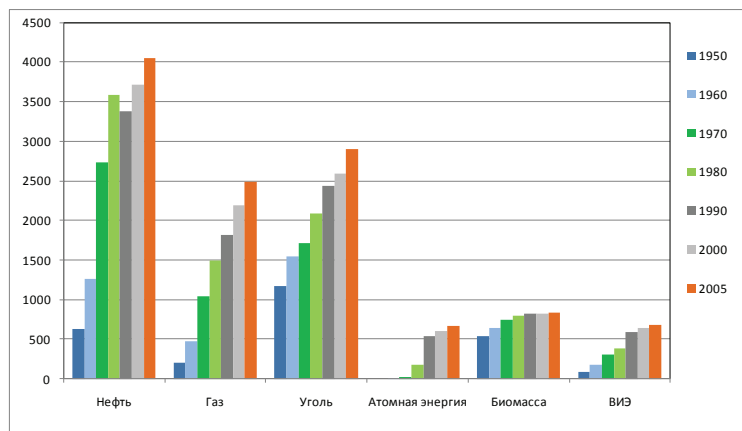
Сценарий энергетической революции «Гринпис» отличается не столько быстрым развитием ВИЭ, сколько ростом потребления биомассы до 25% по сравнению с 15% в большинстве других сценариев. В целом сценарии «Гринпис» представляют собой наименьшую аналитическую ценность, поскольку в них заложены не столько реалистичные тенденции, сколько нормативные представления.

Если рассматривать более реалистичные сценарии, то ключевая неопределенность в структуре мировой энергетики состоит: 1) в соотношении потребления угля и природного газа (от 2,5:1 у «Шелл» до 1:2,5 у МЭА и IPCC, 2) в доле атомной энергетики (от 3,7 до 15,1%). При этом снижение доли нефти с 35 до 25%, рост доли биомассы с 7,4 до 15% (при переходе от традиционных видов биомассы к новым ее видам) и рост доли ВИЭ с 6 до 17-22% является консенсусным прогнозом.

Соотношение потребления угля и природного газа в существенной степени зависит от абсолютной величины энергопотребления. В прошлом наблюдался стабильный рост потребления всех видов ТЭР, хотя и различными темпами (рис. 1.5).

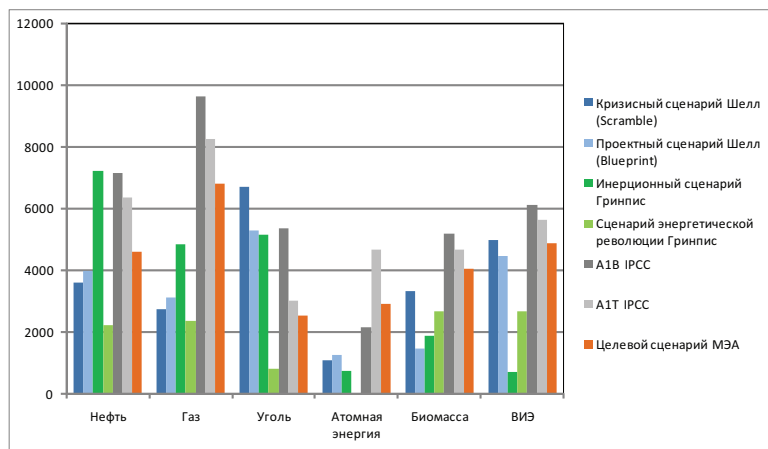
Так, темпы роста потребления биомассы были минимальными, темпы роста атомной энергии резко замедлились после 1990 г., а максимальными темпами роста отличалось потребление природного газа и ВИЭ.

В 2010-2050 гг. прогнозы очень сильно различаются между собой. Многие прогнозы предполагают слом тренда роста потребления всех видов ТЭР (рис. 1.6).



Источник: расчеты автора по данным форсайтных исследований.

Рис. 1.5. Структура мирового потребления первичной энергии в 1950-2005 гг., млн т н.э.



Источник: расчеты автора по данным форсайтных исследований.

Рис. 1.6. Структура мирового потребления первичной энергии в 2050 г., млн т н.э.

Сценарии IPCC отличаются очень высокими общими объемами энергопотребления. К 2050 г. они предполагают рост потребления нефти с 4,0 до 6,4-7,2 млрд т н.э. или в 1,6-1,8 раза к уровню 2005 г. (на величину 7,2 млрд т н.э. указывает также инерционный сценарий «Гринпис», что опровергает утверждения этой же организации о скором истощении запасов нефти). Рост потребления газа в сценариях IPCC должен составить 3,3–3,8 раза (с 2,5 до 8,2-9,6 млрд т н.э.). Эти величины представляются маловероятными с точки зрения возможностей мировой нефтегазовой промышленности, уровня издержек, а главное – потребностей в этих видах топлива. Для этого необходим ежегодный рост потребления нефти в 2005-2050 гг. на 1,0-1,3%, а природного газа – на 2,7-3,0%, что равно или несколько выше рекордных с 1970 г. темпов роста 2000-2005 годов. Вероятность сохранения таких темпов на протяжении 50 лет, с учетом периодических кризисов, является весьма низкой.

Гораздо более реалистичными представляются осторожные оценки компании «Шелл» и МЭА, которые предполагают, что к 2050 г. потребление нефти изменится не более чем на 15% и составит 3,6-4,6 млрд т н.э. по сравнению с 4,0 млрд т н.э. в 2005 году. Консервативные оценки компании «Шелл» предполагают весьма незначительный рост потребления газа (с 2,5 до 2,7-3,1 млрд т н.э.), что представляется малореалистичным. Более обоснованными выглядят прогнозы МЭА и особенно инерционного сценария «Гринпис», которые прогнозируют рост до 4,8-7,0 млрд т н.э., что соответствует темпам роста в 1,5 и 2,3% в год соответственно.

Высокий уровень потребления энергии в сценариях IPCC и МЭА требует также высоких объемов потребления ВИЭ и биомассы. Парадоксально, что в инерционных сценариях IPCC потребление энергии биомассы оказывается в 1,7-2 раза выше, чем в сценарии энергетической революции «Гринпис», а потребление ВИЭ – в 2,0-2,2 раза выше. В целевом сценарии МЭА и сценариях «Шелл» рост составляет 1,5 и 1,7 раза соответственно. Прогнозы IPCC представляются маловероятными, поскольку они предполагают темпы роста потребления ВИЭ и биомассы на уровне 3,5-5,0% в год в течение 2005-2050 годов. Оценки МЭА и «Шелл» представляют собой верхний предел возможностей ВИЭ и энергии биомассы; оценки «Гринпис» в этом отношении представляются наиболее обоснованными и реалистичными (хотя эта организация очень сильно занижает прогноз энергопотребления). Основным содержанием сценария энергетической революции «Гринпис», следовательно, является не развитие возобновляемой энергетики, а снижение потребности в энергии.

Оценки перспектив угольной и атомной энергетики резко различаются в зависимости от сценария, поскольку эти источники энергии 1) в отличие от нефти имеют альтернативу, 2) подвергаются критике с экологической точки зрения, 3) будущее атомной энергетики зависит от создания новой тех-

нологической платформы – реакторов на быстрых нейтронах и замкнутого ядерного топливного цикла.

В сценариях «Шелл» и сценарии А1В предполагается рост угольной энергетики более чем в 2 раза, с 2,9 до 5,9-6,3 млрд т н.э., при этом в сценариях «Шелл» атомная энергетика вырастет менее чем в 2 раза. Напротив, сценарии А1В, А1Т и МЭА предполагают резкий рост атомной энергетики (в 3-7 раз, с 0,7 до 2,1-4,7 млрд т н.э.). Последняя цифра требует годовых темпов роста на уровне 4,4%, что возможно только при реализации общемировой программы строительства АЭС, превосходящей по масштабам программы 1980-х гг., что маловероятно.

Таким образом, если взять за основу реалистичные оценки, то вырисовывается следующая картина будущего мировой энергетики к 2050 г.:

1. потребление нефти изменится на 10-15% по сравнению с современным уровнем (4,0 млрд т н.э.), причем возможен как рост, так и снижение потребления в указанном диапазоне;

2. потребление природного газа возрастет в 2-2,5 раза до 5-6 млрд т н.э., что резко повысит его значение в энергетике, экономике и политике;

3. потребление угля возрастет в 2 раза до 6 млрд т н.э. из-за роста спроса на энергоносители в развивающихся странах, где нет других значимых энергоресурсов;

4. потребление биомассы и ВИЭ возрастет в 3-4 раза до уровня 2,5-3,0 млрд т н.э. для каждого из этих видов;

5. перспективы атомной энергетики зависят в первую очередь от политических решений, но в настоящее время представляется наиболее реалистичным прогноз роста производства атомной энергии в 4-5 раз, до 2,7-3,3 млрд т н.э.

Как следствие, к 2050 г. структура мировой энергетики станет значительно более диверсифицированной. Природный газ и уголь будут крупнейшими источниками энергии (по 5-6 млрд т н.э.); нефть будет занимать третье место, а на биомассу, ВИЭ и атомную энергетику будет приходиться приблизительно по 2,5-3 млрд т н.э. Общий объем потребления энергии составит 19-23 млрд т н.э. Следует подчеркнуть, что эти оценки относятся к консенсусному прогнозу ряда западных исследовательских организаций в рамках инерционной траектории развития.

1.9. Обзор сценариев развития мировой энергетики

С точки зрения представленных в данной работе трех сценариев развития мировой энергетики, сценарии западных исследовательских организаций можно систематизировать следующим образом (табл. 1.1):

- 10 сценариев относятся к инерционной группе,
- 7 сценариев относятся к стагнационной группе,
- 5 сценариев относятся к инновационной группе.

Таблица 1.1. Обзор сценариев развития мировой энергетики

Группа сценариев	Автор	Сценарий
Инерционная	GSG	«Варваризация» – варианты «Обвал» или «Крепость»
	GSG	Инерционные миры – Рыночный вариант
	WBCSD	Экономоцентричный
	MI	«Богатые еще богаче»
	MI	«Пассивный мир»
	MI	«Мировая торговля»
	Шелл	Кризисный
	Гринпис	Инерционный
	МЭА	Экономоцентричный
	IPCC	A1B
Стагнационная	GSG	Инерционные миры – Политический вариант
	GSG	«Великий переход» – вариант «Эко-коммунализм»
	WBCSD	«ГЕОполитика»
	Шелл	Проектный сценарий
	Гринпис	Энергетическая революция
	МЭА	Экологоцентричный
	МЭА	Нормативный сценарий устойчивого развития
Инновационная	GSG	«Великий переход» – вариант «Новая парадигма устойчивости»
	WBCSD	«Джаз»
	MI	«Кибертопия»
	МЭА	Динамичный сценарий
	IPCC	A1T

Источник: составлено авторами по материалам форсайтных исследований.

Примечания:

1. GSG – Global Scenario Group, Глобальная группа сценирования. Результаты исследований опубликованы в книге «Great Transition: The Promise and Lure of the Times Ahead», 2002.
2. WBCSD – World Business Council for Sustainable Development, Мировой бизнес-совет по устойчивому развитию. Результаты исследований опубликованы в книге «Energy 2050. Rysky Business», 1999.

3 МП – Проект «Миллениум» Американского совета для Университета ООН. Результаты исследований опубликованы в книге «Global Exploratory Scenarios», 2002.

4 Шелл – компания «Ройал Датч Шелл». Результаты исследований опубликованы в работе «Shell Energy Scenarios», 2008.

5 Работа «Гринпис». Energy [r]evolution. A Sustainable Global Energy Outlook, 2008.

6 МЭА – Международное энергетическое агентство. Результаты исследований опубликованы в книге «Энергия 2050. Сценарии устойчивого будущего» (Energy for 2050: Scenarios for a Sustainable Future, 2003).

7 IPCC – Intergovernmental Panel for Climate Change, Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК). Результаты исследований опубликованы в работе «Специальный доклад МГЭИК. Сценарии выбросов», 2007.

Предельной версией инерционного сценария является сценарий A1B IPCC, а предельной версией стагнационного – сценарий энергетической революции «Гринпис». Оба этих сценария являются маловероятны.

Пять сценариев, отнесенных к инновационной группе, только частично соответствует ее содержанию. В этих сценариях, как правило, проигнорированы технологические и социальные основы перехода к новой фазе развития. Не исследованы необходимые новые энергетические технологии, а также недооцениваются глубина необходимых социальных изменений и уровень связанных с ними рисков. В рассмотренных форсайтах нет ни одного сценария, который бы последовательно исследовал содержание и риски перехода к новой фазе социального, экономического и энергетического развития. Наиболее близок к этому сценарий «Джаз» WBCSD.

Общий анализ разработанных сценариев будущего мировой энергетики *с методологической точки зрения* показывает следующее:

- весьма слабо представлены кризисные, конфликтные и катастрофические сценарии;
- практически отсутствуют сценарии инновационного прорыва;
- большая часть сценариев ориентируется исключительно на экологические факторы и игнорирует внутренний кризис индустриальной фазы, включая индустриальную энергетику;
- как правило, не раскрывается организационное, рыночное, институциональное и политическое содержание сценариев;
- авторами форсайтов осознана роль ценностей и общественных приоритетов в энергетическом развитии, однако часто игнорируются объективные ограничения развития;
- не описываются стратегически значимые инновации в энергетике и экономике, отсутствует увязка энергетических прогнозов с технологическим форсайтом, в частности не исследуются возможности радикальной трансформации структуры конечного;

- технологическое развитие представлено в инерционной и либеральной логике, согласно которой инновации обеспечивают рынок; реализация крупных технологических проектов с участием государства не рассматривается;

- форсайты, как правило, бессубъектны; не указываются ключевые решения и игроки, приводящие к их реализации;

- форсайты отличаются евро- и американоцентризмом при игнорировании процессов в развивающихся странах и потребностей их развития;

- доминирует концепция устойчивого развития, что приводит к ограничению перспектив технологического и социального развития в сценариях.

С содержательной точки зрения необходимо отметить следующее:

- авторы форсайтов рассматривают глобализацию как проблематичный тренд, который может как усилиться, так и развернуться в сторону регионализации;

- авторы делают акцент на энергетической безопасности и экологических вопросах в ущерб экономическому развитию;

- консенсус-прогноз состоит в удвоении спроса на энергию к 2050 г. по сравнению с 2000 г. при повышении энергоэффективности вдвое;

- авторы неявно признают, что экологический тренд в мировой энергетике пока является искусственным, а не естественным, поэтому в большинстве сценариев предполагается усиление государственного регулирования энергетики;

- вопрос о возможности длительного проведения такого дорогостоящего регулирования, в том числе в условиях кризиса, не рассматривается;

- наиболее близки к инновационно-революционной группе именно те сценарии, которые отличаются наименее активным государственным регулированием;

- существует ряд трендов, которые рассматриваются в качестве безальтернативных во всех сценариях, а именно рост населения и урбанизация в развивающихся странах, экономический рост, индустриализация в различных моделях, достаточность запасов ископаемого топлива, рост потребления энергии при росте энергоэффективности;

- вместе с тем далеко не во всех сценариях адекватно учтены последствия этих процессов, особенно в развивающихся странах.

Следовательно, проведенные исследования будущего мировой энергетики обладают как существенными достоинствами, так и значимыми недостатками. Это требует проведения самостоятельного анализа будущего мировой энергетики, в котором должны адекватно учитываться: 1) возможности революционного технологического развития, 2) проблемы развивающихся стран, 3) риски экономического, социального и технологического развития.

РАЗДЕЛ 2. МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ БУДУЩЕГО МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

С 1970-х гг. в мире накоплен значительный опыт исследования будущего мировой энергетики с использованием математического моделирования и качественных сценарных подходов. Развитие мировой энергетики определяется сложным комплексом динамически меняющихся факторов, значительная часть из которых лежит за пределами энергетики – в сфере политики, экономики, социальной динамики. Для решения прогностической задачи целесообразно применить сценарный подход. В нашем понимании сценарий – точка сборки взаимосвязанных демографических, экономических, технологических, политических, социокультурных, экологических и энергетических трендов. Это требует построения комплексных сценариев мирового развития, выходящих за собственно энергетические рамки.

2.1. Факторы развития мировой энергетики

Тренды мирового развития

Исследование будущего мировой энергетики в первой половине XXI века относится к классу долгосрочных прогнозных исследований. Динамика и направление энергетического развития в долгосрочной перспективе, на интервалах порядка 25-50 лет (длины технологического цикла, или технологического уклада, или смены длинных волн Кондратьева – Шумпетера) в решающей степени зависят от трендов социально-экономического развития.

Прогнозирование будущего состояния мировой энергетики должно опираться на обоснованный прогноз динамики макроэкономических и макросоциологических показателей, определяющих динамику спроса на энергию и экономические возможности общества. Кроме того, такое прогнозирование должно опираться на анализ качественных тенденций технологического, социального, политического, экономического развития, что позволяет определить качественные характеристики спроса на энергию, научно-технический потенциал энергетики, характер регулирования отрасли.

Необходимость в комплексном анализе мирового развития, учитывающем как количественную динамику (население, ВВП, душевой ВВП, потребление энергии и пр.), так и качественные сдвиги в технологическом, социокультурном и экономическом развитии требует построения комплексных сценариев мирового развития, выходящих за собственно энергетические

рамки. Построение комплексных сценариев возможно только на основе теоретических представлений о динамике мирового развития, которые интегрируют его количественные и качественные аспекты.

В разделе 3 настоящего исследования на основе ряда зарубежных и российских научных работ проведен комплексный анализ трендов мирового развития в 1950-2010 гг. в рамках кардинальной смены режима роста мировой социально-экономической системы в рамках перехода к принципиально новой фазе социально-экономического развития. Анализ показывает, что динамика ключевых количественных показателей развития мировой системы тесно взаимосвязана и подчиняется единым закономерностям. В свою очередь, качественные характеристики состояния мировой системы тесно связаны с динамикой ее количественных характеристик. Ретроспективный анализ позволяет прогнозировать дальнейшую динамику ключевых показателей мирового развития, причем не только экстраполировать существующие тренды, но и предсказывать их слом, связанный с достижением пределов их развития либо противоречиями между ними. Такой подход позволяет выйти за рамки инерционного прогнозирования и определять возможность появления принципиально новых событий и явлений. Наличие целостной теоретической базы исследования будущего является основой настоящего исследования.

Ресурсные и экологические ограничения

Тренды мирового развития в энергетике сталкиваются с комплексом природных ограничений двоякого рода. Во-первых, это ресурсные ограничения, определяющие масштабы развития отраслей топливной энергетики как на глобальном уровне, так и в особенности в отдельных странах и регионах. Как будет показано в разделе 4, ресурсные ограничения до 2050 г. не будут определяющим фактором развития энергетики, но в нефтяной и газовой отрасли они будут усиливаться.

Природные ограничения второго рода – экологические. Развитие энергетики, особенно топливной, связано с нанесением значительного ущерба окружающей среде как на локальном (нарушение ландшафтов в местах добычи полезных ископаемых, загрязнение воздуха при их сжигании), так и глобальном уровне (выбросы CO₂ и проблема изменения климата). В настоящее время энергетика является одной из крупнейших отраслей по масштабам воздействия на окружающую среду. Как следствие, экологические ограничения играют все возрастающую роль в развитии мировой энергетики.

Необходимо отметить, что ресурсные и особенно экологические ограничения оказывают преимущественно не прямое, а косвенное воздействие на мировую энергетику. Фактором энергетического развития является не столько собственно проблема нехватки запасов топливно-энергетических ресурсов, сколько политико-экономическая обстановка вокруг этой проблемы. Таким образом, взаимодействие трендов мирового развития, вклю-

чая политические и социокультурные факторы (определяющие, в частности, отношение к экологическим проблемам) с природными ограничениями задает рамку, в которой происходит энергетическое развитие.

Технологические факторы

Ключевой движущей силой энергетического развития в указанных природных, социокультурных и социально-экономических рамках является технологический прогресс. Более широко: технологический фактор является ключевым фактором социально-экономического развития в целом.

Технологический прогресс воздействует на развитие энергетики тремя путями. Во-первых, он определяет способность мировой энергетики удовлетворить предъявляемый мировой экономикой и социумом спрос на энергию как в количественном, так и в качественном аспектах, а также возможность соблюдения экологических ограничений. Технологические факторы оказывают решающее воздействие на соотношение затрат и выгод от проведения активной климатической политики.

Во-вторых, технологический фактор оказывает решающее влияние на структуру энергетики, определяя соотношение издержек в различных отраслях энергетики, возможности применения различных видов энергии как для конечного потребления, так и в качестве первичных источников энергии. Развитие ключевых отраслей энергетики определяется технологическим прогрессом как в самой отрасли, так и в конкурирующих отраслях.

В-третьих, технологическое развитие не только позволяет удовлетворить существующий спрос на энергию, но и оказывает на него обратное воздействие, формируя новые качественные особенности и количественные уровни спроса. В процессе технологического развития энергетики могут возникать крупнейшие новые ниши энергопотребления. Особенно это относится к технологиям конечного энергопотребления, которые интегрируют энергетические технологии с другими видами технологий.

Таким образом, технологическое развитие оказывает комплексное воздействие на энергетическое развитие, выступая его движущей силой. При этом направление и темпы технологического развития, а также взаимодействие между отдельными технологиями определяются законами технологического развития. Поскольку техносфера обладает системной целостностью, возможны только некоторые определенные сочетания технологий и технологических укладов (систем). Анализ технологического развития и его воздействия на мировую энергетику проведен в разделе 5.

Энергетические тренды

Мировая энергетика развивается под воздействием социально-экономических, природных и технологических факторов. Но такая исключительно

сложная и масштабная система обладает также собственными трендами развития, которые не сводимы к внешним воздействиям на нее (раздел 6). Именно тренды энергетического развития выражают и интегрируют противоречивое воздействие социально-экономических, природных и технологических факторов, определяя конкретную форму и динамику энергетики. Системный характер энергетического развития задает собственно энергетические ограничения, определяющие возможности социально-экономического развития, внедрения новых технологий, ограничения воздействия на окружающую среду. Указанные выше внешние факторы, воздействующие на энергетику, сами подвергаются воздействию энергетических трендов.

Энергетические тренды определяют избирательную чувствительность энергетики к внешним воздействиям. Если эти воздействия соответствуют собственным трендам развития энергетики, то они могут иметь значительный эффект. Если же указанные воздействия противоречат трендам развития энергетики, то их результат будет весьма ограничен при высоких затратах.

Анализ энергетики как целостной системы с собственными закономерностями развития определяет подход к взаимодействию энергетики с другими факторами. Так, в рамках экологической парадигмы ключевым требованием к энергетике является снижение выбросов CO_2 . Именно целевые уровни выбросов CO_2 в ряде исследований определяют прогнозную структуру энергетики. Такой подход по определению игнорирует собственные тренды развития энергетики, используя энергетические технологии и факторы только для достижения целевого уровня по выбросам. Между тем анализ собственно энергетических факторов показывает, что существуют собственно энергетические тенденции, которые приводят к необходимому результату. Следовательно, различие состоит не в конечном результате, а в подходе к анализу и, соответственно, путям решения проблемы. В рамках энергетической парадигмы управление энергетикой состоит в том, чтобы стимулировать определенные собственные тренды энергетического развития, ведущие в желательном направлении.

Сценарии энергетического развития

На основе анализа трендов мирового развития, ресурсных и экологических ограничений, технологических факторов и собственных энергетических трендов формируются сценарии энергетического развития. Поскольку энергетические тренды тесно связаны с социально-экономическими, социокультурными, политическими и экологическими, такие сценарии одновременно являются комплексными сценариями мирового развития, рассмотренными в определенном аспекте.

Сценарный подход является стандартным при исследовании будущего. Классическая методология сценарных исследований предполагает выделение 2-3 ключевых движущих сил («драйверов»). Для каждого драйвера возможно 2-3 состояния¹². В зависимости от сочетания состояний драйверов формируются сценарии¹³, поэтому выбор драйверов оказывает решающее воздействие на результаты исследования. Между тем фактически драйверы тесно взаимосвязаны между собой, при этом выделение ключевых факторов развития из общего множества весьма проблематично. Драйверы фактически могут принимать не дискретные значения, а поле состояний¹⁴. В совокупности эти обстоятельства делают классическую методологию сценарирования искусственной.

В рамках настоящего исследования сценарии являются не простым выражением 2-3 драйверов, а способом «упаковки» сложного комплекса трендов (энергетических, технологических, социальных, политических, экономических). При этом наличие отдельных трендов не является ни необходимым, ни достаточным условием реализации указанного сценария, поскольку определяющую роль играют не отдельные тренды, а взаимодействие между ними.

Сценарии формируются на основе принципиально различных возможных траекторий социума в рамках смены режима его роста и перехода к новой фазе развития (раздел 3). В рамках определенного сценария группируются тренды, благоприятствующие реализации этого сценария и взаимно усиливающиеся по ходу его реализации. Отсутствие отдельных трендов не приводит к невозможности реализации сценария. Он является более устойчивой системой, поэтому не реализованный по каким-либо причинам тренд может быть заменен другим без изменения структуры сценария. Точно так же появление отдельного тренда из другого сценария не приводит к смене сценария. Иными словами, сценарии представляют собой не траектории, а модели развития. Сценарии содержат в себе тренды, но не формируются на их основе. При этом в рамках сценариев возможен разворот трендов, когда тренд, способствующий формированию данного сценария, меняется на противоположный.

¹² Например, глобализация или регионализация, быстрый или медленный технологический прогресс, ориентация на материальные или на социальные ценности и т.п.

¹³ Например, сценарий глобализации при доминировании материальных ценностей и быстром технологическом прогрессе либо сценарий глобализации при доминировании социальных ценностей и быстром технологическом прогрессе. Как правило, не любые сочетания драйверов считаются возможными.

¹⁴ Например, степени глобализации или темпов технического прогресса, при этом характер глобализации и направления технологического развития также могут меняться.

В силу сложности энергетического развития не существует прямой взаимосвязи между содержанием развития социума и его количественными параметрами. Так, при различных содержательных сценариях могут получиться близкие значения величины спроса на энергию, а количественные параметры сценария могут существенно меняться без изменения структуры ключевых факторов, реализующих сценарий, и принципиальных характеристик конечного результата. Поэтому основное внимание необходимо уделять не прогнозу количественных показателей развития ТЭК, а исследованию качественных изменений в его организации и взаимодействии с обществом в будущем.

На этой основе в разделах 7-9 построены три сценария – инерционный, стагнационный и инновационный, которые интегрируют весь комплекс факторов и трендов, воздействующих на мировую энергетику. Это позволяет выявить взаимодействие между различными отраслями энергетики, а в рамках одной отрасли – между ее динамикой, экономическими параметрами, корпоративной и рыночной структурой, характером государственного регулирования, геополитической значимостью. Кроме того, построение сценариев позволяет выявить ключевые противоречия и кризисные точки в развитии энергетики и ключевые события, воздействующие на ее будущее.

2.2. Проблемы прогноза мировой энергетики

Проблематизация трендов

Долгосрочный прогноз не может быть основан на экстраполяции существующих трендов, поскольку в ходе развития тренды неизбежно вступают в противоречие между собой и с существующими ограничениями развития. Это приводит к изменению сталкивающихся трендов, а также к появлению новых трендов. При этом, как правило, ни один из трендов не исчезает, но их форма и содержание могут радикально изменяться.

Энергетика рассматривается как сложная динамическая система противоречий, связанная с основными противоречиями современного мирового развития: демографическими, ресурсными, финансовыми, технологическими, экологическими. Собственно в энергетике противоречия включают технологический, территориальный, организационный, рыночный, регулятивный уровень. Выражением всего комплекса этих противоречий являются сценарные противоречия между направлениями развития.

В результате множественного столкновения трендов, которые взаимно усиливаются, в определенные периоды могут возникать комплексные кризисы развития, когда меняется направление развития энергетики, социума

и экономики. При этом основные глобальные противоречия преобразуются и переходят на качественно новый уровень.

Пространство сценариев

Рассмотрение сценариев как способа «упаковки» трендов предполагает возможность переключения между ними и всего поля возможного будущего. Как правило, это поле анализируется путем рассмотрения «предельных» вариантов развития, которые представляют собой максимально яркое выражение какого-либо тренда. При этом предполагается, что будущее должно представлять собой линейную сумму, сочетание нескольких сценариев и стоящих за ними трендов. Сами сценарии предназначены именно для определения возможных проблем и принятия на этой основе решений, а не предполагаемое будущее («исследовательские», а не «нормативные» сценарии в классификации МЭА).

Главная слабость такой методологии, по которой построено большинство исследований будущего, состоит в предположении, что сценарное пространство однородно и возможны любые «промежуточные» сценарии, представляющие собой линейную сумму крайних сценариев. Но в действительности сценарное пространство заведомо неоднородно. Существуют критические точки, или точки бифуркации, после которых развитие может пойти либо по одному пути, либо по другому, но не может пойти по промежуточному пути. Таким образом, сложность исследований будущего состоит именно в том, чтобы учесть как наличие жестких развилок, так и наличие значительного вариативного поля в рамках сценариев.

В рамках настоящего исследования сценарии являются не жесткими альтернативами, а целостной траекторией в пространстве возможного будущего. Переключение между сценариями возможно в ходе кризисов мировой экономики и энергетики, когда сложившиеся тренды их развития утрачивают устойчивость. При этом в каждый момент времени реализуется не один из сценариев в чистом виде, а их суперпозиция (наложение), что определяет вероятностный характер реализации сценариев.

Динамика энергетического развития

Развитие мировой экономики и энергетики в долгосрочной перспективе будет определяться сочетанием трех векторов – статического, циклического и динамического. В период до 2050 г. будет действовать инерция экономического и особенно энергетического развития (*инерционность*). Наряду с инерцией будет действовать цикличность мирового энергетического и экономического развития (*цикличность*). В перспективе 2025-2030 гг. произойдет смена фазы развития общества (*динамичность*).

Инерционность. Энергетика является чрезвычайно капиталоемкой отраслью. Это в сочетании с большим физическим ресурсом капитальных энергетических объектов, допускающих эксплуатацию в течение 25-50 лет, а в некоторых случаях и выше, приводит к тому, что сдвиги в структуре энергетики происходят медленно. Энергетика занимает настолько значимую долю в экономике и техносфере, что ее трансформация даже при условии высокой инвестиционной активности не может быть быстрой. Инерционный фактор особенно ограничивает качественные изменения в энергетике, так как при радикальной смене технологического уклада основные фонды энергетики предыдущего уклада окажутся ненужными. Особенно это касается созданной энергетической инфраструктуры.

Кроме фактора капиталоемкости, важную роль играет инерционность технологического развития. В связи с высокими требованиями к безопасности и надежности любых энергетических объектов, внедрение сколь угодно значимых новых технологий оказывается весьма длинным и сложным процессом. Наконец, роль энергетики как инфраструктурной и жизнеобеспечивающей отрасли определяет ее зависимость от долгосрочных устойчивых трендов экономического роста, роста населения, урбанизации, роста спроса на ТЭР.

Динамичность. В настоящее время существует консенсус исследователей относительно того, что в горизонте прогноза (до 2050 г.) может произойти переход на принципиально новую фазу развития социума, что приведет к резкому слому существующих в настоящее время тенденций и делает заведомо некорректным инерционный прогноз. В различных источниках наступающая фаза развития социума обозначается как «постиндустриальная», «информационная», «общество знаний» и т.п. Возможность формирования новой фазы развития требует анализа возможных качественных переходов в динамике энергетики, экономики и социума.

Цикличность. В мировом социально-экономическом и энергетическом развитии проявляется сложная совокупность циклов различной природы. В число важнейших циклов, воздействующих на динамику энергетики, входят деловые циклы и длинные волны Кондратьева – Шумпетера. На основе теории длинных волн была разработана теория смены технологических укладов¹⁵. В рамках исследования мировой энергетики до 2050 г. исследование циклов позволяет, во-первых, прогнозировать направление и темпы технологических изменений, а во-вторых, оценить общий характер экономической и политической ситуации в зависимости от фазы цикла.

¹⁵ Глазьев С.Ю. Теория долгосрочного технико-экономического развития. М.: ВладДар, 1993.

Анализ динамики энергетического развития

Особое значение имеет сочетание цикличности и динамичности. Переход к новой фазе развития неизбежно происходит путем острого кризиса, который обусловлен как исчерпанием потенциала предшествующей фазы развития, так и завершением очередного технологического и институционального цикла. При этом ход кризиса может оказывать долгосрочное воздействие на динамику мировой энергетики, определяя способ разрешения противоречий между трендами, направление дальнейшего развития, а в конечном итоге – выбор сценария, который возможен в первую очередь в кризисных условиях. Напротив, в межкризисные периоды тренды энергетического развития отличаются высокой устойчивостью и могут быть изменены только со значительными усилиями. Таким образом, динамика мирового энергетического развития носит нелинейный характер с точками бифуркации и наличием аттракторов, которые необходимо анализировать.

Сочетание указанных трех принципов в методологии прогноза может обеспечить достоверность его результатов. Это требует перехода к анализу непрерывной динамики мировой энергетики с шагом анализа не более 5 лет, а по возможности – 1 год¹⁶. Только такой континуальный анализ позволяет выявить ключевые тренды, их скорости и ускорения, а также возможные противоречия между ними и пути их разрешения.

Континуальный анализ мировой энергетики может проводиться как с использованием методов математического моделирования, так и при качественном анализе. В рамках настоящего исследования широко использованы результаты моделирования мировой энергетики на основе комплекса моделей GEM (Global Energy Model) Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева, а также результаты математического моделирования мирового развития, проведенные различными авторами. Такое моделирование учитывает как динамические факторы (через динамику технологического развития и различные ограничения, определяющие необратимую эволюцию мировой энергетики), так и инерционные. Как собственно моделирование, так и особенно интерпретация его результатов требуют качественного анализа технологических, социально-экономических, политических и энергетических трендов.

Субъектность прогноза энергетического развития

Мировое социально-экономическое и энергетическое развитие является субъектным. Выбор сценария и переключение между ними совершаются не отдельной группой лиц, а представляют собой суперпозицию множества

¹⁶ В пределе результатом анализа может быть система дифференциальных уравнений, описывающих энергетическое развитие.

решений, принятых по различным частным проблемам элитами ведущих стран мира. Важность выбора трендов и развилок определяется не только организацией анализа, но и объективной структурой будущего, которое частично предопределено («неизбежное будущее»), а частично представляет собой поле свободы. В рамках «неизбежного будущего» ведущие игроки (национальные государства, крупнейшие корпорации, общественные движения) могут оказывать воздействие на будущее мировой энергетики в соответствии со своими интересами, ценностями и стратегиями. Анализ перспектив энергетического развития обязательно включает учет возможных действий этих игроков. Конечной целью анализа является разработка оптимальной стратегии поведения для России и реализация оптимального для нее сценария развития.

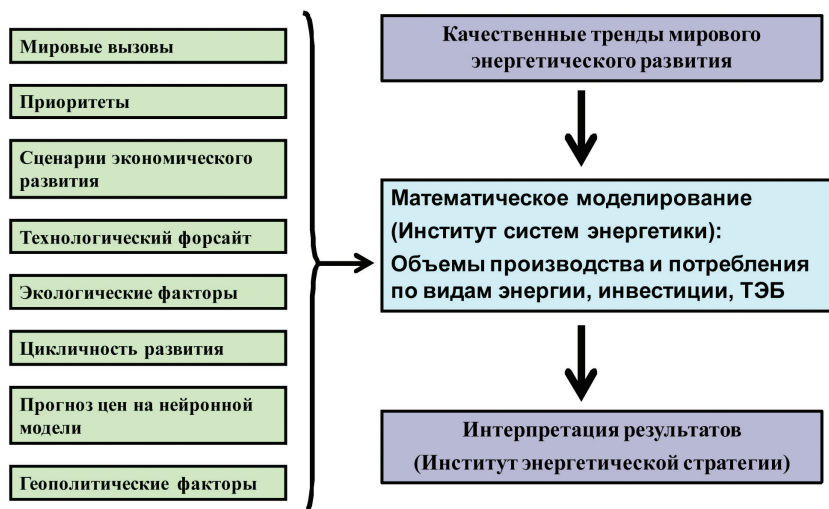
2.3. Общая схема прогноза

Опираясь на изложенные выше соображения, можно построить общую схему прогноза. В рамках настоящей работы использованы модели GEM (модель мировой энергетики) и MACRO (макрэкономическая модель) Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева (ИСЭМ, г. Иркутск). Взаимодействие аналитических блоков и моделей представлено на рис. 2.1. Ниже дается ее краткое описание, более подробно оно представлено в [2, 11].

Базой для прогноза мировой энергетики является анализ **мировых вызовов и приоритетов энергетического развития**, которые определяются экспертным путем на основании долгосрочных трендов развития. На основании вызовов и приоритетов формируются **макрэкономические сценарии**. Ретроспективный анализ позволяет прогнозировать дальнейшую динамику ключевых показателей мирового развития, причем не только экстраполировать существующие тренды, но и предсказывать их слом, связанный с достижением пределов их развития либо с ростом противоречий между ними. На этой основе определяются сценарные траектории развития мировой экономики, которые являются исходными данными для модели MACRO.

Технологический прогресс оказывает решающее влияние на структуру энергетики. Прогноз основан на материалах **технологического форсайта**, проведенного с использованием материалов Экспертного клуба промышленности и энергетики и других независимых экспертных организаций. Результаты форсайта учтены в параметрах технологий, заложенных в модели GEM. В модели GEM для каждой из рассматриваемых технологий задаются удельные капиталовложения на ввод объектов, эксплуатационные затраты, выход конечного продукта на единицу потребляемого ресурса (КПД), выход побочных продуктов (вредных веществ) и некоторые другие характеристики. Атомная энергетика описывается процессами добычи дешевого и

дорогого урана, производства электроэнергии и тепла на атомных станциях с тепловыми и быстрыми реакторами. Техничко-экономические показатели всех энергетических технологий, используемых в модели GEM, в несколько более раннем варианте подробно описаны в [2, 11] и кратко представлены в разделе 5 настоящей работы.



Источник: ИЭС.

Рис. 2.1. Схема прогноза мировой энергетики

Граничными условиями для прогноза мировой энергетики являются **ресурсные и экологические ограничения**. Они определяют масштабы развития отраслей топливной энергетики на глобальном уровне, и в особенности в отдельных странах и регионах. Фактором энергетического развития является не столько собственно проблема нехватки запасов топливно-энергетических ресурсов или воздействие на природные факторы, сколько политико-экономическая обстановка вокруг этих проблем. Для учета этих ограничений используются данные о мировых запасах энергетических ресурсов и сценарно заданные уровни выбросов CO_2 , закладываемые в модели GEM.

Таким образом, макроэкономические сценарии, технологический форсайт, ресурсные и экологические ограничения являются базой для расчетов с использованием модели GEM (модель мировой энергетики) и MACRO (макроэкономическая модель). Мировая энергетическая система представлена в модели в виде 13 региональных энергетических систем, связанных

потоками первичных энергоресурсов, вторичных энергоносителей и конечных продуктов. Для упрощения анализа в настоящей работе рассматриваются семь ключевых регионов.

При моделировании межрегиональных перетоков энергоресурсов, энергоносителей и конечных продуктов предполагалось, что все экспортно-импортные операции осуществляются через мировой рынок. Межрегиональные перетоки электроэнергии моделировались на основе другого принципа: каждый регион связан со всеми остальными регионами (соответствующая матрица содержит значительное количество нулевых элементов).

Режимы электропотребления задаются в модели значениями годового максимума графика электрических нагрузок регионов с учетом всех видов резерва.

Энергетическая система характеризуется:

- 1) множеством узлов (регионов) – $R=\{1, \dots, r_u\}$;
- 2) множеством энергоносителей (первичных, вторичных), конечных видов энергии, конечных продуктов (услуг) и неэнергетических факторов (например, инвестиции) – $I=\{1, \dots, i_u\}$;
- 3) множеством загрязнителей окружающей среды – $P=\{1, \dots, p_u\}$;
- 4) множеством технологий (технологических установок), в частности добычи, преобразования, транспорта и т.д. – $J=\{1, \dots, j_u\}$.

Каждая технология j из списка J в регионе $r \in R$ в период $t \in T$ характеризуется:

- 1) удельными приведенными затратами – c_{rj} ;
- 2) удельными расходами ресурсов и выходами продуктов и вредных веществ – a_{ij} ;
- 3) ограничениями на минимальные (b_{rj}^{\min}) и максимальные (b_{rj}^{\max}) масштабы применения;
- 4) годовой производительностью – x_{rj} .

Математическое описание развития технологической структуры мировой энергетической системы можно представить в следующем виде: найти минимум целевой функции

$$Z = \sum_r \sum_j c_{rj} x_{rj}$$

при соблюдении ряда ограничений.

Основные уравнения модели – балансы энергоресурсов, энергоносителей, конечных продуктов и электрической мощности. Ограничения – на добычу энергоресурсов по регионам (с учетом их полных запасов и стратегии расходования), производство конечной энергии (удовлетворение потребностей), режимы энергоснабжения, выбросы вредных веществ в окружающую среду и некоторые другие. Для двуокиси углерода ограничение задается на региональные или суммарные по миру выбросы, а для

окислов серы, азота и летучей золы – на выбросы по регионам, исходя из условия непревышения (в перспективе – снижения) современного уровня плотности выбросов на единицу площади освоенной территории. В процессе решения задачи выполнение указанных ограничений обеспечивается за счет либо введения более «чистых» технологий, либо введения специальных технологий очистки.

В результате решения задачи оптимизации по критерию минимума суммарных дисконтированных затрат в заданные моменты времени определяется структура энергетики регионов (мощности технологических установок различных типов) и другие характеристики – перетоки энергоносителей, выбросы вредных веществ, затраты и т.п. Полученная в каждой из расчетных точек технологическая структура (а также оставшиеся первичные энергоресурсы) передается в качестве исходной информации для следующего периода.

Но существует ряд факторов, которые наличные методы моделирования не отражают в полной мере, поэтому результаты расчетов обрабатываются экспертно.

Во-первых, необходимо учитывать **цикличность развития**. Прогнозирование на базе линейных трендов или их совокупности не дает точных результатов, потому что в нем не учитывается роль циклов различной продолжительности. Между тем именно в критических точках циклов происходят многие важные события. Мы накладываем результаты прогноза циклических колебаний на долгосрочные тренды, определяемые с помощью модели, что дает более адекватные результаты.

Во-вторых, мы учитываем прогноз мировых цен на нефть и другие энергетические товары, выполняемый отдельно **с использованием нейронной модели**, которая обладает способностью к самообучению и позволяет выявить совокупность трендов и циклов в поведении цен. Наконец, нужно учесть также и воздействие **геополитических факторов**, которое весьма значимо для энергетического развития.

Модельные расчеты опираются на многообразные исходные данные, определяемые путем анализа текущих трендов. Результатом моделирования являются траектории динамики развития мировой энергетики (по параметрам производства и потребления первичной и конечной энергии по регионам мира) на период до 2050 года. На основе полученных данных строится анализ качественных трендов развития энергетики, включая ожидаемые при таких объемных показателях сдвиги на рынках, в политических и социальных процессах. Конечный результат прогнозирования формируется путем наложения модельных расчетов, проведенных на базе сценарных предположений, и экспертных оценок трендов развития мировой энергетики.

Энергетика рассматривается нами как сложная динамическая система противоречий, связанная с основными проблемами современного мирового развития: демографическими, ресурсными, финансовыми, технологическими, экологическими. Она обладает собственными трендами развития, которые не сводимы к внешним воздействиям и определяют избирательную чувствительность энергетики к ним.

РАЗДЕЛ 3. ТРЕНДЫ МИРОВОГО РАЗВИТИЯ

Анализ мирового развития на период до 2050 г. требует изучения исторических трендов, поскольку они весьма устойчивы и в значительной степени определяют возможные направления развития.

3.1. Долгосрочная динамика мирового развития

Гиперболический рост мировой системы

Как показано в ряде научных работ¹⁷, на протяжении всей истории мировая система развивалась по гиперболическому закону, или в режиме с обострением¹⁸. В долгосрочной перспективе гиперболическим законом описывается динамика численности населения, население крупнейшего города, валового внутреннего продукта (ВВП), душевого ВВП, уровня технологического развития, валового потребления энергии, душевого потребление энергии. Разумеется, реальная динамика миросистемы определялась не только долгосрочным гиперболическим трендом, но и наложением на него циклических колебаний и случайных флуктуаций. Тем не менее в долгосрочной перспективе весь комплекс ключевых параметров развития мировой системы (миросистемы) описывается идентичным образом¹⁹.

Ретроспективный анализ, проведенный в указанных научных работах, показывает, что при продолжении долгосрочных трендов гиперболического роста ключевые параметры развития мировой системы обращаются в бесконечность к 2025-2040 годам. Поскольку это невозможно, уже с 1960 г. началось изменение режима роста миросистемы в направлении выхода из

¹⁷ Коротчаев А.В., Малков А.С., Халтурина Д.А. Законы истории. Математическое моделирование развития Мир-Системы. Демография, экономика, культура. М., 2007. Капица С.П. Парадоксы роста: Законы развития человечества. М., 2010.

¹⁸ 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.

¹⁹ Некоторые из указанных параметров изменяются не по простому гиперболическому закону, а по квадратично-гиперболическому.

режима с обострением. Иными словами, темпы роста ключевых параметров либо стабилизируются, либо снижаются. Во всяком случае, они перестают расти по мере роста самих параметров.

В силу неравномерности развития мировой системы, как по отдельным параметрам, так и между регионами мира, процесс выхода из режима с обострением в настоящее время не закончен, и гиперболический рост некоторых параметров продолжается.

Переход мировой системы от режима гиперболического роста на новый режим развития означает ее переход в качественно новое состояние. Как следствие, развитие мировой экономики, социума и энергетики в 2010-2050 гг. в решающей степени будет определяться процессом выхода из режима гиперболического роста. При этом характер нового режима развития мировой системы не определен и, в свою очередь, зависит от хода событий в 2010-2050 годах.

Фазовые переходы мировой системы

Анализ мирового развития, проведенный указанными авторами, показывает также, что гиперболический рост мировой системы не является однородным. Устойчивый гиперболический рост в некоторые моменты времени прерывается, после чего гиперболический рост возобновляется, но с другими параметрами (как правило, с меньшей скоростью).

Как правило, временное прекращение гиперболического роста с последующим восстановлением сопровождалось острым кризисом мировой системы, который мог принимать политические, экономические, социальные, культурные, экологические или иные формы. Вне зависимости от конкретных причин, вызвавших эскалацию кризиса, его фундаментальными предпосылками были невозможность продолжения гиперболического роста в рамках предшествовавшей кризису фазы развития и достижение определенных пределов роста. В результате обостряется существующий в каждом обществе комплекс противоречий, который ранее был основой его развития.

Возобновление роста связано с переходом к новой, более высокой фазе развития, которая позволяла снять пределы роста предшествующей фазы. Таким образом, длительные периоды сравнительно устойчивого развития (фазы развития) разделены короткими периодами фазовых переходов, когда меняются режим роста и сама основа развития социума²⁰.

²⁰ Определение точных временных границ фаз осложняется неполнотой, неточностью и некорректностью исторических данных. В рамках различных теорий исторического развития существуют разные схемы фаз и разные определения ключевых различий между ними. Примерами таких схем являются формации К. Маркса, аграрное, индустриальное и информационное общество Д. Белла, архаичная, традиционная и индустриальная фазы С. Перслегина и т.п.

Необходимо отметить, что результатом кризиса предшествующей фазы развития (фазового кризиса) не всегда является переход к следующей фазе. Для такого перехода необходимо преодолеть пределы роста предыдущей фазы, или фазовый барьер. Для создания следующей фазы развития необходим целый ряд технологий, знаний, институтов и качеств, формирование которых в рамках предшествующей фазы затруднено. Иными словами, следующая фаза развития более насыщена структурной энергией (отличается большей организованностью), чем предшествующая фаза. Фазовый переход представляет собой процесс самоорганизации, описываемый в рамках нелинейной динамики (синергетики) как нелинейные, предельно неравновесные и вероятностные. Преодоление фазового барьера является не исторической неизбежностью, а результатом действий различных субъектов развития, что требует разработки адекватной стратегии поведения в условиях фазового кризиса.

При этом инерционное развитие в рамках предшествующей фазы приводит к столкновению с ее пределами роста, результатом которого может быть глубокий откат в уровне развития с длительным последующим восстановлением до предкризисного уровня (фазовая катастрофа). Стремление стабилизировать предкризисное состояние приводит к неустойчивому равновесию (фазовая стагнация), которое завершается либо фазовым переходом, либо фазовой катастрофой. Наконец, фазовый переход предполагает усилия по созданию новой фазы развития.

Динамика мировой системы в 1750-2010 гг. определялась очередной фазой долгосрочного гиперболического роста – индустриальной. Ключевыми характеристиками индустриальной фазы являются: доминирование промышленности в экономической динамике, машинное производство, развитое разделение труда, масштабное потребление природных ресурсов, функциональная дифференциация массового общества²¹.

Как было показано в работах Римского клуба, индустриальное развитие ограничено пределами экологической емкости Земли по параметрам потребления ресурсов и производства отходов²². Противоречие между конеч-

²¹ Теория функциональной дифференциации общества как социальной системы разработана Никласом Луманом: Никлас Луман. Общество общества. Часть IV. Дифференциация. М.: Логос, 2006. 320 с.

²² Количественные оценки пределов роста, данные Римским клубом, дискуссионны, однако принципиальное наличие экологических ограничений не вызывает сомнений, равно как и то, что масштабы человеческой деятельности сопоставимы с пределами роста. Необходимо отметить, что если ограничения на потребление ресурсов и производство отходов инвариантны по отношению к фазе развития, то ограничения на численность населения и экономический рост зависят от фазы развития и могут быть значительно отодвинуты технологическим прогрессом.

ностью доступного для индустриального освоения пространства Земли и необходимостью непрерывной пространственной и ресурсной экспансии²³ в рамках индустриального развития неразрешимо. Вторым фундаментальным ограничением пределов индустриального роста является нарастающая внутренняя сложность индустриальной фазы при невозможности в рамках индустриального развития создать адекватные технологии управления (информационные, социальные, когнитивные). Указанные два ограничения формируют пределы роста индустриальной фазы.

Волны роста индустриальной фазы

В рамках индустриальной фазы выделяют несколько различных периодов развития, которые разделены комплексными кризисами развития. Имели место, по крайней мере, четыре кризиса, приводивших к смене экономической и политической парадигмы развития:

Кризис 1830-1840-х гг. привел к формированию свободной торговли, отмене внешнеторговых ограничений, пространственной экспансии индустриальной фазы в Европе, кризису традиционного общества.

Кризис 1870-1880-х гг. привел к переходу от рынка свободной конкуренции к монополистическому рынку, что вызвало формирование крупнейших монополий, а в ответ – профсоюзов и левого движения, резко обострило социальные противоречия, потребовало начала государственного регулирования экономики. В этот период капиталистическая экономика проникла во все значимые страны и регионы мира. Срачивание промышленного капитала с финансовым капиталом, а их обоих – с государственной властью привело к завершению колониального раздела мира, протекционизму и политике империализма. Кризис привел к Первой мировой войне (с временным запозданием).

Мировой кризис 1914-1945 гг. и Великая депрессия 1929-1933 гг. привели к переходу к государству всеобщего благосостояния и регулированию экономики. Кризис с пиком в начале 1930-х гг. был вызван потерей экономического баланса в ходе раннего варианта «виртуальной экономики». Кризис привел к тому, что на смену свободному рынку пришло государственное регулирование в США, Германии и СССР, связанное с ускоренной индустриализацией и резким ростом спроса на электрическую энергию для промышленности и нефтяное моторное топливо. Кризис привел ко Второй мировой войне.

Кризис начала 1970-х гг. был вызван переходом США и Западной Европы к постиндустриальному развитию и кризисом кейнсианских форм регулирования экономики, осложненным энергетическими шоками. Резко акти-

²³ Необходимость такой экспансии определяется кредитным и инфляционным характером индустриальной экономики.

визировалось частное предпринимательство, произошла либерализация и монетизация мировой экономики, на смену кейнсианскому регулированию пришло монетаристское. Кризис привел к окончанию холодной войны после распада мировой социалистической системы.

Кризис конца 2000-х гг. был обусловлен кризисом «виртуальной экономики» и спекулятивного мирового рынка активов (включая нефтяной рынок). Возникла необходимость очередной смены парадигмы развития. Это потребовало усиления роли государства, позиций национальных нефтегазовых компаний (вместо доминирования транснациональных компаний), развития принципов регионального самообеспечения и национальной энергетической безопасности, интенсификации энергосбережения и развития ВИЭ.

Такая динамика кризисов связана с длинными циклами экономической конъюнктуры Кондратьева – Шумпетера. Существуют различные периодизации циклов Кондратьева – Шумпетера. Кризис 1890-х гг. является кризисом перехода от второй к третьей волне Кондратьева. Кризис 1930-х гг. является кризисом перехода от третьей волны Кондратьева к четвертой. Кризис 1970-х гг. является кризисом перехода от четвертой к пятой волне Кондратьева.

Кризис 2008 г. может рассматриваться как кризис перехода от пятой к шестой волне Кондратьева. Макроэкономические и институциональные факторы были выражением этой ключевой причины.

Ключевыми инновациями пятой волны, стартовавшей в начале 1980-х гг., были персональные компьютеры, электроника и Интернет. Потенциал технологического прорыва, содержащийся в этой волне, был исчерпан уже к концу 1990-х гг., что проявилось в ходе кризиса «новой экономики» в США 2000-2001 годов. Отсутствие прорывных инноваций привело к доминированию финансовой сферы над реальной экономикой, формированию спекулятивных пузырей, эпохе дешевого кредита, снижению стимулов к сбережениям и потребительскому буму,

Гиперболический рост индустриальной фазы

В рамках волновой динамики индустриальной фазы развитие мировой системы **в гиперболическом режиме** продолжалось до 1970-х годов. В период устойчивого индустриального роста (1945-1975 гг.) наблюдались следующие тенденции:

- Интенсивный экономический рост (темпы роста мировой экономики устойчиво превышали 5% в год, абсолютный исторический максимум, не превзойденный до настоящего времени).
- Интенсивный энергетический рост (темпы роста потребления энергии также превышали 5% в год).

- Быстрый демографический рост (были достигнуты максимальные темпы роста населения мира – более 2,0% в год).
- Быстрый рост душевого ВВП (почти на 3% в год).
- Быстрый технологический прогресс.

Продолжение таких тенденций развития приводило к выходу мировой системы за пределы экологической емкости Земли по параметрам потребления ресурсов и производства отходов, а также к потере управляемости развития (иными словами, к выходу за пределы роста индустриальной фазы).

Как следствие, с сигнального кризиса 1970-х гг. естественные тренды развития мировой системы привели к **началу постепенного выхода из режима гиперболического роста**. Кризис коснулся в первую очередь развитых стран Запада, поскольку именно в них индустриальная фаза уже достигла зрелости. Кризис выразился в форме взаимосвязанных экономических кризисов, сложившихся в длительную полосу экономической стагнации, энергетических шоках 1973 и 1979 гг. и политических кризисах.

В конце 1970-х – начале 1980-х гг. кризис охватил социалистические страны (временной лаг в наступлении кризиса связан с отставанием социалистических стран по уровню индустриального развития). Он привел к затяжной стагнации («застою») и завершился распадом мировой социалистической системы и Советского Союза.

Кризис привел к отказу от Бреттон-Вудской валютной системы к разрушению кейнсианской модели управления обществом потребления, к переориентации научно-технического прогресса с энергетических и транспортных технологий на информационные технологии, к возникновению экологического движения, а также к распаду мировой социалистической системы.

С конца 1970-х гг. формируется принципиальное расхождение между западными странами и социалистическими странами в динамике развития. США и Западная Европа за счет этого изменения модели развития вышли из кризиса индустриальной фазы. К настоящему времени новая устойчивая траектория роста в развитых странах не сложилась²⁴, поэтому положение развитых стран можно определить как постиндустриальную фазу. Социалистические страны, включая СССР, не начали переход к постиндустриальной фазе развития, сталкиваются с нарастающим кризисом индустриальной фазы и к 1990 г. переживают социально-экономическую катастрофу (кроме Китая).

Постиндустриальная фаза развития временно отодвинула пределы роста индустриальной фазы по трем важнейшим параметрам.

²⁴ До настоящего времени развитие промышленности остается ключевой компонентой комплексного развития страны. Кроме того, индикатором неустойчивости траектории роста являются экономические кризисы 1980-х и 2000-х годов.

1) Современный и особенно интенсивный этап глобализации, характеризующийся вовлечением стран в мировые рынки не только товаров, но и труда и капитала, начался именно в первой половине 1980-х гг. и временно решил проблему ограниченности рынков. В этот период активизируются интеграция ЕС, вовлечение развивающихся и социалистических стран в мировую экономику.

2) Развитие информационной сферы, резко ускорившееся после создания персонального компьютера в начале 1980-х гг., современных информационных сетей в 1980-е – начале 1990-х гг. временно разрешило кризис управления, создало новые крупнейшие рынки и стало ключевой инновацией пятой волны Кондратьева.

3) Либерализация, начавшаяся с финансовых рынков и охватившая затем другие сферы, способствовала применению информационных технологий и более полному использованию существовавших резервов повышения эффективности.

Как следствие, в 1990-2000-е гг. в США и Западной Европе постиндустриальная экономика (штабная экономика, экономика знаний) показывала относительно высокие темпы экономического роста.

Несмотря на временное преодоление кризиса индустриальной фазы развития, ключевые показатели мировой динамики после 1970 г. резко изменились, а именно:

- Темпы экономического роста снизились с 4-5% в год в 1945-1970 гг. до 3% в год в 1970-2010 гг.
- Темпы роста потребления энергии снизились с 5% в год до 2% и менее.
- Темпы роста населения начали сокращаться и за этот период упали с 2,0% до 1,3%, причем после 1987 г. началось снижение абсолютной величины прироста.
- Резко снизился коэффициент фертильности в развивающихся странах.
- Рост душевого ВВП замедлился с 3% в год до 1,5%.
- Технологический прогресс, за исключением электроники и информатики, существенно замедлился.

К концу рассматриваемого периода (в 2000-е гг.) темпы экономического и энергетического роста приблизились к историческим максимумам 1950-1960-х гг., причем максимальные темпы наблюдались уже не в развитых, а в развивающихся странах. Кризис развития в 2000-е гг. выразился в исчерпании потенциала трех факторов выхода из кризиса индустриальной фазы 1970-х гг. – глобализации, информатизации и либерализации.

1) *Глобализация.* В 2000-е гг. с вовлечением ключевых развивающихся стран в мировую экономику пределы глобализации (в данной фазе развития) были достигнуты.

2) *Информатизация*. К 2000-м гг. потенциал информационной революции был в значительной степени использован. Кризис управления на всех уровнях снова обострился из-за формирования избыточных информационных потоков, превысивших возможности анализа и управления. Развитие информационной сферы стало приобретать отчетливо спекулятивный характер, проявившейся в кризисе высокотехнологичной экономики в США в 2001 г. и предшествующем ему буме.

3) *Либерализация*. К 2000-м гг. как в развитых, так и в развивающихся странах либерализация финансовых рынков и экономики в целом по своим масштабам и форме стала угрожать перспективам развития общества и реального сектора экономики.

Все эти слабости и дисбалансы были вскрыты в ходе глобального финансово-экономического кризиса 2008-2009 годов.

Таким образом, в 1970-2000-х гг. мировая система начала выходить из режима с обострением, что сопровождалось сменой модели развития и, соответственно, серией кризисов. Этот процесс в настоящее время не закончен, поскольку новый долгосрочный режим роста не сформирован.

Перспективная фазовая динамика

Динамика мировой системы неоднородна как по странам и регионам мира, так и по параметрам, а также во времени. Динамические факторы мирового развития будут опираться на два важнейших процесса – индустриализацию развивающихся стран и постиндустриальное развитие развитых стран. В совокупности они приведут к 2030 г. к кризису индустриальной фазы.

В развитых странах, где индустриальное развитие началось в 1770-1860-е гг., после 1970-х гг. начался выход из режима индустриального гиперболического роста, что вызвало резкое изменение многих параметров, описывающих социальную систему (динамика ВВП, энергопотребления, уровень безработицы и др.). К настоящему времени новая устойчивая траектория роста в развитых странах не сложилась²⁵, поэтому положение развитых стран можно определить как постиндустриальную фазу. На ее основе должна сложиться новая фаза развития и устойчивая собственная траектория роста неиндустриального роста. Необходимо отметить, что преодоление финансово-экономического кризиса 2008 г. требует перехода на новый технологический цикл и изменения структуры мировой финансовой системы. Между тем антикризисные меры правительств различных стран мира слабо способствуют решению этих задач. Преимущества в формировании

²⁵ До настоящего времени развитие промышленности остается ключевой компонентой комплексного развития страны. Кроме того, индикатором неустойчивости траектории роста являются экономические кризисы 1970-х и 2000-х годов.

новой модели роста в силу наиболее содержательных антикризисных программ имеют США и Китай.

В развивающихся странах, где индустриальное развитие началось в XX веке, в 1970-2000-е гг. продолжался процесс индустриализации. При этом сохраняются значительные элементы доиндустриальных фаз развития. В перспективе 2010-2050 гг. неизбежно произойдет выход из режима индустриального роста в развивающихся странах. Конкретные параметры выхода (время начала, скорость, достигнутые значения ключевых параметров) не определены, но они окажут решающее воздействие на мировое развитие. Неизбежное прохождение развивающимися странами этапа индустриализации и инфраструктурного строительства создаст значительный потенциальный спрос на энергию. Уровень энерго- и материалоемкости индустриализации развивающихся стран может быть существенно снижен при условии эффективного трансфера технологий из развитых стран, но для этого необходимо создание соответствующих правовых и экономических механизмов.

Если до 1970-х гг. разрыв по большинству социально-экономических показателей между развитыми и развивающимися странами возрастал в силу ускорения роста в развитых странах, то затем он начал сокращаться. В перспективе этот тренд продолжится, если в развитых странах не возникнет принципиально новая фаза развития, позволяющая ускорить рост.

Между тем, как показывают многочисленные миросистемные исследования²⁶, мировая индустриальная система может существовать только в рамках модели «Центр – Полупериферия – Периферия». По мере индустриализации развивающихся стран сохранение лидерства индустриального Центра становится невозможным. С одной стороны, это требует от Центра перехода на новую фазу развития. С другой стороны, это вызывает кризис индустриальной фазы, которая из господствующей (сосредоточенной в Центре мировой экономики и пользующейся дополнительными ресурсами за счет Периферии) превращается в подчиненную (сосредоточенную на Периферии и Полупериферии мировой экономики и передающую дополнительные ресурсы Центру).

Если в 1970-е гг. было исчерпано доступное пространство для добычи ресурсов, то в 2000-е гг. было исчерпано доступное пространство для размещения производства. В 2030-е гг. следует ожидать кризиса, связанного с исчерпанием потенциальных рынков сбыта. Рост уровня жизни (при замедлении роста населения) в развивающихся странах приведет к насыщению крупнейших рыночных ниш создания инфраструктуры и производства базовых промышленных товаров. Таким образом, по мере завершения индустриализации

²⁶ Валлерстайн И. Миросистемный анализ. М.: Издательский дом «Территория будущего», 2006. 248 с.

в развивающихся странах мировое индустриальное развитие будет испытывать нарастающие ограничения. Исходя из продолжительности волн к 2030 г. следует ожидать также кризиса перехода от пятой волны Кондратьева к шестой. Указанные кризисные тенденции будут накладываться друг на друга.

В настоящее время мировая система приблизилась как к пределам роста индустриальной фазы, так и к пределам долгосрочного гиперболического роста (на протяжении всей истории существования мировой системы). Таким образом, мировая система находится в состоянии фазового кризиса, от пути его преодоления зависит ее дальнейшая динамика: фазовая катастрофа, фазовая стагнация или фазовый переход.

Сценарии мирового развития

Кризис индустриальной фазы развития в рамках выхода мировой системы из режима гиперболического роста может происходить в трех вариантах: фазовая катастрофа, фазовый переход и фазовая стагнация. На основе этих трех вариантов сформированы три сценария развития мировой энергетики: инерционный сценарий (реализация фазовой катастрофы), стагнационный сценарий (реализация фазовой стагнации), инновационный (реализация фазового перехода). Сценарий – точка сборки взаимосвязанных демографических, экономических, технологических, политических, социокультурных, экологических трендов. Сценарии являются одновременно энергетическими и социально-экономическими, поскольку развитие социума, экономики и энергетики тесно взаимосвязано.

В силу указанных выше характеристик процесса перехода с гиперболического режима роста и циклических факторов к 2030 г. произойдет острый фазовый кризис. Как следствие, сценарии мирового развития содержат этапы 2010–2030 гг. и 2030–2050 годов. В районе 2030 г. изменяются темпы роста спроса, тенденции технологического развития, роль энергетики в обществе и экономике.

Инерционный сценарий (фазовая катастрофа) предполагает продолжение развития постиндустриальной фазы в силу столкновения с пределами роста индустриальной фазы – как экологическими ограничениями, так и ограничениями управленческих возможностей. Около 2030 г. инерционное развитие в рамках продолжения современных трендов сменяется острым кризисом (рост политической напряженности, неустойчивость роста экономики, социальные конфликты, технологическая стагнация). Следствие кризиса – резкое снижение темпов технологического, экономического и социального развития. Кризис может привести к дестабилизации крупных регионов мира или мировой системы в форме крупных войн и социальных конфликтов

Стагнационный сценарий (фазовая стагнация) предполагает стабилизацию вблизи пределов роста индустриальной фазы через экологическую

парадигму (снятие противоречия с окружающей средой) и создание информационного общества, управляемую трансформацию социума при сохранении ключевых структур текущей индустриальной фазы. Даже с учетом прогресса в управленческих технологиях фазовая стагнация может быть устойчива только при значительном замедлении темпов развития. Около 2030 г. устойчивое постиндустриальное развитие сменяется затяжным кризисом, связанным с избыточным регулированием инвестиционно-инновационного процесса. Последующая стагнация приводит к затяжной экономической, политической и психологической депрессии в ведущих странах мира.

Стратегия фазовой стагнации является доминирующей среди политических, экономических и интеллектуальных элит США и Европы, поскольку позволяет предотвратить фазовую катастрофу и в то же время избежать революционных процессов фазового перехода, которые могут угрожать как позициям элит внутри собственных стран, так и на международной арене. Эта стратегия имеет определенные шансы на успех, но значительно затрудняет фазовый переход, поскольку новые направления развития блокируются для сохранения безопасности и управляемости социума. Однако стабилизация вблизи фазового барьера позволяет искать решения, которые обеспечивают его преодоление.

Инновационный сценарий (фазовый переход) предполагает преодоление пределов роста индустриальной фазы развития и переход к новой фазе. Индустриальная фаза создала сложные технические, экономические и социальные системы, но при этом не создала адекватных средств управления такими системами. Качество управления определяется качеством средств управления и качеством самого субъекта управления. Кризис управления индустриальной фазы обусловлен в первую очередь качеством субъекта управления. Субъект управления (человек либо группа людей) не в состоянии принимать в режиме реального времени решения относительно сложнейших процессов в социальных и технических системах. Прогресс средств управления (в первую очередь информационных технологий) слабо смягчает кризис управления, поскольку приводит к увеличению количества доступной информации, однако не решает проблемы принятия решений. Это ведет к формированию множества дисбалансов в социуме (экономических, политических, социальных, экологических).

Ключевой чертой новой фазы развития должно стать комплексное развитие человека и связанных с ним технологий – биологических, информационных, социальных, когнитивных – как совокупности средств управления физическим, интеллектуальным и психологическим состоянием человека.

Поэтому новая фаза развития может быть названа когнитивной²⁷. Следует подчеркнуть принципиальное различие между когнитивной фазой и концепциями постиндустриального²⁸ или информационного²⁹ общества, поскольку они делают акцент на средствах обработки информации, но не на изменении сознания человека. Развитие постиндустриальной фазы с 1970-х гг. обеспечило формирование целого ряда технологий, знаний, институтов и человеческих качеств, необходимых (но, по-видимому, недостаточных) для реализации фазового перехода. В рамках когнитивной фазы должны быть интегрированы как современные научные подходы (биотехнологии, информационные технологии, нанотехнологии), так и социальные и культурные практики (психологические тренинги, управление здоровьем, образ жизни, образование и воспитание). К 2030 г. накапливается критическая масса изменений в мировой экономике и социуме, что вызывает ее быструю революционную перестройку и создание когнитивной модели развития в лидирующих странах.

Переход к когнитивной фазе развития позволит преодолеть пределы роста индустриальной фазы за счет переноса центра тяжести развития из физического в когнитивное пространство, что сделает ненужным пространственную экспансию. Но в когнитивной фазе развития сформируются новые проблемы и противоречия, которые не существовали в постиндустриальной фазе.

3.2. Факторы мирового развития

В зависимости от сценария мирового развития существенно различается динамика конкретных параметров роста мировой системы (табл. 3.1). Динамика конкретных показателей мировой системы будет определяться взаимодействием развитых и развивающихся стран.

Во всех сценариях к 2050 г. мировая система перейдет в новый режим развития, характеризующийся:

- завершением демографического перехода и стабилизацией численности населения при старении населения,
- завершением взрывной урбанизации и роста уровня образования,
- завершением индустриализации развивающихся стран,
- завершением пространственной экспансии мировой системы.

Выход из режима гиперболического роста по различным показателям происходит неравномерно, а после формирования нового режима роста

²⁷ Термин «когнитивная фаза развития» введен в книге: Переслегин С.Б.. Новые карты будущего. М., 2009.

²⁸ Белл Д. Грядущее постиндустриальное общество. М., 1999.

²⁹ Кастельс М. Информационная эпоха: экономика, общество и культура. М., 2000.

их динамика может различаться принципиально в зависимости от сценария мирового развития. Кроме того, сроки перехода на новый режим роста весьма продолжительны. По-видимому, окончательное формирование каждого из указанных режимов произойдет после 2050 года. В то же время уже в 2010–2030 гг. и особенно в 2030–2050 гг. будет происходить постепенный переход мировой системы на новый режим роста.

Таблица 3.1. Демографические факторы мирового развития

Фактор	Сценарии		
	Инерционный	Стагнационный	Инновационный
Численность населения	ЛОГ		
Доля лиц старше 65 лет Доля городского населения Уровень грамотности и доля лиц с высшим образованием	ЛОГ		
Объем ВВП	КРИТ	ЛОГ	ГИПЕР
ВВП на душу населения	КРИТ	ЛОГ	ГИПЕР
Технологический уровень Информационные потоки	ЛОГ		ГИПЕР
Потребление ресурсов Производство отходов Ущерб окружающей среде	КРИТ	ЛОГ	ПИК
Потребление энергии	КРИТ	ЛОГ	ЛОГ
Энергоемкость ВВП	Медленное снижение	Умеренное снижение	Быстрое снижение
Душевое потребление энергии	КРИТ	ЛОГ	ПИК
Выбросы CO ₂	КРИТ	ПИК	ПИК

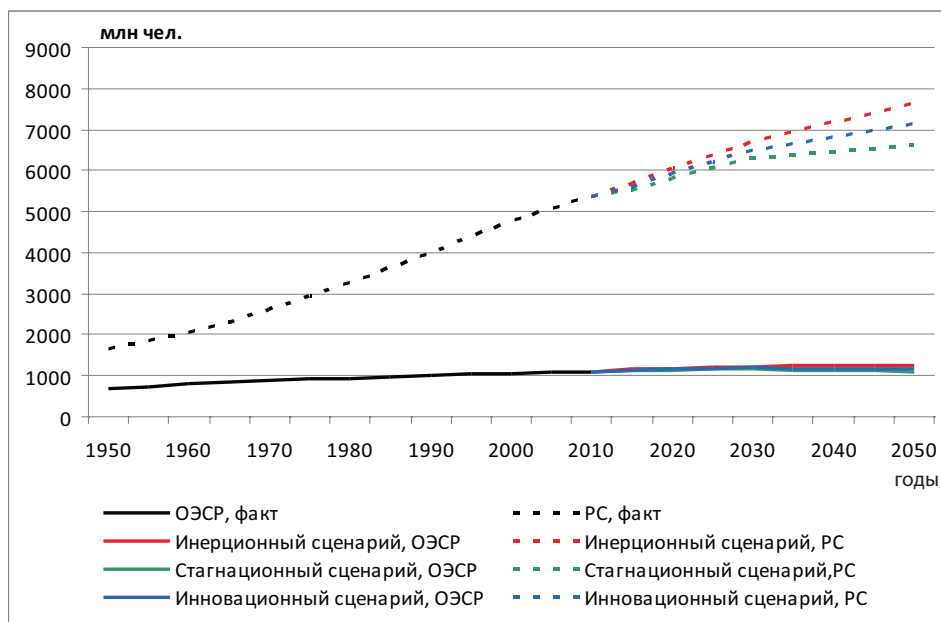
Примечания:

1. КРИТ – продолжение роста до критического уровня с последующим спадом.
2. ЛОГ – выход на логистическую кривую со снижением темпов роста по мере приближения к уровню насыщения.
3. ГИПЕР – переход на новый режим гиперболического роста.
4. ПИК – достижение пика с последующим быстрым снижением.

Демографические факторы

Выход из режима гиперболического роста в динамике численности населения произошел раньше, чем по другим параметрам. Темпы роста

численности населения Земли прошли пик в 1965-1970 гг. (2,0% в год) и в настоящее время составляют 1,2%. С конца 1980-х гг. началось снижение абсолютных величин прироста (рис. 3.1).



Примечание. ОЭСР – развитые страны, РС – развивающиеся страны.

Источник: расчеты ИЭС по данным ООН.

Рис. 3.1. Динамика численности населения мира в 1950-2050 гг.

Демографические факторы сравнительно слабо зависят от сценария мирового развития. Во всех трех сценариях (инерционном, стагнационном и инновационном) происходит переход к логистической динамике численности населения. Темпы прироста снижаются по мере приближения к уровню насыщения. Уровень насыщения и момент стабилизации численности населения меняются в зависимости от сценария. В инерционном сценарии к 2030 г. численность населения мира достигнет 8,21 млрд человек, а к 2050 г. – 9,15 млрд человек с перспективой продолжения роста. В стагнационном сценарии к 2030 г. численность населения мира достигнет 7,74 млрд человек, а к 2050 г. выйдет на плато на уровне около 8,0 млрд, а затем начнет снижаться. Инновационный сценарий занимает промежуточное положение: численность населения мира достигнет 8,55 млрд к 2050 г. (2030 г. – 7,98 млрд) и стабилизируется. Средние

темпы роста численности населения Земли до 2030 г. в зависимости от сценария составят соответственно 1,0, 0,7 и 0,8, а до 2050 г. – 0,5, 0,1 и 0,3%.

В настоящее время динамика населения мира определяется в первую очередь процессами в развивающихся странах (5,3 млрд человек, или 81% населения мира в 2009 г.), где демографический переход входит в завершающую стадию. В 1980-2000-е гг. произошло быстрое снижение уровня фертильности в развивающихся странах. Но накоплена значительная инерция демографических процессов в виде половозрастной структуры населения с преобладанием молодежи, поэтому значительный прирост населения будет продолжаться некоторое время после того, как коэффициент фертильности снизится ниже критического значения 2,15.

Во всех трех сценариях практически весь прирост (более 90%) будет обеспечен за счет развивающихся стран (табл. 3.2). При этом в стагнационном и инновационном сценариях в Европе, России, Японии и Китае ожидается снижение численности населения, а в США – рост во всех сценариях.

Таблица 3.2. Демографические факторы мирового развития

Фактор	2010 г.	Сценарии					
		Инерционный		Стагнационный		Инновационный	
		2030 г.	2050 г.	2030 г.	2050 г.	2030 г.	2050 г.
Численность населения, млрд человек							
Мир	6752	8213	9149	7737	7959	7978	8554
Развитые страны	1098	1226	1250	1163	1105	1195	1177
Развив. страны	5654	6987	7899	6574	6854	6783	7377
Годовые темпы роста численности населения, %							
Мир	1,1	1,0	0,5	0,7	0,1	0,8	0,3
Развитые страны	0,3	0,6	0,1	0,3	-0,3	0,4	-0,1
Развив. страны	1,3	1,1	0,6	0,8	0,2	1,0	0,5

Источник: расчеты ИЭС по данным ООН.

Социокультурные факторы

Ключевыми социокультурными факторами будут старение населения и урбанизация, рост уровня грамотности и распространение высшего образования, а также изменение господствующих ценностей.

Старение населения. Рост продолжительности жизни и снижение рождаемости являются прямым следствием демографического перехода и вызы-

вают старение населения. В настоящее время только в некоторых развитых странах доля лиц старше 65 лет превышает 20%. К 2050 г. этот показатель будет достигнут в ряде ключевых развивающихся стран, причем этот тренд особенно быстро проявится в стагнационном сценарии. Старение населения приведет к росту экономической нагрузки на трудоспособное население мира, кризису социального обеспечения и глубоким социокультурным изменениям в обществе. Адаптация к нему требует перехода к новой фазе развития. Особенно значимым этот фактор будет для развитых стран Европы в силу высокого уровня социальных гарантий, а также для Китая в силу очень быстрого старения населения в 2010-2030 годах. Косвенным следствием старения населения будут массовые миграции населения в развитые страны, приводящие к сложным проблемам социокультурной адаптации, межэтническим и межрелигиозным противоречиям.

Урбанизация. Выход из режима гиперболического роста по показателю урбанизации произошел в 1970-1980-е годы. В 1950 г. мировой уровень урбанизации составлял около 30%. К 2010 г. он вырос до 50% при опережающем росте крупнейших городов, а к 2050 г. достигнет 80% в рамках выхода на логистическую кривую (практически вне зависимости от сценария). Урбанизация в развивающихся странах тесно связана с экспансией индустриальной фазы и будет усиливать ее кризис, поскольку: 1) резко возрастает потребность во всех видах ресурсов для индустриального развития, 2) нарастают внутренние противоречия индустриальной фазы из-за глобального неравенства и распада традиционного общества.

Рост уровня грамотности. Ускоренный рост уровня грамотности сменится переходом к логистической кривой. К 2030 г. уровень грамотности достигнет уровня насыщения, составляющего около 95%³⁰. Этот показатель практически не зависит от сценария мирового развития³¹ и будет связан с индустриализацией развивающихся стран.

Распространение высшего образования будет ключевым фактором социальной динамики. До 2030 г. продолжится гиперболический рост числа лиц с высшим образованием и их доли в населении в развивающихся странах, в то время как в развитых странах эти показатели стабилизируются. К 2030 г. в развивающихся странах также будет достигнут уровень насыщения, характерный для индустриальной фазы (30% рабочей силы), что вызовет проблему трудоустройства выпускников и распространение кризиса образования на развивающиеся страны. Рост специализации, сдвиг от фундаментального к поверхностному образованию, дисбаланс в пользу гумани-

³⁰ Уровень грамотности в 100% недостижим даже в развитых странах.

³¹ Во всех сценариях сохраняются отстающие страны мира с крайне низким уровнем социально-экономического развития и, соответственно, с массовой неграмотностью, причем общая численность населения этих стран может достигать 1 млрд человек.

тарного образования по сравнению с естественно-научным и техническим станут важными факторами развития.

Дальнейшая динамика высшего образования зависит от сценария мирового развития. В инерционном и стагнационном сценариях доля лиц с высшим образованием стабилизируется, а численность студентов может даже снижаться³². В инновационном сценарии доля лиц с высшим образованием будет расти. При этом могут измениться формы и содержание высшего образования в направлении передачи не только знаний, но и целостных научных и управленческих умений и навыков.

В инерционном сценарии неизбежный кризис индустриальных форм культуры и социальной организации обострится в связи с консервацией индустриальной фазы развития (в развитых странах – в ее постиндустриальной форме).

В 2010-2030 гг. в развитых странах дальнейшая атомизация общества, старение населения в сочетании с притоком мигрантов усилят кризис социальных структур. В развивающихся странах быстрыми темпами будет идти разрушение традиционных социальных структур. Ценности материального благосостояния и экономического развития усиливаются в ущерб социальным, культурным и экологическим ценностям. Кризис мировоззрения и культуры выражается в распаде культуры на отдельные слабо связанные блоки, формировании глубоких мировоззренческих разрывов между различными частями социума, росте фундаментализма и кризисе светского мировоззрения.

К 2030 г. накопление проблем вызовет социальные конфликты в ряде стран, резкий рост значимости ценностей безопасности и стабильности в ущерб социальным, культурным и экологическим ценностям

В 2030-2050 гг. социальные проблемы продолжают оказывать негативное воздействие на экономическое и технологическое развитие. На их разрешение затрачивается значительная часть политических и экономических ресурсов. Доминирование ценностей безопасности и порядка будет препятствовать формированию новой фазы развития и станет важной предпосылкой внутренних и международных конфликтов.

В стагнационном сценарии кризис индустриальных форм культуры и социальной организации смягчается развитием постиндустриальных форм.

В 2010-2030 гг. указанные выше негативные тенденции будут сочетаться с формированием новых социальных структур – «рыночных сооб-

³² Возможно, эти процессы будут маскироваться снижением качества массового образования. При этом номинальная доля лиц с высшим образованием будет расти, но фактически значительная их часть не будет обладать навыками и знаниями, характеризующими выпускника высшей школы.

ществ», развитием гражданского общества в развитых и развивающихся странах, ростом значения социальных, культурных и экологических ценностей, особенно в странах, где они пока выражены слабо.

К 2030 г. противоречия между новыми и старыми социальными структурами, а также кризис доверия вызовут резкий рост значимости ценностей безопасности и стабильности, усиленный опасениями дестабилизации общества в результате формирования новых социальных форм.

В 2030-2050 гг. доминирование ценностей безопасности и стабильности в сочетании с некоторыми экологическими и социальными ценностями в развитых странах при их сохранении будет смягчать внутренние и внешние конфликты, но в то же время будет снижать темпы развития.

В инновационном сценарии кризис индустриальных форм культуры и социальной организации преодолевается переходом к новой фазе развития. При этом возникновение комплекса технологий и практик, ориентированных на физическое, интеллектуальное, эмоциональное и духовное развитие человека, окажет решающее влияние на формирование новых форм социальности и культуры. Они будут отличаться большей динамичностью, открытостью, вариативностью и сложностью.

В 2010-2030 гг. рост значения ценностей свободы, образования, познания, развития за счет ценностей материального благосостояния вызовет формирование ростков новых форм социальной организации. К 2030 г. противоречия между новыми и старыми социальными структурами, а также кризис доверия к старым структурам вызовут ценностные и культурные конфликты и ускорят переход к новым формам культуры и социума.

В 2030-2050 гг. дальнейшее усиление ценностей гражданской и личной свободы, ответственности, познания и развития определит низкое инновационное сопротивление общества.

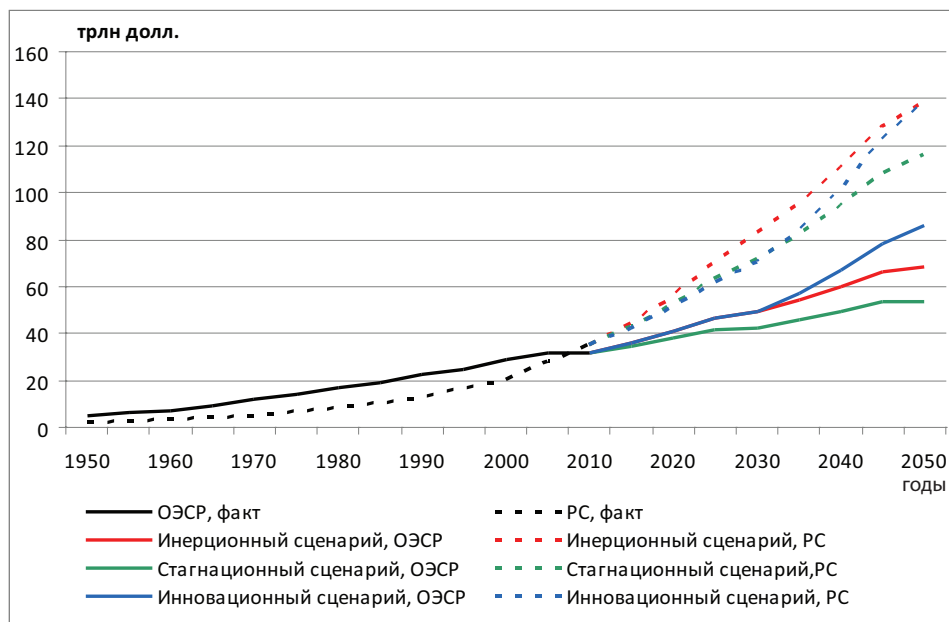
Экономические факторы

Ключевыми экономическими факторами будут абсолютный и душевой ВВП, темпы его роста, а также модель экономического развития, которая определяет структуру экономики. Главным фактором изменения структуры экономики будет завершение процесса быстрой индустриализации в развивающихся странах. Быстрый экономический рост приведет к исчерпанию потенциала сложившейся в них модели экономического развития и потребует перехода к новой модели через кризис.

Динамика ВВП. После замедления в 1970-1990-х гг. темпы роста мировой экономики (по параметрам абсолютного и душевого валового внутреннего продукта) снова ускорились. В период с 1950 по 1975 гг. рост мировой экономики происходил с темпом около 5% в год (развитые страны – около 4%, развивающиеся – 6%), а в 1975-2000 гг. – 3% (около 2 и 4% соответственно). В 2000-2008 гг. рост мировой экономики снова ускорился до 4,5%

в год (в отдельные годы до 5,5%; в развивающихся странах более 6,0%, главным образом за счет Китая).

В перспективе 2010-2050 гг. во всех сценариях (исключая из рассмотрения катастрофические варианты развития событий) ожидается продолжение роста мирового ВВП (рис. 3.2).



Примечание. ОЭСР – развитые страны, РС – развивающиеся страны.

Источник: расчеты ИЭС по данным Angus Maddison, ИСЭМ, Мирового банка.

Рис. 3.2. Динамика мирового ВВП в 1950-2050 гг.

Однако характер и динамика этого роста существенно зависят от перспектив перехода к новой модели экономического роста (табл. 3.3).

Переход к новой модели развития произойдет после неизбежного кризиса индустриальной фазы экономического роста, основными причинами которого являются:

- Одновременное отсутствие точек эффективного приложения капитала в реальном секторе и недостаток инвестиций во многие отрасли, в частности недостаточные вложения в воспроизводство базовой инфраструктуры индустриальной фазы (транспортной, энергетической и пр.).
- Снижение рентабельности в реальном секторе экономики, что вызывает переток капитала в виртуальный сектор, формирование спекулятив-

ных пузырей на рынках различных активов, отрыв финансового сектора от реальной экономики, рост торговых и финансовых дисбалансов.

- Снижение эффективности классических индустриальных методов регулирования экономики, нарастающее отчуждение собственности от управления, усложнение рынков и потеря управляемости.

- Частичная деиндустриализация развитых стран и перенос промышленного производства в развивающиеся страны, доминирование виртуальной сферы над реальным сектором, сдвиг центра образования прибыли и добавленной стоимости от производства к услугам.

- Падение надежности и прозрачности финансовой системы, в том числе снижение устойчивости валют, кредитной системы, фондовых рынков, резкий рост финансовой волатильности.

Таблица 3.3. Экономические факторы мирового развития

Фактор	2010 г.	Сценарии					
		Инерционный		Стагнационный		Инновационный	
		2030 г.	2050 г.	2030 г.	2050 г.	2030 г.	2050 г.
Объем ВВП, трлн долл. по ППС в ценах 2010 г.							
Мир	70,3	138,1	216,5	120,1	177,7	124,6	235,0
Развитые страны	31,9	49,3	68,3	42,6	53,7	49,0	85,8
Развив. страны	38,5	88,8	148,3	77,4	123,9	75,6	149,3
Темпы роста ВВП, %							
Мир	2,5	3,4	2,3	2,7	2,0	2,9	3,2
Развитые страны	0,2	2,2	1,6	1,5	1,2	2,2	2,8
Развив. страны	6,2	4,3	2,6	3,6	2,4	3,5	3,5
ВВП на душу населения, тыс. долл. по ППС в ценах 2010 г.							
Мир	10,4	16,8	23,7	15,5	22,3	15,6	27,5
Развитые страны	29,0	40,2	54,6	36,7	48,6	41,0	72,9
Развив. страны	6,6	12,4	18,2	11,4	17,5	10,8	19,4

Источник: расчеты ИЭС по данным Angus Maddison, ИСЭМ, Мирового банка, ООН.

В инерционном сценарии ограничения индустриальной фазы экономического роста не снимаются. Темпы роста мировой экономики в 2010-2020-е гг. (3,4% в год) замедляются по сравнению с 2000-ми гг. (3,9% в год), особенно в Китае. Тем не менее Китай (4,7%) и Индия (4,0%) останутся самыми динамичными регионами мира, существенно опережая развитые страны (США – 2,5%, ЕС – 2,2%). Развитие мировой экономики нестабильно и со-

проводятся постоянными кризисами разной природы. Сохранится ведущая роль «виртуальной экономики».

К 2030 г. в развитых странах проблемы государственного долга, бюджетного дефицита, социальных расходов, конкурентоспособности экономики, а также кризис «виртуальной экономики» приводят к кризису постиндустриального развития.

В развивающихся странах происходит кризис завершения индустриализации (в первую очередь в Китае). Аналогичные процессы будут происходить в новых индустриальных странах и Индии. Кризис охватит все ключевые страны мира.

В 2030-2050 гг. темпы мирового экономического роста снижаются до 2,3% в год из-за исчерпания потенциала индустриального развития. К 2030 г. разрыв в душевом ВВП между развитыми и развивающимися странами сокращается только до 3 раз (2010 г. – 4,4 раза). На развитые страны приходится 31,5% мирового ВВП по сравнению с 45,3% в 2010 году.

В стагнационном сценарии ограничения индустриальной фазы экономического роста не снимаются, но создается система их мониторинга, позволяющая избегать кризиса. Темпы роста в 2010-2020-е гг. (2,7%) будут ниже, чем в инерционном сценарии вследствие активной регулятивной перестройки, но рост более устойчивый и сбалансированный. Произойдет изменение модели развития от «виртуальной экономики» в сторону экологически и социально ориентированного развития, особенно в ЕС. В развивающихся странах Азии к 2020 г. исчерпание потенциала ресурсоемкого развития и завершение индустриализации приведут к началу перехода на новую модель роста. Тем не менее Китай (4,0%) и Индия (4,0%) останутся самыми динамичными регионами мира, существенно опережая развитые страны (США – 1,5%, ЕС – 1,5%).

К 2030 г. в развитых странах кризис государственных бюджетов, финансовой сферы и избыточные затраты на систему регулирования приводят к кризису постиндустриального развития, обусловленному отсутствием точек эффективного приложения капитала в реальном секторе.

В развивающихся странах происходит кризис перехода от энерго-, ресурсо- и трудоемкой модели роста к новой модели, ориентированной на знания, технологии и человеческий капитал. Переход на новую модель развития будет сопровождаться комплексным кризисом (экологическим, экономическим, социальным), особенно в Китае.

В 2030-2050 гг. темпы мирового экономического роста снижаются до 2,0% в год из-за потенциала индустриального развития и избыточного регулирования экономики. К 2030 г. разрыв в душевом ВВП между развитыми и развивающимися странами сокращается только до 2,8 раза (2010 г. – до 4,4 раза). На развитые страны приходится 30,2% мирового ВВП по сравнению с 45,3% в 2010 году.

В инновационном сценарии ограничения индустриальной фазы преодолеваются путем перехода к новой фазе развития и новой устойчивой траектории роста. Темпы роста мировой экономики (2,9%) в 2010-2020-е гг. замедляются из-за структурной перестройки экономики. Азиатские страны остаются лидирующим регионом мира по темпам роста, существенно опережая развитые страны. Лидерами экономического роста станут страны, создавшие новую модель роста на выходе из кризиса 2008-2012 гг. (вероятно, США). Темпы роста – до 2,4% в год в США, до 2,2% в ЕС. Темпы роста в Азии (будет самым быстрорастущим регионом мира) составят до 3,5% и более. К 2020 г. начнется переход на новую модель роста во всех ведущих странах мира.

К 2030 г. главным фактором кризиса станут накопившиеся дисбалансы индустриальной экономики (проблемы государственных финансов, социальных расходов, конкурентоспособности экономики, спекулятивных пузырей) и формирование «новой экономики», а также противоречия между ними. Кризис охватит как развитые, так и развивающиеся страны, и по принципу «созидательного разрушения» приведет к ускорению перехода на новую фазу развития.

После 2030 г. сценарий отличается максимальными темпами роста (3,2%) при переходе к новой фазе развития и в условиях высокой инвестиционной и инновационной активности. Развитые страны за счет перехода к новой фазе развития удержат технологическое и цивилизационное лидерство. В развивающихся странах продолжится догоняющее развитие с темпами роста до 3,5% в год, но сохранится отставание от развитых стран. Лидерство по экономической динамике перейдет к странам, перешедшим на новую модель развития (до 3,0% рост в ЕС и США). К 2030 г. разрыв в душевом ВВП между развитыми и развивающимися странами сокращается только до 3,8 раза (2010 г. – до 4,8 раза). На развитые страны приходится 36,5% мирового ВВП.

Таким образом, наибольшую роль развитые страны будут играть в инновационном сценарии. Тем не менее в нем разрыв в душевом ВВП сокращается, а его уровень в развивающихся странах оказывается максимальным по сравнению с другими сценариями. Напротив, в стагнационном сценарии происходит наибольшее выравнивание между развитыми и развивающимися странами, но при существенно более низких темпах роста абсолютного и душевого ВВП. Наконец, в инерционном сценарии развивающиеся страны занимают максимальную долю в мировой экономике.

Технологические факторы

Технологические факторы имеют решающее значение для динамики мирового развития, поскольку именно научный и технологический уровни определяют наиболее общие характеристики общества и экономики. Для

технологического развития принципиальное значение имеет поддержание технологического баланса между физическими технологиями (воздействие на материальный мир) и гуманитарными технологиями (воздействие на социальные практики, на психологическое состояние человека, информационные технологии). Нарушение технологического баланса неизбежно приводит к кризису и ограничениям развития.

В инерционном сценарии технологическое развитие носит инерционный характер в рамках индустриальной фазы развития. Развиваются преимущественно физические, но не гуманитарные технологии.

Шестая волна Кондратьева в 2010-2030 гг. вследствие фазового кризиса оказывается слабо выраженной и не порождает прорывных инноваций и пропульсивных отраслей-лидеров.

Снижение эффективности научно-технологической сферы будет определяться следующими причинами:

- 1) сохранение современных форм организации научно-технической сферы и образования,
- 2) сервисный статус науки вследствие доминирования системы грантов,
- 3) рост доли административной деятельности за счет познавательной деятельности,
- 4) кризис фундаментальной науки за счет роста роли прикладных работ,
- 5) гиперспециализация, ведущая к разрыву между научными дисциплинами, кризису научной рациональности и распаду единой научной картины мира,
- 6) кризис образования, что выражается в увеличении его продолжительности и стоимости, росте финансовых затрат, а одновременно – кадровом голоде во многих областях, импорте специалистов ведущими странами мира.

По сути, кризис технологической сферы обусловлен достижением индустриального предела сложности – отсутствием гуманитарных технологий, позволяющих управлять сверхсложным процессом научно-технического развития.

Отсутствие к 2030 г. значимого технологического прорыва, сравнимого с развитием электроники и информатики в 1970-2000 гг., станет ключевым фактором кризиса и последующей депрессии.

После 2030 г. распространение технологий в развивающихся странах в условиях стагнации приведет к потере развитыми странами технологического и научного превосходства. Произойдет снижение авторитета науки в обществе, выражающееся в размывании грани между наукой и лженаукой, снижении естественно-научной составляющей в образовании, снижении престижа научной деятельности и образования, массовом распространении суеверий и околонуточных мифов.

В стагнационном сценарии технологическое развитие в основном носит инерционный характер в рамках индустриальной фазы развития. Однако развивается комплекс гуманитарных технологий, предназначенных для управления развитием в условиях фазового кризиса с целью стабилизации социума.

В 2010-2030 гг. технологическое развитие сосредоточено на информационных, биологических и экологических технологиях. Жесткое регулирование развития технологий ограничивает развитие по другим направлениям по соображениям экологической и социальной безопасности и стимулирует искусственные направления рынков. Достижения в области биотехнологий, нанотехнологий, информационных и физических технологий не интегрируются в новые технологические пакеты, что ограничивает потенциал их использования.

К 2030 г. по указанным выше причинам потенциал приоритетных направлений в рамках этого сценария оказывается исчерпанным. Индустриальный предел сложности не преодолевается.

После 2030 г. ожидается дальнейшее усиление регулирования научных исследований и внедрения их результатов, а как следствие, падение эффективности НИОКР и упрощение форм организации науки.

В инновационном сценарии преодоление кризиса в научно-технической сфере, реинтеграция научно-технического знания как между дисциплинами, так и между фундаментальными и прикладными работами являются абсолютно необходимыми условиями. Для этого необходимы новые формы организации науки, позволяющие преодолеть индустриальный предел сложности.

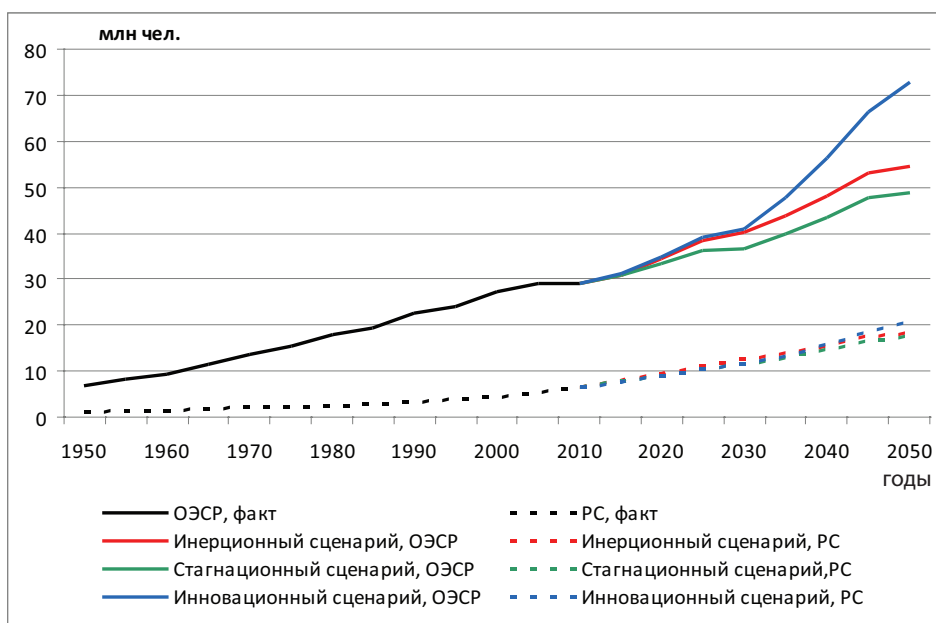
В инновационном сценарии уже в 2010-2030 гг. технологическое развитие носит неинерционный характер. Начинает восстанавливаться баланс между физическими и гуманитарными технологиями за счет опережающего развития последних. Возникают новые формы организации науки (новая форма Национальной инновационной системы). Достижения в области биотехнологий, нанотехнологий, информационных и физических технологий интегрируются в ряд новых технологических пакетов, что придает им новое качество.

Кризис 2030 г. вызван конфликтом между старыми и новыми формами организации науки и социальными последствиями внедрения новых технологий. По принципу «созидательного разрушения» кризис дополнительно стимулирует развитие и переход к новым формам организации науки.

В 2030-2050 гг. быстрое развитие информационных (социальных, психологических, управленческих, информационных) и физических технологий, развитие новых научных и технологических направлений, новые формы организации науки позволяют реализовать ряд прорывных технологических

решений. При этом происходит интеграция технологической сферы с социальными, культурными, психологическими практиками, что усиливает их воздействие на социум.

Количественная характеристика уровня технологического развития представляет значительные трудности. Тем не менее в качестве интегрального показателя может рассматриваться уровень ВВП на душу населения. Динамика этого показателя существенно различается в зависимости от сценария, причем различия более значительны, чем в динамике самого ВВП (рис. 3.3). Следует отметить, что рост душевого ВВП в развивающихся странах сдерживается двумя факторами. Во-первых, крайне низкими показателями и низкими темпами его роста в блоке беднейших стран мира (с общим населением до 1,5 млрд чел.). Во-вторых, ожидаемым замедлением темпов роста в успешных развивающихся странах по мере завершения фазы быстрой индустриализации (Китай, Индия, Юго-Восточная Азия). После прохождения определенного уровня душевого ВВП (15-20 тыс. долл.) происходит переход от индустриального развития к постиндустриальному с соответствующим падением темпов роста.



Примечание. ОЭСР – развитые страны, РС – развивающиеся страны.

Источник: расчеты ИЭС по данным Angus Maddison, ИСЭМ, Мирового банка, ООН.

Рис. 3.3. Динамика душевого ВВП в 1950-2050 гг.

В инерционном сценарии рост душевого ВВП в 2010-2050 гг. последовательно замедляется по отношению к темпам 2000-х гг. с тенденцией к достижению логистического насыщения на уровне около 25 тыс. долл. (для развитых стран – 55 тыс. долл., для развивающихся стран – 20 тыс. долл.). При этом кризисы в ряде регионов мира могут вызвать падение душевого ВВП.

В стагнационном сценарии динамика аналогична, но отличается большей устойчивостью и более низким уровнем стабилизации (для развитых стран – 50 тыс. долл., для развивающихся стран – 18 тыс. долл.). Предел сложности индустриальной фазы (включая постиндустриальную форму) ограничивает технологический прогресс.

В инновационном сценарии происходит переход на новую гиперболическую траекторию роста, что определяет ускорение роста душевого ВВП после 2030 года. К 2050 г. душевой ВВП в 1,2 раза превышает уровень инерционного сценария и в 1,3 раза – уровень стагнационного сценария с перспективой дальнейшего быстрого роста.

Информационные факторы

Ключевым проявлением индустриального предела сложности является кризис управления. Индустриальная фаза создала социальные, экономические и технические системы, которыми невозможно адекватно управлять индустриальными средствами. Рост сложности управленческих систем и технологий, возникновение систем управления управлением, рост информационного сопротивления в управленческих системах приводят к потере сначала стратегического, а затем и оперативного управления сложными социальными и техническими системами. В частности, кризис 2008 г. показал отсутствие адекватной системы управления в финансовой системе на корпоративном, национальном и особенно международном уровне.

Поскольку управление, по существу, является информационным процессом, то для преодоления кризиса управления необходим переход информационных технологий на качественно новый уровень, а также развитие человека как субъекта управления.

В инерционном сценарии развитие информационных технологий носит инерционный характер и ограничивается отсутствием адекватных гуманитарных технологий. Информационные технологии не смогут обеспечить смягчение кризиса индустриальной фазы. Как следствие, комплексное управление развитием отсутствует. Потеря стратегической перспективы приводит к преобладанию тактических целей. Кризис управления блокирует социально-экономические и политические реформы, реализацию крупных научно-технических проектов.

К 2030 г. кризис управления сложными системами (как техническими, так и социальными) станет ключевым фактором общего кризиса экономики и общества. При этом будут обостряться противоречия между требова-

ниями информационного общества и социальными и законодательными ограничениями.

В 2030-2050 гг. усиление политических ограничений на развитие информационных технологий по соображениям безопасности приведет к стагнации информационных технологий, а также фрагментации единого мирового информационного пространства на множество отдельных сегментов. Проблемы управления являются важным фактором стагнации и нестабильности.

В стагнационном сценарии развитие информационного сектора будет сдерживаться ориентацией на стабильность, которая ограничит внедрение радикальных инноваций через институт авторского права и требования информационной безопасности. Информационный контроль над обществом усилится. Ужесточение финансового и технологического регулирования произойдет уже на выходе из кризиса 2008-2012 годов.

К 2030 г. неизбежен резкий рост информационных преступлений, информационных войн и конфликтов. Усиление регулирования в условиях усложнения социума приводит к снижению темпов развития, а затем к кризису самой системы регулирования.

В 2030-2050 гг. усиление политических ограничений на развитие информационных технологий по соображениям безопасности, усиление культурных и ценностных ограничений в информационной сфере не смогут предотвратить постепенный распад системы регулирования из-за накопившихся в ней противоречий. Информационные и управленческие вызовы и риски станут важным фактором развития.

В инновационном сценарии уже в 2010-2030 гг. ускоренное развитие информационного общества потребует смягчения различных ограничений и интенсивности регулирования общества и экономики. Освободившиеся ресурсы государства (финансовые и организационные) будут направлены на управление развитием, что позволит частично разрешить кризис управления.

К 2030 г. формирование информационного общества и кризис старых социальных структур приведут к нарастающему конфликту между ними и требуют перехода к новым формам управления и социальной организации.

В 2030-2050 гг. дальнейшее развитие информационной сферы, смягчение политических ограничений на развитие информационных технологий, появление новых технологий информационной безопасности, изменения правовой системы в соответствии с требованиями информационного общества позволят снять кризис индустриальных форм управления.

Геополитические факторы

Значимость геополитических факторов для смены режима развития мировой системы обусловлена тем, что эти факторы отражают одно из двух

принципиальных ограничений индустриальной фазы развития и гиперболического роста – необходимость непрерывной пространственной экспансии (из-за кредитного и инфляционного характера индустриальной экономики), противоречащей конечности доступного для индустриального освоения пространства Земли³³.

Глобализация как процесс индустриального освоения пространства проходила в форме нескольких волн. К 1970-м гг. пространство Земли было освоено как источник ресурсов, к 2000-м гг. – как место для размещения производства, к 2030-м гг. ожидается освоения пространства Земли как рынка сбыта, что будет ключевым фактором экономического роста в этот период, особенно за счет внутреннего рынка Китая и Индии. Таким образом, режим роста мировой системы связан с геополитической структурой мира. В частности, переход от биполярной системы к однополярной после распада СССР был связан с необходимостью более полного использования пространства и интеграции его в мировую экономику.

Внутриполитические процессы определяются как уровнем геополитических рисков, так и уровнем организации общества. В 2010-2050 гг. будет продолжаться кризис классических индустриальных форм политической жизни (партии, профсоюзы, массовые движения, представительская демократия). Перспективы возникновения новых форм политической жизни связаны с возможностями перехода к новой фазе развития, отличающейся от сценария к сценарию.

В инерционном сценарии сохранение пределов индустриального роста обусловит обострение противоречий между ведущими странами мира из-за конфликта за ограниченное пространство индустриального освоения (источники ресурсов, места для размещения производства, рынки сбыта).

В 2010-2030 гг. ожидаются накопление противоречий между ведущими странами мира и обострение ряда региональных конфликтов, рост влияния новых центров силы, а также рост роли силового фактора в международных отношениях. Кризис политических партий и профсоюзов при отсутствии им адекватной замены приводит к росту внутривнутриполитической нестабильности и конфликтов, а также возможному параличу управления (невозможность формирования правительства, его частые смены).

К 2030 г. обострение межгосударственных противоречий приведет к открытым конфликтам за сферы влияния, которые могут принять форму крупных взаимосвязанных локальных вооруженных конфликтов, террористической угрозы, информационных и экономических войн.

³³ Полноценный выход в Космос и превращение его в пространство экспансии в индустриальной фазе, по-видимому, невозможны. Во всяком случае, в конкретных условиях развития мировой системы в 2010-2050 гг. освоение Космоса возможно только при переходе к новой фазе развития.

В 2030-2050 гг. кризис вне зависимости от результатов конфликта приведет к частичной дезинтеграции мира на отдельные регионы и созданию в ряде стран жестких авторитарных режимов в качестве реакции на кризис социальных структур, а также внутривластическому хаосу в некоторых странах. Внутренняя консолидация обществ происходит за счет противостояния между крупнейшими странами мира.

В стагнационном сценарии управление пределами индустриального роста позволяет смягчить противоречия между ведущими странами мира. Вместе с тем относительная политическая стабильность, за исключением отдельных стран, достигается за счет снижения темпов развития.

В результате к 2030 г. кризис индустриального развития обостряет конфликт между развитыми (постиндустриальными) и развивающимися (индустриальными) странами, который накладывается на кризис «общественного договора» в Китае и в меньшей степени Индии.

В результате после 2030 г. относительная стабильность между крупнейшими странами поддерживаются за счет ограничения свободы перемещения людей, информации, идей, капиталов и товаров, а также локальных конфликтов.

В инновационном сценарии переход к новой фазе развития, скачкообразно ускоряющийся после 2030 г., позволяет преодолеть пределы индустриального роста и снизить уровень противоречия между ведущими странами мира.

Вместе с тем переход к новой модели развития формирует новый комплекс ключевых международных проблем, в первую очередь столкновение интересов стран когнитивной и индустриальной фазы развития.

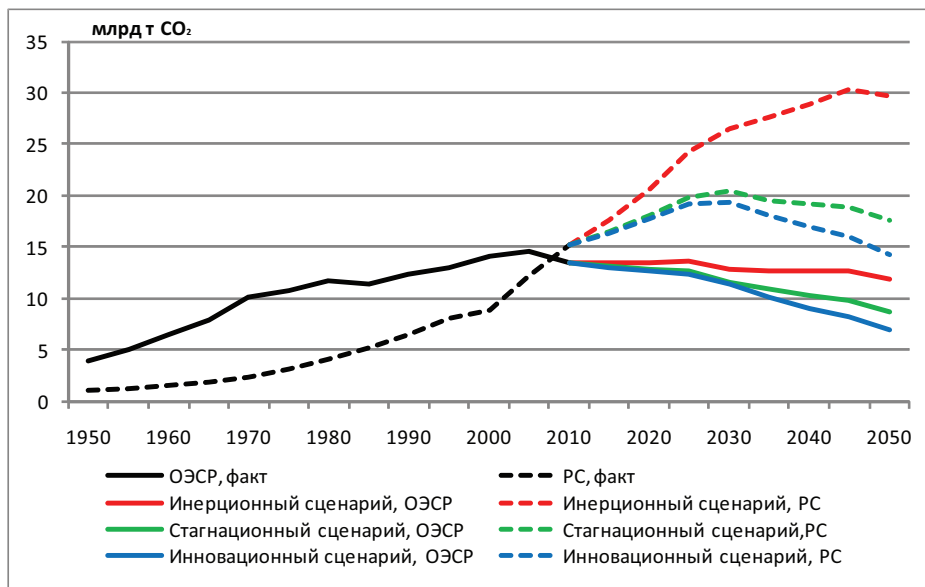
После 2030 г. их взаимоотношения будут ключевым фактором мировой политики наряду с конкуренцией между странами когнитивной фазы, где сложатся принципиально новые формы политической деятельности, основанные на переходе от массовых организаций к ситуативным сообществам. Основным содержанием внутренней политики станут противоречия между когнитивной и индустриальной фазой развития.

Экологические факторы

Гиперболический рост мировой системы по параметрам населения и ВВП в рамках индустриальной фазы развития привел к гиперболическому росту потребления природных ресурсов всех видов, гиперболическому росту производства отходов, разрушению экосистем в результате человеческой деятельности. Масштабы указанных процессов в настоящее время сопоставимы с пределами роста, после которых начинается неуправляемое ухудшение состояния природной среды.

Наиболее важным последствием воздействия индустриальной фазы на окружающую среду является глобальное изменение климата. В настоящее

время гипотеза антропогенного изменения климата подтверждается большим массивом фактических данных и объясняет основные характеристики этого изменения, в то время как альтернативные гипотезы отличаются несравнимо более слабой доказательной базой. Исходя из современных представлений рост глобальной температуры более чем на 2,0 °С по сравнению с современным уровнем приведет к тяжелым экологическим и социально-экономическим последствиям. Одним из ключевых индикаторов воздействия мировой системы на окружающую среду является уровень выбросов парниковых газов (рис. 3.4).



Примечание. ОЭСР – развитые страны, РС – развивающиеся страны.

Источник: расчеты ИЭС по данным ВР.

Рис. 3.4. Уровень выбросов парниковых газов в энергетике в 1950-2050 гг.

Дальнейшая динамика воздействия мировой системы на окружающую среду зависит от сценария развития мировой системы. Перспективы существенного снижения воздействия связаны с переходом на новую фазу развития, которая обеспечит социально-экономическое развитие при минимальном ущербе окружающей среде.

В инерционном сценарии консервация индустриальной фазы развития, несмотря на замедление темпов экономического роста, приведет к продолжению роста потребления ресурсов и производства отходов. Приоритет-

ность экономического роста и технологические ограничения будут препятствовать эффективной экологической и климатической политике.

В 2010-2030 гг. экологическая политика будет носить преимущественно локальный характер при слабых международных соглашениях по ограничению выбросов. Экологические факторы станут ограничением для некоторых отраслей промышленности. Внимание к экологическим проблемам снизится после неудачных попыток принять глобальное соглашение по изменению климата.

Локальные экологические катастрофы около 2030 г. вызовут включение экологических проблем в сферу национальной безопасности и усиление внимания к ним. Тем не менее до 2050 г. будут решаться только локальные, но не глобальные проблемы.

К 2050 г. мировые выбросы CO_2 достигают 41,6 млрд тонн. Кумулятивные выбросы CO_2 составляют 1600 млрд тонн. Концентрация парниковых газов к 2050 г. достигает 800 ppm CO_2 -эквивалента, что вызывает рост глобальной температуры более чем на $3,0^\circ\text{C}$, а также увеличение частоты засух и катастрофических природных явлений.

В стагнационном сценарии замедление темпов экономического роста, постиндустриальная модель развития, усиление экологической парадигмы приведут к замедлению темпов роста потребления ресурсов и производства отходов, а затем и к их стабилизации.

Уже в 2010-2030 гг. экологические факторы станут значимым ограничением для продолжения развития индустриальной фазы. Принятие эффективного (с обязательствами по снижению выбросов и механизмом выполнения обязательств) глобального климатического соглашения будет стимулировать национальную экологическую политику, а также повысит внимание к другим экологическим проблемам.

К 2030 г. локальные экологические катастрофы резко увеличат внимание к экологической проблематике в развивающихся странах. В 2030-2050 гг. ужесточение норм экологического и технологического регулирования приведет к возникновению значимого сектора экономики, обеспечивающего экологическую безопасность. Экологическая проблематика становится одним из «сквозных» видов деятельности, а климатическая политика – одним из ключевых инструментов управления мировым развитием. Тем не менее в силу сохраняющихся ограничений индустриальной фазы затраты на проведение экологической политики будут высокими, а ее эффективность – достаточно ограниченной.

К 2030 г. мировые выбросы CO_2 достигают 32,0 млрд т, а к 2050 г. снижаются до 26,7 млрд тонн. Кумулятивные выбросы CO_2 составляют 1300 млрд тонн. Концентрация парниковых газов к 2050 г. достигает 550 ppm CO_2 -эквивалента, что вызывает рост глобальной температуры на

3,0 °С, а также увеличение частоты засух и катастрофических природных явлений.

В инновационном сценарии переход к когнитивной фазе развития, резко ускоряющийся после 2030 г., даст возможность перейти от индустриальной модели роста, связанной с потреблением природных ресурсов, к новой модели, которая этого не требует.

В 2010-2030 гг. экологические факторы будут стимулировать переход от индустриальной фазы развития к когнитивной. Рост значения экологической проблематики на национальном и региональном уровнях делает климатическую и экологическую политику инструментом инновационного развития.

К 2030 г. локальные экологические катастрофы приведут к тому, что экологическая политика будет носить глобальный характер на фоне трансформации энергетики, а также к поискам новых методов охраны природы и методов управления природными процессами.

В 2030-2050 гг. сформируется новая экологическая политика, позволяющая активно решать многие проблемы на основе технологий управления окружающей средой. При этом когнитивная фаза развития позволит создать физические и гуманитарные технологии, позволяющие радикально сократить потребление невозобновляемых природных ресурсов и производство отходов, а также предотвратить либо компенсировать ущерб, наносимый окружающей среде. Вместе с тем в инновационном сценарии возникнут новые риски, связанные с прогрессом биотехнологий (генно-модифицированные растения и животные, искусственные виды, последствия управляющих воздействий на экосистемы и пр.).

К 2030 г. мировые выбросы CO₂ достигают 3,4 млрд тонн. Кумулятивные выбросы CO₂ составляют 200 млрд тонн, а к 2050 г. снижаются до 21,3 млрд тонн. Концентрация парниковых газов к 2050 г. достигает 450 ppm CO₂-эквивалента, что вызывает рост глобальной температуры не более чем на 2,0 °С, а также увеличение частоты засух и катастрофических природных явлений.

3.3. Энергетика и тренды мирового развития

Взаимосвязь экономического и энергетического развития

Энергетический и экономический рост тесно взаимосвязаны (табл. 3.4).

В *индустриальной фазе* (1945-1975 гг.) господствовал энергоемкий тип развития с высоким коэффициентом эластичности прироста объема ВВП по приросту потребления энергии (0,7-0,8). На ранней стадии индустриализации по сравнению с доиндустриальным обществом энергоемкость ВВП увеличивалась, а в поздней индустриальной фазе она стабили-

зируется или медленно снижается, при этом душевое потребление энергии продолжает расти. Так, в 1900-1930 и 1950-1970 гг. годовые темпы роста потребления первичных энергетических ресурсов (ПЭР) на душу населения в мире составляли 1,4 и 2,7% соответственно. Темпы роста абсолютных величин потребления составили 2,1 и 4,7% соответственно. За этот период потребление ПЭР на душу населения в мире выросло в 2,5 раза, а валовое – почти в 6 раз.

Таблица 3.4. Связь экономического и энергетического роста

Стадия развития	Энергоемкость ВВП	Прирост потребления ПЭР, % в год	Эластичность ВВП по потреблению ПЭР	Доминирующие источники энергии
Доиндустриальная	Н	Низкий	-	Некоммерческая энергия биомассы
Индустриальная	С	4-5	0,8-2,2	Уголь, нефть
Высокая индустриальная	В	2	0,4-0,8	Нефть, газ, электроэнергия
Постиндустриальная	С	0-1	0,0-0,3	Диверсификация ТЭБ и начало перехода к ВИЭ
Когнитивная	Н	?	?	Неисчерпаемые новые ИЭ

Примечание. Н – низкие темпы роста, С – средние, В – высокие.

Источник: составлено с использованием данных книги «Мировая энергетика: состояние, проблемы, перспективы». М., ИД «ЭНЕРГИЯ», 2007.

Кризис индустриальной фазы 1970-х гг. привел к энергетическому кризису, который выразился в нефтяных шоках 1973 и 1979 гг. и, как следствие, в изменении структуры мирового ТЭБ – постепенному переходу от нефтяной эры к газовой и атомной. Необходимо отметить, что быстрое становление атомной энергетики в 1970-1980-е гг. было отчасти мотивировано политическими амбициями и необходимостью конверсии военных технологий, но не было в достаточной степени подготовлено технически и экономически. Это вызвало резкое замедление темпов строительства АЭС после Чернобыльской аварии.

В постиндустриальной фазе (1975-2010 гг.), сложившейся в ходе кризиса 1970-х гг., экономический рост сместился из сферы материального производства в сферу услуг и в информационную сферу. Эластичность прироста ВВП по приросту потребления энергии в условиях постиндустриального развития

снижается до 0,0-0,3, а в редких случаях может становиться отрицательной. Так, в 1970-1990 и 1990-2005 гг. годовые темпы роста потребления ПЭР на душу населения в мире составляли 0,1 и 0,6% соответственно. Темпы роста абсолютных величин потребления составили 2,0 и 1,9% соответственно. Темпы снижения энергоемкости ВВП в среднем по миру составляли в течение последних 30 лет около 1,5% в год, что определяется как структурными сдвигами (снижением доли энергоемких отраслей и опережающим развитием неэнергоемких), так и технологическими факторами. Максимальные темпы снижения энергоемкости наблюдались в 1980-х гг., так как предшествовавший энергетический кризис стимулировал энергосбережение. После этого процесс замедлился из-за снижения инвестиционной активности в энергетической сфере, исчерпания наиболее эффективных резервов снижения энергоемкости и снижения цен на энергоресурсы.

Кризис постиндустриальной фазы 2000-х гг. показал ее ограниченность. В развитых странах, несмотря на повышение энергоэффективности, потребление энергии устойчиво увеличивалось в 1990-2005 годах. В странах ОЭСР оно выросло в 1980-2007 гг. в 1,35 раза, в ЕС – в 1,09 раза. При сохранении устойчивых темпов роста в развитых странах наблюдались очень высокие по историческим меркам темпы роста в развивающихся странах, прежде всего в группе БРИК. Индустриализация, развитие базовых отраслей промышленности, массовый вывод энергоемких отраслей в развивающиеся страны препятствовали существенному снижению энергоемкости. Мировые темпы роста потребления ТЭР возросли до 2,3% в 2000-е годы. Следовательно, постиндустриальное развитие в США и Западной Европе пока не привело к снижению энергопотребления, в то время как продолжение индустриализации развивающихся стран ведет к продолжению его роста.

Динамика **энергетического роста** носила волновой характер: ускорение, наблюдавшееся до 1970-х гг., сменилось временным замедлением в 1980-1990-е гг. и новым ускорением в 2000-е годы. Такая динамика обусловлена наложением волны роста развитых стран (максимум 1960-х гг.) и запаздывающей волны роста развивающихся стран (ускорение 2000-х гг.).

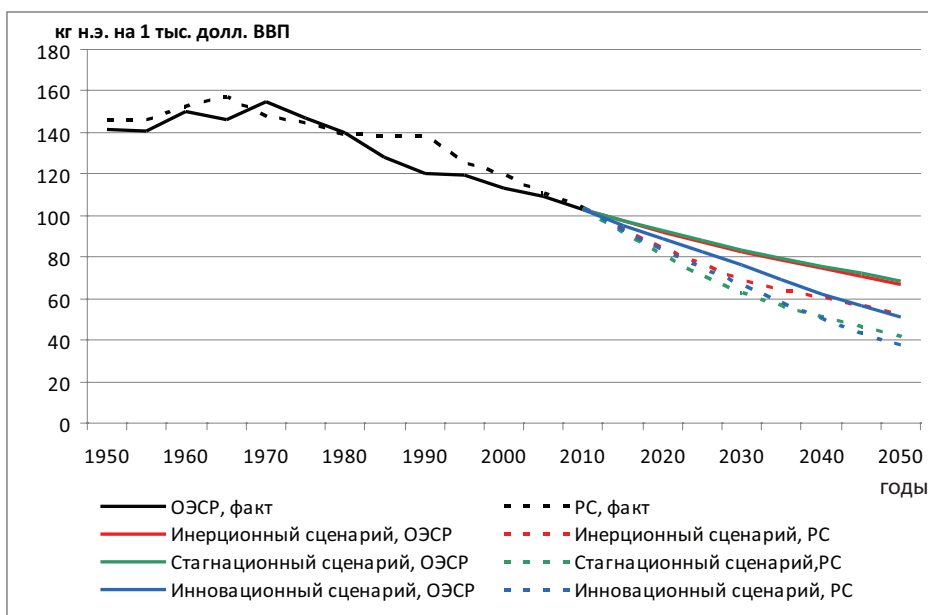
Ключевым следствием кризисов индустриальной фазы 1970-х гг. и постиндустриальной фазы 2000-х гг. для энергетики была смена приоритетных источников энергии, хотя динамика ТЭБ в силу инерционности менялась весьма медленно. Кризис 1970-х гг. привел к сдвигу от использования нефти к использованию природного газа, атомной энергии и временно – угля. Кризис 2000-х гг. привел к сдвигу от использования топливных источников энергии к возобновляемой энергетике (в настоящее время этот процесс находится в начальной стадии).

Таким образом, по мере разворачивания кризиса индустриальной фазы развития сначала в развитых странах (в 1970-х гг.), а затем и в развивающихся странах (в 2000-е гг. – первая волна, в 2030-е гг. – вторая вол-

на) происходит выход мировой энергетики из режима гиперболического роста с соответствующим изменением ее качественных характеристик. Исходя из ретроспективной динамики энергетики к 2030 г. ожидается кризис мировой энергетики. Дальнейшая динамика ее развития зависит от сценария мирового развития.

Эластичность прироста ВВП по энергопотреблению

Показатель эластичности прироста ВВП по энергопотреблению более содержательно отражает взаимосвязь экономического и энергетического роста, чем динамика энергоемкости (энергоэффективности), несмотря на их формальную близость (рис. 3.5).



Примечание. ОЭСР – развитые страны, РС – развивающиеся страны.

Источник: расчеты ИЭС по данным Angus Maddison, ИСЭМ, Мирового банка, ООН.

Рис. 3.5. Динамика энергоемкости мирового ВВП в 1950-2050 гг.

В инерционном сценарии продолжение индустриального развития развивающихся стран приводит к тому, что эластичность в целом по миру до 2030 г. составляет 0,5, а в развивающихся странах – 0,6 (в развитых странах – 0,2). После 2030 г. завершение индустриализации и переход к высокой

индустриальной фазе развития приводит к снижению эластичности, но она остается положительной.

В стагнационном сценарии постепенный сдвиг к постиндустриальной фазе развития не только в развитых, но и в развивающихся странах, приводит к ускоренному снижению эластичности прироста ВВП по энергопотреблению и к конвергенции этого показателя в развитых и в развивающихся странах. Если в 2000-е гг. он составлял 0,2 и 0,6 соответственно, то к 2030 г. снизится до 0,4 и 0,1, а к 2050 г. станет нулевым.

В инновационном сценарии переход к когнитивной фазе развития позволяет уже к 2030 г. добиться ускоренного снижения эластичности ВВП. К 2030 г. она составит 0,4 в развитых странах и 0,1 в развивающихся, а к 2050 г. станет нулевой. При этом такой эластичности удастся добиться при более высоких темпах роста ВВП, особенно после 2030 г. (2,8 и 3,5% соответственно).

Таблица 3.5. Энергетический и экономический рост

Фактор	2010 г.	Сценарии					
		Инерционный		Стагнационный		Инновационный	
		2030 г.	2050 г.	2030 г.	2050 г.	2030 г.	2050 г.
Энергоемкость ВВП по потреблению конечной энергии, кг н.э. на 1000 долл. ВВП							
Мир	109,8	77,5	59,6	79,1	56,5	74,7	44,7
Развитые страны	102,8	82,5	66,9	83,5	68,6	76,4	51,0
Развив. страны	103,8	69,0	52,6	71,3	47,9	68,2	38,2
Темпы снижения энергоемкости, %							
Мир	-1,8	-1,7	-1,3	-1,6	-1,7	-1,9	-2,5
Развитые страны	-1,5	-1,1	-1,0	-1,0	-1,0	-1,5	-2,0
Развив. страны	-1,7	-2,0	-1,3	-1,9	-2,0	-2,1	-2,9

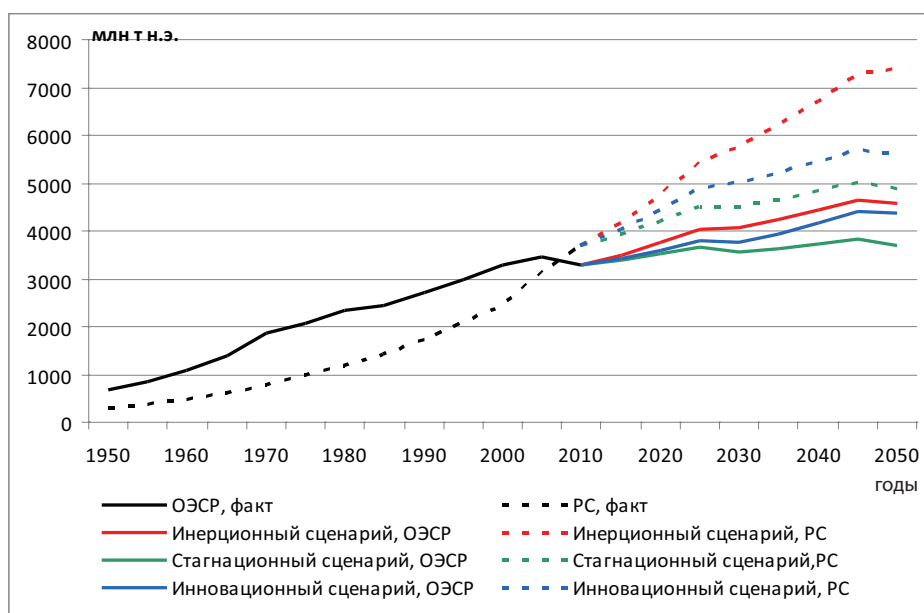
Источник: расчеты ИЭС по данным Angus Maddison, ИСЭМ, Мирового банка, ООН.

Потребление энергии

Ретроспективный анализ показывает, что постепенный выход мировой энергетики из режима гиперболического роста происходил путем периодических кризисов. Каждый кризис вызывал изменение динамики мировой энергетики, которая сходила с устойчивой траектории роста, характерной для докризисного периода (1945-1970, 1980-2005 гг.). После кризиса формировалась новая устойчивая траектория роста на основе выбора между

1) продолжением прежней модели роста («верхний сценарий»), 2) переходом к новой менее энергоемкой модели роста и 3) переходом к неэнергоемкой модели роста («нижний сценарий»).

Первая и третья траектории в рамках индустриальной фазы сталкивались с труднопреодолимыми ограничениями, поэтому реализовывалась компромиссная вторая траектория. После выхода из кризиса подъем мирового энергопотребления продолжался, но с более низкими темпами роста³⁴ (рис. 3.6).



Примечание. ОЭСР – развитые страны. РС – развивающиеся страны.

Источник: расчеты ИЭС по данным ВР.

Рис. 3.6. Динамика мирового конечного потребления энергии в 1950-2050 гг.

В 2010-2050 гг. продолжится выход мировой энергетики из режима гиперболического роста, особенно за счет развивающихся стран (табл. 3.6).

В инерционном сценарии продолжение индустриального развития развивающихся стран приводит к тому, что мировое потребление конечной энергии продолжает расти, хотя и меньшими темпами. Если в 2000-е гг. они достигали 1,1%, то в 2010-2030 гг. составят 1,7%, а в 2030-2050 гг. – 0,9%. В развитых странах темпы будут снижаться с 1,1 до 0,6%, а в развивающихся – с 2,4 до 0,9%; 80% прироста будет сосредоточено в развивающихся странах.

³⁴ Темпы роста увеличивались только на раннем индустриальном этапе.

Таблица 3.6. Энергетические факторы мирового развития

Фактор	2010 г.	Сценарии					
		Инерционный		Стагнационный		Инновационный	
		2030 г.	2050 г.	2030 г.	2050 г.	2030 г.	2050 г.
Потребление конечной энергии, млн т н.э.							
Мир	7722	10777	12996	9493	10034	9663	10563
Развитые страны	3277	4067	4565	3559	3686	3746	4009
Развив. страны	4445	6711	8431	5934	6348	5916	6555
Темпы роста потребления конечной энергии, %							
Мир	1,1	1,7	0,9	1,0	0,3	1,1	0,4
Развитые страны	-1,3	1,1	0,6	0,4	0,2	0,7	0,3
Развив. страны	4,4	2,3	1,2	1,7	0,4	1,6	0,5
Душевое потребление конечной энергии, кг н.э. / год							
Мир	114,4	131,2	142,1	122,7	126,1	121,1	123,5
Развитые страны	298,4	331,7	365,2	306,0	333,5	313,5	340,6
Развив. страны	68,8	86,1	96,7	81,6	83,9	78,4	79,2
Потребление первичной энергии, млн т н.э.							
Мир	11814	15810	19034	13878	14458	14119	14652
Развитые страны	5217	6130	6890	5342	5452	5625	5651
Развив. страны	6597	9680	12144	8536	9006	8494	9001
Темпы роста потребления первичной энергии, %							
Мир	0,9	1,5	0,9	0,8	0,2	0,9	0,2
Развитые страны	-1,5	0,8	0,6	0,1	0,1	0,4	0,0
Развив. страны	4,3	2,1	1,2	1,5	0,3	1,4	0,3
Душевое потребление первичной энергии, кг н.э. / год							
Мир	175,0	192,5	208,0	179,4	181,7	177,0	171,3
Развитые страны	475,0	500,0	551,2	459,3	493,4	470,7	480,1
Развив. страны	105,2	126,6	141,6	119,5	120,9	114,7	110,5

Источник: расчеты ИЭС.

В стагнационном сценарии постепенный сдвиг к постиндустриальной фазе развития не только в развитых, но и в развивающихся странах приводит к быстрому замедлению роста потребления энергии. В 2010-2030 гг. ми-

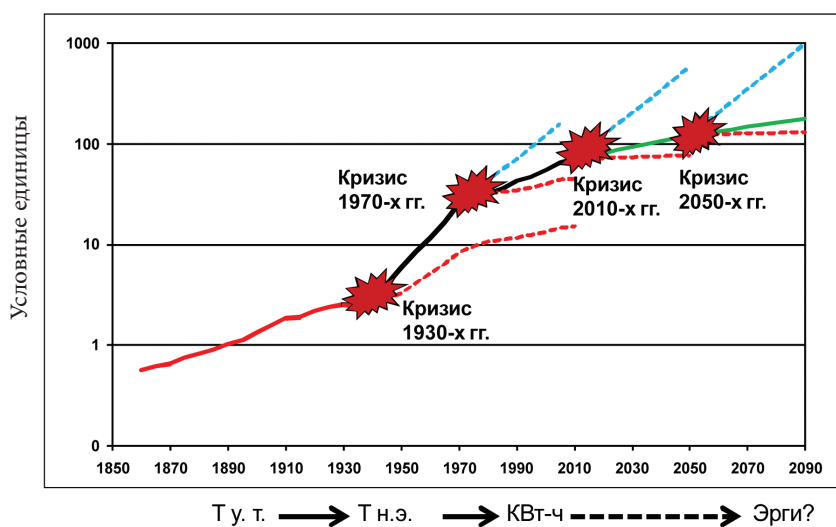
ровые темпы роста составят только 1,0%, а в 2030-2050 гг. – 0,3%. При этом в развитых странах в 2010-2030 гг. темпы роста будут близки к нулю, а после 2030 г. станут нулевыми. В развивающихся странах в 2010-2030 гг. темпы роста составят только 1,7%, а в 2030-2050 гг. – 0,4%.

В инновационном сценарии переход к когнитивной фазе развития сочетается с ускоренным ростом ВВП после 2030 года. Тем не менее в 2010-2030 гг. мировые темпы роста энергопотребления составят только 1,1%, а в 2030-2050 гг. они снизятся до 0,6%.

Во всех сценариях ожидается конвергенция душевого потребления энергии между развитыми и развивающимися странами со стабилизацией обоих показателей. Но в инерционном и стагнационном сценариях разрыв в душевом энергопотреблении остается значительным (к 2050 г. – 3,8-4,0 раза, в 2010 г. – 4,6 раза).

Качественные характеристики энергопотребления

По мере развития мировой энергетики происходил не только количественный рост энергопотребления, но и изменение уровня организованности потребляемой энергии.



Примечание. Черная линия – фактическое потребление энергии в 1860-2010 гг., зеленая линия – предварительный прогноз потребления энергии в 2010-2090 гг., пунктирные линии – альтернативные траектории развития мировой энергетики, красная линия – инерционный сценарий, голубая линия – инновационный сценарий.

Рис. 3.7. Динамика эффективного энергопотребления (условные единицы)

Динамика валового потребления энергии не отражает адекватно динамику мировой энергетики. Учет уровня организованности потребляемой энергии и динамики потребления приоритетных видов энергии (в XX веке: до 1930 г. – по динамике потребления угля, в 1930-1970 гг. – по динамике потребления нефти; в 1970-2010 гг. – по динамике потребления электроэнергии) показывает существенно иную динамику энергопотребления (рис. 3.7).

В этом случае темпы ее роста будут намного выше, что отражает реальное положение: «эффективное» энергопотребление (реальная энерговооруженность) с учетом перехода к более квалифицированным видам энергии возросло за XX век приблизительно в 100 раз при росте потребления первичной энергии в 10 раз. Гиперболический характер роста оказывается существенно более выраженным.

В инерционном сценарии в рамках выхода из режима гиперболического роста прирост эффективного энергопотребления резко замедляется в силу технологической стагнации в энергетике и стабилизации уровня организованности потребляемой энергии на современном уровне, несмотря на продолжение роста валового энергопотребления.

В стагнационном сценарии рост эффективного энергопотребления также замедляется, но, несмотря на более низкие темпы роста валового энергопотребления, достигает более высокого уровня.

В инновационном сценарии, напротив, продолжается быстрый рост «эффективного» энергопотребления за счет перехода к более квалифицированным видам энергии при низких темпах роста валового энергопотребления.

Такая динамика отражает формирование энергетики нового типа в развитых, а затем и в развивающихся странах, которое в инновационном сценарии происходит быстрее и полнее. В стагнационном и инерционном сценариях реализуются отдельные элементы энергетики нового типа. Характеристики энергетики нового типа, связанной с переходом от индустриальной к постиндустриальной и когнитивной фазе, – интеллектуальный характер, мобильность, автономность, высококвалифицированное энергопотребление.