

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования «Московский  
государственный университет имени М.В. Ломоносова»**

На правах рукописи

**Селютин Сергей Валерьевич**

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ  
АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

Специальность 08.00.14 Мировая экономика

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата экономических наук

Научный руководитель –  
кандидат экономических наук,  
доцент Дунаев С.А.

Москва – 2014 г.

<b>СОДЕРЖАНИЕ</b>	<b>стр.</b>
СОДЕРЖАНИЕ .....	2
ВВЕДЕНИЕ .....	3
ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННЫЕ КОНЦЕПЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ И СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МИРОВОЙ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ ...	12
1.1. Теоретические подходы и политика формирования атомной отрасли .....	12
1.2. Мировая атомная отрасль на современном этапе развития .....	28
1.3. Атомная отрасль России в глобальном энергетическом пространстве.....	46
Выводы к 1 главе.....	60
ГЛАВА 2. АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ .....	63
2.1. Определение факторов, влияющих на развитие атомной отрасли .....	63
2.2. Анализ позиций стран по уровню развития атомной отрасли в глобальном энергетическом пространстве.....	82
2.3. Кластерный подход к исследованию стран-производителей атомной энергии .....	99
Выводы к 2 главе.....	110
ГЛАВА 3. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ .....	112
3.1. Разработка функциональной модели для определения уровня развития атомной отрасли .....	112
3.2. Построение прогноза тенденций развития мировой атомной энергетики	129
3.3. Методика анализа тенденций развития мировой атомной энергетики...	146
Выводы по 3 главе.....	165
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	168
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	175
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	191

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.** Эпоха глобализации предложила мировому хозяйству целый ряд невиданных по масштабу и глубине вызовов, судьба которых определит характер его развития на длительную перспективу. Важнейшим из них является энергетический. Неустойчивый, аритмичный рост мирового хозяйства в конце XX- начале XXI веков поставил на повестку дня глобальную проблему надёжного долгосрочного обеспечения мировой экономики энергоресурсами. Эта проблема обусловила не только дальнейший «экономический передел мира», но и создала политическую напряжённость в международных отношениях. Борьба за установление контроля над энергоресурсами во многом предопределила события «арабской весны», открыла новый «фронт» энергетического противостояния в Арктике, вызвала к жизни «сланцевую революцию» и инновационные технологические изыскания в области разработки альтернативных источников энергии. Неустойчивая конъюнктура мировых рынков, низкие темпы после кризисного восстановления экономики ведущих промышленных и развивающихся стран оказывают серьёзное влияние на ситуацию в мировой энергетике, делая всё более актуальными вопросы оценки перспектив её развития в глобальном энергетическом пространстве. Основными проблемами здесь выступают прогнозируемое истощение углеводородных источников энергии и воздействие мирового энергетического сектора на окружающую среду. Сочетание указанных факторов объективно представляет собой угрозу всей мировой экономике, её устойчивому росту и усложняет оценку перспектив мирового развития в целом. В то же время меняется структура самого энергетического сектора, пополняясь альтернативными источниками энергии, которые в значительной мере способны заместить традиционное углеводородное топливо в мировом энергобалансе. Среди них особое место принадлежит атомной энергетике, огромная роль которой в судьбах современного мира диктует

необходимость научной оценки её влияния на характер и перспективы развития мировой экономики.

Наиболее значительным феноменом последних десятилетий стал рост удельного веса атомной отрасли (АО) в мировом энергетическом балансе, достигшего в первом десятилетии XXI века внушительных 15% мировой электрогенерации. По данным World Nuclear Association, в 2012 году в 30 странах мира эксплуатировалось 436 атомных реакторов и еще 65 реакторов находились в стадии строительства. Последние годы, несмотря на продолжающиеся дискуссии по поводу рисков эксплуатации объектов «мирного атома», характеризуются позитивными тенденциями в развитии мировой ядерной энергетики, как в части строительства новых объектов отрасли, так и модернизации уже действующих реакторов. Во многих странах состоялась переоценка роли ядерной энергетики в мировом энергообеспечении и обозначились перспективы её превращения в один из главных источников удовлетворения мирового спроса на энергоносители.

В последние десятилетия в мире устойчиво растёт интерес к созданию независимых национальных энергетических систем, ориентированных, прежде всего, на возобновляемые источники энергии. Вместе с тем, обострение проблем доступа к традиционным источникам углеводородного сырья и перспектива их исчерпания, продолжает «подогревать» мировой спрос на энергоносители. С учётом этого обстоятельства, атомная энергетика, обладающая огромным потенциалом роста, выглядит особенно перспективно. Поэтому в настоящее время стремительно растёт количество запросов в МАГАТЭ, особенно со стороны развивающихся стран, по поводу предоставления им «технических условий» на создание национальных энергетических систем, в развитии которых атомной энергетике отводится важнейшая роль.

Планы широкомасштабного развития атомной энергетики отражают и существующие сегодня проблемы в сфере глобальной энергетической

безопасности, в том числе растущий спрос на энергоресурсы, неизбежный в такой ситуации рост цен, необходимость защиты окружающей среды, проблемы изменения климата, обострение конкуренции за доступ на рынки сырья, политическая нестабильность в странах экспортёрах. Весь этот комплекс непростых проблем делает весьма актуальным анализ современных тенденций развития мировой атомной энергетики и ставит на повестку дня вопросы разработки и внедрения научно обоснованного подхода к оценке перспектив её развития, как на национальном, так и на мировом уровне.

Наличие многих нерешённых проблем и пока что безответных вопросов в столь важной области мирового хозяйства во многом и обусловили выбор темы исследования.

**Степень научной разработанности темы.** В процессе исследования мировой атомной отрасли и её влияния на мировую энергетическую безопасность были изучены работы российских и зарубежных ученых в области экономики, геополитики, экономической географии, проблем энергетической безопасности, размещения производительных сил и международных экономических отношений, а именно труды Н.Г. Анищенко, Н.М. Байкова, Дж. Бергера, Б. Бодро, Е. Т. Гайдара, С. Ю. Глазьева, Р.Н. Гринкевича, Р. Кларка, Л. Коззи, В. П. Колесова, М. В. Кулакова, А. А. Макарова, М. Н. Осьмовой, Р. Раманна, С. Томаса, Г. Г. Фетисова, Л. Эмори и др.

Большое влияние на подготовку диссертации оказали труды выдающихся ученых-атомщиков, среди которых автором выделены работы Е.О. Адамова, И. А. Андрюшина, И. А. Архангельского, О. А. Барсукова, Б.А. Габараева, И. С. Головнина, С. З. Жизнина, Н. Е. Кухаркина, В.В. Орлова, Е.А. Телегиной, В.А. Чуянова, Ж. Шарпака, Р.М. Яковлева.

Отдельного внимания заслуживают исследования в области энергетической политики и развития атомной энергетики России, а также ее роли в международных отношениях в сфере ядерной энергетики. Среди них выделены труды А.Н. Андрианова, И.М. Артюгиной, М.А. Бендикова, О. Б.

Брагинского, В. В. Бушуева, А.В. Денискина, Ю.А. Ершов, В. П. Желтикова, С.В. Кириенко, А.А. Конопляника, В. М. Кузнецова, А. А. Макарова, В. Ф. Меньшикова, И.И. Мирсияпова, М. Н. Тихонова, Урманчеева Э.М., Н.Э. Фролова, Ю. К. Шафраника, А.И. Черкасенко, Х.Д. Чеченова.

Однако ряд проблем, определяющих современное состояние и тенденции развития мировой атомной отрасли, остаётся не до конца изученным и требует дальнейшего исследования. Среди них следует, прежде всего, указать на необходимость усовершенствования методики рейтинговой оценки стран-производителей атомной энергии, необходимой для более точного и научно обоснованного определения позиций ведущих мировых производителей и экспортёров «энергии атома» в глобальном энергетическом пространстве. Имеющиеся сегодня прогностические методики анализа развития мировой атомной отрасли не позволяют объективно оценить характер происходящих в ней изменений и затрудняют оценку их последствий для мировой экономики. Сегодня, когда мировая энергетика фактически приобрела глобальный характер, отраслевой анализ должен удовлетворять более общим критериям оценки её перспектив, учитывающим, в свою очередь, как историческую специфику развития отрасли, так и её влияние на весь комплекс проблем мирового хозяйства.

**Цель** диссертации состоит в разработке методики для выявления современных тенденций развития мировой атомной энергетики и оценке перспектив ее влияния на мировую экономику.

Исходя из поставленной цели, автор, в своём исследовании, ставит перед собой следующие **задачи**:

- усовершенствовать понятие «атомная энергетика» с учётом выделения специфических параметров её функционирования;
- составить рейтинг стран по уровню развития атомной отрасли и оценить их позиции в глобальном энергетическом пространстве;

- разработать методику анализа тенденций развития мировой атомной отрасли, на основе которой составить краткосрочный прогноз её развития;
- предложить научно-практические рекомендации по развитию мировой атомной отрасли на основе собственной методики её структурного анализа;
- охарактеризовать место России в мировой атомной энергетике и представить практические рекомендации по укреплению конкурентных позиций в данной области.

**Предметом** исследования является влияние развития атомной энергетики на мировую экономику.

**Объектом** исследования выступает мировая атомная отрасль.

**Теоретической и методической** основой диссертационной работы выступают научные труды отечественных и зарубежных ученых в области энергетики, а также опыт развития атомной отрасли в разрезе накопленной мировой практики её становления и развития.

Для решения поставленных задач диссертационной работы использованы следующие научные **методы исследования**: теоретические обобщения и сравнения - для анализа теоретических подходов к формированию атомной энергетики, многомерного факторного анализа - для формирования интегральных показателей уровня развития атомной отрасли; метод кластеризации - для получения однородных групп стран по уровню развития атомной отрасли, в зависимости от групп показателей; дискриминантного анализа - для составления универсальной модели развития мировой атомной отрасли; метод научного прогнозирования и экспертных оценок – для составления прогноза тенденций развития мировой атомной отрасли и её влияния на мировую экономику.

**Информационно-статистическую базу исследования** составляют официальные публикации правительства России, перечень документов министерства энергетики, министерства природных ресурсов и министерства экономического развития России, официальные документы Государственной

корпорации «Росатом», данные Федеральной службы государственной статистики. Были использованы материалы научно-исследовательских отечественных и зарубежных институтов, организаций и ведомств, занимающихся анализом атомной энергетики, промышленности и международного сотрудничества в данной сфере.

**Научная новизна** основных положений, выносимых на защиту, заключается в следующем:

- усовершенствовано понятие «атомная отрасль» на основании составленной «морфологической декомпозиции», которая в отличие от существующих подходов предусматривает разложение анализируемого понятия на составляющие структурные элементы (сущностная составляющая, метод реализации, предназначение, специфическая характеристика) в теоретическом пространстве терминов и взглядов ученых, что позволило, учитывая специфические особенности функционирования отрасли, обосновать необходимость включения экологической составляющей не только в практической реализации политики атомной энергетики, но и на уровне трактовки термина;

- составлен рейтинг стран по уровню развития атомной отрасли, основанный на агрегированном интегральном показателе, объединяющем такие разнородные технические и социально-экономические характеристики, как количество действующих и планируемых к введению в эксплуатацию атомных реакторов, их мощность, выбросы углекислого газа, ВВП на душу населения, динамика занятости и государственных инвестиций в отрасль, индекс прав собственности, кадровый состав отрасли, что позволило систематизировать факторы по степени их стимулирующего и дестимулирующего влияния на развитие атомной энергетики, доказать необходимость привлечения широкого перечня факторов при проведении сравнительных оценок стран-производителей атомной энергии, выделить страны-лидеры (Индия, Китай, Россия, Южная Корея, Франция) в глобальном

энергетическом пространстве, а также разработать на этом основании методику оценки перспективного развития мировой атомной отрасли;

- разработана комплексная методика анализа развития атомной энергетики в странах мира, позволившая всесторонне исследовать ее влияние на глобальную энергетическую безопасность, с помощью последовательного выполнения следующих этапов: 1. Подготовительный этап (формирование системы технических и социально-экономических характеристик развития мировой атомной энергетики на основании контент-анализа); 2. Расчетный этап (расчет интегрального показателя уровня развития мировой атомной энергетики, анализ динамики данного показателя в ретроспективе, составление рейтинга анализируемых стран по уровню развития атомной энергетики; группировка анализируемых стран и оценка их позиций в глобальном энергетическом пространстве; построение модели, позволяющей отнести атомную отрасль страны к заранее сформированным группам и дать ей соответствующую характеристику высокого или низкого уровня развития атомной отрасли); 3. Аналитический этап (составление краткосрочных трендовых прогнозов развития атомной отрасли, определение стратегических преимуществ и рисков для анализируемых стран каждой выделенной группы, формирование стратегии развития атомной энергетики страны в зависимости от ее позиций в глобальном энергетическом пространстве);

- предложены рекомендации по перспективному развитию атомной энергетики с учетом глубокой проработки ее сильных и слабых сторон, основывающиеся на оценке глобального позиционирования страны в составленной автором «стратегической матрице» отрасли, что позволяет комплексно учитывать характер и региональную специфику её развития, а также формировать стратегические ориентиры для анализируемых стран мира применительно к занимаемой в матрице зоне: для «успешной зоны» рекомендована стратегия удержания лидерских позиций в данной зоне и оборона от конкурентов; для «хорошей зоны» - в случае отсутствия

технических или финансовых возможностей для увеличения объемов генерации рекомендована стратегия сохранения позиций в данной зоне, а при наличии ресурсных возможностей рекомендована стратегия увеличения мощностей и рост уровня развития атомной отрасли для перехода в «успешную зону»; для «опасной зоны» установлено, что необходима ранняя диагностика по определению позиций стран в данной зоне, определение возможных рисков или причин их вызывающих, недопущение возникновения рисков ситуаций либо смягчение их последствий;

- представлена комплексная характеристика позиций России в мировой ядерной энергетике, позволившая, с одной стороны, сделать вывод о её высоком конкурентном потенциале в данном сегменте мирового рынка энергоносителей, с другой, - выявить ряд проблем, среди которых наиболее существенными являются недостаточная государственная поддержка инвестиционных планов ведущих компаний отрасли, технологическое отставание, снижение международной конкурентоспособности, в частности, на рынках развивающихся стран. В этой связи автором разработаны практические рекомендации по укреплению конкурентных позиций российских компаний атомной энергетике. В качестве практических шагов предлагается усилить присутствие предприятий отечественной атомной отрасли на развивающихся рынках, нарастить инвестиции в инновационные технологии, расширить и углубить международную производственно-технологическую кооперацию.

**Практическая значимость** диссертации заключается в том, что положения разработанной методики и предложенные рекомендации были реализованы в практической деятельности в ОАО «Техснабэкспорт» (предприятие Госкорпорации «Росатом»), на основании чего получена соответствующая справка. Кроме того, некоторые положения диссертации использованы в учебном процессе в рамках курсов «Мировая экономика» и «Международная экономика».

**Апробация** диссертации проведена на кафедре мировой экономики экономического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова.

Результаты исследования были представлены автором в научных докладах на трех международных научно-практических конференциях: IX международной научно-практической конференции «Экономика, социология и право» (г. Москва, 2012 г.), VI международной научной конференции «Инновационное развитие экономики России: региональное разнообразие» (г. Москва, 2013 г.) и II Международной научно-практической конференции «Экономические и социальные науки: прошлое, настоящее и будущее» (г. Москва, 2013 г.).

Основные научные положения опубликованы в 6 статьях общим объемом 2,3 п. л., в том числе в 4-х статьях в журналах из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук.

**Структура и объем работы.** Диссертация содержит введение, три главы, заключение, список использованной литературы из 172 источников и 7 приложений. Основное содержание работы изложено на 190 страницах текста, включая 47 рисунков и 34 таблицы.

## **ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННЫЕ КОНЦЕПЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ И СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МИРОВОЙ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**

### **1.1. Теоретические подходы и политика формирования атомной отрасли**

Исследование тенденций развития атомной отрасли, как в мировом разрезе, так и с учетом национальных различий, предопределяет необходимость рассмотрения этапов ее формирования, теоретического обоснования ее развития и прочих присущих атомной энергетике характеристик.

Формирование концепций становления атомной отрасли в отдельных странах мира обусловлено их социально-экономическими потребностями в определенный период времени и проводимой государственной политикой. Первоначально в большинстве стран целью формирования атомной отрасли были военно-политические цели в период второй мировой войны (США, СССР, Великобритания и др.). Другие же страны преследовали цель обеспечения собственной энергетической безопасности (Индия, страны ближнего Востока и пр.).

Анализ специфики формирования и территориального размещения объектов атомной отрасли в СССР показывает, что она создавалась в военно-оборонных целях в противовес ядерной угрозе США в период 1945-1950-х гг. Однако, после того, как мировым сообществом было поставлено условие нераспространения ядерного оружия, во многих странах, в том числе и России, объекты атомной отрасли создаются и используются исключительно в целях энергообеспечения.

Первая в мире АЭС была построена и введена в эксплуатацию российскими учеными в 1954 г. в г. Обнинск. На становление атомной энергетики в России влияющее значение оказали следующие факторы:

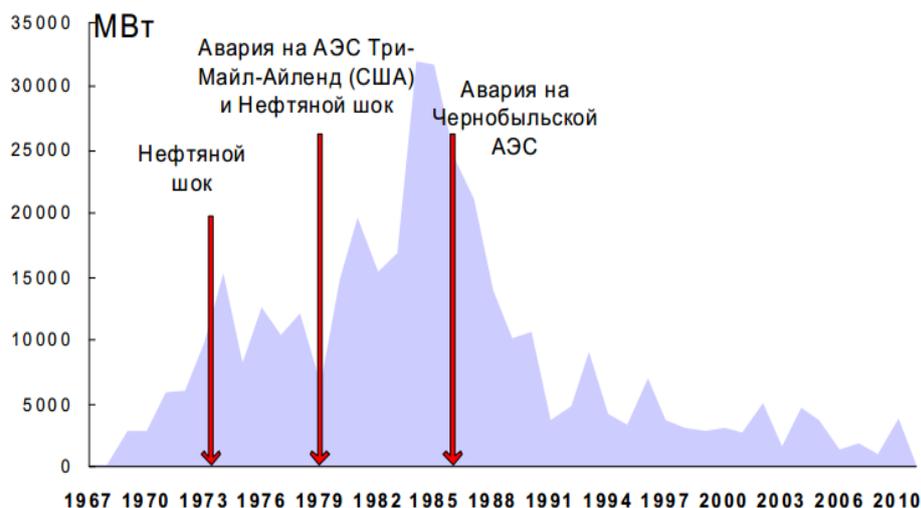
- растущие темпы потребления традиционной энергетики в послевоенный период обусловили требования в развитии атомной энергетики;
- успешный опыт разработки ядерных военных технологий и эксплуатации первых АЭС предопределили масштабные планы по развитию атомной отрасли.

Таким образом, с началом пуска первых АЭС в СССР (1954 г.), в Великобритании (1956 г.) и в США (1957 г.) сопряжен первый этап в развитии мировой атомной отрасли. Этот период характеризуется высокими темпами роста авиационной и машиностроительной промышленности, структурными изменениями в мировом энергетическом балансе (переход от угля к нефти), актуализацией проблемы быстрой и эффективной транспортировки энергоресурсов. Указанные обстоятельства сформировали общемировую потребность в дополнительных источниках энергии, в том числе атомной, и явились стимулом к строительству новых АЭС и увеличению мощности уже существующих реакторов.

Второй этап в развитии мировой АО (1970-е гг.) сопряжен с обострением политических конфликтов в арабских странах с последующим ограничением поставок нефти и ростом цен на этот вид топлива. Эти события также позитивно отразились на желании многих стран формировать посредством АЭС собственные энергетические базы, независимые от политических конфликтов на рынке углеводородов (рис. 1.1).

Рисунок 1.1.

## Динамика ввода мощностей атомной энергетики в мире, МВт [91]



Третий этап развития мировой АО связан с замедлением темпов строительства ее объектов в связи с крупными авариями на АЭС в США (1979 г.) и в СССР (1986 г.), которые обосновали необходимость решения назревшей проблемы безопасности реакторов первого поколения. К этому добавились нерешенные вопросы утилизации накопившихся ядерных отходов. Совокупность указанных проблем в развитии отрасли негативно повлияла на ее динамику и обусловила смещение акцентов в сторону углеводородного топлива.

Для России торможение развития отрасли после чернобыльской катастрофы сменилось еще большим спадом в результате глубокого экономического кризиса 1990-х гг. и стагнации практически всех отраслей промышленности.

Начиная с 2000-х гг. и до настоящего времени атомная отрасль находится на этапе подъема, во многом обусловленного масштабным строительством АЭС в странах Азиатско-тихоокеанского региона. Однако авария на АЭС в Японии (2011 г.) внесла определенные коррективы в развитие отрасли. В соответствии с заявлениями международных организаций, а также

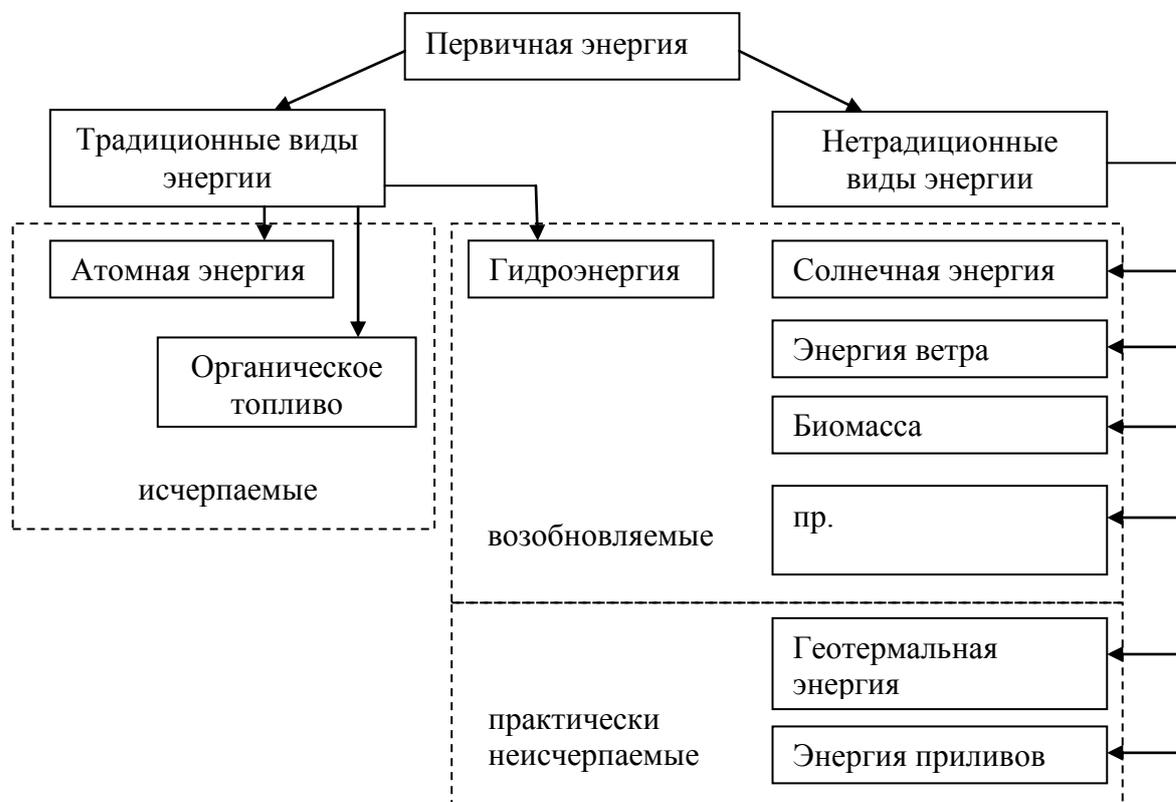
правительств стран, в которых присутствует атомная энергетика, очевидно, что катастрофа в Японии негативно повлияла на прогнозируемые темпы развития отрасли. В мире отмечены ускоренные темпы закрытия устаревших атомных станций, ужесточение требований государственного и международного регулирования безопасности объектов отрасли.

На основании анализа эволюции развития атомной отрасли можно сделать вывод о том, что ее рост был предопределен увеличением энергетической потребности стран и желанием создания независимого от внешних факторов энергообеспечения, то есть обеспечением собственной энергетической безопасности. В свою очередь, на торможение в развитии отрасли в первую очередь влияют крупные аварии на АЭС, формирующее негативное общественное мнение и соответствующие политические решения в данной сфере.

На современном этапе, как было отмечено выше, атомная отрасль характеризуется масштабным строительством новых АЭС. Повышенный интерес к развитию отрасли обусловил необходимость рассмотрения ее характеристик не только на уровне технико-экономических показателей, но и с позиции терминологического анализа.

Ключевым термином данного анализа выступает категория «энергия», формируя в различных вариациях объект и предмет исследования. Учеными [7, 13] отмечено, что энергия, которая органически содержится в природе, называют первичной. Носителями же первичной энергии называют первичные энергоресурсы. Последние, в свою очередь, классифицируются на «исчерпаемые», «возобновляемые» и (практически) «неисчерпаемые» (рис. 1.2).

### Классификация видов энергии



Атомную отрасль с ее продукцией – атомной энергией – относят к первичным традиционным невозобновляемым (исчерпаемым) видам энергии. Энергия в специальной литературе рассматривается в нескольких аспектах, что представлено в табл. 1.1. Обобщающей характеристикой энергии во всех областях знаний, исходя из приведенного теоретического анализа, является то, что она выступает основным (ключевым) фактором какого-либо процесса. Это подчеркивает абсолютную значимость и важность исследования энергии, в том числе атомной.

Таблица 1.1

**Подходы к определению энергии в разных областях знаний**

Область знаний	Определение энергии	Источник
Физика	Общая количественная мера движения и взаимодействия всех видов материи; способность совершать работу	[66, с. 24]
Философия	Основа биологической и социальной жизни	[111, с. 63]
Геополитика	Ключевой фактор развития цивилизации в целом, суверенной неприкосновенности индустриального государства, его геополитического позиционирования и экономического роста. Борьба за территориальное господство перешла в борьбу за энергетическое господство, когда такой основной фактор производства, как «земля», уступил место «капиталу», то есть аккумулированной энергии и научно-техническому прогрессу, а именно физической энергии, преобразованной в материальную	[71, с. 82]
Экономика	Универсальный фактор производства, который в пределе развития цивилизации способен заменить или сделать производными от него все остальные факторы. Логика рассуждений здесь такая: капитал это общественно-историческая форма стоимости, которая, во взаимодействии с другими, причём сугубо историческими факторами производства (труд, земля), создаёт предпосылки для совершения работы; стоимость эквивалентна энергии; энергия является основой экономического развития и наиболее универсальным эквивалентом стоимости (по сравнению с всеобщим эквивалентом – деньгами, который очень подвержен инфляции)	[82, с. 35]

Многими учеными, например, И.А. Андрюшиным, в работе «Укрощение ядра. Страницы истории ядерного оружия и ядерной инфраструктуры СССР» [12]; И.М. Артюгиной в работе «Экономика ядерной энергетики» [13]; А.А. Макаровым в работе «Системный анализ перспектив развития энергетики» [69]; Ю.К. Шафраником в работе «ТЭК и экономика России: вчера, сегодня, завтра» [115]), исследовавшими проблемы атомной отрасли, выделены следующие её характерные черты:

- атомная энергия является наиболее концентрированным видом энергии, подконтрольной человеку;

- преобразование ресурсов в энергию (генерация), по сути, представляет собой процесс концентрации энергии;
- от того, каким образом энергокомпания потребляет факторные ресурсы (труд, землю, капитал, научно-технический потенциал, «инвестиционный» капитал) и насколько оптимальной является способность компании генерировать атомную энергию во многом может зависеть экономическое благосостояние государства в целом, а также развитие всех его прочих отраслей и институтов;
- экономическую основу социума составляют генерирующие энергокомпании;
- от оптимального структурирования энергокомпаниями / правительствами ресурсов для выработки энергии во многом зависит экономический суверенитет и политическая целостность государства;
- для эффективной генерации атомной энергии компании необходимо обладать оптимальной концентрацией капитала в виде тщательно налаженной вертикально-интегрированной холдинговой структуры, которая подлежит контролю (регулированию) со стороны государства.

Указанные характеристики на практике являются скорее желаемыми, чем действительными.

В современной литературе и средствах массовой информации специалисты и ученые оперируют такими понятиями, как «атомная промышленность», «атомная отрасль», «атомная энергетика», иногда отождествляя или дифференцируя их. Исходя из этого, считается целесообразным проведение теоретического анализа указанных дефиниций с целью их уточнения, обобщения или дифференциации.

В зарубежной литературе [139, 161] употребляются более точные термины «ядерная энергетика» и «ядерная электростанция». В отечественной науке [44, 68, 104, 123] укоренились термины «атомная энергетика» и «атомная электростанция».

Так, в трактовке Концерна «Росэнергоатом», *атомная отрасль* – это отрасль энергетики, использующая ядерную энергию для целей электрификации и теплофикации. Как область науки и техники АО, разрабатывает методы и средства преобразования ядерной энергии в электрическую и тепловую [110].

Несколько иное определение атомной отрасли представлено в трудах Мишарина В.Н. [82] и Смоляра И.Н. [108], где АО – это область техники, основанная на использовании реакции деления атомных ядер для выработки теплоты и производства электроэнергии.

В работе Кухаркина Н.Е. «Атомная наука, энергетика и промышленность» [60] встречается отождествление атомной энергетики с ядерной, под которыми понимается комплекс отраслей, связанных с использованием энергии ядерных реакций. Там же, атомная энергия – это энергия внутриядерных связей в атомах.

Более широкое определение атомной энергетики представлено в работах Андрияшина И. [12], и Иванова А. [44], где атомная энергетика – это технология, которая позволяет производить электроэнергию в результате управляемой реакции деления атомных ядер. Это очень сложное производство, которое включает в себя множество промышленных процессов топливного цикла. Ядерные топливные циклы делятся на несколько типов в зависимости от типа реактора и особенностей конечной стадии [12, 44].

Аккумулирующим термином всех приведенных выше дефиниций является атомная промышленность, как составляющая всей национальной промышленности, она включает предприятия по добыче и переработке уранового сырья, обогащению урана, предприятия по изготовлению тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов), атомные электростанции (АЭС), радиохимические заводы по регенерации отработанного топлива, предприятия по переработке и хранению радиоактивных отходов [22].

В российской научной литературе под атомным энергопромышленным комплексом понимается совокупность организаций, осуществляющих свою деятельность в горнодобывающей области, производстве ядерного топлива для атомных электростанций, переработке отработанного ядерного топлива и радиоактивных отходов, в атомном энергетическом машиностроении, строительстве АЭС, производстве электрической и тепловой энергии на АЭС. Сюда обычно включаются также и инжиниринговые компании, научно-исследовательские и проектно-конструкторские организации, осуществляющие деятельность в области использования атомной энергии [66].

Атомная промышленность у иностранных авторов (Berger, John J. «Nuclear power The unviable option : A critical look at our energy alternatives» [139] ; Ramanna Raja. «Can nuclear energy claim to be the only source of power in the future?» [161]) рассматривается расширенно, как совокупность следующих понятий:

- материальная инфраструктура, предназначенная для обеспечения функционирования всех звеньев технологической цепочки, где происходит получение расщепляющихся материалов и их использование;
- услуги, связанные с этой инфраструктурой и оказываемые друг другу её звеньями;
- услуги, которые оказывают данные звенья инфраструктуры конечным потребителям, не вошедшим в атомную промышленность (предполагается, что именно от этих услуг будет получать деньги на свое развитие атомная промышленность).

На основе анализа ряда литературных источников по вопросам изучения развития атомной отрасли, обобщенно ее экономическая сущность определяется основным направлением деятельности атомной энергетики – это производство атомной энергии на АЭС.

Несмотря на терминологическое различие, обращает на себя внимание частое отождествление понятий атомная энергетика и атомная отрасль, что, по

мнению автора, вполне обоснованно, поскольку атомная отрасль является структурной составляющей отрасли энергетики с целью выработки энергии атома. То есть сущностную основу этих понятий объединяет процесс получения энергии в целом. В связи с этим проводить различие указанных терминов считается нецелесообразным, поэтому в данной работе они будут иметь тождественное значение.

Анализ существующих подходов к определению понятия атомной отрасли показал отсутствие единого мнения в определении этой категории.

Такое различие в трактовках понятия «атомная отрасль» обусловлено тем, что разные авторы акцентируют своё внимание на его отдельных сторонах в ущерб выработке линии на его универсальную интерпретацию. Для формулировки собственного понятия необходимо выделить специфические свойства АО, что в комплексном взаимодействии позволит раскрыть многогранность и широту данного термина. Для этого разработана *морфологическая декомпозиция*, основа которой состоит в формулировании характерных специфических признаков, объединяющих в себе свойства АО в проявлении структурных составляющих данного понятия, призванных осветить не только сущность анализируемой дефиниции, но и раскрыть ее глубинное предназначение (табл. 1.2).

Таблица 1.2

**Морфологическая декомпозиция определения сущности понятия  
«атомная отрасль»**

Признак	Структурный состав понятия с обозначением литературных источников
Сущностная составляющая	отрасль промышленности [22]; отрасль энергетики [110]; область техники [82, 108]; совокупность технологий [12, 44]
Метод реализации	реакции деления атомных ядер [12, 44, 82, 108]; использование энергии ядерных реакций [47, 63, 92]; множество промышленных процессов топливного цикла [12, 44]
Предназначение	преобразования ядерной энергии в электрическую и тепловую [15, 110]; производство электроэнергии и тепла [11, 21, 42, 82, 104, 108]
Специфическая характеристика	отождествление атомной и ядерной отраслей [63]; дифференциация атомной и ядерной отраслей [18, 29]; употребление термина только «ядерная отрасль» [139, 161]; употребление термина только «атомная отрасль» [12, 22, 44, 68, 82, 104, 123]

Структурный анализ термина позволил автору обобщить существующие подходы и предложить собственное определение атомной отрасли, под которой следует понимать «отрасль энергетической промышленности, целью функционирования которой является обеспечение энергетической безопасности, производство электроэнергии и тепла посредством реакции деления атомных ядер при обязательном соблюдении правил и норм экологической безопасности и национальных энергетических интересов».

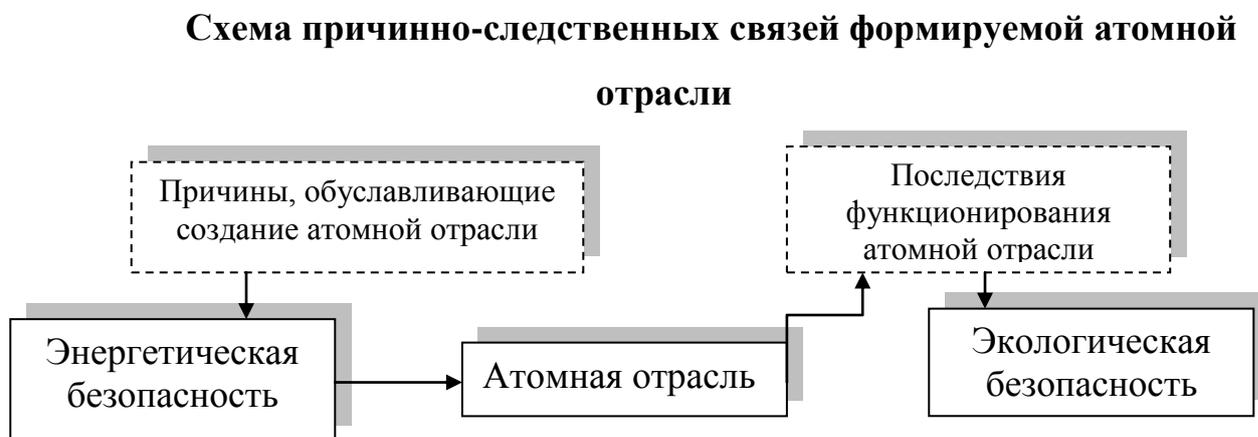
Данное определение, включающее в качестве составного элемента понятие экологической безопасности, ранее в научном обороте не использовалось что, по нашему мнению, делало содержание понятия «атомной отрасли» неполным. Поскольку данная отрасль является экологически опасной, автор считает целесообразным акцентировать внимание на необходимости соблюдения норм безопасности и национальных интересов государства уже на уровне трактовки термина.

По совокупности исследуемых работ Архангельского А. [16], Груздева А [30], Иванова А. [44], Макарова А. [68], Мишарина В. [82] можно заключить о важности экологического аспекта в функционировании АО в части возможных негативных последствий от неконтролируемых выбросов радиоактивных веществ. В частности в РФ, согласно Федеральному Закону «Основы государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности» [4], на государственном уровне устанавливается приоритет безопасности человека и окружающей среды всех видов деятельности в сфере использования атомной энергии.

Рассмотренные выше проблемы возможного негативного влияния атомной отрасли на окружающую среду являются следствием функционирования атомной промышленности. В условиях глобализации экономики и ограниченности природных ресурсов, основным мотивом формирования атомной отрасли является обеспечение энергетической

безопасности. Автором на рис. 1.3 предложена схема причинно-следственных связей в процессе формирования АО.

**Рисунок 1.3.**



Логика представленных связей на рис. 1.3 имеет следующее объяснение. Любое государство, стремясь обеспечить собственную энергетическую безопасность, создает объекты энергетического комплекса, в число которых может входить атомная отрасль. Последняя, в свою очередь, по причине влияния эндогенных и экзогенных факторов подвергает угрозе экологическую безопасность.

Авторская интерпретация структуры атомной отрасли схематично представлена в Приложении 1.

Важнейшим условием устойчивого экономического роста является надёжное обеспечение экономики страны энергоресурсами. От энергетики, а именно от располагаемых энергоресурсов, в значительной степени зависит уровень развития экономики, определяемый размером ВВП на душу населения (табл. 1.3). Коэффициент энергообеспеченности представляет собой соотношение величин собственного производства энергоресурсов и их потребления. При значении коэффициента меньше единицы страна вынуждена удовлетворять свои потребности при помощи импорта энергоресурсов. А в случае, если данный коэффициент больше единицы, то у страны появляется возможность к экспорту энергоресурсов.

Таблица 1.3

**Энергообеспеченность отдельных стран мира по состоянию на 2011 г.**

Страна	ВВП на душу населения, долл. США	Коэффициент энергообеспеченности	Количество атомных реакторов
США	48 100 \$	0,74	104
Франция	35 000 \$	0,5	58
Япония	34 000 \$	0,2	51
Россия	16 700 \$	1,6	32
Китай	7550 \$	0,3	15
Индия	3300 \$	0,3	20

**Источник:** Составлено автором по данным источников [135, 151, 162]

По данным табл. 1.3 только Россия имеет самый большой уровень энергообеспеченности среди совокупности приведенных стран, но при этом у нее достаточно низкий размер ВВП на душу населения (по сравнению с США, Францией и Японией). Это характеризует неэффективное использование своих ресурсных возможностей, а также высокую стоимость экспорта ресурсов. Возможно, что развитие атомной отрасли, в том числе и увеличение количества атомных реакторов, не только способствует большему укреплению собственной энергетической безопасности, но и уровню развития национальной экономики.

Лидером по уровню развития экономики (см. табл. 1.3) и количеству атомных реакторов являются США. Однако у них существует определенная угроза энергетической безопасности, поскольку даже при сильно развитой атомной отрасли, значительную часть потребностей в энергоресурсах приходится удовлетворять за счет импорта.

Страны, в которых сравнительно низкое значение коэффициента энергообеспеченности, имеют большую зависимость от импорта энергоресурсов. Поэтому в таких странах целесообразно увеличивать мощность атомной генерации для удовлетворения потребности в электроэнергии.

Таким образом, в современной мировой экономике актуальными являются проблемы энергообеспечения и энергетической безопасности. Это обусловлено тем, что истощаются запасы традиционных органических энергоносителей, в условиях непропорционального роста спроса на них, поэтому происходит обострение противоречий между странами-экспортерами и странами-импортерами разнообразных энергетических ресурсов. Также весомыми факторами является ужесточение экологических требований, и необходимость снижения эксплуатационных расходов. Следовательно, при таких условиях неприемлемым является сохранение такой структуры энергопроизводства, которая существует сегодня. Автором данной работы подчеркивается приоритетное значение экономической эффективности, поскольку решение вопроса эффективного энергообеспечения обуславливает энергобезопасность национальных экономик даже с учетом роста стоимости энергогенерации и требований к энергопроизводству от экологических органов.

Ни одна международная организация не владеет точной статистикой занятости в атомной отрасли. По данным за 2010 г. на всех действующих в мире АЭС, было занято более 260 тыс. чел., а общее количество людей, прямо или косвенно связанных с атомной отраслью, составило свыше 1 млн. [149].

Трудности с подбором и обучением персонала становятся фактором, препятствующим становлению и развитию атомной отрасли в энергоиндустрии многих заинтересованных в этом государств. Одной из характерных тенденций мирового рынка ядерных технологий гражданского назначения последних лет стало сокращение числа как государственных, так и частных его институтов (агентов), предлагающих услуги по проектированию объектов «мирного атома». Сузился выбор реакторных технологий, существенно снизилось количество инжиниринговых и управленческих организаций, которые имеют опыт практической реализации крупных ядерных проектов. Как отмечено в источнике [28] за последние 20 лет произошло значительное уменьшение производственных мощностей ядерных поставщиков на уже существующих

реакторах по причине технологического старения оборудования. При этом в общем объеме выработки энергии в мировом масштабе фиксируется увеличение за счет строительства новых реакторов и модернизации действующих, что в значительной степени обусловлено технологическими достижениями в данной сфере.

Среди факторов риска, связанных с функционированием предприятий и организаций атомного топливного цикла, по совокупности исследуемых работ (Федеральная целевая программа «Развитие атомного энергопромышленного комплекса России на 2007-2010 годы и на перспективу до 2015 года» [5]; Кауров Г. «Международная энергетическая безопасность и атомная энергия» [47]; Меньшиков В.Ф. «Атомная энергетика сегодня: Россия в окружающем мире» [78]; «Отчет Комитета Государственной думы РФ по энергетике» [88]) автором обобщены и выделены следующие: рыночные, политические и макроэкономические риски.

К рыночным факторам относятся экспансия и передел существующих и перспективных рынков между основными мировыми поставщиками ядерной продукции и топливного цикла. В качестве основных конкурентных преимуществ мировые компании выдвигают совершенствование инновационных технологий, внедрение более безопасных и экономичных производств, позволяющих существенно повысить уровень защиты и снизить затраты на производство единицы продукции. Также для развития своих рыночных преимуществ ведущие поставщики сосредотачивают направленные усилия на более масштабное расширение своего положения на таких привлекательных перспективных рынках сбыта как Китай, Индия, Южная Корея, Латинская Америка, Ближний Восток и Африка.

К макроэкономическим факторам относится произошедший в 2007-2008 гг. финансово-экономический кризис, приведший к снижению темпов развития мировой атомной энергетике, что также отразилось и на деятельности российского ядерного энергопромышленного комплекса.

Главными рисками, оказывающими влияние на экономические показатели деятельности генерирующих предприятий атомной отрасли мира, являются также последствия кризисных явлений в экономике. Общее снижение потребления электроэнергии в стране оказывает влияние на востребованность электроэнергии, получаемой на атомных электростанциях, чем уменьшает их доход. Таким образом, чем меньше будет потребляться электроэнергии, тем ниже будет ее рыночная нерегулируемая цена.

В числе политических рисков функционирования мировой атомной отрасли следует выделить изменение условий ее функционирования вследствие корректив контролирующих и регулирующих институтов. Речь идет о том, что после крупных аварий на объектах атомной отрасли (Чернобыль в 1986 г., Фукусима в 2011 г.), значительно возрастают требования технологической и эксплуатационной безопасности к ним во всем мире. Существующие нормы безопасности модернизируются на всех действующих энергоблоках, а новые атомные станции основываются с учетом многоуровневых систем безопасности, в том числе и пассивных.

В целом, необходимо отметить, что мировая атомная отрасль на современном этапе характеризуется различными показателями как с позиций строительства объектов отрасли, так и в плане производства и потребления атомной энергетики. Эти и другие вопросы будут рассмотрены в следующем параграфе.

## 1.2. Мировая атомная отрасль на современном этапе развития

Энергетическая составляющая занимает все большее место в современных экономических процессах. Мировая энергетика, вслед за другими секторами мировой экономики обретает всё более глобальный характер, становясь полем конкуренции как между отдельными корпорациями, так и целыми государствами. После кризиса середины 1970-х годов энергетический фактор стал играть в мировой политике не меньшую роль, чем военный, что привело к появлению феномена внешней энергетической политики и «энергетической дипломатии». Возникла проблема «энергетической безопасности» как фактор поддержания глобального энергетического равновесия. Данный кризис обнаружил необходимость поиска решений глобальных энергетических проблем, особенно в отношениях между странами-производителями и странами-потребителями энергоресурсов, включая организацию диалога между ними. В этой связи атомная отрасль, как важная составляющая мировой энергетической системы, приобрела значительную роль в обеспечении национальной энергетической безопасности.

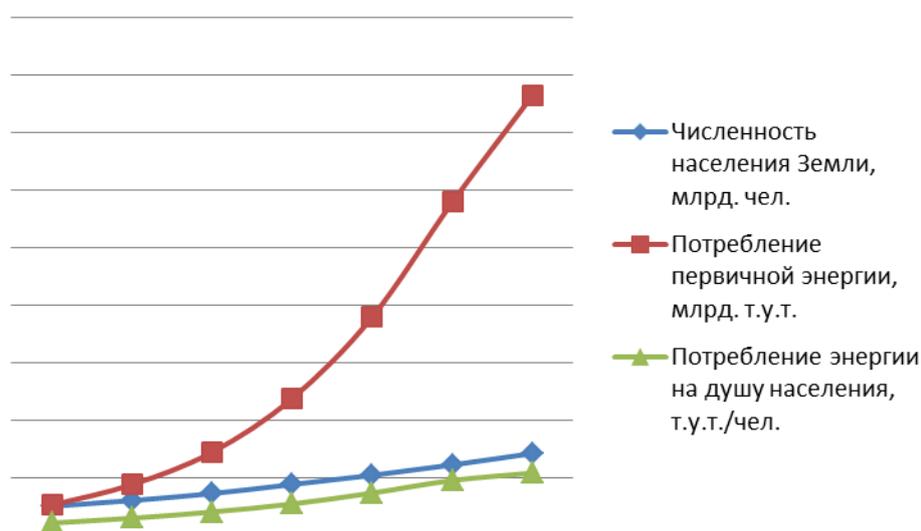
Глобальная энергетическая безопасность определяется, прежде всего, обеспеченностью необходимыми запасами углеводородов и другими источниками энергии. За последнее десятилетие прирост разведанных нефтяных и газовых запасов в целом соответствовал объемам их разработки (не опережая их). В то же время интенсивная добыча угля опережала восполнение его запасов, а существенный пересмотр рядом стран (Индией, ЮАР, Австралией, США) оценки собственных запасов угля в сторону уменьшения обусловил сокращение мировой обеспеченности твердым углеводородным топливом с 224 до 122 лет.

Многие страны, выражающие активный интерес к производству атомной энергетики, на сегодняшний день не обладают необходимой инфраструктурой

для осуществления этого. Им необходимы значительные временные и капитальные ресурсы для достижения соответствующего уровня развития, который позволит осуществить строительство атомных станций на их территории. Этот вопрос стоит особенно остро сейчас, поскольку происходит увеличение суммарного мирового потребления первичной энергии в основном по причине постоянного роста численности населения земного шара и увеличения удельного потребления энергии (рис. 1.4).

**Рисунок 1.4.**

**Динамика соотношения потребления первичной энергии с численностью населения земли (1 т.у.т =  $2,93 \cdot 10^{10}$  Дж) [106]**

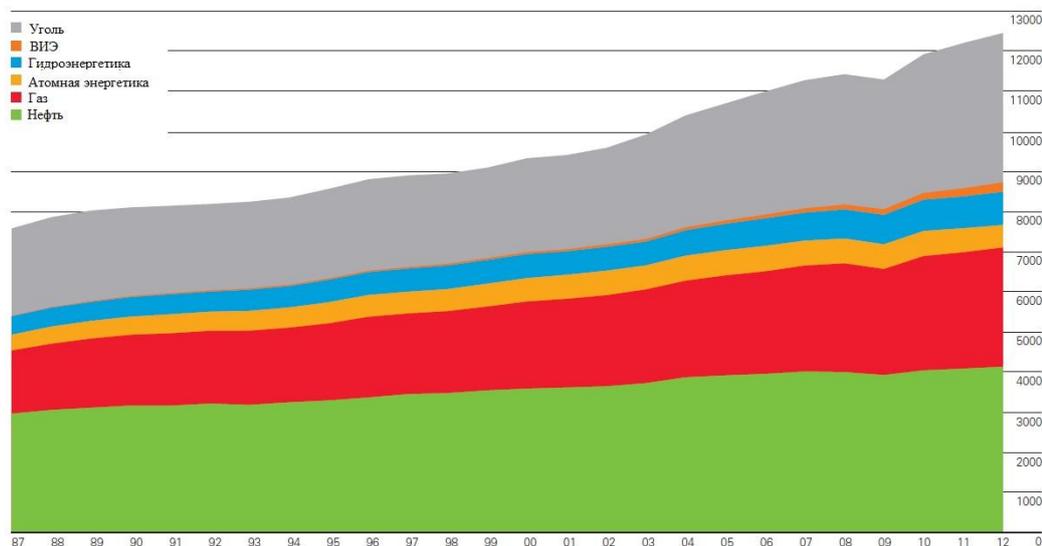


Из рис. 1.4 видно, что темпы роста потребления первичной энергии отмечены значительным увеличением над соответствующим показателем численности населения земли. Указанный рост связан, в том числе, с увеличением промышленного производства, которое является потребителем энергоресурсов всех видов. Наряду с промышленным производством, сам ТЭК также является крупнейшим потребителем электроэнергии, поскольку для добычи и переработки топливно-энергетических ресурсов (нефть, газ, уголь) требуются значительные затраты электроэнергии.

Динамика потребления различных видов энергии схематически представлена на рис. 1.5.

**Рисунок 1.5.**

**Динамика потребления различных видов энергии в мире, млн т.н.э. [140]**



Приведенная на рис. 1.5 динамика свидетельствует об увеличении потребления практически всех видов энергии в мире за анализируемый период. Также можно сделать вывод, что основными потребляемыми ресурсами на Земле являются нефть, уголь и газ, запасы которых, как известно, ограничены. Следует выделить, что потребление указанных углеводородных ресурсов за исследуемый период времени имеет восходящую тенденцию. Исключение составил спад показателей в 2009 г., который обусловлен последствиями мирового финансово-экономического кризиса, что соответственно отразилось на мировом топливно-энергетическом секторе снижением объемов потребления. Однако с 2010 г. и до настоящего времени данные показатели снова характеризуются возрастающим трендом.

Атомная энергетика (см. рис. 1.5) за анализируемый период 1999-2012 гг. характеризуется в мировом разрезе отсутствием резких сдвигов в направлении кривой потребления (кроме 2011 г.). Это связано с техническими возможностями строительства объектов атомной отрасли и невозможностью

резкого изменения генерируемых мощностей. При этом наблюдается устойчивость показателей потребления также в период мирового кризиса и его последствий. В этой связи стоит отметить, наибольшую устойчивость атомной энергетики к кризисным явлениям по сравнению с другими источниками энергии. Это также обосновывает необходимость исследования тенденций развития атомной отрасли как дополнительного источника энергии будущего.

Снижение потребления атомной энергии в 2011 г. связано с катастрофой на АЭС «Фукусима» в Японии, после которой помимо остановки реакторов на данной станции с целью устранения последствий аварии, также правительствами некоторых странах Европы рассматривается свёртывание программ по атомной энергии. Ниже указаны позиции атомной энергетики на фоне некоторых показателей мирового энергетического баланса (табл. 1.4). Прогнозная информация свидетельствует о сокращении потребления угля и нефти в странах ОЭСР при одновременном увеличении потребления газа, атомной и возобновляемой энергии. В указанной группе стран в энергетическом балансе снижается доля углеводородных источников. Для развивающихся стран также отмечено снижение доли всех углеводородных видов энергии при более ускоренном темпе роста доли атомной энергии (за счет расширения масштабов строительства АЭС в Китае и Индии). Однако для всех групп стран в их энергобалансе по фактическим и прогнозным данным преобладает доля нефти, угля и газа.

Таблица 1.4

## Фактические и прогнозные данные отдельных показателей мирового энергетического баланса\*

Энергетические ресурсы	2006 г. (факт)		2012 г. (факт)		2020 г. (прогноз)		2030 г. (прогноз)	
	Объемы потребления, ТВт/ч	Доля в энергобалансе, %	Объемы потребления, ТВт/ч	Доля в энергобалансе, %	Объемы потребления, ТВт/ч	Доля в энергобалансе, %	Объемы потребления, ТВт/ч	Доля в энергобалансе, %
	Страны ОЭСР							
нефть	10071,6	40,3	11052,8	42,3	8844	35,7	9196	36,1
газ	5720	22,9	6164,4	23,6	6556	26,5	6732	26,5
уголь	5187,6	20,7	4862	18,6	4664	18,8	4488	17,6
АЭ	2362,8	9,5	2292,4	8,8	2336,4	9,4	2472,8	9,7
ВИЭ	1658,8	6,6	1760	6,7	2376	9,6	2552	10,0
	Развивающиеся страны							
нефть	7246,8	30,3	8162	27,8	11176	32,6	13992	36,6
газ	6006	25,1	6138	20,9	6424	18,7	6292	16,4
уголь	8448	35,3	12562	42,8	13640	39,7	13891	36,3
АЭ	1518	3,0	1672	2,7	1804	3,7	2024	5,4
ВИЭ	708,4	6,3	792	5,7	1276	5,3	1468	5,3

\*Примечание: составлено автором на основании источников [17, 106, 115, 169, 140]

Ориентация мирового энергобаланса в сторону углеводородных источников энергии сопряжена с риском изменения цен на данный вид топлива. Формирование цены на рынке газа зависит с одной стороны от регионального расположения его разведанных запасов с учетом высоких издержек на его транспортировку. С другой же стороны цена газа в странах Европы и Азии колеблется в зависимости от цены нефти, которая котируется на международных рынках и обладает высокой степенью волатильности, чем обусловлено частое изменение данного показателя и трудности составления точных прогнозов [17]. В данном аспекте цена на атомную энергию обладает более устойчивыми показателями, поскольку она в меньшей степени подвержена влиянию негативных аспектов международных биржевых котировок, которые присущи котировкам на углеводороды.

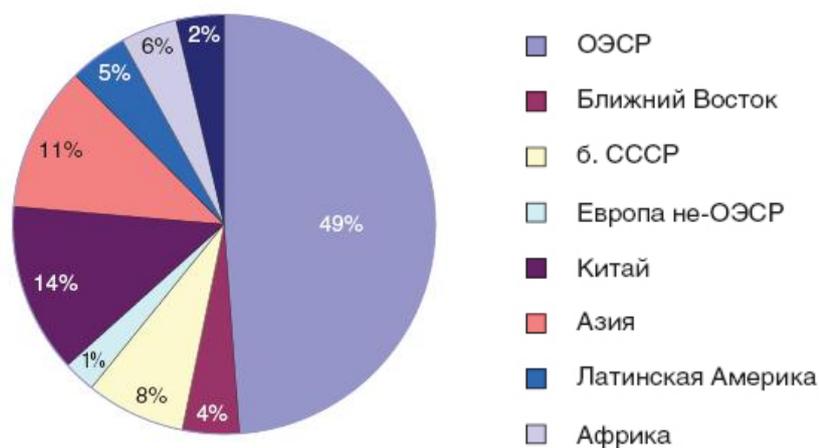
Для России проблема ценовой политики на энергоносители на современном этапе является актуальной. Наблюдается ситуация, при которой падение скорректированной на инфляцию цены электроэнергии (во время реформирования всего электроэнергетического комплекса) стало одним из факторов роста ее потребления. Одновременно с этим последующее увеличение цены на газ обусловило ограничение спроса на электроэнергию. При условии стабильного прогнозирования динамики цены на топливо для АЭС, такой вид электроэнергии характеризуется большей устойчивостью и, соответственно, конкурентоспособностью в сравнении с другими видами генерации.

Мировой спрос на атомную энергию постоянно растёт на фоне интенсивной разработки и потребления углеводородных ископаемых видов топлива. Международное энергетическое агентство (МЭА) [149] отмечает, что в мире спрос на энергию возрастет к 2030 г. приблизительно на 50% в сравнении с уровнем 2010 г. Поэтому чрезвычайно остро обозначена проблема поиска и обоснования перспективных источников энергии и энергетических ресурсов, в частности, атомных.

Несмотря на то, что во многих странах АТР увеличивается использование угля, а в Европе и США растет потребление газа и несколько снижается расход угля, то общемировая тенденция расхода атомной энергии характеризуется незначительным ростом. При этом, страны переходного типа являются более энергоемкими в сравнении с развитыми странами (рис. 1.6). Приведенная информация подчеркивает существующую региональную дифференциацию в мировом энергопотреблении.

**Рисунок 1.6.**

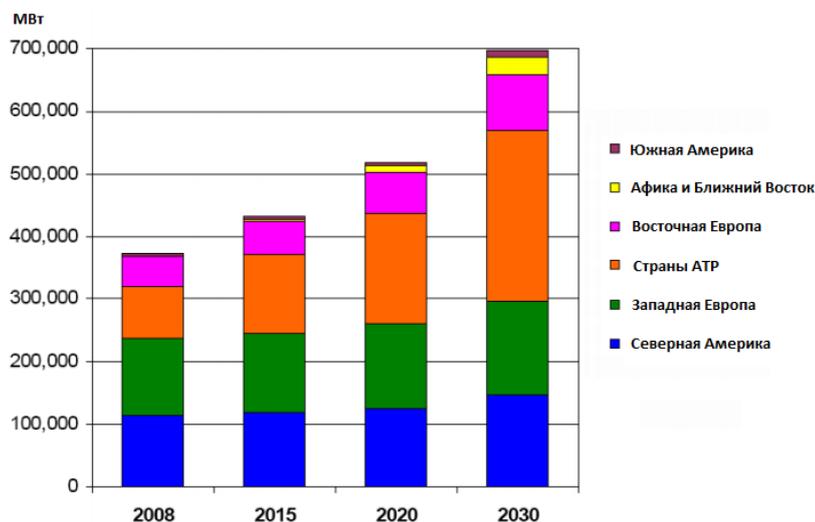
**Структура общего энергопотребления в региональном разрезе по состоянию на 2010 г. по данным World Energy Outlook [167]**



Производство и потребление атомной энергии в последние годы существенно изменилось по своему географическому расположению. До «фукусимских» событий прогнозировалось ожидаемое увеличение мощностей АЭС в первую очередь в странах Азии и Азиатско-Тихоокеанского региона (Индия, Китай, Южная Корея, Япония) и во многих странах Восточной Европы (Словакия, Чехия) (рис. 1.7). Также рост мощностей атомных станций ожидается в странах, которые входят в Содружество Независимых Государств (СНГ), а именно в России, Украине.

Рисунок 1.7.

**Прогноз ввода мощностей атомной отрасли в мировом разрезе, МВт  
(составлено по данным World Nuclear Association [171])**



По статистике МАГАТЭ, наибольшее количество вновь построенных АЭС находится в Азии, что можно объяснить процессом бурного экономического роста, наблюдающегося в этом регионе. В 2010 г. было начато строительство 15 энергоблоков, из которых по территориальному размещению 9 находятся в Китае, 2 – в России, 2 – в Индии, 1 – в Японии, 1 – в Бразилии [135]. Крупнейшие страны Азии (Китай и Япония) в связи с бурным экономическим ростом и возникшим недостатком углеводородного сырья, вынуждены развивать атомную энергетику.

Если в планах России на 2020 г. [15] намечено удвоение энергетических мощностей, то в Китае рассчитывают на шестикратное увеличение атомного производства, а Индия планирует десятикратный рост энергетического потенциала мирного атома [106].

Указанные выше тенденции, как отмечает Макаров А.А. [68], обоснованы историческими событиями. Что касается стран Северной Америки и Западной Европы, то, вследствие чернобыльской аварии, осуществлявшееся в то время

строительство АЭС было приостановлено, хотя имелись программы долгосрочного развития атомной энергетики. Начиная с девяностых годов, страны Евросоюза и другие западные страны досрочно останавливали ядерные реакторы, подобные тем, что функционировали на Чернобыльской АЭС. В Польше, Болгарии, бывшей ГДР, Румынии, Литве, Словакии реакторы старого образца были частично или полностью закрыты.

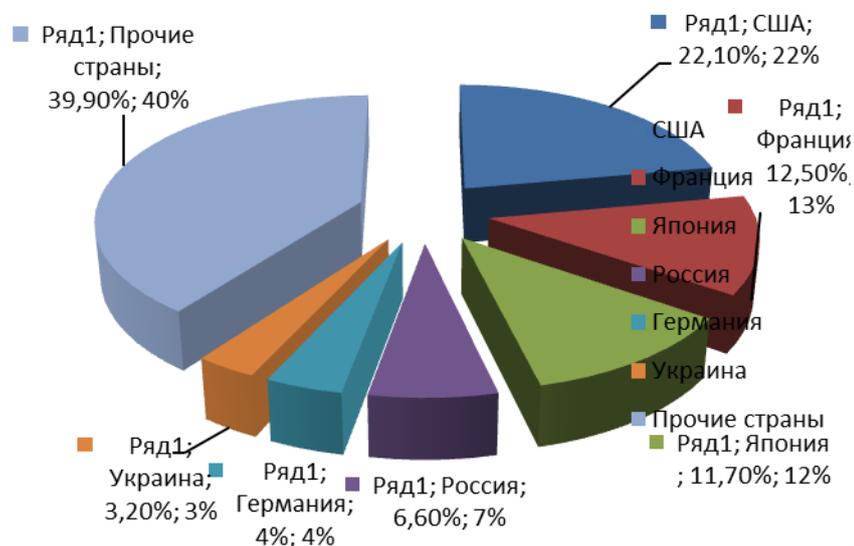
В результате этого произошло перераспределение в территориальном размещении объектов производства и распределения части атомной энергии от стран Северной Америки и Европы в сторону развивающихся стран.

В некоторых европейских странах тенденция к сокращению атомной энергетики вызвала ряд экономических трудностей, так как закрывать работающие блоки, способные производить электроэнергию для нужд промышленных отраслей, оказалось невыгодным. Например, в Италии была остановлена действующая там АЭС. Но в 2003 г., вследствие проблем, возникших из-за сокращения использования углеводородного топлива (Киотский протокол), вновь заговорили о возвращении к использованию ядерной энергии в этой стране.

Более всего сектор атомной энергетики представлен в странах с развитой промышленностью и недостаточным наличием ресурсных месторождений. К этим странам относятся Франция (58 энергоблоков), Япония (50 энергоблоков), Ю. Корея (23 энергоблока), Швеция (10 энергоблоков), Бельгия (7 энергоблоков), Чехия (6 энергоблоков), Швейцария (5 энергоблоков), Финляндия (4 энергоблока) [135]. В данных странах доля производства электроэнергии на АЭС составляет 28-80 %. В Соединенных Штатах на АЭС производится пятая часть всей электроэнергии, а в мировом масштабе эта доля составляет четвертую часть глобального производства атомной электроэнергии. На рис. 1.8 показано какую долю занимают государства в общей структуре энергобалансов по количеству имеющихся у них энергоблоков.

Рисунок 1.8.

### Распределение энергоблоков среди стран-лидеров по производству атомной энергии, %\*



**\*Примечание.** Составлено автором самостоятельно на основании данных из источника [162]

В Европе чемпионами по использованию ядерной энергии являются Франция, Швеция, Бельгия, Финляндия, Словакия. По данным из источников [39, 59] в 2006 г. во Франции при первичном потреблении энергии процент ядерной энергетики достиг 73%. В выработке украинской электроэнергии атомная энергетика составляет 50%. До остановки единственной Игналинской АЭС в 2009 г. (под влиянием ЕС) Литва являлась абсолютным лидером по относительному потреблению ядерной энергии, которой сама себя полностью обеспечивала. После 2009 г. в Литве решался вопрос, который до сих пор остается открытым, о продолжении эксплуатации АЭС, а также о сооружении энергоблока нового образца.

Атомная энергетика является важной составляющей для национальной энергетической безопасности США. Политика, проводимая в энергетической отрасли США, направлена на ее развитие, в частности, планируется построить и ввести в эксплуатацию 20 реакторов третьего поколения, что отмечено в отчетах Международного энергетического агентства (МЭА) [169, 167].

Там же указано, что самое большое развитие ядерной энергетики наблюдается в США, Японии, Франции, а также России. Многие страны, не обладающие своей ядерной энергетикой, обсуждают возможности строительства собственных АЭС. К ним относятся Польша, Литва, Турция, Италия, Белоруссия, Казахстан, Египет, ОАЭ, Чили, Марокко, Бангладеш, Вьетнам, Нигерия, Новая Зеландия, Австралия, Индонезия, Таиланд (табл. 1.5).

Таблица 1.5

**Структурная характеристика атомных электростанций в различных странах мира по состоянию на декабрь 2012 г. [171]**

Страны	Производство электроэнергии на АЭС		Реакторы в эксплуатации		Планируемые к вводу реакторы	
	Объемы генерации, млрд. кВтч	Доля в производстве электроэнергии, %	Количество, шт.	Мощность, МВт	Количество, шт.	Мощность, МВт
1	2	3	4	5	6	7
Аргентина	5,9	5,0	2	935	1	33
Армения	2,4	33,2	1	376	1	1060
Бангладеш	0	0	0	0	2	2000
Беларусь	0	0	0	0	2	2400
Бельгия	45,9	54,0	7	5943	0	0
Бразилия	14,8	3,2	2	1901	0	0
Болгария	15,3	32,6	2	1906	1	950
Канада	88,3	15,3	20	14169	2	1500
Чили	0	0	0	0	0	0
Китай	82,6	1,8	15	11881	52	60880
Чехия	26,7	33,0	6	3764	2	2400
Египет	0	0	0	0	1	1000
Финляндия	22,3	31,6	4	2741	0	0
Франция	423,5	77,7	58	63130	1	1720
Германия	102,3	17,8	9	12003	0	0
Венгрия	14,7	43,2	4	1880	0	0
Индия	28,9	3,7	20	4385	18	15100
Индонезия	0	0	0	0	2	2000
Иран	0	0	1	915	2	2000
Израиль	0	0	0	0	0	0
Япония	156,2	18,1	50	44396	10	13772
Иордания	0	0	0	0	1	1000
Казахстан	0	0	0	0	2	600
Южная Корея	147,8	34,6	23	20787	5	7000
Литва	0	0	0	0	1	1350
Малайзия	0	0	0	0	0	0
Мексика	9,3	3,6	2	1600	0	0

Окончание табл. 1.5

1	2	3	4	5	6	7
Нидерланды	3,9	3,6	1	485	0	0
Пакистан	3,8	3,8	3	725	0	0
Польша	0	0	0	0	6	6000
Румыния	10,8	19,0	2	1310	2	1310
Россия	162,0	17,6	33	24164	24	24180
Словакия	14,3	54,0	4	1816	0	0
Словения	5,9	41,7	1	696	0	0
ЮАР	12,9	5,2	2	1800	0	0
Испания	55,1	19,5	8	7448	0	0
Швеция	58,1	39,6	10	9399	0	0
Швейцария	25,7	40,8	5	3252	0	0
Турция	0	0	0	0	4	4800
Украина	84,9	47,2	15	13168	2	1900
ОАЭ	0	0	0	0	3	4200
Великобритания	62,7	17,8	16	10038	4	6680
США	790,4	19,2	104	102195	13	15660
Вьетнам	0	0	0	0	4	4000
Мир в целом	2518	с 13,5	436	374135	168	185495

В последнее десятилетие в энергетической отрасли интенсифицировались процессы либерализации и глобализации, усиливаются природоохранные меры, всё большую роль играют экологические факторы, развивается техническая база, усложняются энергетические системы, растут цены на сырьё, возрастает стоимость производства энергии. Рост количества планируемых к вводу в эксплуатацию АЭС связан с быстро растущим мировым спросом на энергоносители. Это особенно актуально, поскольку в последнее время рост мощностей атомной отрасли осуществлялся не за счет нового строительства, а за счет роста эксплуатационных свойств уже работающих станций. Нарращивание мощности уже имеющихся реакторов происходит во Франции, США, Бельгии, Испании, странах Центральной Восточной Европы и других странах. В этой связи необходимо не только увеличение мощностей уже существующих реакторов, а строительство новых, более модернизированных. Новые атомные электростанции строятся в Китае, Индии, Канаде, Ю.Корее, России. Наряду с этим 40 старых реакторов планировалось закрыть к 2012 г. в

США, Японии, Канаде, странах Евросоюза с заменой на новые, более безопасные по экологическим характеристикам энергоблоки.

По имеющимся прогнозам Мирового энергетического совета [164] доля атомной энергетики к 2050 г. в мировом энергобалансе не превысит 10%. По минимальному прогнозу, выработка электроэнергии на АЭС мира с 2005 г. до 2045 г. будет на уровне 400 ГВт, по среднему – возрастет с 400 ГВт в 2005 г. практически по прямой до 1100 ГВт в 2050 г., а по максимальному – увеличится с 400 ГВт до 600 ГВт с 2005 г. по 2020 г., а затем до 1800 ГВт к 2050 г. Эти прогнозы актуальны при предположении, что доля электроэнергии от АЭС в мире будет падать при росте энергетики в целом в 1,5-2 раза до 2050 г. [164].

На основании прогнозов о тенденции развития атомной отрасли в Институте систем энергетики им. Д.А. Менделеева Российской Академии наук общая доля атомной энергетики в мировом энергетическом балансе может увеличиться к 2100 г. до 30% [92].

Международное энергетическое агентство прогнозирует к 2020 г. снижение доли атомной энергетики в производстве электричества до 10% при сохранении общей установленной мощности атомных энергоблоков на сегодняшнем уровне [154].

Одновременно с этим, наиболее вероятным сценарием Министерство энергетики США прогнозирует уменьшение установленной мощности атомных энергоблоков к 2020 г. в мире на 10%, а в отдельных развитых странах на 25% [58].

Для России Институт энергетических исследований РАН прогнозирует возможность увеличения производства электроэнергии атомных станций с 160 млрд. кВт/ч в 2010 г. до уровня 330 млрд. кВт/ч в 2020 г. [88].

В этой связи, необходимо отметить, что на сегодняшний день не существует единого мнения относительно тенденций развития атомной отрасли на долгосрочную перспективу. Данное обстоятельство вносит дестабилизацию в условия функционирования сегодняшних объектов атомной энергетики всех

стран, чем обуславливает необходимость проведения более точных прогнозов с учетом необходимого количества обоснованных факторов.

Поскольку широкомасштабное развитие атомной энергетики на современном этапе продиктовано необходимостью в обеспечении глобальной энергетической безопасности, то существует также потребность в создании универсального научно-методического подхода, позволяющего исследовать тенденции развития атомной отрасли на основе ретроспективного анализа с целью построения обоснованных прогнозов на будущее. Для того, чтобы указанный методический подход не носил случайного характера, необходим системный анализ сложных структурных взаимосвязей показателей-индикаторов работы атомной отрасли с перманентным выявлением и оценкой факторов, влияющих на уровень ее развития в мире и в отдельном государстве.

Существующие экономико-математические модели (Форрестера, Медоуза, Леонтьева, Клейна, Эрера, Кайя-Судзуки, Линнеман, Робертса), исследующие вопросы глобального моделирования, носят слишком общий характер и не позволяют учитывать специфические характеристики такой сложной системы, как атомная отрасль. Однако, широкомасштабное их использование обуславливает необходимость привлечения экономико-математических методов, как подходящего инструмента в изучении тенденций развития АО. Для этого требуется компаративный анализ показателей АО, которые разносторонне характеризуют ее функционирование, что лежит в плоскости методики интегрального, кластерного, дискриминантного анализа. Объединение указанных методик позволит в разных аспектах исследовать тенденции развития атомной отрасли и оценить ее позиции в глобальном энергетическом пространстве.

Таким образом, усиление влияния процессов глобализации на мировую энергетику, увеличение энергетической взаимозависимости между странами обуславливают необходимость в глубокой разработке и совершенствовании механизмов управления и регулирования энергетического сектора. На первый

план выдвигается необходимость активизации усилий как отдельных стран и энергокомпаний, так и всего мирового сообщества для поиска и популяризации альтернативных видов энергии. В этом контексте атомная энергетика приобретает в настоящее время большую популярность, но при сохранении нерешенных вопросов безопасности ее функционирования [36].

Мировая энергетика на современном этапе характеризуется ежегодным приростом мощностей и новых технологий в секторе возобновляемых источников энергии гораздо более интенсивными темпами, чем углеводородная и атомная энергетика (табл. 1.6).

**Таблица 1.6**

**Темпы роста потребления различных видов энергии за период  
1995-2010 гг.**

Вид генерации	Темп роста, %
Энергия ветра	15
Солнечная энергия	10
Геотермальная энергия	4
Гидроэнергия	3
Газ	2
Нефть	2
Атомная энергия	1,5
Уголь	-1

**Источник:** Составлено автором на основании источников [163, 169]

Приведенная информация свидетельствует о более интенсивном развитии возобновляемых источников энергии. Однако этот эффект достигнут в основном за счёт двух факторов: низкой начальной базы и существенных субсидий и льгот со стороны государств, в которых реализуются подобные проекты.

Экспертами Массачусетского технологического института было проведено междисциплинарное исследование по развитию атомной энергетики будущего [23]. В указанном источнике, в отличие от отечественной литературы, приведено обобщенное описание элементов себестоимости

электроэнергии, произведенной на АЭС, а также дана ее сравнительная оценка с энергией угля и газа. Авторы доказывают, что цена энергии от атомной генерации может быть вполне конкурентоспособной при условии уменьшения эксплуатационных расходов на АЭС, а также при введении налога на выбросы углерода в атмосферу, то есть энергии, производимой за счет угля и газа. Результаты данных расчетов в зависимости от указанных параметров (а также от цены на газ) со ссылкой на соответствующий источник приведены в Приложении 2.

Американскими учеными доказывается, что существенному повышению конкурентоспособности атомной энергетики будет способствовать увеличение цены на другие источники энергии путем введения налога за выброс углерода в атмосферу. Российские же ученые, поскольку связывают цену атомной энергии с ценой природного газа, не приемлют такого подхода, а предлагают рассмотрение данного вопроса в направлении проведения модернизации действующих энергоблоков и продлении срока эксплуатации АЭС. В источнике [52], на основании расчетов доказывается среднесрочная инвестиционная эффективность модернизации АЭС на перспективу до 2020 г. Однако в указанной работе не приводится детальный расчет себестоимости атомной энергии и довольно обтекаемо обозначены математические результаты. То есть опять возникает проблема поиска исходных данных для осуществления соответствующей экономической оценки стоимости электроэнергии атомной генерации.

Таким образом, на практике политические решения о намерениях или запретах строительства новых АЭС сопровождаются такими оценками, в которых отсутствует соответствующее расчетное подтверждение, представленное широкому кругу лиц. Данным обстоятельством обосновано наличие противоречий по поводу большей или меньшей стоимости строительства АЭС в сравнении с другими источниками энергии, что раскрывает возможности для дальнейшего исследования указанных проблем.

Возможно, для устранения дуализма во мнениях о приоритетности или недостаточной привлекательности развития атомной отрасли международным регулирующим институтам будет целесообразно представлять соответствующие расчеты для публичного просмотра широкому кругу лиц. Однако в силу их отсутствия заявление о неконкурентоспособности цены АЭ (а также расходов на строительство новых АЭС) по сравнению с другими видами генерации можно подвергнуть сомнению в силу отсутствия адекватных расчетов.

Разница между экономическими характеристиками существующих расчетов для действующих АЭС и прогнозируемыми показателями для строительства новых энергоблоков объясняется детальным различием в исходных данных и предположениях относительно эксплуатационных характеристик (технических и финансовых). Однако, следует отметить, что экономических расчетов, подтверждающих эти предположения, на данный момент в научной литературе не представлено. Наряду с этим автором обобщены и представлены соответствующие технические характеристики атомной отрасли в сравнении с другими видами генерации (Приложение 3), а также приведено сравнение экономических параметров АО в различных источниках (Приложение 4).

На основании проведенного в данном параграфе анализа, автор предлагает охарактеризовать тенденции развития мировой атомной энергетики следующим образом:

- масштабные планы по строительству объектов атомной энергетики (в основном это Китай, Индия, Южная Корея и Россия) свидетельствуют о расширении ее присутствия в мировой энергетике в прогнозируемом будущем;
- несмотря на значительные экологические риски, связанные с безопасностью атомной отрасли, она смогла занять соответствующую конкурентную позицию в энергетическом секторе, в большинстве случаев благодаря сравнительно выгодным техническим показателям;

- цена на атомную энергию гораздо в меньшей степени подвержена влиянию внешних факторов по сравнению с углеводородными источниками.

При этом на современном этапе характеристика и интенсивность развития мировой атомной отрасли значительно отличается в различных странах по причине национальных, ресурсных, финансовых и прочих отличий, обусловленных, в том числе, национальными регулятивными механизмами отрасли. В этой связи, необходимо рассмотреть специфику регулирования АО в различных странах, а также определить место и роль российской атомной отрасли в глобальном энергетическом пространстве, чему будет посвящен следующий параграф.

### **1.3. Атомная отрасль России в глобальном энергетическом пространстве**

Россия входит в число мировых лидеров по использованию атомной энергии, поэтому вполне закономерным является то, что её значимость на мировом энергетическом рынке возрастает одновременно с увеличением роли атомной энергетики в глобальных экономических процессах. На мировом рынке по предоставлению услуг ядерно-топливного цикла (ЯТЦ) в настоящее время складывается острая конкурентная среда. России, в этой связи, необходим соответствующий комплекс мер по усилению своей конкурентной позиции на рынках строительства атомных электростанций, генерации ядерного топлива, технологий и прочих смежных направлений.

Поскольку Россия занимает ведущие позиции в мировом экспорте газа и нефти, то ей отведено приоритетное значение в обеспечении глобальной энергетической безопасности и стабильности на энергетических рынках, чем обусловлено развитие российского энергетического сектора в рамках национальных интересов страны.

Однако перекоп топливно-энергетического баланса России в сторону углеводородных источников, исчерпаемость которых ставит под угрозу не только национальную энергетическую безопасность, но и мировую, требует рассмотрения к широкому использованию других источников энергии, среди которых атомная энергетика приобретает особую популярность. В этой связи актуальным является понимание того, что эффективное развитие мировой энергетикки возможно при условии максимальной вовлеченности всех стран и при учете их интересов. Поэтому часто возникает противоречие между интересами стран-экспортеров энергоресурсов и интересами стран, которые импортируют энергоресурсы. Россия в данном контексте относится к первой категории стран, но одновременно с этим обеспечение национальной

энергетической безопасности в условиях российского климата является жизненной необходимостью многих ее регионов. Возникает необходимость в создании надежных условий для энергетического обеспечения внутреннего рынка по приемлемым ценам в целях энергетической и экономической безопасности России.

В условиях значимости позиций России в глобальном энергетическом пространстве возрастает необходимость в анализе ее роли в международном сотрудничестве в сфере энергетики, где с учетом цели работы целесообразно рассмотреть атомную энергетику.

Международное сотрудничество по регулированию мировой атомной отрасли является беспрецедентным по своим масштабам и охватывает технологическую, научную, политическую и другие сферы. С одной стороны, это обусловлено той важной ролью, которая возложена на атомную энергетику сегодня и на перспективу. Кроме того, современное состояние атомной отрасли может создать угрозы для мировой безопасности. Преодолеть эти угрозы можно только при условии объединения мирового потенциала и создания качественно новых, безопасных ядерно-топливных циклов и энергетических ядерных реакторов, а также усиления режима нераспространения.

Россия является сегодня активным участником международного сотрудничества в ядерной сфере и дальнейшие свои планы по развитию атомной отрасли выстраивает, ориентируясь на углубление и усовершенствование этого сотрудничества. Совершенствование международного сотрудничества и выполнение международных обязательств в атомной отрасли должно производиться в соответствии со стратегическими планами по развитию энергетической отрасли страны в целом, а также с долгосрочными планами развития государства и его места на мировой арене.

Международное сотрудничество России в области атомного надзора осуществляется посредством взаимодействия со следующими организациями [75]:

- Сотрудничество с Европейской Комиссией (деятельность по оказанию содействия Ростехнадзору, предоставляемая организациями технической поддержки в сфере лицензирования и надзора атомной отрасли и радиационной безопасности в процессе использования атомной энергии в мирных целях);

- Сотрудничество с МАГАТЭ (по вопросам лицензирования и надзора за использованием ядерной энергии в мирных целях и соблюдения радиационной безопасности; подготовка, обучение, техническая и технологическая помощь в сфере функционирования и эксплуатации объектов атомной отрасли; контроль за утилизацией радиоактивных отходов);

- Сотрудничество с Агентством ядерной энергии организации экономического сотрудничества и развития (АЯЭ ОЭСР) (контроль и надзор за ядерной и радиоактивной безопасностью);

- Участие в мероприятиях в рамках Многонациональной программы оценки новых проектов АЭС (обсуждение и доработка принятия решений и рекомендаций технического характера в отношении долгосрочных планов и потенциальных направлений деятельности атомной отрасли);

- Участие в мероприятиях, проводимых в рамках Евразийского экономического сообщества (ЕврАзЭС) (совещание экспертов и согласование материалов в рамках программы «Рекультивация территорий государств - членов ЕврАзЭС, подвергшихся воздействию уранодобывающих производств»);

- Участие в мероприятиях, проводимых в рамках СНГ, «Группы восьми», Форума органов регулирования стран, эксплуатирующих реакторы ВВЭР и пр.

Выше приведены далеко не все формы международного сотрудничества России в области использования атомной энергетики, а выделены лишь основные из них. Одной из главных задач для российской атомной отрасли сейчас является привлечение инвестиций для выполнения стратегических планов ее развития, и прежде всего, сооружения новых энергоблоков.

Для достижения параметров Энергетической стратегии России на период до 2020 г. [131] в соответствии с базовым сценарием, а именно увеличение совокупного производства энергии до 230-250 млрд. кВт/ч к 2020 г., необходимы инвестиции на строительство новых объектов в размере 40-45 млрд. долл., что значительно выше реальных объемов, которые может обеспечить Госкорпорация «Росатом» за счёт собственных средств (табл. 1.7).

Таблица 1.7

**Источники средств на строительство новых объектов в России  
(фактические и плановые значения) [9]**

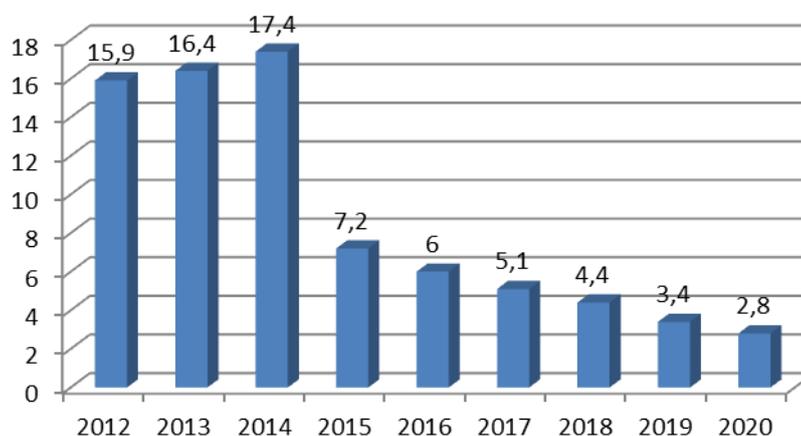
Период	Средства федерального бюджета, млрд. руб.	Капитальные вложения за счет собственных средств ГК «Росатом», млрд. руб.	Всего, млрд. руб.	Доля средств федерального бюджета в общем объеме инвестиций, %
2009 г.	87	103	191	46%
2010 г.	97	122	219	44%
2011 г.	113	138	251	45%
2012 г.	119	155	274	43%
2013 г.	91	173	264	34%
2014 г.	59	186	245	24%
2015 г.	40	203	245	16%

По данным табл. 1.7 видно, что доля государственного участия в инвестиционном процессе уменьшается с каждым годом, что предполагает увеличение вложений собственных средств Госкорпорации «Росатом». Согласно Федеральной целевой программе «Развитие атомного энергопромышленного комплекса России ...» до 2015 г. необходимо построить 10 новых энергоблоков. После 2015 г. указанной Программой предполагается, что Госкорпорация «Росатом» ежегодно будет вводить не менее двух энергоблоков мощностью 1 ГВт за счет собственных средств, однако в настоящее время эти планы скорректированы в сторону уменьшения [9].

В аспекте финансирования в России не решена проблема обновления фондов высокотехнологичных отраслей, отсутствует полный комплекс соответствующих программ и разработок. В настоящее время высокие технологии в России в структуре промышленности составляют 0,5%, против 20-30% соответствующего показателя в развитых странах. При этом, за последнее время Госкорпорация «Росатом» посредством госзакупок активно участвует в финансировании НИОКР атомной энергетики. В 2011 г. было размещено заказов на сумму 10,2 млрд. руб. на различные научно-исследовательские программы [104]. В период 2012-2020 гг. в России из средств федерального бюджета планируется вложить 78,9 млрд. руб. в разработку инновационных технологий в сфере атомной энергетики. Фактические и прогнозные данные финансирования указанного направления приведены на рис. 1.9.

**Рисунок 1.9.**

**Объемы финансирования развития инновационных технологий в атомной отрасли России, млрд. руб. (факт 2012 г. и прогноз до 2020 г.)**



В современных динамичных условиях развития технологий необходима стабильная финансовая поддержка долгосрочных программ инновационного развития атомной отрасли, как одного из гарантов энергетической безопасности России [10].

Игнорирование указанных выше негативных тенденций в развитии российской атомной отрасли может привести к возникновению аварийных

ситуаций на ее объектах, тем самым приводя к уменьшению объемов генерации и ставя под угрозу национальную энергетическую безопасность, которая укрупненно определяется обеспеченностью страны необходимыми источниками энергии.

В связи с этим история развития мировой атомной отрасли и ее доля в современном энергобалансе позволяют характеризовать такой вид энергии как состоявшийся и претендующий на доминирование в будущем. С другой же стороны, атомная отрасль продолжает характеризоваться отсутствием единства суждений о ее позициях в глобальном энергетическом пространстве будущего в связи с возникающими катастрофами на объектах отрасли и тяжелыми экологическими последствиями их устранения. Объединяя указанные проблемы, можно заключить, что глобальная энергетическая политика должна быть реализована с учетом взаимодействия климатического фактора и соблюдения принципов стратегии устойчивого развития.

Однако еще одной проблемой развития атомной энергетики справедливо можно назвать различие в моделях государственного регулирования, поскольку от этого зависит какую роль она занимает в ТЭБ страны.

Разность подходов к регулированию атомной отрасли, по мнению автора диссертации, осуществляется в двух направлениях:

1. Национальное (государственное) регулирование происходит путем законотворческой деятельности в пределах государства, в котором производится атомная энергия;

2. Международное регулирование реализуется посредством создания и функционирования соответствующих институтов (ассоциаций, агентств, сообществ и т.д.), контролирующей деятельность мировых объектов атомной отрасли.

В мировой научной практике накоплен значительный опыт по описанию моделей управления атомной отраслью, а также существующих в ней форм собственности. Например, лидирующие страны мира по объему атомной

генерации и количеству реакторов США, Франция и Россия отдают предпочтение разным моделям развития отрасли, а другие динамично развивающиеся отрасли в Индии, Южной Корее и Китае значительно отличаются от моделей Великобритании или Швеции. В связи с этим на основании ряда источников [24, 44, 59, 81, 117, 126] можно заключить, что в мире используется три основных модели регулирования атомной отрасли:

1. Государственно-монополярная модель функционирования атомной энергетики с централизованной формой управления. В данном случае АО находится в монополярном ведении государства, поскольку входит в основную государственную компанию, функционирующую в сфере производства, передачи и распределения электроэнергии.

2. Рыночная модель со свободным рынком и конкуренцией. При такой форме управления на свободном энергетическом рынке одновременно функционируют несколько компаний, отличающихся размером и формой собственности.

3. Смешанная модель, где в различной степени присутствуют элементы первой и второй модели. В указанных условиях наблюдается переход от монополярной формы управления АО к конкурентной, что чаще характерно для развивающихся стран, а также для государств, участвующих в международной интеграции.

В отдельных странах указанные модели могут трансформироваться с учетом национальных особенностей, но с сохранением общей идеологии управления двух первых моделей либо смешивая их черты. Во Франции, Китае и России представлена государственная модель развития атомной отрасли. Наряду с этим в США, Японии и Великобритании АО развивается на основе рыночной модели, в Германии и Финляндии наблюдается смешанная модель управления. Предпочтение определенной модели происходит с учетом специфики географического положения страны, анализа исторического развития и политического устройства, наличия или потребности в технико-

экономическом, ресурсном потенциале и прочих факторах. Поэтому не существует однозначного мнения о преимуществах или недостатках указанных моделей. Их выбор происходит с учетом анализа экономической отдачи, эффективности и безопасности. При применении различных моделей управления существующие одновременно атомные отрасли могут быть вполне конкурентоспособны.

Следует отметить, что при условии монопольного государственного регулирования атомной отрасли, но при отсутствии излишней политизированности в данной сфере, правильно ориентированная энергетическая стратегия способна обеспечить стране лидерские позиции на соответствующем рынке при определенной гибкости в процессе принятия решений. Однако у атомной отрасли России, которая исторически сформировалась в военно-промышленных целях и является стратегически важной отраслью не только энергетики, но и обороны страны, политизированные решения доминируют над объективными требованиями рынка.

Авторская позиция в данном вопросе такова, что в странах с развитой ядерной энергетикой и атомной промышленностью проблемы безопасности использования атомной энергии, работы атомных электростанций, защиты окружающей среды и населения от радиации, общественных отношений в атомной отрасли должны быть контролируемы государством. Так, Россия обладает «автономным правом» на регулирование своей атомной отрасли, и это право постоянно развивается и дополняется новыми нормативными актами. Тем не менее, принятие новых нормативных актов не всегда означает смену основополагающих принципов, не успевающих измениться в соответствии с жизненными потребностями.

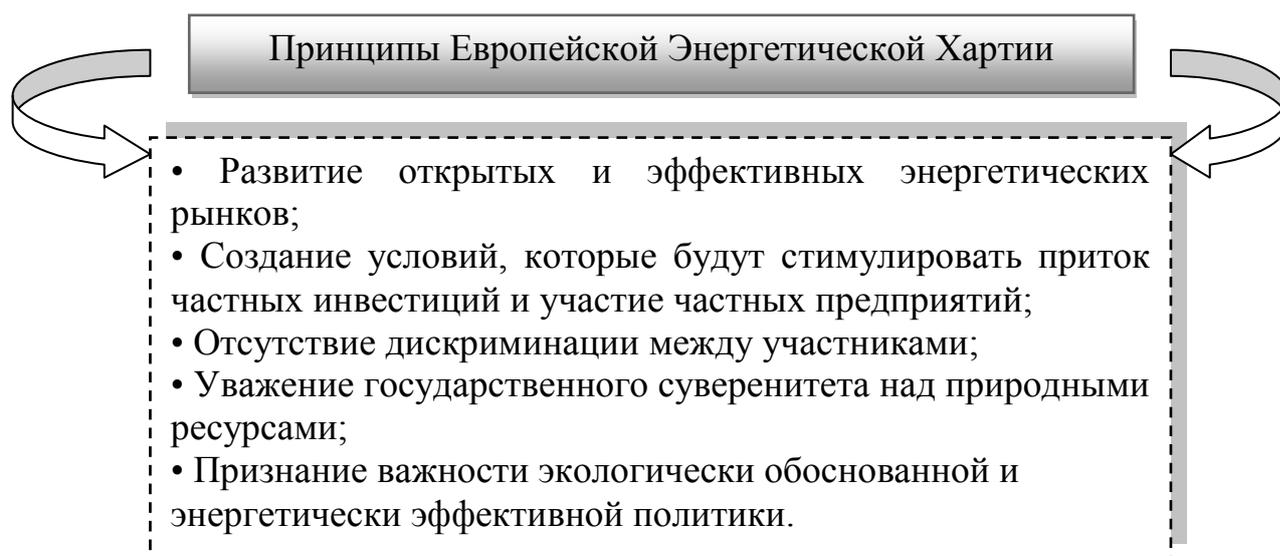
Существенное регуляторное воздействие на развитие российской энергетики, в том числе атомной, оказала Энергетическая Хартия, процесс составления которой начался в период падения Берлинской стены и

продолжился после распада СССР, что привело к значительным трансформациям европейской и мировой энергетической политики. Указанные действия предопределили новые и беспрецедентные перспективы экономического сотрудничества, основой взаимоотношений которых стал мировой энергетический сектор.

Европейская Энергетическая Хартия представляет собой политическую декларацию, подписанную в Гааге в 1991 г. По своей сути, она является политическим обязательством о сотрудничестве в энергетическом секторе на основе следующих целей и принципов (рис. 1.10).

**Рисунок 1.10.**

**Совокупность принципов Европейской Энергетической Хартии [35]**



Целью формирования Европейской Энергетической Хартии является поощрение энергетического сотрудничества между восточными и западными странами. А созданный на основе указанного документа Договор к Энергетической Хартии (ДЭХ) представляет собой единственный в своем роде юридически обязательный многосторонний документ, конкретно касающийся межгосударственного сотрудничества в энергетическом секторе. Ниже представлены основные его характеристики:

- основа ДЭХ - в политической декларации о сотрудничестве между востоком и западом в энергетическом секторе (Европейская Энергетическая Хартия);

- ДЭХ - это комплексное многостороннее соглашение, охватывающее все аспекты сотрудничества в области энергетики (торговлю, инвестиции, транзит, энергетическую эффективность, урегулирование споров);

- ДЭХ содействует открытости энергетических рынков и надежности энергоснабжения, уважая в то же время принципы устойчивого развития и суверенитета над энергетическими ресурсами;

- ДЭХ создает международный форум для обсуждения всех связанных с энергетикой вопросов;

- процесс Энергетической Хартии носит динамичный характер и открыт для сотрудничества с заинтересованными третьими странами [35].

Основной целью ДЭХ является формирование правовых норм в сфере энергетической политики посредством создания единого нормативного поля, обязательного к соблюдению всеми участниками Договора. Это позволит минимизировать риски, связанные с инвестиционной и торговой деятельностью в области энергетики.

Положения ДЭХ регулируют следующее:

- защиту и поощрение иностранных инвестиций в энергетический сектор с помощью расширения режима наибольшего благоприятствования или национального режима (их выбор зависит от того, какой из режимов наиболее соответствует развитию энергетики в определенный период времени);

- свободную торговлю материалами, продукцией и прочим связанным с энергетическим сектором оборудованием, регламентированную правилами ВТО;

- свободу транзита энергоресурсов (трубопроводы, сети и пр.);

- уменьшение негативного воздействия энергетического сектора на окружающую среду с помощью повышения энергоэффективности;

- инструменты и механизмы урегулирования споров на межгосударственном уровне или внутри государства (между инвестором и государством) [34].

В аспекте инвестиционной деятельности посредством положений ДЭХ формируется единое правовое поле для привлечения инвестиций в сферу энергетики во всех странах-участницах Хартии, что позволит уменьшить различного рода некоммерческие риски. На основе принципа «не дискриминационного подхода» гарантирована защита для иностранных инвесторов. Участвуя в ДЭХ, государство обязуется распространить режим наибольшего благоприятствования или национальный режим на тех граждан, юридических лиц и прочих подписавшихся участников, которые осуществили инвестиционные вложения в его отрасль энергетики. Таким образом, Договор имеет юридическую силу эквивалентную объединенной системе двусторонних договоров, регулирующих защиту инвестиций [34].

Следует отметить, что в 2009 г. Россия приняла решение об отказе ратификации ДЭХ, чему во многом способствовал российско-украинский газовый конфликт (согласно ДЭХ страна обязана была предоставлять транзитные возможности на более выгодных условиях). Такое решение сузило возможности России относительно участия в принятии политических решений на рынке энергетики.

Место и роль ДЭХ в системе международного регулирования энергетического сектора, в том числе и российского, схематически изображены на рис. 1.11.

Рисунок 1.11.

**ДЭХ в системе прочих документов международного регулирования  
энергетического сектора [56]**



В представленной системе ДЭХ можно рассматривать как многосторонний инвестиционный договор с более широкой сферой действия, чем исключительно область инвестиции. Его отличия от других существующих двусторонних инвестиционных договоров состоит в том, что он применим только к энергетической сфере, и частично ко всем сопряженным с нею областям (табл. 1.8).

Таблица 1.8

**Сопоставительный анализ некоторых международных двусторонних соглашений (в рамках организаций)  
в области инвестиций [57]**

Организация	Правовой статус	Сфера применения	Инвестиции	Торговля	Транзит	Энерго-эффективность	Разрешение споров
ДЭХ	Юридическое образование	Энергетика	+	+	+	+	+
ВТО	Юридическое образование	Экономика	+ (услуги)	+	+/- *	-	+
НАФТА	Юридическое образование	Экономика	+	+	-	-	+
ОЭСР	Юридическое образование	Экономика	+	-	-	-	-
АТЭС	Не юридическое образование	Экономика	+	+	-	-	-

\*Примечание: применимость ст.V ГАТТ к сетевой энерготранспортной инфраструктуре в стадии обсуждения; плюс специализированные энергетические организации: ОПЕК, МЭА, МЭФ, ЕЭК ООН (частично), МАГАТЭ и пр.; плюс специализированные «региональные» организации: ОЧЭС, БАСРЕК и пр. [57]

Однако, необходимо отметить, что в аспекте атомной энергетики анализируемые документы касались в основном вопросов о нераспространении ядерного оружия и обращения с отработанным ядерным топливом, но раскрывали более широкие возможности для иностранных инвесторов. Специфика атомной отрасли состоит в том, что вопросы, касающиеся транзитного обеспечения ее деятельности, не влияют на результирующие показатели.

По мнению автора диссертации в условиях глобализации международных рынков, что присуще современной мировой экономике, целесообразно не делить по различным критериям производящие атомную энергию страны, а объединять их для совместного решения общих энергетических проблем. В связи с этим роль России, как крупнейшей энергетической державы, определяется активным участием в данном процессе. Для этого необходимо разработать и реализовать соответствующую методику, позволяющую провести всесторонний анализ уровня развития атомной отрасли ведущих стран мира, выделить ключевые факторы, влияющие на данный процесс, а также построить вариантный прогноз развития атомной энергетики в будущем.

Такой подход позволит не только определить энергетические позиции стран в глобальном энергетическом пространстве, но и предложить стратегии их развития в соответствии с занимаемыми позициями.

Поскольку растущие процессы глобализации экономических процессов в мире затронули также атомную энергетику, то целесообразным будет проведение анализа мировой атомной отрасли в разрезе страны происхождения, а не территориального размещения ее объектов. Исследование позиций стран по уровню развития в них атомной отрасли с последующим формированием соответствующих групп государств будет произведено во второй главе диссертации.

## Выводы к 1 главе

1. На основании анализа эволюции развития атомной отрасли сделан вывод о том, что ее рост был предопределен увеличением энергетической потребности стран и желанием в создании независимого от внешней конъюнктуры рынков энергообеспечения, то есть стремлением к обеспечению национальной энергетической безопасности. На торможение в развитии отрасли в первую очередь влияют крупные аварии на АЭС, формирующее негативное общественное мнение и соответствующие политические решения в данной сфере. Формирование концепций становления атомной отрасли в отдельных странах мира обусловлено их социально-экономическими потребностями в определенный период времени и проводимой государственной политикой. Страны, в которых сравнительно невелико значение коэффициента энергообеспеченности, имеют большую зависимость от импорта энергоресурсов, поэтому в таких странах целесообразно увеличивать мощность атомной генерации для удовлетворения потребности в электроэнергии. В работе под атомной отраслью следует понимать отрасль энергетической промышленности, целью функционирования которой является обеспечение энергетической безопасности, производство электроэнергии и тепла посредством реакции деления атомных ядер при обязательном соблюдении правил и норм экологической безопасности и национальных интересов.

2. Анализ отдельных показателей мирового энергобаланса свидетельствует о сокращении потребления угля и нефти в странах ОЭСР при сопровождающемся увеличении потребления газа, атомной и возобновляемой энергии. В указанной группе стран в энергетическом балансе снижается доля углеводородных источников. Для развивающихся стран также отмечено снижение доли всех углеводородных видов энергии, при более ускоренном темпе роста доли атомной энергии (за счет расширения масштабов

строительства АЭС в Китае и Индии). Однако для всех групп стран в их энергобалансе по фактическим и прогнозным данным преобладает доля нефти, угля и газа. Мирная атомная энергетика концентрировалась в последние десятилетия в США и странах Европы, в том числе и России. Ряд государств, не имеющих на данный момент АЭС, направили в МАГАТЭ просьбу предоставить им рекомендации и провести исследование эффективности использования атомной энергии для обеспечения собственной энергетической безопасности, а также, в случае надобности, оказать содействие в разработке планов строительства АЭС.

3. Поскольку Россия занимает ведущие позиции в мировом экспорте газа и нефти, то ей отведено приоритетное значение в обеспечении глобальной энергетической безопасности и стабильности на энергетических рынках, чем обусловлено развитие российского энергетического сектора в рамках национальных интересов страны. В работе установлено, что в условиях глобализации международных рынков, что присуще современной мировой экономике, целесообразно не делить по различным критериям производящие атомную энергию страны, а объединять их для совместного решения общих энергетических проблем. В связи с этим роль России, как крупнейшей энергетической державы, определяется активным участием в данном процессе.

На практике мировая атомная отрасль в зависимости от страны производителя атомной энергии имеет разные национальные механизмы регулирования, но удерживая приоритеты своей деятельности в соответствии с требованиями или рекомендациями международных сообществ. При условии монопольного государственного регулирования атомной отрасли и при отсутствии излишней политизированности в данной сфере, правильно ориентированная энергетическая стратегия способна обеспечить стране лидерские позиции на соответствующем рынке при определенной гибкости в процессе принятия решений. В связи с чем представляется, что в странах с развитой ядерной энергетикой и атомной промышленностью проблемы

безопасности использования атомной энергии, работы атомных электростанций, защиты окружающей среды и населения от радиации, общественных отношений в атомной отрасли должны быть контролируемы государством. Так, Россия обладает «автономным правом» на регулирование своей атомной отрасли, и это право постоянно развивается и дополняется новыми нормативными актами. Тем не менее, принятие новых нормативных актов не всегда означает смену основополагающих принципов.

## ГЛАВА 2. АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

### 2.1. Определение факторов, влияющих на развитие атомной отрасли

Исследования, проведенные в первой главе, определили наличие дифференциации в развитии атомной отрасли в различных странах мира. Различие очевидно не только в разрезе анализируемых показателей, но и по уровню организации государственного регулирования отрасли. В этой связи научный интерес представляет выделение и обоснование перечня факторов, влияющих на уровень развития АО с целью разработки обоснованных управленческих решений в данной сфере.

Следует подчеркнуть, что появление в работе такого понятия, как «уровень развития АО», обуславливает необходимость его уточнения. Согласно толковому словарю С.И. Ожегова, «уровень» трактуется как «степень величины, развития, значимости чего-либо» [86]. Такое определение подходит для описания степени развития любой сферы деятельности, в том числе атомной отрасли, в любой экономической системе, включая государство. Также, можно утверждать, что именно «уровень развития АО» имеет подходящую характеристику для оценки состояния влияния технических и социально-экономических факторов на состояние отрасли в заданный период времени. Таким образом, следует заключить, что «уровень развития АО» разносторонне характеризует состояние атомной отрасли в анализируемом государстве и должен описываться определенным перечнем признаков (факторов).

В специальной научной литературе по исследованию вопросов функционирования атомной энергетики учеными выделяется широкий спектр

факторов, влияющих на развитие данной отрасли. В этой связи целесообразным является выделение и обоснование наиболее значимых факторов, а также анализ их взаимосвязи и взаимозависимости. Реализовать указанную задачу автором предлагается посредством применения методики контент-анализа. Экономическая суть контент-анализа научной литературы (от англ. «content» содержание) состоит в применении методики качественно-количественного анализа содержания литературных источников по степени упоминания в них различных фактов и тенденций относительно предметного поля исследования [73]. Данный метод позволяет обобщить разнообразие взглядов ученых в отношении приоритетности факторов, влияющих на уровень развития АО, то есть на способность определенных государств генерировать атомную энергию в том объеме, который возможен при существующем уровне их социально-экономического развития.

Декомпозиция подходов ученых по определению факторов, влияющих на уровень развития АО на основе контент-анализа представлена в Приложении 5. На основании полученных результатов, можно сделать вывод о том, что отобранные факторы подлежат классификации на такие виды:

- техническая характеристика атомной отрасли (технические факторы);
- социально-экономическая характеристика атомной отрасли (социально-экономические факторы).

По мнению автора диссертации, данная типология логична в своей взаимосвязи, поскольку определенный технический потенциал атомной отрасли в отдельном государстве обусловлен существующим уровнем социально-экономического развития данного государства, включая его финансово-экономические и кадровые возможности, инвестиционную привлекательность, конкурентоспособность экономики и т.д.

Отобранные с помощью контент-анализа факторы необходимо проверить на мультиколлинеарность для получения тесноты связи между выделенными признаками, что может повлечь за собой уменьшение полученного

информационного пространства. На основании проверки мультиколлинеарности был подтвержден предварительный отбор факторов. Отобранным для анализа факторам было присвоено относительное порядковое значение ( $x_n$ ) в соответствии с указанной ранее группировкой. Кроме того, в выделенных составляющих приведенных факторов автором предлагается провести их более детальную группировку (формирование подгрупп факторов) для дальнейшего экономического сравнительного анализа (табл. 2.1).

Таблица 2.1

### Факторы, влияющие на уровень развития атомной отрасли

Выделенные факторы		Показатели
Название групп	Название подгрупп	
1	2	3
Техническая характеристика атомной отрасли (технические факторы)	Производство энергии	$x_1$ - количество действующих атомных реакторов, шт.; $x_2$ - общая мощность атомных реакторов (выработка энергии), ГВт; $x_3$ - доля атомной энергии в общей выработке энергии страны, %;
	Потребление энергии	$x_4$ - использование атомной энергии всего по стране, ГВт/ч; $x_5$ - использование атомной энергии на душу населения, МВт/ч/чел.;
	Активное развитие	$x_6$ – количество строящихся атомных реакторов, шт.; $x_7$ – количество планируемых к постройке атомных реакторов, шт.;
	Экология	$x_8$ - выбросы углекислого газа, млн. тонн;
Социально-экономическая характеристика атомной отрасли (социально-экономические факторы)	Макроэкономика	$x_9$ - уровень экономического развития в стране (ВВП на душу населения), долл. / чел.;
	Экономика/ Финансы	$x_{10}$ - цены на атомную энергию, долл. / МВт/ч; $x_{11}$ - расходы на строительство АЭС, млрд. долл.; $x_{12}$ - расходы на эксплуатацию и техническое обслуживание, долл. / МВт/ч; $x_{13}$ - расходы на топливо, долл. / МВт/ч; $x_{14}$ - доля государственных инвестиций в АО, %; $x_{15}$ - доля частных инвестиций в АО, %; $x_{16}$ – объем капитальных вложений, млрд. долл.; $x_{17}$ - финансирование НИОКР, млрд. долл.;

Окончание табл. 2.1

1	2	3
	Кадры	$x_{18}$ - количество занятых работников в АО, % от общего числа трудоспособного населения; $x_{19}$ - потребность в сотрудниках для АО, тыс. чел.; $x_{20}$ - количество учебных заведений, выпускающих специалистов для АО, шт.; $x_{21}$ - средняя оплата труда работников отрасли, долл.;
	Государственное регулирование	$x_{22}$ - уровень государственной нагрузки на экономику (доля государственных расходов в ВВП), %; $x_{23}$ - индекс экономической свободы; $x_{24}$ - индекс прав собственности.

На основании результатов контент-анализа очевидным является преобладание технических факторов по количеству упоминаний в матрице (см. Приложение 5), которые были выделены как отечественными так и зарубежными учеными, исследовавшими вопрос развития атомной отрасли.

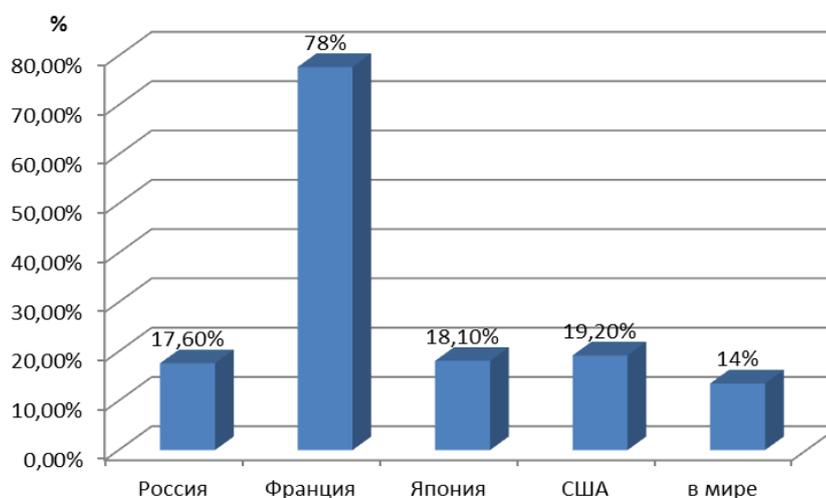
Преобладание технических факторов объясняется тем, что именно объемом генерирующих мощностей или энергетическим потенциалом отрасли чаще характеризуется уровень развития АО в отдельной стране. Так, общепринятую лидирующую позицию занимают США, Франция, Япония, Россия и т.д. Заметна однородность и прямая зависимость указанных показателей, то есть мощность генерации больше в той стране, где находится большее количество реакторов. Однако, по мнению автора работы, указанное сравнительное сопоставление слишком однобоко характеризует отрасль, что обуславливает необходимость рассмотрения более широкого спектра факторов для выявления потенциальных резервов или дестимуляторов функционирования данного энергетического сектора.

При рассмотрении показателя доли атомной энергии в общем количестве вырабатываемой электроэнергии страны, нивелируется указанная выше однородность в сравнении стран, поскольку объективную лидирующую

позицию будет занимать Франция, а не США, как было зафиксировано в предыдущем сопоставлении (рис. 2.1).

**Рисунок 2.1.**

**Сопоставление доли атомной энергии в общем количестве вырабатываемой электроэнергии страны по состоянию на июнь 2012 г. (рассчитано автором по данным World Nuclear Association [171])**



Сопоставление данных на рис. 2.1 показывает, что по нескольким параметрам, включенным в сравнительный анализ уровня развития АО, отдельные государства могут занимать не всегда первые позиции. Таким образом, подчеркивается необходимость вовлечения в исследование как можно большего числа факторов для проведения глубокого всестороннего анализа.

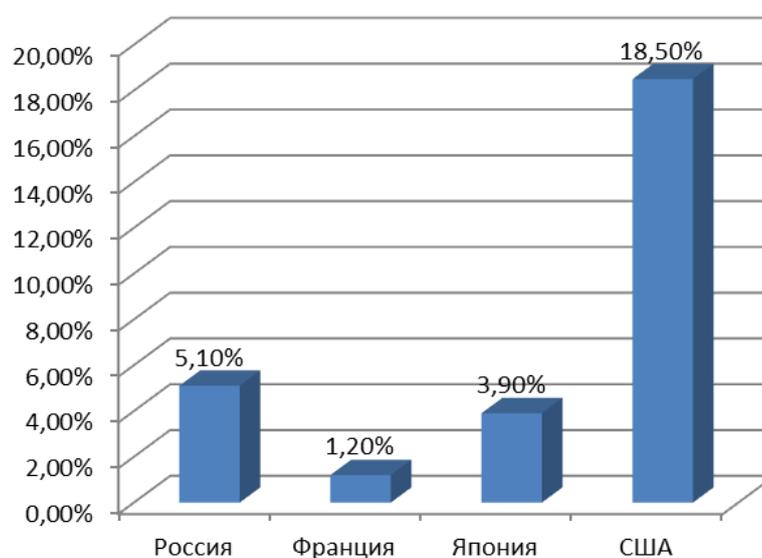
Дестимулирующим фактором является показатель выбросов углекислого газа в атмосферу подгруппы «Экология» (рис. 2.2).

Существование актуальной проблемы, которая связана с необходимостью уменьшения выбросов в атмосферу парниковых газов, что остро фиксируется в электроэнергетическом секторе промышленно развитых стран, обуславливает возрождение интереса к строительству новых АЭС и увеличению атомной генерации в общем объеме производимой электроэнергии страны. Таким образом, наличие в анализе данного фактора указывает на потенциальную необходимость повышения уровня развития АО в той стране, где данный

фактор превышает соответствующее значение других стран. Поскольку известно, что производство электроэнергии на АЭС минимизирует выбросы углекислого газа в атмосферу.

**Рисунок 2.2.**

**Выбросы углекислого газа в атмосферу, % от общего мирового объема (рассчитано по данным отчета British Petroleum [140])**



Проанализировав технические факторы уровня развития АО можно сделать следующие выводы:

- характеристика уровня развития атомной отрасли страны, производящей АЭ, не может проводиться исключительно по показателям производства энергии, поскольку однобоко характеризует исследуемый процесс;

- характеристика уровня развития атомной отрасли страны, производящей АЭ, должна включать расширенный перечень показателей, как позитивно влияющих на отрасль (показатели-стимуляторы), так и негативно воздействующих на нее (показатели-дестимуляторы), для всестороннего глубоко анализа объекта исследования.

При этом целесообразно особо выделить тот факт, что существующий уровень развития АО в отдельном государстве напрямую зависит и объективно обусловлен уровнем социально-экономического развития такого государства,

важнейшим показателем чего является ВВП на душу населения подгруппы «Макроэкономика» (данные см. табл. 1.6).

Следующими по приоритетности в матрице контент-анализа были выделены финансово-экономические факторы, среди которых особое влияние на уровень развития АО оказывает цена на топливо для АЭС, а также доля эксплуатационных расходов в цене на атомную энергию. В качестве примера в табл. 2.2 приведены данные по США.

**Таблица 2.2**

**Составляющие себестоимости производства электроэнергии в США различными видами генерации в 2011 г. [146]**

Виды генерации	Компоненты себестоимости, центов за кВт/час		
	Всего затраты на производство	Операционные и эксплуатационные расходы	Стоимость топлива
Уголь	3,06	0,70	2,36
Газ	4,86	0,50	4,36
Атомная энергия	2,14	1,49	0,65
Нефть	15,18	1,98	13,20

В сравнительном анализе нескольких источников энергии, проведенным американским Nuclear Energy Institute в 2011 г. [146], атомная энергия уступает углю и газу только по операционным и эксплуатационным расходам. По показателю расходов на топливо и совокупным затратам на производство у атомной энергетики было отмечено сравнительное конкурентное преимущество перед углем, газом и нефтью.

Следует отметить, что расходы на топливо в общей стоимости атомной энергии составляют незначительную часть, поскольку в настоящий момент мировое предложение урана выше, чем спрос на него. Мировая цена на урановую руду с середины 1970-х гг. остается сравнительно низкой. Однако достаточно сложно оценить размер расходов на утилизацию использованного топлива. В этой связи британскими учеными отмечено, что расходы на топливо

в США в действительности искусственно занижены, потому что правительство США взяло на себя обязательства по утилизации отработанного топлива в обмен на фиксированную ставку за отпускаемую электроэнергию [113].

В условиях нестабильного внешнего окружения также целесообразно отметить проблему влияния изменения цены на топливо для АЭС (урановую руду). По оценке ученых Массачусетского технологического института [23] увеличение цены урана от 30 до 60 долл./кг приводит к повышению стоимости электроэнергии, которая характеризуется умеренным ростом в соответствии с приведенными в табл. 2.3 значениями.

Таблица 2.3

**Зависимость изменения цены на атомную энергию от роста  
стоимости урановой руды [23]**

Цена руды, долл./кг	Компоненты себестоимости электроэнергии, центов за кВт/ч			Изменение себестоимости электроэнергии, %
	Прямые затраты	Текущие расходы	Итого	
30	0,78	0,33	1,11	2,2
50	1,29	0,55	1,84	3,7
60	1,55	0,66	2,21	4,4
100	2,59	1,10	3,68	7,4
130	3,36	1,43	4,79	9,6
200	5,17	2,20	7,37	14,7

В начале 1990-х гг. в США затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание (без учета затрат на топливо) были около 22 долл./МВт/ч, а расходы на топливо составляли примерно 12 долл./МВт/ч. Очевидной была необходимость снижения затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание. Поэтому к середине 1990-х гг. объем средних эксплуатационных затрат (без топливных расходов) составлял уже 12,5 долл./МВт/ч, а затраты на топливо были сокращены до 4,5 долл./МВт/ч. Однако, следует отметить, что, в основном, указанное снижение расходов было достигнуто за счет повышения

мощности и надежности АЭС, нежели путем снижения капитальных затрат [113].

В России по состоянию на 2011 г. себестоимость атомной электроэнергии составляет 1,97 центов за кВт/ч, что ниже, чем аналогичный показатель для США [9]. Стоимость атомной электроэнергии во Франции меньше, чем во многих европейских государствах в среднем на 30% [9]. В этой связи очевидно ценовое преимущество атомной генерации в тех странах, где большая часть производимой энергии осуществляется на АЭС.

Наиболее спорным фактором является показатель стоимости строительства новых АЭС и существование подобных разногласий относительно прогнозов по стоимости строительства, что было автором приведено в Приложении 4, объясняется многими факторами. Как справедливо отмечает С. Томас [113], прогнозы затрат на строительство заведомо являются неточными, их размер занижен относительно реальных расходов, при этом, накопление технического опыта, технологический прогресс и эффект масштабов производства приводят к уменьшению стоимости использования технологий последующих поколений, поэтому реальная стоимость строительства имеет тенденцию к увеличению с течением времени. Также необходимо учитывать тот факт, что в разных странах мира различны цены на сырье (к примеру, сталь и бетон) и внутреннюю рабочую силу.

По различным оценкам научных источников стоимость строительства новой АЭС (для Америки и Западной Европы) колеблется в пределах от 900 до 5400 долларов на один кВт/ч выработки электроэнергии [113]. Для России строительство новой АЭС оценивается примерно в 2400 долларов за кВт/ч новой мощности (на основании проектных характеристик и заявленной сметной стоимости Балтийской АЭС) [9].

Необходимо отметить, что указанные оценки были произведены в течение некоторого периода и в оригинале выражались в различных валютах. Таким образом, например, влияние инфляции (при уровне в 2,5% она увеличит

стоимость строительства на 13% в течение пяти лет), а также учет колебания валютных курсов (в период с 2000 г. валютный курс доллара к фунту стерлингов менялся от 1,40 до 1,93) совокупно приводят к тому то, что любые сравнения данного показателя при прочих равных условиях имеют значительный коэффициент погрешности [113].

Важным фактором в процессе исследования уровня развития атомной отрасли является размер и структура инвестиций в строительство новых объектов или улучшение действующих АЭС, что также характеризуется отсутствием единства мнений и подходов. Это обусловлено существованием определенного парадокса, заключающегося в том, что на стадии инвестиций в строительство действуют очень высокие учетные ставки (около 15%), применяющиеся для определения эффективности проекта, а на стадии вывода объекта из эксплуатации действуют низкие учетные ставки (от 3%) для установления степени увеличения фонда [9].

Данный парадокс объясняется наличием высокого риска инвестирования в атомную отрасль, который связан со сложностями прогноза и контролирования расходов на строительство, неустойчивостью эксплуатационных характеристик, воздействием внешних событий (политическая и экономическая ситуация в стране, возможность возникновения аварий и т. д.). Большое влияние на объем инвестиций также оказывает организация и регулирование электроэнергетического сектора (табл. 2.4).

**Таблица 2.4**

**Размер инвестиций в АО и организация регулирования отрасли [89, 141]**

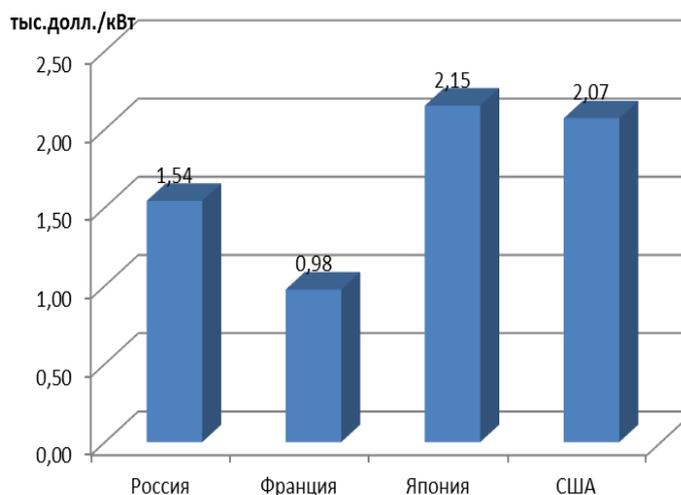
Страна	Размер инвестиций		ВВП на душу населения, долл./чел.	Организация регулирования АО
	млрд. долл.	% к ВВП		
США	210	3	48 100	Либеральный рынок, свободная конкуренция
Япония	96	2	34 000	
Франция	61,6	11,2	35 000	Монопольный рынок, директивное государственное регулирование
Россия	35,6	5,8	16 700	

Из приведённых в табл. 2.4 данных видно, что возможности расходов на инвестиции в АО больше у той страны, где выше уровень экономического развития, характеризующийся размером ВВП на душу населения. При этом, в условиях большей регулируемости государством АО (Россия, Франция), действует учетная ставка для инвесторов на уровне 5-8%, а при организации АО по законам свободной рыночной конкуренции (США, Япония) стоимость инвестированного капитала будет составлять как минимум 15% [89]. Снижение стоимости капитала на монопольном государственном рынке объясняется тем, что в таких условиях существуют правительственные гарантии (государственные субсидии) на рыночные условия функционирования отрасли.

Размер вложенных инвестиций в расчете на 1 кВт установленной мощности графически представлен на рис. 2.3.

**Рисунок 2.3.**

**Сравнение размера вложенных инвестиций, приходящихся на 1 кВт установленной мощности АЭС в 2011 г., тыс. долл./кВт (рассчитано автором по данным исследовательской компании «Эрнст энд Янг» и World Nuclear Association [89, 171])**

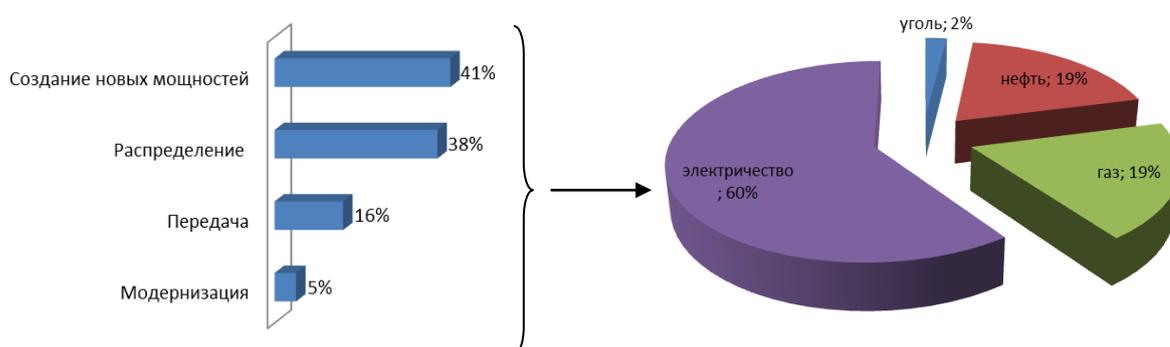


Следует отметить, что в сравнении с общей ситуацией в мировой энергетике наибольшие инвестиции направлены в газовую и нефтяную отрасли,

чем в сектор атомной генерации. По данным отчета Международного энергетического агентства [102] около 10 трлн. долл. планируется направить в сектор электроэнергетики (60% общего объема инвестиций), а 6 трлн. долл. – использовать в сфере добычи, транспортировки и переработки органического топлива (нефти, угля и газа). Прогнозируется, что 5% всех инвестиций необходимо вложить в модернизацию действующих объектов, а 41% потребуется на строительство новых мощностей, из которых 42,6% будет направлено в те установки, которые работают на газе, 30,2% – на угле, 4,7% - на нефти, 3,2 – в АЭС (рис. 2.4).

**Рисунок 2.4.**

**Структура мировых инвестиций, направленных в энергетический сектор [144]**

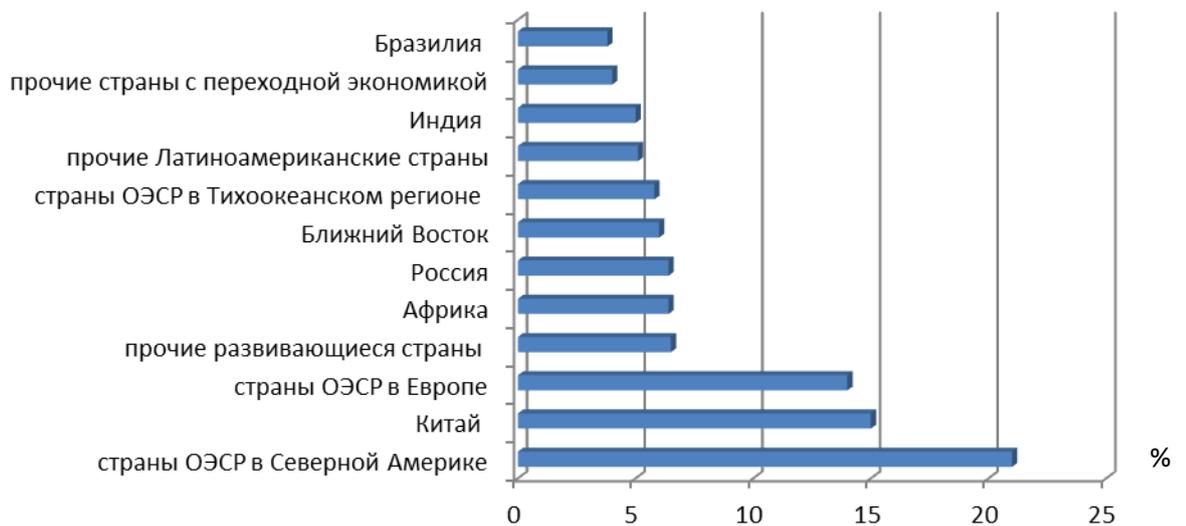


В течение периода 2001–2030 гг. по расчетам аналитиков МЭА в мировой энергетический сектор планируется инвестировать 16,5 трлн. долл., что в среднем ежегодном выражении составит порядка 550 млрд. долл. [144]. Основой прогнозирования МЭА послужило исследование существующих финансовых потребностей по видам генерирующих технологий в региональном разрезе, а также анализ взаимосвязи инвестиционных нужд с размерами экономики. Для Стран Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) потребуется около 4 трлн. долл. для развития национального сектора электроэнергетики, в том числе половину данных вложений планируется

направить в сферу передачи и распределения электроэнергии [121]. Специалисты полагают, что такие страны, как Индия, Китай, Россия, Бразилия и Индонезия в мировом объеме инвестиций займут около 35% [168]. При этом развивающиеся страны и страны с переходной экономикой будут осваивать более 60% мирового объема инвестиций (рис. 2.5).

**Рисунок 2.5.**

**Доля отдельных стран в мировом объеме инвестиций за период 2001-2030 гг., % [168]**



Таким образом, анализ структуры и размера инвестиций в атомную отрасль показывает большую эффективность отрасли в той стране, где она функционирует на принципах самокупаемости. Однако для России этот вопрос пока остается открытым в силу необходимости финансовой и регуляторной государственной поддержки.

Следующим важным фактором, влияющим на уровень развития атомной отрасли, является кадровое обеспечение. Проблема состоит в том, что мировой атомной энергетике в ближайшем будущем потребуются тысячи новых работников на замену работающих сейчас сотрудников пенсионного и предпенсионного возраста (например, средний возраст работников отрасли в

США от 49 до 52 лет), задействованных в строительстве и эксплуатации новых АЭС.

В этой связи для подготовки следующего поколения рабочей силы, атомная отрасль США активно взаимодействует с местными колледжами по набору студентов для работы в своих компаниях. Недавний анализ, проведенный Nuclear Energy Institute [155], показал, что предложение рабочих мест в атомной отрасли США характеризуется рядом экономических преимуществ по сравнению с другими электрическими технологиями (табл. 2.5).

**Таблица 2.5**

**Сравнительный анализ условий труда в компаниях, занимающихся генерацией электроэнергии в США по состоянию на декабрь 2011 г. [157]**

Вид генерации	Количество работников для выработки 1 МВт энергии, чел./МВт	Средняя установленная мощность объекта, МВт	Количество рабочих мест, приходящихся на 1 объект отрасли, чел.	Средняя оплата труда работников, долл./час	Размер годового фонда оплаты труда в среднем по отрасли, млн. долл.
Атомная энергия	0,50	1000	504	31	32,49
Уголь	0,19	1000	187	28	10,99
Газ	0,05	630	34	28	2,02

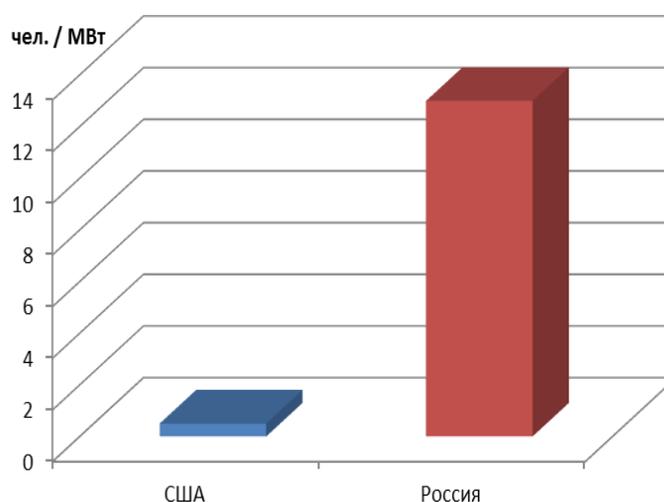
По данным в табл. 2.5 видно, что атомная отрасль является наиболее трудоемкой технологией, а, следовательно, и наиболее затратной для производителя по размеру годового фонда оплаты труда. Работа одной АЭС требует от 400 до 700 прямых постоянных рабочих мест. Оплата труда на каждом из таких рабочих мест на 36% выше аналогичного показателя в среднем по соответствующему региону.

В отличие от США атомная отрасль России в аспекте кадрового обеспечения не обладает настолько позитивными характеристиками. Этому свидетельствует соотношение размера ежемесячной заработной платы: в США

около 6000 долл., в России около 700 долл. Также следует отметить, что для российской АО характерен очень высокий показатель трудоемкости – 12,99 чел. / МВт – это означает, что для производства 1 МВт энергии необходим труд 13 работников отрасли (рис. 2.6).

**Рисунок 2.6.**

**Сравнение показателя трудоемкости производства атомной энергии в США и России в 2011 г. (рассчитано автором по данным отчета British Petroleum [140])**



Таким образом, показатель трудоемкости является серьёзным дестимулирующим фактором для АО России. Для решения указанных проблем филиалом Национального ядерного университета объединено 13 учебных заведений по среднему и средне-специальному образованию, 5 учреждений профессионального образования, которые готовят более 40 тыс. учащихся. Это позволит в перспективе сократить потребность в дополнительных кадрах для атомной отрасли. Сегодня в атомной отрасли задействовано около 300 тыс. сотрудников, а потребность в дополнительных работниках составляет ежегодно 10 тыс. специалистов разного уровня подготовки.

Все указанные выше тенденции уровня развития атомной отрасли в анализируемых странах обусловлены, главным образом, существующим

устройством регулирования отрасли, преобладанием частного или государственного уровня управления. Следует особо выделить наличие тесной взаимосвязи между уровнем регулирования отрасли, государственной поддержкой и масштабом возможностей атомной энергетики (техническим потенциалом отрасли).

На практике существует ситуация, при которой обоснованная экономическая и научно-техническая стратегия развития АО с последующей реализацией энергетических атомных программ невозможна без достаточной государственной поддержки, формирующей не только благоприятное общественное мнение, но и эффективную систему регулирования, в соответствии с потребностями отрасли на определенном этапе ее развития.

В данной диссертации при оценке уровня государственного регулирования АО выделены следующие показатели: уровень государственной «нагрузки» на экономику, индекс экономической свободы и индекс прав собственности в государстве.

Уровень государственной нагрузки на экономику показывает долю государственных расходов в ВВП (табл. 2.6). В научном обороте принято считать, что в тех странах, где высокий уровень государственной «нагрузки», выше темпы экономического роста, следовательно, существует потенциальная возможность роста государственных инвестиций в АО.

**Таблица 2.6**

**Уровень государственной «нагрузки» на экономику\***

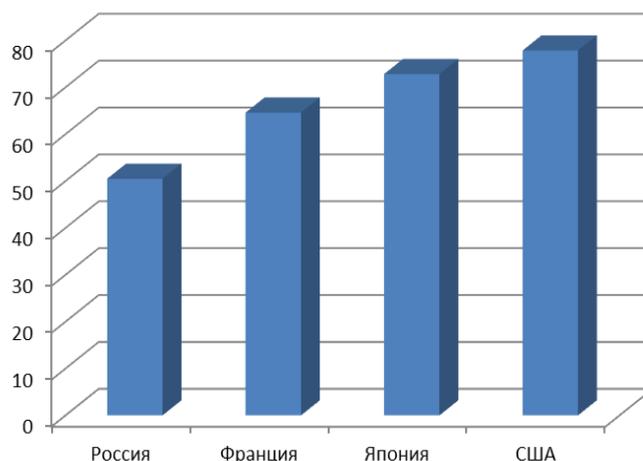
Страны	Доля доходов государства в ВВП	Уровень государственной «нагрузки» на экономику
США	18%	21%
Франция	54%	58%
Япония	33%	36%
Россия	31%	20%

\*Примечание. Составлено на основании данных Всемирного Банка [141]

В отношении указанного показателя немецким экономистом А. Вагнером еще в прошлом столетии был сформулирован тезис о неизбежности роста государственного участия в экономике развитых стран. Из приведенных показателей в табл. 2.6 видно, что государственная «нагрузка» на экономику России меньше аналогичного показателя в развитых странах, при этом высока доля государственных доходов в ВВП. Последний показатель означает, что в ВВП России формируется по большей части за счет фискальной составляющей, нежели экономических доходов, в том числе доходов от функционирования АО. Российский ученый Е. Т. Гайдар в этой связи отмечал, что поскольку уровень российских государственных доходов в ВВП выше, чем, например, в США, то с определенной вероятностью можно утверждать, что при устойчивом функционировании действующей налоговой системы государственная «нагрузка» на экономику в ближайшей перспективе увеличиваться не будет [26]. В аспекте развития АО данная тенденция может привести к необходимости перехода отрасли на полную самокупаемость при сохранении директивного государственного управления (возможен высокий индекс экономической свободы) на уровне нормативного обеспечения.

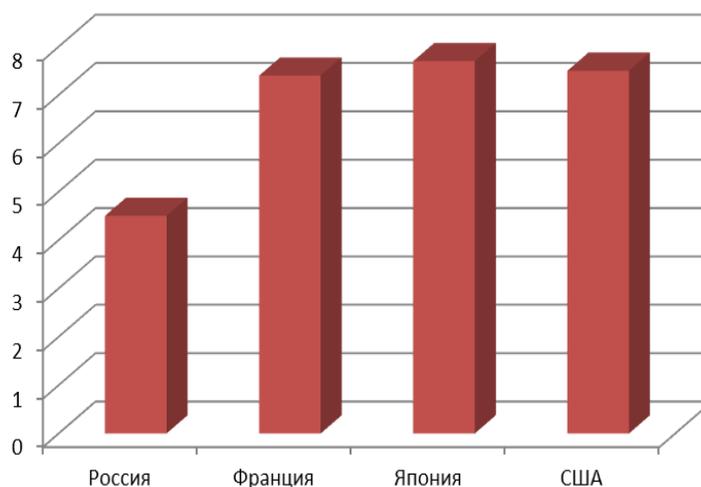
Индекс экономической свободы по оценке Global Property Guide [145]– оценивается по шкале от 0 до 100 и считается, что, чем ниже балл, тем выше уровень государственного вмешательства в экономику, следовательно, отмечается меньше экономической свободы в той или иной стране (рис. 2.7). Для уровня развития АО низкий индекс ограничивает возможности вложений частных инвесторов в отрасль, а также характеризует снижение эффективности частно-государственного партнерства (ГЧП).

**Рисунок 2.7.**  
**Сравнение индекса экономической свободы в 2012 г. по данным Global Property Guide**



Для более глубокого анализа фактора государственного регулирования отрасли применяют индекс прав собственности – комбинированный индекс Международного Альянса прав собственности (The Property Rights Alliance), который измеряет степень защиты прав частной собственности действующими государственными законами, а также правительственного применения этих законов [76]. Индекс измеряется по шкале от 0 до 10 баллов и характеризует место страны среди других государств. Соответственно, чем ниже рейтинг, тем хуже показатель страны в данной категории (рис. 2.8).

**Рисунок 2.8.**  
**Сравнение индекса прав собственности в 2012 г. по данным The Property Rights Alliance**



Многие зарубежные ученые считают защиту прав собственности важным фактором, влияющим на привлекательность инвестиций в отрасль. Считается эффективным, чтобы указанный индекс был выше в тех странах, где атомная отрасль функционирует преимущественно в частной собственности, что характеризует наилучшую защиту имущественных прав. При этом слишком низкий индекс негативно влияет на рост частных инвестиций в атомную отрасль.

Обобщая проведенный анализ, можно заключить, что государственная поддержка и степень регулирования являются важными характеристиками при определении масштаба возможностей атомной отрасли, нивелирование которых может привести к существенным погрешностям анализа.

Таким образом, в данном параграфе был проанализирован перечень факторов, оказывающих существенное позитивное и негативное влияние на стратегию развития атомной энергетики в разных странах. Было отмечено, что по различным показателям, участвующие в анализе страны, могут занимать как лидирующие, так и отстающие позиции. Поэтому целесообразно разработать обобщающий интегральный показатель для итогового рейтинга стран с целью выявления потенциальных возможностей и направлений развития АО в исследуемых странах. Реализация указанной задачи посредством методики таксономического анализа будет приведена в следующем параграфе.

## **2.2. Анализ позиций стран по уровню развития атомной отрасли в глобальном энергетическом пространстве**

Позиционирование стран в глобальном энергетическом пространстве в аспекте атомной энергетики зависит от их экономических и технических возможностей в определенный период времени генерировать атомную энергию.

Современное состояние мировой атомной энергетики, без учета последней катастрофы в Японии, можно охарактеризовать, как метастабильное. Для нового этапа развития атомной отрасли необходим определенный толчок, связанный с определением ядерной энергетики как базовой энергии, далее – местной энергии отдельной страны или региона, а в результате придание ей статуса универсальной энергии. Реализация таких направлений в одной или нескольких странах, генерирующих атомную энергию, позволит перераспределить их позиции в мировой энергетике. Однако, как было указано в предыдущем разделе, по отдельным характеристикам анализируемые страны могут занимать как лидирующие, так и отстающие позиции в сравнительном анализе. В этой связи практический интерес представляет разработка методики, позволяющей произвести рейтинговое ранжирование стран по уровню развития в них атомной отрасли для формулировки обобщающей характеристики тенденций мировой атомной энергетики.

Проведенное исследование на основании контент-анализа определило наличие двух составляющих (компонент) при определении характеристики атомной отрасли, которым присвоено следующее условное обозначение:

*T* - техническая характеристика атомной отрасли, агрегирующая в себе множество показателей технического характера ( $x_1$ - $x_8$ );

$E$  - социально-экономическая характеристика атомной отрасли, агрегирующая в себе перечень социально-экономических характеристик ( $x_9$ - $x_{24}$ ).

Таким образом, для дальнейшего анализа выделены следующие составляющие:  $T$  и  $E$  - соответственно показатели уровней технического и социально-экономического развития атомной отрасли, которые агрегируют значение множества признаков, выделенных относительно предметного поля исследования, рассчитанные на основе метода многомерного анализа.

В результате проведенного в предыдущем параграфе исследования обосновано массив показателей ( $x_1 - x_{24}$ ), характеризующих уровень развития атомной отрасли, обладающих количественной неоднородностью по причине отличий в единицах измерения. Дальнейший сравнительный анализ указанных составляющих предлагается осуществить на основе интегральных комплексных показателей, которые учитывают неравномерность развития атомной отрасли в отдельной стране для осуществления ранжирования таких стран.

Реализация указанной задачи лежит в плоскости применения методики многомерного анализа, представленной в работе польского ученого В. Плюты [93]. Преимуществом данного метода является возможность сопоставления разнородных показателей, путем агрегирования их в соответствующие синтетические величины, равнодействующие всех признаков, характеризующих уровни технического и социально-экономического развития атомной отрасли.

Расчет интегральных показателей осуществляется на основе формирования матриц наблюдений размерностью  $m$  (количество стран)  $\times$   $n$  (количество признаков), элементами которых являются количественные значения всей совокупности исходных показателей ( $x_1$ - $x_8$  для  $T$ ;  $x_9$ - $x_{24}$  для  $E$ ), которые являются неоднородными, поскольку описывают различные характеристики отрасли и отличаются единицами измерений. Последовательность расчетов в соответствии с приведенной методикой указана

в Приложении 6.

Интегральный (таксономический) показатель уровней технического и социально-экономического развития атомной отрасли в анализируемых странах – величина положительная и стремится к единице. Это интерпретируется следующим образом: отдельная страна имеет тем выше уровень развития атомной отрасли по выделенным компонентам, чем наиболее близко значение ее таксономического показателя к единице, что по всем анализируемым странам в динамике приведено в табл.2.7, где можно обнаружить значительные отклонения и неравномерности в развитии АО данных стран.

Также следует отметить, что интегральный показатель рассчитан автором отдельно по выделенным компонентам  $T$  и  $E$  с целью оценки технического и экономического потенциала отрасли в анализируемых странах. При этом практический интерес представляет также общий интегральный показатель, рассчитанный совокупно по всем отобранным факторам, который характеризует общий уровень развития атомной отрасли. В данной работе такому показателю присвоено условное обозначение  $Y$ .

В качестве объектов исследования было выбрано 11 стран, в процессе чего автор руководствовался следующими утверждениями:

1. Выборка для исследования должна быть информативной, то есть соответствовать требованиям статистики о наличии в исследовании более 5 объектов. В этой связи привлечение в анализ 11 стран отвечает поставленным требованиям.

Таблица 2.7

**Динамика расчетных значений интегральных показателей уровней технического (*T*), социально-экономического (*E*) и комплексного (*Y*) развития АО в анализируемых странах**

Страны	Расчетное значение интегрального показателя																				
	2006 г.			2007 г.			2008 г.			2009 г.			2010 г.			2011 г.			2012 г.		
	Y	T	E	Y	T	E	Y	T	E	Y	T	E	Y	T	E	Y	T	E	Y	T	E
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Мировой уровень	0,32	0,21	0,69	0,35	0,29	0,72	0,36	0,30	0,71	0,37	0,25	0,73	0,37	0,25	0,74	0,33	0,27	0,76	0,33	0,26	0,75
Канада	0,80	0,92	0,72	0,81	0,93	0,72	0,81	0,93	0,72	0,82	0,93	0,72	0,82	0,95	0,74	0,83	0,95	0,74	0,82	0,94	0,73
Китай	0,84	0,83	0,86	0,88	0,85	0,89	0,89	0,87	0,91	0,91	0,90	0,92	0,90	0,91	0,93	0,92	0,91	0,95	0,93	0,92	0,95
Франция	0,73	0,71	0,81	0,72	0,72	0,82	0,74	0,71	0,81	0,75	0,72	0,83	0,73	0,71	0,80	0,71	0,70	0,82	0,72	0,70	0,81
Индия	0,92	0,94	0,91	0,93	0,96	0,90	0,93	0,95	0,93	0,94	0,95	0,94	0,95	0,97	0,95	0,96	0,98	0,94	0,96	0,98	0,96
Япония	0,94	0,90	0,93	0,95	0,91	0,94	0,95	0,91	0,95	0,96	0,92	0,95	0,96	0,91	0,94	0,75	0,71	0,73	0,72	0,70	0,71
Южная Корея	0,83	0,84	0,83	0,84	0,85	0,84	0,84	0,85	0,84	0,85	0,86	0,84	0,85	0,86	0,84	0,86	0,87	0,85	0,87	0,88	0,85
Россия	0,91	0,92	0,92	0,91	0,92	0,92	0,92	0,93	0,93	0,90	0,90	0,91	0,92	0,92	0,94	0,92	0,93	0,93	0,93	0,94	0,94
Швеция	0,81	0,84	0,91	0,82	0,86	0,93	0,84	0,93	0,91	0,85	0,94	0,91	0,84	0,90	0,92	0,81	0,86	0,93	0,82	0,86	0,92
Украина	0,85	0,84	0,79	0,86	0,83	0,78	0,87	0,84	0,77	0,84	0,86	0,78	0,85	0,86	0,77	0,81	0,83	0,78	0,82	0,83	0,78
Великобритания	0,82	0,89	0,79	0,85	0,90	0,78	0,84	0,81	0,77	0,85	0,92	0,76	0,85	0,94	0,76	0,81	0,94	0,79	0,80	0,93	0,78
США	0,74	0,79	0,71	0,70	0,75	0,72	0,71	0,78	0,70	0,76	0,82	0,72	0,78	0,83	0,77	0,76	0,81	0,75	0,75	0,81	0,73

2. Выборка для исследования должна быть однородной, то есть исследуемые объекты должны быть по возможности по своим характеристикам приближены друг к другу. Сегодня в мире около 50 стран анализируются с позиции функционирования атомной отрасли. Однако в это количество включены страны, которые только планируют производить атомную энергию (реакторы на этапе строительства или вообще только ведутся разговоры о начале строительства) и страны, которые остановили работу реакторов или планируют такие действия. Таким образом, включение в анализ всего перечня стран было бы некорректным с позиции однородности выборки, поэтому автором исследуются только те страны мира, где в настоящее время уже действует более 10 реакторов.

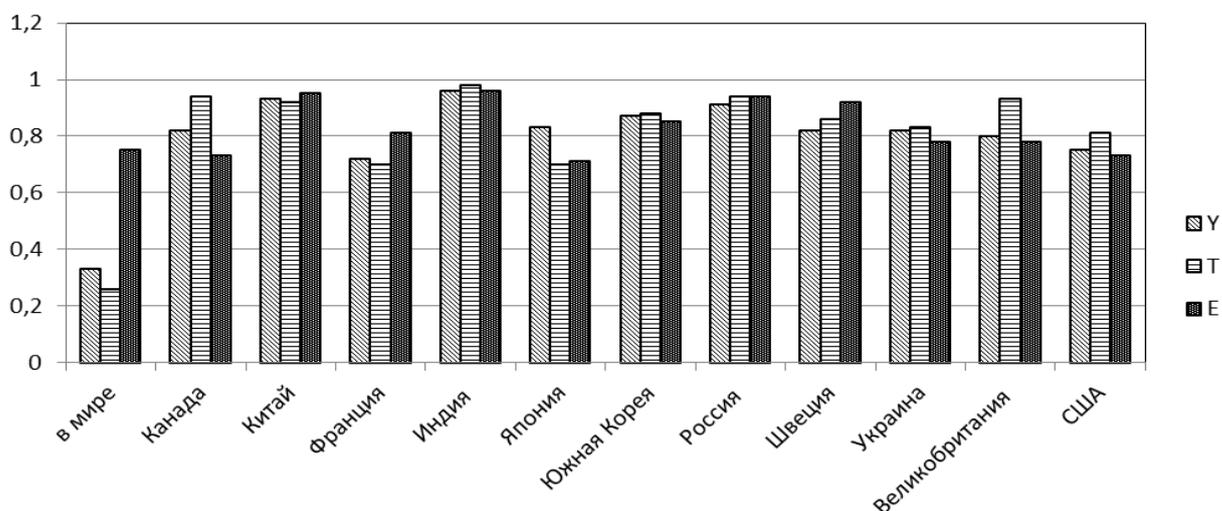
Информационной базой являются данные о технико-экономических показателях функционирования атомной отрасли, приведенные в открытых источниках за период 2006-2012 гг.

Анализируя общие итоги проведенного интегрального анализа, следует заключить, что весь перечень исследуемых стран по общему уровню развития атомной отрасли (компонента  $Y$ ) и по уровню технического развития (компонента  $T$ ) находится выше рассчитанного мирового уровня. Это можно объяснить тем обстоятельством, что в настоящем анализе принимали участие страны, которые характеризуются активным динамичным развитием данной отрасли (за исключением Японии после аварии в 2011 г.), а именно увеличивается мощность генерации АЭ, вводятся в эксплуатацию новые реакторы и т.д. А при расчете общемирового уровня были использованы статистические данные по всем странам, в которых функционирует атомная отрасль. В этой связи свое дестимулирующее влияние на интегральный показатель уровня развития мировой атомной отрасли могли оказать показатели Германии, Литвы и прочих стран, которые по ряду экономических и политических причин снижают объемы генерации на АЭС, останавливая, в том числе, и действующие реакторы. В рамках анализа ситуация уровня развития

атомной отрасли по одному из технических параметров в общемировом масштабе характеризовалась следующим образом: за период 2006-2007 гг. в мире действовало 435 реакторов, 2008 г. – 436 реакторов, 2009 г. – 435 реакторов, 2010 г. – 442 реакторов, 2011 г. – 433 реактора, 2012 г. – 435 реакторов [171].

Также можно заключить о наличии тесной взаимосвязи анализируемых компонент (рис. 2.9).

**Рисунок 2.9.**  
**Сопоставление интегральных показателей (Y, T, E) уровня развития атомной отрасли по странам в 2012 г.**



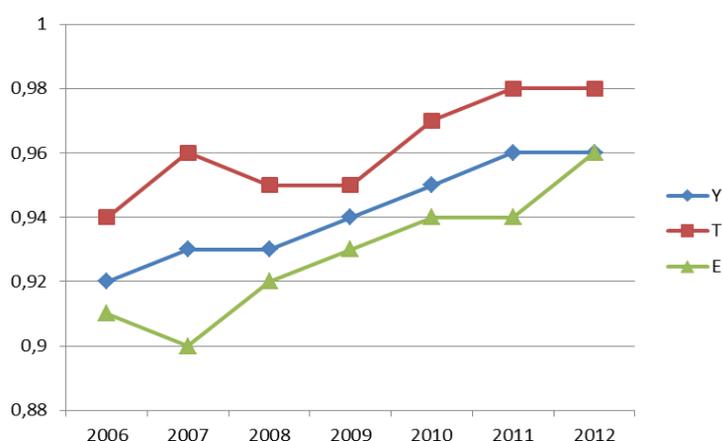
Это доказывается тем обстоятельством, что рассчитанные интегральные показатели в анализируемых странах колеблются с одинаковой тенденцией. То есть, при увеличении технического уровня развития отрасли ( $T$ ), также возрастает уровень ее социально-экономического развития ( $E$ ), что в итоге приводит к росту совокупного уровня развития АО ( $Y$ ).

Лучшие результаты уровня развития атомной отрасли в 2012 г. по всем анализируемым компонентам зафиксированы в Индии ( $Y=0,96$ ;  $T=0,98$ ;  $E=0,96$ ). За период 2006-2007 гг. там эксплуатировалось 16 реакторов общей мощностью 3577 МВт. В период 2008-2011 гг. ежегодно вводили в действие по одному реактору, что увеличило мощность до 4183 МВт. Темпы прироста атомной генерации составили около 17% совокупно за весь период. Очевидным является

то, что страна привлекательна для строительства новых объектов атомной отрасли. Динамика сравнения интегральных показателей Индии приведена на рис. 2.10.

**Рисунок 2.10.**

**Сравнительная динамика интегральных показателей уровня развития атомной отрасли в Индии**

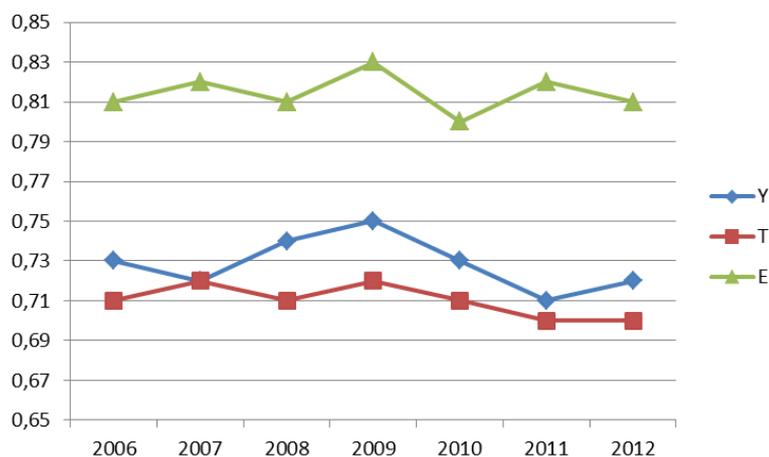


Также в Индии отмечен постоянный рост финансовых и кадровых показателей в соответствии с потребностями увеличения совокупной мощности. На основании указанных обстоятельств Индию можно справедливо охарактеризовать лидером по уровню развития атомной отрасли в приведенной выборке объектов по всем исследуемым компонентам.

Во Франции за период 2006-2009 гг. действовало 59 реакторов мощностью 63473 МВт, а в 2010 г. в результате остановки одного реактора мощность упала до 63130 МВт. Снижение технических показателей, увеличение расходов на вывод реактора из эксплуатации, падение инвестиций, сильная зарегулированность отрасли на государственном уровне, обусловили Франции средние позиции рейтингового исследования, несмотря на то, что в структуре электроэнергии страны атомная энергия занимает самый большой процент (более 70%) в сравнении с другими странами мира. Динамика сравнения интегральных показателей Франции приведена на рис. 2.11.

Рисунок 2.11.

**Сравнительная динамика интегральных показателей уровня  
развития атомной отрасли во Франции**



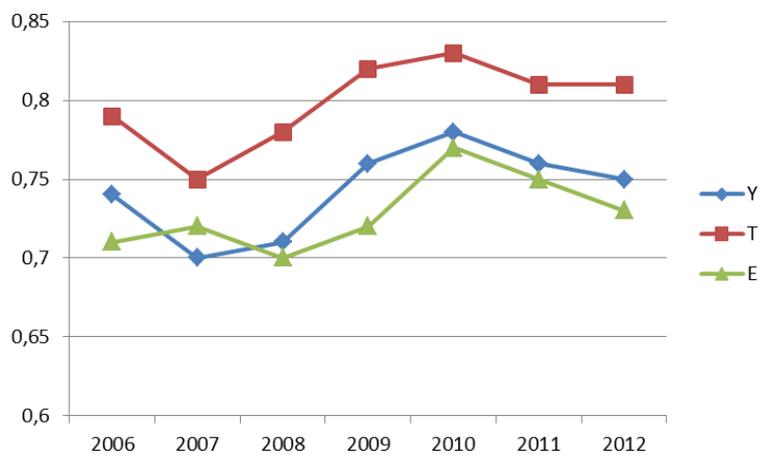
Низкий уровень развития атомной отрасли во Франции также обусловлен тем, что данная страна не стимулирует развитие собственного технологического потенциала, при учете многолетнего опыта работы в данной отрасли.

Позиция США за 2012 г. в проведенном анализе также находится в конце списка по размеру интегральных показателей общего уровня развития атомной отрасли ( $Y=0,75$ ), технического ( $T=0,81$ ) и социально-экономического уровней ( $E=0,73$ ). За период 2006-2007 гг. в США работало 103 реактора, а в 2008 г. ввели в работу еще один реактор, что привело к росту общей выработки атомной энергии до 99049 МВт. При этом же количестве реакторов мощность генерации в 2011 г. выросла до 101229 МВт, то есть темп прироста составляет около 22%. Однако, несмотря на такие позитивные тенденции, а также самое высокое значение технических характеристик среди всех стран мира, свое дестимулирующее влияние на размер интегральных показателей оказали социально-экономические факторы, в частности, отмечено снижение финансовых показателей, нехватка кадров, ухудшение общего

макроэкономического состояния в государстве. Динамика сопоставления интегральных показателей США, приведенная на рис. 2.12, демонстрирует негативное влияние финансово-экономического кризиса 2007-2008 гг. на уровень развития атомной отрасли, что графически проявляется в снижении значений приведенных компонент.

**Рисунок 2.12.**

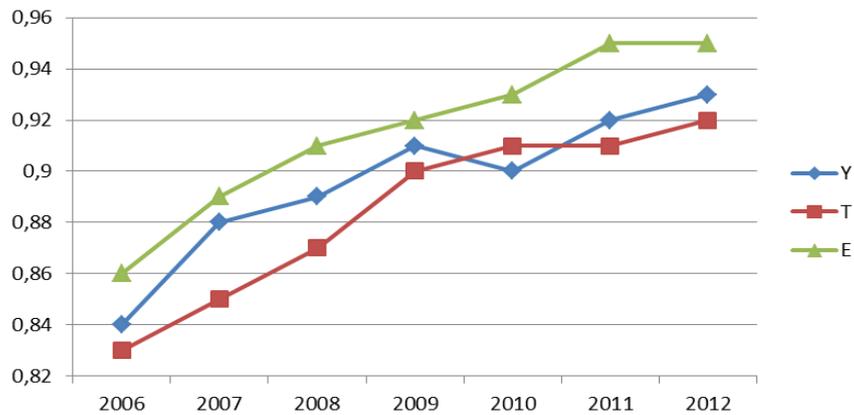
**Сравнительная динамика интегральных показателей уровня развития атомной отрасли в США**



Сравнительно высокие показатели уровня развития атомной отрасли в 2012 г. по результатам интегрального анализа отмечены у Китая ( $Y=0,93$ ;  $T=0,92$ ;  $E=0,95$ ) и России ( $Y=0,91$ ;  $T=0,94$ ;  $E=0,94$ ). Одинаково высокие значения показателей по всем выделенным компонентам свидетельствуют о сбалансированности развития технических и социально-экономических параметров атомной отрасли в данных странах. Графическая интерпретация интегрального анализа приведена на рис. 2.13.

Рисунок 2.13.

**Сравнительная динамика интегральных показателей уровня  
развития атомной отрасли в Китае**



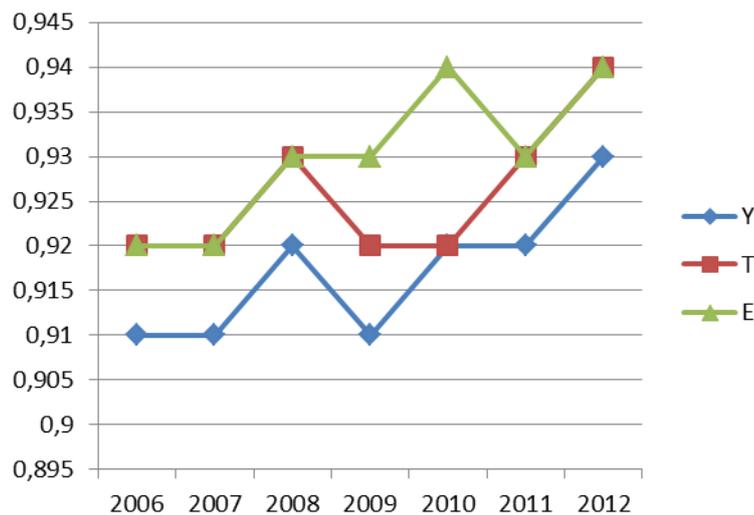
В Китае за исследуемый период 2006-2007 гг. действовало 10 реакторов мощностью 7587 МВт, в 2010 г. уже насчитывалось 11 реакторов, а в 2011 г. было введено в действие еще два реактора, что увеличило мощность до 10234 МВт (темп прироста мощности за весь период составил около 35% - максимальное значение среди всего перечня исследуемых стран). Следует также выделить, что по состоянию на 2012 г. в Китае действует уже 15 реакторов, на основании чего эту страну можно охарактеризовать, как наиболее динамично развивающуюся в аспекте исследования атомной отрасли. Самым значимым стимулом по развитию атомной отрасли является огромный дефицит электроэнергии в стране, что обуславливает интенсивное развитие источников генерации, отличных от ТЭС (75% в общей структуре электроэнергетики) и ГЭС (24%). Поскольку АО Китая полностью принадлежит государству, то фактически не имеет конкурентов в своем функционировании, а прямые иностранные инвестиции допускаются только в генерирующие компании. При этом отрасль очень привлекательна для инвесторов, поэтому инвестиционные потоки характеризуются стабильным увеличением за весь исследуемый период.

В России за период 2006-2009 гг. действовал 31 реактор мощностью 21743 МВт, а в 2010 г. был введен в эксплуатацию еще один реактор, что

увеличило общую мощность до 23084 МВт. Достаточно стабильное развитие с позиции технических параметров подвержено нестабильному воздействию экономических факторов развития атомной отрасли, в частности, периодические инвестиционные вложения в отрасль, непостоянство цены на АЭ, острая проблема в кадровом обеспечении, что и обусловило в динамике колебание интегральных показателей развития атомной отрасли России (рис. 2.14).

**Рисунок 2.14.**

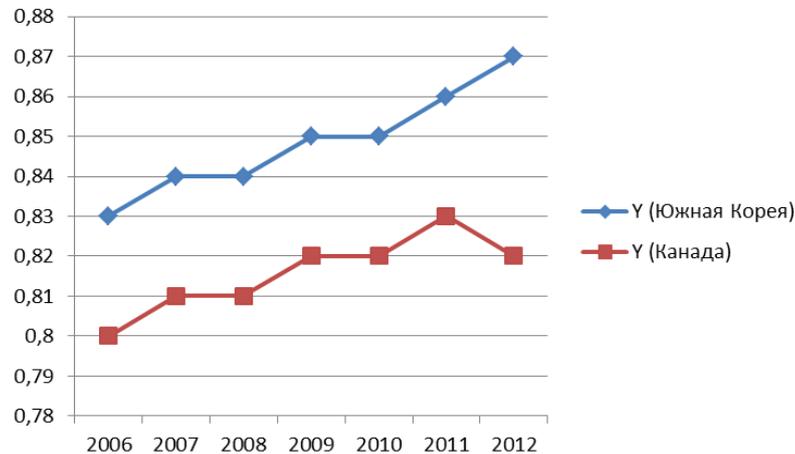
**Сравнительная динамика интегральных показателей уровня развития атомной отрасли в России**



Атомная отрасль Канады и Южной Кореи за исследуемый период 2006-2012 гг. характеризуется плавным ростом без отсутствия резких колебаний. Интегральные показатели в данных странах имеют слабо выраженный возрастающий тренд и колеблются практически в одинаковых диапазонах, что графически представлено на рис. 2.15.

Рисунок 2.15.

**Сравнительная динамика интегральных показателей общего уровня развития атомной отрасли (Y) в Канаде и Южной Корее**



Стабильное функционирование атомной отрасли Канады характеризовалось работой 18 реакторов мощностью 12652 МВт до 2011 г., в котором был выведен из эксплуатации один реактор и зафиксировано падение общей мощности на 5%. Однако при устойчивых социально-экономических факторах данное обстоятельство не отразилось на динамике исследуемого интегрального показателя.

Интегральный показатель развития АО Южной Кореи имел устойчивый возрастающий тренд на протяжении всего периода и превосходил аналогичный показатель Канады в среднем на два пункта. В 2006-2010 гг. в эксплуатации находилось 20 реакторов, однако при их одинаковом количестве за этот период общая мощность генерации увеличилась с 17533 МВт до 17716 МВт. В 2011 г. был введен еще один реактор, что также позитивно отразилось на развитии отрасли в целом. Государственный интерес к развитию АО обусловлен стремлением Кореи обеспечить собственную независимость от импортных энергоресурсов и от колебаний мировых цен на них.

В Швеции и Украине за весь анализируемый период 2006-2012 гг. не происходило значительных количественных изменений по всем анализируемым

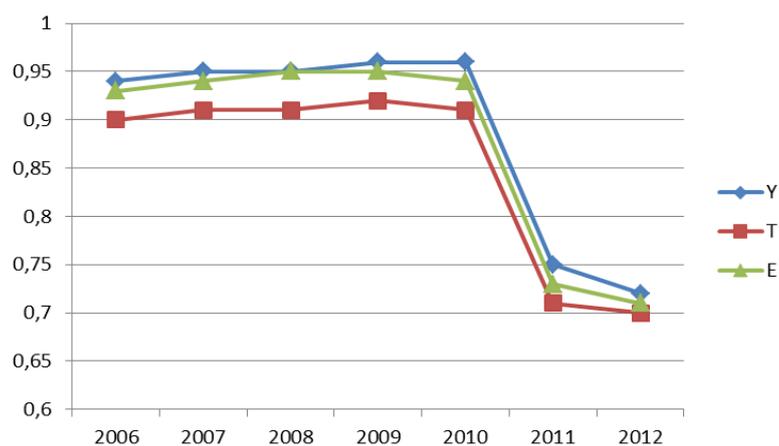
факторам, там действовало 10 (9086 МВт) и 15 (13168 МВт) реакторов соответственно. Следует отметить, что в данных странах регулирование отрасли полностью государственное, а в структуре генерации электроэнергии атомная энергия занимает 35-50%. Сбалансированность технических и экономических показателей позволили таким разным странам по уровню социально-экономического развития занимать средние позиции в исследуемом рейтинге государств.

Аналогично без каких-либо колебаний в динамике развивается атомная отрасль Великобритании, где в период 2006-2010 гг. эксплуатировалось 19 реакторов, что давало выработку в размере около 10900 МВт. Но после остановки в 2011 г. одного реактора мощность уменьшилась до 10745 МВт.

Атомная отрасль Японии до событий 2011 г. развивалась уверенно быстрыми темпами, о чем свидетельствует динамика ее интегральных показателей на рис. 2.16.

**Рис. 2.16.**

**Сравнительная динамика интегральных показателей уровня развития атомной отрасли в Японии**



Энергетический рынок здесь дерегулирован, а правительство владеет лишь незначительным пакетом акций генерирующих энергокомпаний (менее 7%), высока конкуренция, что при прочих равных условиях является хорошей

предпосылкой для устойчивого возрастающего тренда в развитии АО. В период 2006-2008 гг. в Японии в эксплуатации находилось 55 реакторов мощностью 47700 МВт, в 2009 г. было остановлено два реактора, что привело к незначительному падению мощности до 46236 МВт. После запуска еще одного реактора в январе 2010 г. действовало уже 54 реактора. По итогам катастрофы на Фукусиме по состоянию на конец 2011 г. в Японии осталось в эксплуатации 50 реакторов, что уменьшило общую мощность до 44396 МВт, что также подтверждается снижением значений рассчитанных интегральных показателей.

В Японии около 30% электроэнергии обеспечивается за счет АЭС. Поэтому остановка пяти реакторов оказала значительное негативное влияние на уровень экономического развития отрасли: интегральный показатель  $E$  в 2011 г. снизился на 23% по сравнению с аналогичным значением 2009 г. Однако негативные последствия катастрофы на Фукусиме в масштабах энергетического сектора страны могли бы быть намного значительнее, если бы в Японии не действовал принцип «базисного охвата» (территориальное разграничение деятельности – каждая энергокомпания, в основном, обслуживает свою базисную зону). В результате удалось нивелировать негативные последствия землетрясения, сконцентрировав весь потенциал в рамках региона деятельности аварийного реактора. Финансовые потери государства в данном случае сопряжены с увеличением дефицита энергии в стране.

Основную часть финансовых расходов на устранение последствий аварии понесла компания ТЕРСО – владелец аварийной АЭС. Влияние данной катастрофы на уровень развития мировой АО заключается в резком и трудно прогнозируемом изменении цен на уран, а также в увеличении стоимости новых АЭС по предварительным оценкам на 20-30% за счет усиления технических требований безопасности.

Несмотря на наличие многих общих черт каждая из рассмотренных в данном параграфе стран имеет свою национальную специфику, чем и обусловлена дифференциация в развитии АО по выделенным компонентам.

Сопоставительным анализом выделенных компонент доказано прямое влияние совокупности социально-экономических факторов на уровень технического состояния отрасли. Данное утверждение справедливо также и в обратном направлении: с увеличением уровня технического развития отрасли (количество реакторов, мощность и т.д.) также наблюдается рост уровня экономического развития отрасли.

Рассчитанный интегральный показатель позволил агрегировать в одну величину всю совокупность показателей уровня развития АО в анализируемых странах для определения их лидирующих или отстающих позиций относительно предметного поля исследования. Далее необходим расчет итогового ранга по методу средневзвешенной величины таким образом, что первый ранг считается лучшим. Далее, получен следующий перечень ранговых позиций стран в зависимости от величины их интегральных показателей (табл. 2.8).

**Таблица 2.8**

**Позиций стран по уровню развития атомной отрасли в глобальном энергетическом пространстве в 2012 г.**

Ранговое значение	Страны
1	Индия
2	Китай, Россия
3	Южная Корея, Франция
4	Украина, Великобритания
5	Канада
6	Швеция
7	Япония
8	США

Предложенная авторская методика исследования уровня развития мировой атомной отрасли на основании расчета интегрального показателя, доказала, что в анализе необходимо учитывать широкий перечень технико-экономических параметров развития отрасли. Так, например, такие мировые

лидеры по своим техническим характеристикам, как США и Япония, в рамках данного исследования занимают замыкающие рейтинговые позиции, поскольку на итоговый интегральный показатель оказали свое дестимулирующее воздействие низкие показатели инвестиций в отрасль, нехватка кадров, сравнительно низкие расходы на строительство новых объектов АО и пр.

В то же время, Индия и Китай, которые по своим макроэкономическим и техническим показателям во много раз уступают вышеуказанным странам, занимают первые места в рейтинге благодаря стимулирующему воздействию на итоговый интегральный показатель следующих параметров: сравнительно большой объем инвестиций в отрасль и расходы на строительство новых объектов, низкие значения государственной нагрузки на экономику и т.д. Это доказывает, что придавать стране статус лидера в развитии АО исключительно по количеству реакторов и совокупной мощности, а также значимой доли в общей структуре электроэнергии, не вполне корректно. Для этого необходим расширенный учет предварительно отобранных и научно обоснованных факторов.

Следует отметить, что в развитии атомной отрасли в анализируемых странах (кроме Японии) не было отмечено резкого скачка интегральных показателей любой из компонент, их изменения характеризовались плавными сдвигами в сторону роста или снижения под воздействием каких-либо выделенных факторов. Данное наблюдение доказывает тот факт, что мощность АЭС характеризуется низкой маневренностью, то есть способна поддерживать базовую и адаптироваться к пиковой нагрузке, однако не может скачкообразно изменять выработку (исключение составляют аварийные ситуации), что обусловлено техническими свойствами атомной генерации.

Проведенное трехпараметрическое исследование отрасли при помощи интегрального анализа доказывает наличие прямой взаимосвязи между техническими и социально-экономическими характеристиками отрасли. Это обуславливает неразрывность анализа взаимосвязей указанных составляющих.

Также доказана неравномерность анализируемых компонент на протяжении всего рассматриваемого периода. Это заключается в том, что каждая страна характеризуется различными значениями интегральных показателей уровня развития АО, количественные измерения которых предварительно можно охарактеризовать, как «высокий» и «низкий». Т.е. выдвинуто предположение о существовании определенных групп стран, показатели которых колеблются в одинаковых диапазонах. Для решения этой задачи необходимо провести группировку стран по рассматриваемым составляющим с целью формулировки и изучения одинаковых тенденций развития АО для разработки комплексных управленческих решений в данной сфере.

### **2.3. Кластерный подход к исследованию стран-производителей атомной энергии**

Первоначальным этапом анализа влияния энергетической отрасли на процессы макро-, мезо- или микроуровня является формирование научно обоснованной системы показателей. Указанная система в соответствии с целью данной работы представляет собой комплекс системообразующих взаимосвязанных показателей, характеризующих уровень развития атомной отрасли в выбранной стране. Таким образом, уровень развития атомной отрасли характеризуется набором разнородных показателей, отображающих его техническую и социально-экономическую сущность и колеблющихся в определенных диапазонах.

К таким показателям в экономико - статистическом моделировании предъявляется ряд требований относительно того, что они должны быть представительными, существенными, количественно измеримыми, независимыми, а также должны содержать достаточную вариацию во времени.

Ранее в работе автором была сформирована система показателей ( $x_1 - x_{24}$ ), отвечающая указанным требованиям. Отобранные показатели представлены временными рядами в динамике за период 2006-2012 гг. по каждой анализируемой стране в аспекте исследования атомной отрасли. С целью анализа уровня развития мировой атомной отрасли во взаимосвязи с ее техническим и социально-экономическим состоянием необходимо выделить однородные группы стран, в которых значения их анализируемых параметров находятся в одинаковых пределах, а потом проследить устойчивость их позиций по выделенным группам в динамике.

Для характеристики позиций стран в глобальном энергетическом пространстве весьма показательным представляется подход, основанный на определенном методе группировки стран по уровню развития АО. Для

практической реализации поставленной цели и получения наиболее точных результатов, по мнению автора, наилучшим образом подходит метод кластерного анализа, описанный в ряде источников [50; 74; 122; 130]. С целью исследования, предлагается использовать один из методов данной группы – метод  $k$ -средних, который не требует ограничений по количеству объектов и показателей, их характеризующих. В его пользу говорят следующие аргументы:

- возможность группировки по нескольким показателям одновременно (использование больших массивов информации);
- простота проведения кластер-процедур;
- наглядность и информативность результатов кластеризации.

Этот подход, как отмечено в работе [50], наиболее универсальный для решения задач группировки именно потому, что его алгоритм прост и удобен при расчетах, а также существует возможность получить локальные экстремумы некоторых показателей и наилучшим образом реализовать наглядное представление о качестве группировки при условии использования параметров различных типов.

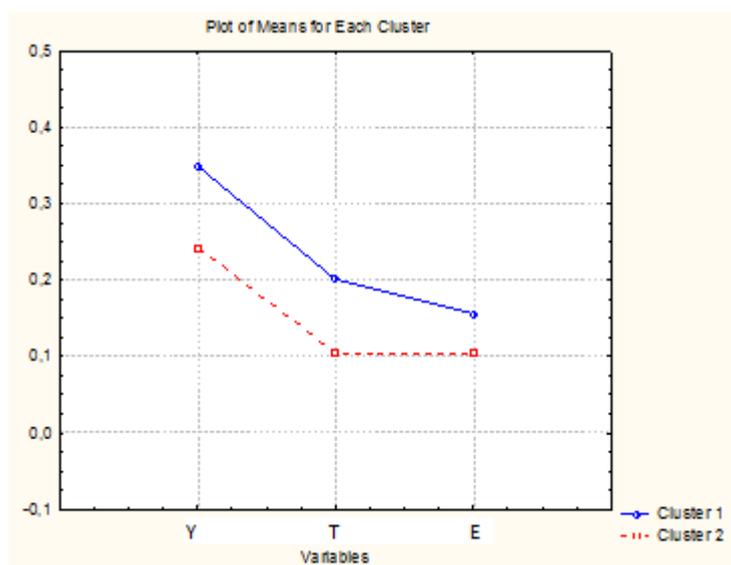
Предварительный анализ статистической информации о состоянии уровня развития атомной отрасли в выбранных странах позволил заключить, что показатели уровня ее технического и социально-экономического развития находятся в таких пределах, которые можно охарактеризовать как «высокий» и «низкий». Поэтому в данном случае целесообразно произвести разбиение стран на группы с соответствующим названием. Однако следует отметить, что вербальная характеристика количественного размера показателей как «высокий» и «низкий» в данном случае и далее в исследовании основывается на описании шкалы Харрингтона, когда морфологическим значениям присваивается балльная оценка [62].

На данном этапе используется программный продукт Statistica 6.0 [130], посредством которого получены результаты итерационной кластеризации для группировки выбранных стран по уровню развития атомной отрасли за период

2006-2012 гг. в зависимости от параметров «уровень развития атомной отрасли – уровень технического развития отрасли – уровень социально-экономического развития отрасли» («Y – T – E»). Графические результаты группировки стран за 2012 г. посредством программы Statistica 6.0 приведены на рис. 2.17. По вертикали графика обозначены значения средних мер расстояний между кластерами, по горизонтали – параметры группировки. Цветными линиями визуально выделены кластеры, представляющие собой объединения средних модифицированных значений компонент группировки.

**Рисунок 2.17.**

**Графическое изображение результатов кластеризации стран в зависимости от параметров Y – T – E за 2012 гг.\***



**\*Примечание:** Условные обозначения: Cluster 1 и Cluster 2 - первый и второй кластеры соответственно с «высокими» и «низкими» значениями уровня развития атомной отрасли; Y, T, E соответственно: уровень развития атомной отрасли, уровень технического развития отрасли, уровень социально-экономического развития отрасли.

Графическую информацию на рис. 2.17 можно интерпретировать следующим образом:

- получены непересекающиеся кластеры – это значит, что в данный период в данной выборке стран отсутствовали такие объекты, которые можно

по их количественным параметрам отнести одновременно к двум кластерам;

- кластеры находятся на значительном расстоянии друг от друга – это значит, что они значительно отличаются количественными характеристиками анализируемых стран;

- наглядно видно, что значения каждой из анализируемых компонент (Y, T, E) первого кластера выше, чем аналогичные показатели второго кластера (линия первого кластера расположена на графике над линией второго кластера), что подтверждает правильность наименования кластеров.

Таким образом, полученная графическая информация кластеризации стран в программе Statistica 6.0 имеет обоснованную экономическую интерпретацию. Расшифровка результатов группировки с указанием позиции стран по кластерам приведена в карте кластеризации (табл. 2.9).

**Таблица 2.9**

**Карта кластеризации стран по соотношению параметров в Y – T – E за период 2006-2012 гг.**

Период	Характеристика кластера	Cluster 1	Cluster 2
1	2	3	4
2006 г.	Структура кластера	Франция, Япония, США	Индия, ЮК*, Китай, Россия, Швеция, Канада, Украина, Великобритания
	Удельный вес кластера	27%	73%
2007 г.	Структура кластера	ЮК, Франция, Япония	Индия, Китай, Россия, Швеция, Канада, Украина, Великобритания, США
	Удельный вес кластера	27%	73%
2008 г.	Структура кластера	ЮК, Китай, Россия, Франция, Япония	Индия, Швеция, Канада, Украина, Великобритания, США
	Удельный вес кластера	45%	55%
2009 г.	Структура кластера	ЮК, Китай, Россия, Индия, Франция, Япония, США	Швеция, Канада, Украина, Великобритания
	Удельный вес кластера	63%	37%

Окончание табл. 2.9

1	2	3	4
2010 г.	Структура кластера	ЮК, Китай, Россия, Индия, Франция, США	Япония, Швеция, Канада, Украина, Великобритания
	Удельный вес кластера	55%	45%
2011 г.	Структура кластера	ЮК, Китай, Россия, Индия, Франция	США, Япония, Швеция, Канада, Украина, Великобритания
	Удельный вес кластера	45%	55%
2012 г.	Структура кластера	ЮК, Китай, Россия, Индия, Франция	США, Япония, Швеция, Канада, Украина, Великобритания
	Удельный вес кластера	45%	55%

**\*Примечание:** ЮК – Южная Корея

На основании вышеизложенного доказано наличие двух кластеров, в которых анализируемые страны распределились следующим образом: те страны, что вошли в состав первого кластера, характеризуются высоким уровнем социально-экономического развития. Для них характерна высокая степень аккумуляции необходимого объема трудовых и финансовых ресурсов. Эти страны имеют широкие технические возможности генерации атомной энергии, достаточные как для удовлетворения собственных нужд, так и её экспорта. При этом отклонение значений анализируемых показателей в странах первого кластера не всегда больше расчетного среднего значения по всей совокупности анализируемых стран. Это характеризует сбалансированность между уровнем технического и социально-экономического развития отрасли. Указанные обстоятельства позволили охарактеризовать данный кластер как группу стран с высоким уровнем развития атомной отрасли.

Значения большинства показателей рассматриваемых составляющих второго кластера являются ниже расчетного среднего уровня по всей совокупности анализируемых стран. Для структурных элементов этой группы характерны такие дестимулирующие факторы, как сильная «зарегулированность» отрасли, сравнительно низкие инвестиционные

вложения, большая потребность в дополнительной энергии на душу населения, нехватка кадров, высокие объемы выбросов углекислого газа. Такие факторы даже при сравнительно высоких технических показателях отрасли обусловили анализируемым странам позиции во втором кластере, то есть доказана зависимость низкого уровня развития атомной отрасли, прежде всего, от социально-экономических факторов, поскольку в данном случае их дестимулирующее воздействие оказалось сильнее многих сравнительно высоких технических характеристик, которыми обладают входящие в данный кластер страны. На основании приведенного, данный кластер характеризуется как группа стран с низким уровнем развития атомной отрасли.

Перемещение стран из одного кластера в другой обусловлено количественными изменениями их анализируемых показателей, соответственно, в большую сторону, если страна переходит из второго в первый кластер, и, наоборот.

Проведенный кластерный анализ с использованием итеративных методов свидетельствует о наличии закономерности в распределении стран в зависимости от соотношения параметров  $Y$ ,  $T$  и  $E$  на два кластера: кластеры соответственно с высоким и низким значениями уровня развития атомной отрасли. Анализ группировки стран за период 2006-2012 гг. показал наличие изменений в структуре первого и второго кластеров, т.е. отсутствие устойчивости позиций многих стран относительно принадлежности их к определенным группам.

Таким образом, с учетом изученного опыта развития мировой атомной отрасли автором предлагается характеристика стран в зависимости от устойчивости их позиций в выделенных кластерах:

- страны устойчивого роста (миграция стран происходит из кластера с низким уровнем развития атомной отрасли в кластер с высоким уровнем развития АО);
- страны со стабильно функционирующей атомной отраслью

(принадлежность страны к определенному кластеру на протяжении всего периода, отсутствие миграции);

- нестабильное развитие АО (страны меняют позицию в кластерах не только в направлении роста, но и в обратном направлении).

С целью анализа позиционирования исследуемых стран в пространстве «У – Т – Е» необходимо исследовать динамику их передвижения. Для этого автором разработана матрица применительно к каждому состоянию анализируемых стран, где наглядно продемонстрировано их соответствие сформулированным выше кластерам (табл. 2.10).

Разработанная матрица наглядно характеризует степень «динамической» устойчивости атомной отрасли в анализируемых странах. Необходимо отметить, что применительно к специфике АО авторская трактовка термина «устойчивое развитие», несмотря на свою оригинальность, достаточно тесно «коррелирует» с уже устоявшимися в экономической науке определениями.

Термин «устойчивое развитие» был введен в мировую экономическую и политическую науку комиссией Брутланд. Под ним понимали развитие, удовлетворяющее потребностям настоящего времени, при этом не ставящее под угрозу возможность и способность будущих поколений в удовлетворении своих собственных потребностей [118]. Данное определение отражает экстенсивность современного этапа человеческого развития и акцентирует внимание на ресурсных ограничениях. Последние носят комплексный характер, что проявляется не только в ограниченности собственно минерального сырья, а также и во взаимодействии и взаимовлиянии антропосистемы и биосферы.

Таблица 2.10

**Матрица позиционирования стран в выделенных кластерах по уровню развития атомной отрасли в динамике**

Характеристика стран	Кластеры	Период						
		2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.
Страны устойчивого роста	Cluster 1	-	ЮК*	ЮК Китай Россия	ЮК Китай Россия Индия	ЮК Китай Россия Индия	ЮК Китай Россия Индия	ЮК Китай Россия Индия
	Cluster 2	ЮК Китай Россия Индия	Китай Россия Индия	Индия	-	-	-	-
Страны со стабильно функционирующей АО	Cluster 1	Франция						
	Cluster 2	Швеция Канада Украина Великобр.						
Нестабильное развитие АО	Cluster 1	Япония США	Япония	Япония	Япония США	Япония США	США	-
	Cluster 2	-	США	США	-	-	Япония	США Япония

\*Примечание: ЮК – Южная Корея

Динамика передвижения элементов в кластерах подтвердила сформулированную автором характеристику исследуемых стран. Страны с наиболее динамичным развитием атомной отрасли, а именно Южная Корея, Китай, Индия и Россия, были охарактеризованы как страны с устойчивым ростом АО. Такая характеристика обусловлена, в первую очередь, тем, что развитие в них АО, является одним из приоритетных стратегических направлений промышленной политики государства. Это предполагает интенсивное строительство новых объектов отрасли, государственную финансовую и административную поддержку, а также целый ряд экономических механизмов стимулирования развития отрасли. Смена позиций стран в кластерах на протяжении исследуемого периода происходила только в сторону кластера с более высокими качественными характеристиками АО.

Наиболее яркими репрезентантами групп являются страны со стабильно функционирующей атомной отраслью. В аспекте данной характеристики первый кластер представлен Францией, где атомная энергетика занимает наибольший удельный вес (более 70%). В данном случае при выборке наиболее влияющих показателей свое корректирующее позитивное воздействие оказали технические параметры, а именно количество действующих атомных реакторов и мощность генерации, а также доля атомной энергии в общей выработке энергии страны. То есть при агрегировании показателей наблюдается влияние дестимулирующих факторов, а при пошаговом отборе показателей по принципу приближения к центроиду кластера, распределение было осуществлено на основании технических показателей, высокое значение которых повлияло на расположение Франции в первом кластере.

Второй кластер представлен Швецией, Канадой, Украиной, Великобританией. Указанные страны, несмотря на разный уровень социально-экономического и технического развития отрасли, объединены общей тенденцией по устойчивости позиций в выделенных кластерах и полным отсутствием миграции на протяжении всего исследуемого периода. В этой

связи данные страны обоснованно характеризуются, как страны со стабильно функционирующей атомной отраслью. Однако, несмотря на указанную характеристику, анализируемые страны оказались во втором кластере, поскольку достаточно сильными оказались недостатки в развитии их атомной отрасли:

- окончание срока эксплуатации некоторых реакторов (Швеция, Канада);
- отсутствие планов по развитию отрасли (Швеция);
- низкая государственная заинтересованность в развитии отрасли (Великобритания);
- подверженность негативному общественному мнению (Великобритания, Украина).

Наличие представления о функционировании отрасли с приведенной в табл. 2.10 характеристикой необходимо при составлении прогнозных тенденций развития атомной отрасли в данных странах.

Нестабильным развитием атомной отрасли характеризуются Япония и США. При этом Япония до аварии на Фукусиме занимала стабильную позицию в первом кластере с высоким уровнем развития АО. Негативные события 2011 г. обусловили снижение многих технических и экономических показателей развития отрасли, что и повлекло за собой переход страны в кластер с низким уровнем развития отрасли. При прочих равных условиях Япония могла бы характеризоваться как страна со стабильно функционирующей АО, что и необходимо учитывать при составлении прогноза развития в будущем.

Несмотря на своё мировое экономическое лидерство, США получили статус «страны с нестабильно функционирующей АО», поскольку в таблице они неоднократно «мигрировали» из первого кластера во второй и обратно. Это обусловлено, в первую очередь влиянием мирового финансового кризиса 2007-2008 гг., что подтверждается снижением позиций страны во второй кластер в этот период (см. табл. 2.10). Резкое снижение инвестиций, растущая

потребность в генерации атомной энергии и нехватка персонала в отрасли обусловили стране низкие позиции по результатам анализа.

После кризисного периода в США в 2009 г. было заметное оживление в развитии АО, которое проявилось в увеличении мощности генерации с 100845 МВт до 101119 МВт и начале строительства еще одного реактора. Это повлияло на переход страны в первый кластер, где она продержалась до 2011 г. В 2012 г. отмечен переход США во второй кластер, чему способствовало снижение социально-экономических показателей отрасли (уменьшение инвестиций, сокращение числа работников отрасли, снижение вложений в НИОКР и пр.). Таким образом, наблюдается ситуация, когда снижение социально-экономических характеристик оказало большее влияние на общий уровень развития отрасли, нежели ее технические параметры.

При этом по объему растущих потребностей в дополнительной энергии рынок США является одним из лучших для строительства новых объектов, что обеспечит в перспективе высокие темпы развития отрасли. Следует отметить, что поставщики и инвесторы, которые заинтересованы в средних и крупных проектах, все же нуждаются в государственной поддержке и наличии развитой системы регулирования. При оказании должного государственного влияния на развитие атомной энергетики в США в будущем эту страну можно охарактеризовать как наиболее привлекательную и перспективную в аспекте уровня развития АО.

Таким образом, автором разработана и предложена методика по анализу тенденций развития мировой атомной отрасли, основанная на синтезе интегрального и кластерного анализа с учетом специфики развития атомной отрасли в анализируемых странах. Предложенная карта кластеризации и матрица позиционирования стран в пространстве «У – Т – Е» позволили исследовать динамику передвижения стран по кластерам с целью их характеристики по уровню развития атомной отрасли. Такое исследование современных тенденций уровня развития атомной отрасли позволяет на

основании имеющейся картины производить прогнозные оценки, как о состоянии всей отрасли, так и отдельных стран, на перспективу.

### **Выводы к 2 главе**

1. Для определения современных тенденций развития мировой атомной отрасли были выделены и проанализированы факторы, наибольшим образом влияющие на данный процесс: техническая характеристика атомной отрасли; социально-экономическая характеристика атомной отрасли. По мнению автора диссертации, указанная классификация логична в своей взаимосвязи, поскольку определенный технический потенциал атомной отрасли в отдельном государстве обусловлен существующим уровнем социально-экономического развития данного государства, включая его финансово-экономические и кадровые возможности, инвестиционную привлекательность, конкурентоспособность экономики и т.д.

2. Составлен рейтинг стран по уровню развития атомной отрасли, в основе которого лежит рассчитанный в работе интегральный показатель. Данный показатель позволил агрегировать в одну величину всю совокупность показателей уровня развития АО в анализируемых странах для определения их позиций в глобальном энергетическом пространстве. В работе доказано, что в анализе необходимо учитывать широкий перечень технико-экономических параметров (от количества и мощности реакторов до кадровых, финансовых и макроэкономических показателей) развития отрасли, поскольку результаты, полученные путем сопоставления стран по одному показателю или по их совокупности, существенно отличаются друг от друга. Проведенный анализ позволил сделать ряд выводов про основные тенденции развития мировой атомной отрасли, заключающиеся в том, что несмотря на наличие многих общих черт каждая из рассмотренных стран имеет свою национальную специфику, чем и обусловлена дифференциация в развитии АО по выделенным

компонентам и различные их позиций в глобальном энергетическом пространстве.

3. Сформированы группы (кластеры) стран по уровню развития атомной отрасли (соответственно страны с высоким и низким уровнем развития АО). Предложена матрица позиционирования стран в пространстве «У – Т – Е», что позволило исследовать динамику передвижения стран в кластерах с целью характеристики атомной отрасли в глобальном энергетическом пространстве. Автором предложена характеристика стран в зависимости от устойчивости их позиций в выделенных кластерах. Разработана методика для анализа тенденций развития мировой атомной отрасли, основанная на синтезе интегрального и кластерного анализа с учетом специфики развития атомной отрасли в анализируемых странах. Такое исследование современных тенденций уровня развития атомной отрасли позволяет определять их причинно-следственные связи, а на основании полученных выводов производить аргументированные прогнозные оценки.

### **ГЛАВА 3. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ МИРОВОЙ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

#### **3.1. Разработка функциональной модели для определения уровня развития атомной отрасли**

Устойчивая тенденция дальнейшей интеграции отдельных стран мира в глобальное экономическое пространство побуждает к изучению влияния этого процесса на их экономику, в том числе на энергетический сектор.

Оценка долгосрочного горизонта национальной энергетической безопасности должна базироваться на оценке её текущего состояния и учитываться в перспективных планах развития атомной отрасли. Подобная оценка и прогноз тенденций развития атомной отрасли является предметом стратегического анализа и имеет существенное значение для эффективного формирования национальной концепции энергетической безопасности. Учёт данного обстоятельства приобретает особо важное значение в настоящее время, в условиях активизации процесса строительства и ввода в эксплуатацию объектов мировой атомной отрасли. Достаточно указать на тот факт, что по состоянию на 1 января 2013 г. на стадии строительства в мире находилось 65 реакторов и было запланировано к постройке еще 167 (табл. 3.1), что превышает количество уже действующих объектов АО на 38%.

Таким образом, при возрастающей мировой потребности в электроэнергии атомная генерация будет устойчиво расти, а число стран, желающих участвовать в этом процессе, будет увеличиваться. Поэтому с целью оценки будущего атомной отрасли для таких стран предлагается разработать адаптивную модель на основе методики дискриминантного анализа,

позволяющего учитывать различные аспекты развития отрасли по планируемым показателям, то есть осуществить диагностику будущего состояния объекта исследования.

Таблица 3.1

**Количество строящихся и планируемых к строительству атомных реакторов в некоторых странах мира (по состоянию на начало 2013 г.)\***

Страны	Количество реакторов	
	на стадии строительства	Планируемое
Бангладеш	-	2
Беларусь	-	2
Казахстан	-	2
Китай	29	51
Индия	7	18
Литва	-	1
Польша	-	6
Россия	10	24
США	1	13
Украина	-	2
Франция	1	1
Южная Корея	4	5
Япония	3	10

\*Примечание: составлено по [171]

В процессе диагностики также происходит оценка реальной потребности в использовании какой-либо формы исследования в зависимости от сложности и масштабности объекта анализа. Результат диагностики строится на сравнительном анализе путем установления отклонения от нормы. Для этого совокупность как качественных, так и количественных параметров сравнивается с выбранным эталоном. По итогам анализа выявляются и формируются общие закономерности развития объекта исследования на прогнозную перспективу.

Проведенная в предыдущей главе классификация стран по уровню развития АО позволила выделить особенности процессов ее функционирования

по различным параметрам в каждом отдельном кластере. Это позволит разработать конкретные меры и рекомендации обобщенно для групп стран, что делает более удобной разработку конкретных управленческих решений применительно к выбранной совокупности объектов исследования, а не для каждого по отдельности.

Также следует отметить, что постоянно проводить расчеты с помощью методов кластеризации не всегда удобно, поскольку они достаточно трудоемки, в связи с чем, необходимо разработать функциональную модель, которая позволит относить любую страну, планирующую строить или развивать АО, к соответствующей группе. Для реализации этой цели используется дискриминантные модели.

Как отмечает Хаустова В.Е. в работе «Моделирование маркетинговой стратегии на рынках продукции производственно-технического назначения : Монография» [122], задача дискриминации описывается следующим образом: есть совокупности ( $S_i$ ) объектов, каждый из которых характеризуется  $k$ -мерным вектором параметров. Проведено дополнительное наблюдение  $X$  над объектом, принадлежащим к одной из совокупностей  $S_i$ . Результатом является разработка правила (уравнения) отнесения наблюдения  $X$  к одной из совокупностей.

Другие специалисты (Ким Дж.-О. «Факторный, дискриминантный, кластерный анализ» [48]; Маленко Э. «Статистические методы в эконометрии» [72]) считают, что основной целью дискриминантного анализа является принятие решения о том, какие переменные разделяют (дискриминируют) имеющуюся совокупность. Дискриминантный анализ является статистическим аппаратом для изучения различий между группами (совокупностями) объектов относительно нескольких переменных одновременно (многомерный анализ). Дискриминация проводится в имеющихся совокупностях и выборках по каждой из них. Задача состоит в выработке основанного на имеющихся

выборках правила, позволяющего отнести некоторый новый объект к правильной совокупности в том случае, если заранее неизвестно, к какой совокупности он принадлежит. Иначе говоря, необходимо построить модель, позволяющую лучше предсказать, к какой совокупности будет принадлежать новый объект (страна).

На рис. 3.1 приведена последовательность этапов дискриминантного анализа. В рамках данной работы подробное рассмотрение каждого блока указанной методики не является необходимым. Однако следует отметить специфические характеристики методики, которые обобщенно заключаются в следующем:

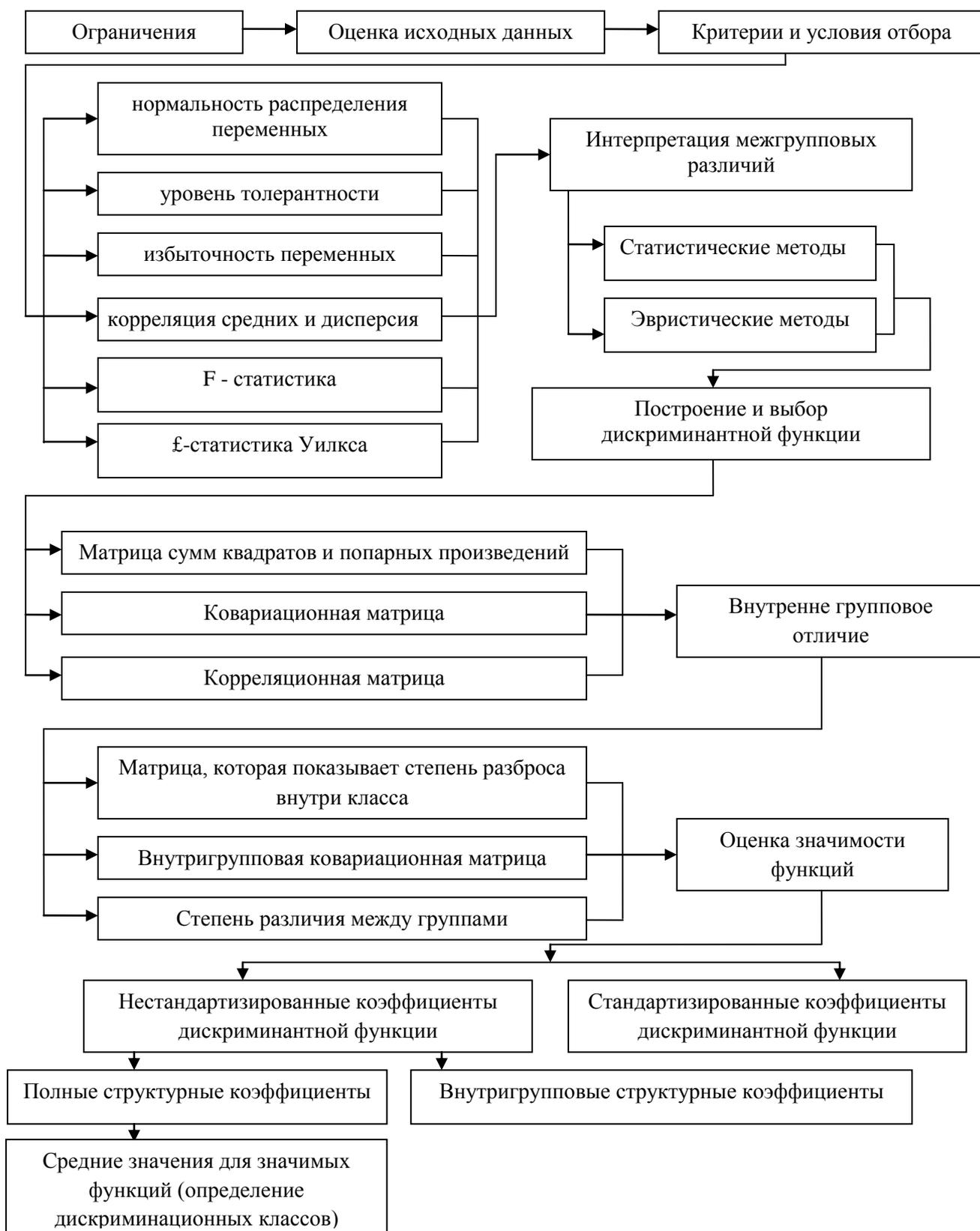
1. Главная задача дискриминантного анализа – это классификация, которая проводится с практической и аналитической целью. В процессе классификации дискриминантные переменные или канонические дискриминантные функции используются для прогнозирования принадлежности определенного объекта к определенному классу.

2. Решения о классификации принимаются на основе информации, содержащейся в дискриминантных переменных. Процедуры классификации требуют определения расстояния между объектом и каждым центроидом группы для дальнейшего отнесения к ближайшей группе. Существует несколько процедур классификации, но все они сравнивают положение объекта с каждым из центроидов группы, чтобы определить и присоединиться к ближайшему из них.

3. Можно использовать как дискриминантные функции, так и дискриминантные переменные. В первом случае дискриминантный анализ с разрешением классов и определением дискриминантного пространства не проводится, принимается подход максимизации разногласий между классами для построения функций классификации. А если сначала определяются канонические дискриминантные функции, то классификация проводится с их помощью и можно провести более глубокий анализ.

Рисунок 3.1.

**Расширенная схема проведения дискриминантного анализа  
(составлено на основании источников [35, 48, 72, 122])**



Значения отобранных показателей ( $x_1 - x_{24}$ ) для выбранных стран являются основой для проведения дальнейшего исследования, а именно для построения дискриминантной модели.

На первоначальном этапе количество входящих в анализ переменных необходимо проанализировать и выяснить, какие из них действительно полезны для дискриминации. Могут возникнуть случаи, когда переменные исключаются, поскольку мало отличаются друг от друга. Несколько переменных могут содержать одинаковую информацию, что может привести к возникновению погрешностей в анализе.

Одним из способов исключения ненужных переменных является последовательный отбор наиболее полезных дискриминантных переменных на основании следующих показателей (табл. 3.2).

Таблица 3.2

**Характеристика переменных для отбора показателей в дискриминантном анализе\***

Наименование показателя	Характеристика показателя	Значение в анализе
1	2	3
$\lambda$ (статистика Уилкса)	Учитывает как различия между классами, так и однородность каждого класса (когезивность). Является обратной статистике, т.е. отбирается та переменная, у которой минимальное значение $\lambda$ Уилкса.	Величины $\lambda$ , близкие к 0, свидетельствуют о высоком уровне разделения (т.е. центры масс классов значительно отличаются друг от друга по степени разброса внутри класса). Увеличение $\lambda$ до ее максимального значения, равного 1, приводит к постепенному ухудшению разделения (центры масс классов совпадают).
Толерантность	Обеспечивает точность вычислений. Толерантность еще не отобранной переменной равна $1 - R^2$ ( $R^2$ - квадрат множественной корреляции между переменной и уже отобранными переменными, корреляция определяется внутри групповой корреляционной матрицы).	Если переменная, которая проверяется, является линейной комбинацией отобранных переменных, то ее толерантность равна 0 (если включить такую переменную, это приведет к быстрому накоплению ошибок округления при вычислении матрицы $W / (n - 2)$ ).

Окончание табл. 3.2

1	2	3
		В анализе должны оставаться только те переменные, у которых значение толерантности намного больше 0.
F- статистика (критерий Фишера)	Оценивает значимость ухудшения классификации после удаления переменной из списка уже отобранных переменных. Процедура проводится в начале каждого шага, чтобы проверить, есть ли какая-либо переменная, которая уже не делает достаточно большого вклада в разделение, потому что отобранные позже переменные дублируют ее вклад.	Значение F- статистики подтверждают невозможность исключения указанных переменных из дискриминантной функции. F- статистика для модели является статистически значимой, то есть дискриминантная функция построена правильно.

\*Примечание: составлено автором самостоятельно на основании источников [35, 48, 72, 122]

Таким образом, используя в качестве входных данных значения показателей  $x_1 - x_8$ , которые характеризуют уровень технического развития мировой атомной отрасли (компонента  $T$ ) по всей совокупности стран, необходимо провести дискриминантный анализ с первоначальным пошаговым исключением малозначимых показателей. Реализовать данную задачу предлагается с помощью программы «Statistica 6.0», которая автоматически рассчитывает все входящие показатели и приводит дискриминантные уравнения (табл. 3.3).

Таблица 3.3

**Отбор показателей дискриминантного анализа для технического уровня развития АО (компонента  $T$ )**

Показатели	Критерии отбора переменных		
	£ Уилкса	F-статистика	Толерантность
$x_1$	0,1609	3,4199	0,5909
$x_2$	0,3757	27,9984	0,3398
$x_3$	0,3677	27,0852	0,3447
$x_4$	0,8943	0,7362	0,0183
$x_5$	0,7739	0,8217	0,0038
$x_6$	0,1446	1,5553	0,6175
$x_7$	0,8411	0,7352	0,0271
$x_8$	0,7992	0,2848	0,0319

По данным табл. 3.3 видно, что в дальнейшем анализе остаются следующие показатели, имеющие в исследовании наибольшую значимость:

$x_1$  - количество действующих атомных реакторов, шт.;

$x_2$  - общая мощность атомных реакторов (выработка энергии), МВт;

$x_3$  - доля атомной энергии в общей выработке энергии страны, %;

$x_6$  – количество строящихся атомных реакторов, шт.

Критерий качества отбора переменных  $\lambda$  Уилкса (аналог частного коэффициента корреляции) для всех отобранных показателей должно быть наименьшим (значительно меньше 1), это свидетельствует о высоком уровне распределения. В связи с этим из модели будут исключены другие показатели, у которых  $\lambda$  Уилкса приближена к 1 ( $x_4, x_5, x_7, x_8$ ). Общая для модели статистика Уилкса составляет 0,13, что свидетельствует о высоком качестве дискриминантной функции.

Значение F-статистики подтверждает невозможность исключения указанных переменных из дискриминантной функции. В соответствии с данным критерием, в модели должны остаться те значения, для которых показатель F-статистики  $>1$  ( $x_1, x_2, x_3, x_6$ ). F-статистика для модели является статистически значимой (13,217), то есть дискриминантная функция построена правильно.

Толерантность отобранных переменных должна быть намного выше 0, что свидетельствует о невозможности накопления ошибок округления при расчете дискриминантной функции.

В табл. 3.4 приведены рассчитанные коэффициенты при дискриминантных переменных, которые формируют функции распознавания кластеров стран по техническому уровню развития атомной отрасли.

Таблица 3.4

Коэффициенты для построения дискриминантных моделей  $T_i$ 

Показатели	Коэффициенты для $T_1^*$	Коэффициенты для $T_2$
$x_1$	0,058	0,18
$x_2$	0,008	0,0006
$x_3$	0,017	0,0008
$x_6$	-0,12	-0,24
Свободный коэффициент	-2,67	-1,92

\*Примечание: где:  $T_1$  и  $T_2$  – расчетное значение модели для отнесения стран к первому или второму кластеру соответственно (кластеры с высоким и низким значениями уровня технического развития атомной отрасли).

Таким образом, на основании предварительного отбора показателей для модели (см. табл. 3.3) и расчетных значений коэффициентов для этих показателей (см. табл. 3.4) посредством программы «Statistica 6.0» получены следующие дискриминантные модели  $T_i$  для компоненты  $T$ :

$$T_1 = -2,67 - 0,12x_6 + 0,017x_3 + 0,008x_2 + 0,058x_1; \quad (3.1)$$

$$T_2 = -1,92 - 0,024x_6 + 0,0008x_3 + 0,0006x_2 + 0,18x_1; \quad (3.2)$$

Каждому кластеру соответствует своя отдельная модель. Объект, который следует классифицировать, относится к классу с наибольшим значением  $T_i$ . Точные значения модели здесь не важны и второстепенны, но необходимо знать, для какого кластера это значение больше (значит, к такому кластеру объект находится ближе всего и может быть справедливо к нему отнесен).

Далее необходимо провести дискриминантный анализ на основании показателей характеристики экономического уровня развития атомной отрасли ( $x_9 - x_{24}$ ) – Компонента  $E$ . Идентификация дискриминантных показателей приведена в табл. 3.5.

По данным табл. 3.5 видно, что в дальнейшем анализе остаются следующие показатели, имеющие в исследовании наибольшую значимость:

$x_{11}$  - расходы на строительство АЭС, долл.;

$x_{14}$  - доля государственных инвестиций в АО, %;

$x_{15}$  - доля частных инвестиций в АО, %;

$x_{18}$  - количество занятых работников в АО, % от общего числа трудоспособного населения;

$x_{23}$  - индекс экономической свободы.

**Таблица 3.5**

**Результаты дискриминантного анализа для экономического уровня развития АО (компонента  $E$ )**

Discriminant Function Analysis Summary (diskr_likv) Step 5, N of vars in model: 5; Grouping: G_L Wilks' Lambda: ,05422 approx. F (10,40)=13,178 p< ,0000						
N=27	Wilks' Lambda	Partial Lambda	F-remove (2,20)	p-level	Toler.	1-Toler. (R-Sqr.)
X11	0,161433	0,335889	19,77175	0,000018	0,596129	0,403871
X14	0,075505	0,718141	3,92485	0,036483	0,567358	0,432642
X15	0,093802	0,578060	7,29925	0,004166	0,603099	0,396901
X18	0,087787	0,617673	6,18980	0,008083	0,491372	0,508628
X23	0,061662	0,879360	1,37191	0,276481	0,696531	0,303469

Для переменных  $x_{14}$ ,  $x_{15}$ ,  $x_{18}$ ,  $x_{23}$  величина  $f$  приближена к 0, что свидетельствует о высоком уровне разделения стран по кластерам (т.е. центры кластеров сильно отличаются друг от друга по степени разброса внутри группы). Несколько хуже ситуация для  $x_{11}$ , но этот показатель с точки зрения экономической интерпретации необходимо оставить в анализе, поскольку он составляет важную характеристику страны в плане ее финансовых возможностей. К тому же показатель  $f$  является также низким относительно 1. Статистика Уилкса для всей функции в целом составляет 0,054, что свидетельствует о высокой точности дискриминантной функции. Толерантность отобранных переменных намного выше 0.

Показатель F-статистики оценивает значимость ухудшения классификации после удаления какой-либо переменной ( $x_{11}$ ,  $x_{14}$ ,  $x_{15}$ ,  $x_{18}$ ,  $x_{23}$ ) из списка уже отобранных переменных. Значение F-статистики (13,178)

подтверждает невозможность исключения указанных переменных из дискриминантной функции и показывает, что дискриминантная модель значима.

В табл. 3.6 приведены рассчитанные коэффициенты при дискриминантных переменных, которые формируют функции распознавания кластеров стран по экономическому уровню развития атомной отрасли.

Таблица 3.6

**Коэффициенты для построения дискриминантных моделей  $E_i$**

Показатели	Коэффициенты для $E_1$ *	Коэффициенты для $E_2$
$x_{11}$	20,66	15,60
$x_{14}$	239,29	129,99
$x_{15}$	67,29	44,81
$x_{18}$	70,05	52,58
$x_{23}$	-1,86	-2,60
Свободный коэффициент	-67,41	-32,73

\*Примечание: где:  $E_1$  и  $E_2$  – расчетное значение модели для отнесения стран к первому или второму кластеру соответственно (кластеры с высоким и низким значениями уровня экономического развития атомной отрасли).

Таким образом, на основании предварительного отбора показателей для модели (см. табл. 3.3) и расчетных значений коэффициентов для этих показателей (см. табл. 3.4) посредством программы «Statistica 6.0» получены следующие дискриминантные модели  $E_i$  для компоненты  $E$ :

$$E_1 = -67,412 + 20,66x_{11} + 239,29x_{14} + 67,29x_{15} + 70,06x_{18} - 1,86x_{23}; \quad (3.3)$$

$$E_2 = -32,731 + 15,61x_{11} + 129,9x_{14} + 44,8x_{15} + 52,58x_{18} - 2,60x_{23}; \quad (3.4)$$

Каждому кластеру соответствует своя отдельная модель. Объект, который следует классифицировать, относится к классу с наибольшим значением  $E_i$ . Точные значения модели здесь не важны и второстепенны, необходимо знать, для какого кластера это значение больше (значит, к такому кластеру объект находится ближе всего и может быть справедливо к нему отнесен).

На основании аналогичного подхода далее проводится дискриминантный анализ по всей совокупности показателей ( $x_1 - x_{24}$ ) для интегрального показателя  $Y$  (табл. 3.7).

Таблица 3.7

**Результаты дискриминантного анализа для уровня развития АО  
(компонента  $Y$ )**

Discriminant Function Analysis Summary (diskr_da)						
No. of vars in model: 8; Grouping: G_da						
Wilks' Lambda: ,04835 approx. F (16,52)=11,531 p< ,0000						
N=36	Wilks' Lambda	Partial Lambda	F-remove (2,26)	p-level	Toler.	1-Toler. (R-Sqr.)
x1	0,050273	0,961711	0,51758	0,601976	0,382290	0,617710
x2	0,048761	0,991530	0,11105	0,895316	0,476625	0,523375
x3	0,055672	0,868440	1,96936	0,159816	0,356318	0,643682
x11	0,109488	0,441583	16,43953	0,000024	0,426097	0,573903
x14	0,080380	0,601489	8,61305	0,001349	0,614243	0,385757
x15	0,073255	0,659999	6,69702	0,004509	0,607409	0,392591
x18	0,053415	0,905134	1,36251	0,273696	0,803095	0,196905
x23	0,055040	0,878419	1,79932	0,185405	0,784913	0,215087

По данным табл. 3.7 видно, что в дальнейшем анализе остаются следующие показатели, имеющие в исследовании наибольшую значимость:

$x_1$  - количество действующих атомных реакторов, шт.;

$x_2$  - общая мощность атомных реакторов (выработка энергии), МВт;

$x_3$  - доля атомной энергии в общей выработке энергии страны, %;

$x_{11}$  - расходы на строительство АЭС, долл.;

$x_{14}$  - доля государственных инвестиций в АО, %;

$x_{15}$  - доля частных инвестиций в АО, %;

$x_{18}$  - количество занятых работников в АО, % от общего числа трудоспособного населения;

$x_{23}$  - индекс экономической свободы.

Для всех отобранных переменных и модели в целом величина  $f$  близка к 0, что свидетельствует о высоком качестве разделения (т.е. центроиды классов

значительно отличаются друг от друга по степени удаленности внутри класса). Толерантность отобранных переменных намного выше 0.

Значение F-статистики (11,53) подтверждают невозможность исключения указанных переменных из дискриминантной функции.

В табл. 3.8 приведены рассчитанные коэффициенты при дискриминантных переменных, которые формируют функции распознавания кластеров стран по уровню развития атомной отрасли. Программная интерпретация результатов дискриминации, соответствующая табл. 3.4, табл. 3.6. и табл. 3.8, приведена в Приложении 8.

**Таблица 3.8**

**Коэффициенты для построения дискриминантных моделей  $Y_i$**

Показатели	Коэффициенты для $Y_1^*$	Коэффициенты для $Y_2$
$x_1$	0,06	0,09
$x_2$	0,0001	-0,002
$x_3$	0,006	0,05
$x_6$	0,05	0,063
$x_{11}$	0,12	-0,01
$x_{14}$	3,45	12,36
$x_{15}$	0,33	-0,38
$x_{18}$	-0,11	0,20
$x_{23}$	0,35	0,47
Свободный коэффициент	-16,632	-14,353

\*Примечание: где  $Y_1$  и  $Y_2$  – расчетное значение модели для отнесения стран к первому или второму кластеру соответственно (кластеры с высоким и низким значениями уровня экономического развития атомной отрасли).

Таким образом, на основании предварительного отбора показателей для модели (см. табл. 3.3) и расчетных значений коэффициентов для этих показателей (см. табл. 3.4) посредством программы «Statistica 6.0» получены следующие дискриминантные модели  $Y_i$  для компоненты  $Y$ :

$$Y_1 = -16,732 + 0,06x_1 + 0,0001x_2 + 0,006x_3 + 0,05x_6 + 0,126x_{11} + 3,45x_{14} + 0,33x_{15} - 0,11x_{18} + 0,35x_{23}; \quad (3.5)$$

$$Y_2 = -14,353 + 0,09x_1 - 0,002x_2 + 0,05x_3 + 0,063x_6 - 0,018x_{11} + 12,37x_{14} - 0,38x_{15} + 0,202x_{18} + 0,47x_{23}; \quad (3.6)$$

Каждому кластеру соответствует своя отдельная модель. Объект, который следует классифицировать, относится к классу с наибольшим значением  $Y_i$ . Точные значения модели здесь не важны и второстепенны, но необходимо знать, для какого кластера это значение больше (значит, к такому кластеру объект находится ближе всего и может быть справедливо к нему отнесен).

Практическую значимость в процессе идентификации стран по уровню развития атомной отрасли представляют дискриминантные модели (3.5) и (3.6). Они необходимы для того, чтобы любая страна, которая только планирует строить и развивать у себя атомную отрасль, имея представление о своих будущих показателях и подставив их в модель, может получить информация о принадлежности в будущем к любому из сформированных кластеров. Это облегчит процесс принятия решений по управлению показателями отрасли и отразит тенденции ее развития в будущем.

Следует отметить, что указанные модели были проверены на универсальность, то есть на соответствие реальным данным. Была проведена проверка кластеризации анализируемых стран по уровню развития атомной отрасли (в указанные модели были подставлены значения показателей отобранных стран), и результаты подтвердили закономерность их распределения по двум кластерам: кластер с высоким уровнем технического и социально-экономического развития и кластер с низким уровнем технического и социально-экономического развития атомной отрасли.

Таким образом, расчетные значения кластеризации на основе дискриминантного анализа подтвердили соответствие анализируемых стран занимаемым кластерам, сформированным и обоснованным во второй главе данной работы. На основании сказанного можно заключить об универсальности разработанной автором дискриминантной модели. С ее помощью возможно классифицировать любую страну мира в аспекте изучения уровня развития атомной отрасли, как по фактическим показателям, так и по плановым. Это позволяет заинтересованным группам лиц объективно оценить

свои возможности на рынке атомной энергии и спрогнозировать будущие тенденции развития в соответствии со своим техническим и социально-экономическим потенциалом.

Это особо актуально на современном этапе, поскольку достаточно большое количество стран заявило о намерении построить на своей территории объекты атомной отрасли. Интенсификация такого процесса зависит преимущественно от различия экономик развивающихся стран. Лидирующие в аспекте указанных намерений страны, после Ирана, это ОАЭ, Турция, Вьетнам, Белоруссия, Польша и Иордания.

В региональном разрезе планы по развитию атомной отрасли на разных этапах рассмотрения можно представить следующим образом:

- Европа: Италия, Албания, Сербия, Хорватия, Португалия, Норвегия, Польша, Белоруссия, Эстония, Латвия, Ирландия, Турция;
- Ближний Восток и Северная Африка: Иран, страны Персидского залива, включая ОАЭ, Саудовская Аравия, Катар, Кувейт, Йемен, Израиль, Сирия, Иордания, Египет, Тунис, Ливия, Алжир, Марокко, Судан;
- Западная, центральная и южная Африка: Нигерия, Гана, Сенегал, Кения, Уганда, Намибия;
- Южная Америка: Чили, Эквадор, Венесуэла;
- Центральная и южная Азия: Азербайджан, Грузия, Казахстан, Монголия, Бангладеш, Шри-Ланка;
- Юго-Восточная Азия: Индонезия, Филиппины, Вьетнам, Таиланд, Малайзия, Сингапур, Австралия, Новая Зеландия.
- Восточная Азия: Северная Корея

Современная тенденция по уровню развития мировой атомной отрасли характеризуется активным ростом в развивающихся странах. Однако эти страны не повлияют значительно на расширение мощностей АЭС в ближайшей перспективе. Основной рост ожидается в странах, обладающих технологическим опытом в указанном аспекте. При этом весомым фактором

являются тенденция к урбанизации в менее развитых странах, что значительно повысит спрос на электроэнергию.

Интенсивность развития атомной отрасли во многом определена тем, на какой стадии находится рассмотрение решений по строительству ее объектов. В этой связи МАГАТЭ предлагает следующую классификацию стран [147]:

- Реакторы на стадии строительства: ОАЭ;
- Контракты подписаны, правовая и нормативная инфраструктура хорошо развита: Литва, Турция, Белоруссия;
- Планы по строительству утверждены, нормативно-правовое обеспечение находится на стадии разработки: Вьетнам, Иордания, Польша, Бангладеш;
- Хорошо развитые планы, но утверждение обязательств на стадии ожидания: Таиланд, Индонезия, Египет, Казахстан, Саудовская Аравия, Чили, Италия;
- Разработка планов: Израиль, Нигерия, Малайзия, Марокко, Кувейт;
- Обсуждение планов, как объект государственной политики: Намибия, Кения, Монголия, Филиппины, Сингапур, Албания, Сербия, Хорватия, Эстония, Латвия, Ливия, Алжир, Азербайджан, Шри-Ланка, Тунис, Сирия, Катар, Судан, Венесуэла;
- По официальным заявлениям атомная отрасль не является предметом политики в настоящее время: Австралия, Новая Зеландия, Португалия, Норвегия, Ирландия, Кувейт.

С учетом того, что многие указанные страны официально планируют начать строительство атомной отрасли, то исследование их будущих возможностей в указанном контексте одинаково важно, как для правительств этих стран, так и для международных сообществ. Это доказывает целесообразность проведенного исследования по построению дискриминантных моделей и их практическую значимость в области изучения тенденций развития мировой атомной отрасли и ее места в глобальном энергетическом пространстве. В совокупности с использованием методов

группировки это позволит получить достоверную информацию о будущих позициях стран в мировом масштабе по уровню развития атомной отрасли в зависимости от технических и социально-экономических характеристик. При этом в анализе могут принимать участие страны, не вошедшие в исследуемую выборку, но требующие анализа своего дальнейшего состояния.

Таким образом, полученные дискриминантные модели, идентифицирующие каждый кластер, позволяют проводить анализ стран по исследуемой совокупности показателей для будущих периодов. В этой связи целесообразно включить в анализ прогнозирование уровня развития атомной отрасли в странах, генерирующих данный вид энергии с учетом заданного временного периода и исходя из фактических тенденций прошлого, методика чего будет приведена в следующем параграфе.

### 3.2. Построение прогноза тенденций развития мировой атомной энергетики

При изучении тенденций развития любой экономической системы, в том числе атомной отрасли, возникает необходимость в формировании прогноза развития указанных процессов в будущем. В современных нестабильных и динамичных экономических условиях ориентация на составленные прогнозы важна, как для отдельного энергетического предприятия с целью эффективного управления эксплуатационными и генерирующими процессами, так и для всего государства с целью обеспечения национальных приоритетов, в том числе энергетической безопасности.

Для того чтобы дать экономическую интерпретацию анализируемым процессам в будущем, а именно уровню развития мировой атомной отрасли, ее необходимо описать соответствующим математическим уравнением, которое аппроксимирует фактическую тенденцию динамики количественных показателей отрасли. Уравнение тенденции динамики в 1902 г. было введено в статистику под названием уравнение тренда, что в дальнейшем стало известно науке как трендовый анализ [38].

В качестве исходных данных для трендового прогноза уровня развития мировой атомной отрасли выступают расчетные значения интегрального показателя  $Y$  за период 2006-2012 гг. На основании этого предлагается осуществить прогнозирование для характеристики уровня развития атомной энергетики в мировом масштабе и отдельно по каждому сформированному кластеру. Для характеристики уровня развития атомной энергетики для каждого кластера берется среднее значение интегральных показателей стран, входящих в данный кластер (табл. 3.9).

Поскольку период известных значений составляет 7 лет, то прогноз целесообразно осуществить на 5 лет вперед. Такой прогноз будет

характеризоваться как краткосрочный, что соответствует требованию проведения прогнозов на основе методов экстраполяции.

Таблица 3.9

### Исходные данные для трендового прогноза

Название кластера	Структура кластера*	Динамика интегральных показателей уровня развития мировой атомной энергетики (Y)						
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Cluster 1	Китай	0,84	0,88	0,89	0,91	0,9	0,92	0,93
	Южная Корея	0,83	0,84	0,84	0,85	0,85	0,86	0,87
	Россия	0,91	0,91	0,92	0,9	0,92	0,92	0,93
	Индия	0,92	0,93	0,93	0,94	0,95	0,96	0,96
	Франция	0,73	0,72	0,74	0,75	0,73	0,71	0,72
	среднее по кластеру	0,85	0,86	0,86	0,87	0,87	0,875	0,88
Cluster 2	США	0,74	0,7	0,71	0,76	0,78	0,76	0,75
	Япония	0,94	0,95	0,95	0,96	0,96	0,75	0,73
	Канада	0,8	0,81	0,81	0,82	0,82	0,83	0,82
	Швеция	0,81	0,82	0,84	0,85	0,84	0,81	0,82
	Украина	0,85	0,86	0,87	0,84	0,85	0,81	0,82
	Великобритания	0,82	0,85	0,84	0,85	0,85	0,81	0,80
	среднее по кластеру	0,83	0,83	0,84	0,85	0,82	0,83	0,82
Мировой уровень		0,32	0,35	0,36	0,37	0,37	0,33	0,33

\*Примечание: структура каждого кластера условно принята по состоянию на 2012 г.

В методологии трендового анализа прогноз осуществляется на основании построения уравнения следующих зависимостей: линейная, логарифмическая, полиномиальная, степенная. При выборе одной из зависимостей для составления трендового прогноза результат будет носить субъективный характер. Поэтому необходимо построить прогнозы на основании всех указанных зависимостей, а после этого отобрать наиболее подходящий прогноз путем сравнения соответствующих каждому уравнению коэффициентов аппроксимации ( $R^2$ ). Предпочтение будет отдано тому прогнозу, для которого коэффициент аппроксимации наиболее приближен к 1, что означает наибольшую математическую точность данного уравнения.

Прогнозирование тенденций уровня развития атомной отрасли в мировом масштабе осуществлено в программе Microsoft Excel, что позволило получить их графическую визуализацию (рис. 3.2-3.5).

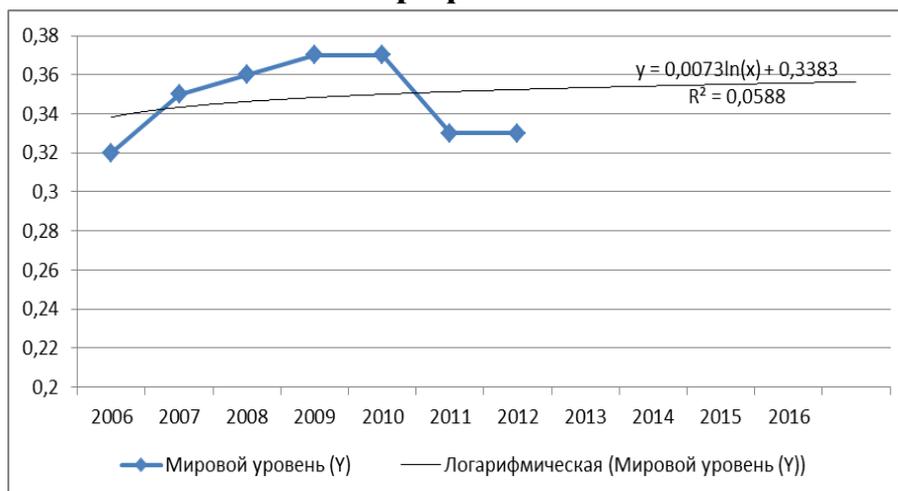
Рисунок 3.2.

**Результаты прогноза тенденций уровня развития АО (Y) в мировом масштабе на основе линейной зависимости**



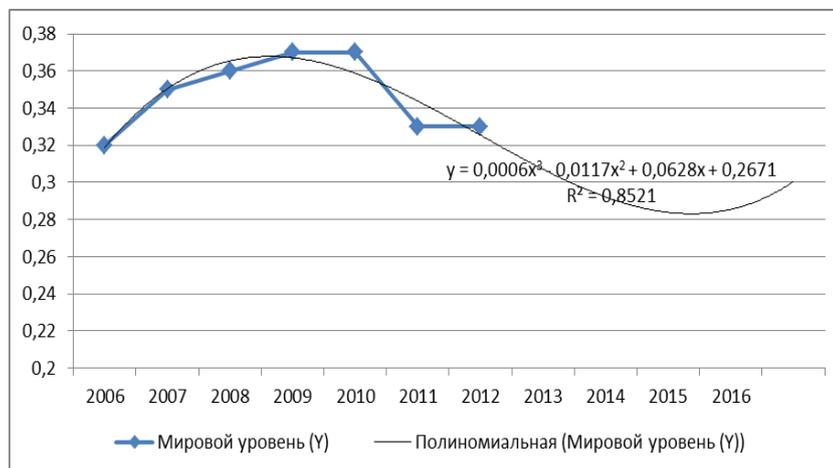
Рисунок 3.3.

**Результаты прогноза тенденций уровня развития АО (Y) в мировом масштабе на основе логарифмической зависимости**



**Рисунок 3.4.**

**Результаты прогноза тенденций уровня развития АО (Y) в мировом масштабе на основе полиномиальной зависимости**



**Рисунок 3.5.**

**Результаты прогноза тенденций уровня развития АО (Y) в мировом масштабе на основе степенной зависимости**



На указанных графиках по оси абсцисс отложена переменная время, по оси ординат – значение интегрального показателя уровня развития мировой атомной энергетики (Y). Линиями на графиках изображены изменения расчетных значений Y на основе фактических данных, а также добавлена линия тренда, характеризующая тенденцию изменений анализируемой величины. Дополнительно на графиках приведено уравнение для каждого вида зависимости и значение коэффициента аппроксимации ( $R^2$ ). Очевидно, что при

любом виде прогноза кривая фактических значений остается неизменной, меняется лишь линия тренда, что связано с отличием в формулах выражения зависимости анализируемого показателя  $Y$  от независимой переменной время  $t_i$  {  $t_1 = 2006$  г.; ...;  $t_{11} = 2016$  г. }.

Таким образом, на основе сравнения коэффициента аппроксимации ( $R^2$ ) можно заключить, что наиболее точно описывает тенденцию развития атомной отрасли на ближайшие пять лет трендовый прогноз на основе полиномиальной зависимости, где  $R^2=0,85$  (см. рис. 3.4).

В соответствии с прогнозом наблюдается тенденция спада уровня развития мировой атомной отрасли в следующие четыре года с последующей стагнацией. С точки зрения математической интерпретации полиномиальная зависимость наиболее точно описывает кривую фактических значений и продлевает тренд. Это обусловлено общемировым снижением активности в сфере атомной генерации после аварии на АЭС в Японии в 2011 г. Также, поскольку анализируемая величина  $Y$  является агрегированным показателем, обобщающим множество параметров ( $x_1 - x_{24}$ ), то следствием такого спада может быть уменьшение количественного значения любой из его составляющих в любой из анализируемых стран. Примером этому могут быть: отказ от атомной генерации и вывод мощностей из эксплуатации; уменьшение объемов генерации в связи с техническими возможностями объектов отрасли; снижение объемов инвестиций в отрасль; увеличение потребности в дополнительных кадрах и пр. Каждый из указанных примеров негативно влияет на общий тренд развития атомной отрасли в прогнозируемом будущем.

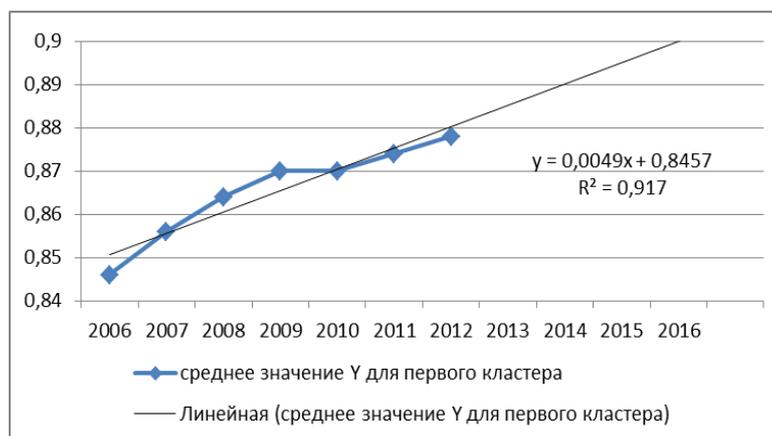
Кроме того необходимо отметить, что период прогнозирования носит ограниченный характер во времени (2-5 лет), что обусловлено спецификой построения трендов. Поэтому прогнозные тенденции справедливы лишь для выделенного временного периода, после которого их погрешность значительно увеличивается. Это объясняет тот факт, что в силу объективных причин атомная отрасль многих стран мира не может постоянно стагнировать, в

определенный момент будет наблюдаться стабилизация с последующим ростом.

В этой связи с целью детализации анализа целесообразно произвести прогнозирование на основании аналогичного подхода отдельно для каждого кластера. Результаты прогноза для кластера стран с высоким уровнем развития атомной отрасли (Cluster 1) представлены на рис. 3.6-3.9.

**Рисунок 3.6.**

**Результаты прогноза тенденций уровня развития АО для стран первого кластера на основе линейной зависимости**



**Рисунок 3.7.**

**Результаты прогноза тенденций уровня развития АО для стран первого кластера на основе логарифмической зависимости**



Рисунок 3.8.

**Результаты прогноза тенденций уровня развития АО для стран первого кластера на основе полиномиальной зависимости**



Рисунок 3.9.

**Результаты прогноза тенденций уровня развития АО для стран первого кластера на основе степенной зависимости**



Следует отметить, что по значению коэффициента аппроксимации, который везде больше 0,9 (кроме полиномиальной зависимости, где  $R^2=0,57$ ) можно сделать заключение о высоком качестве составленных прогнозов на основе всех приведенных зависимостей. Их обобщающей характеристикой является устойчиво возрастающий тренд уровня развития АО, что является позитивной тенденцией для составляющих первого кластера и может служить

основой для формирования стратегии управления развитием отрасли в данных странах.

Возрастающая тенденция соответствует уровню развития атомной отрасли в странах первого кластера. Это означает, что стимулирующие параметры, формирующие интегральный показатель  $Y$ , будут для этих стран увеличиваться и/или дестимулирующие – уменьшаться. В данном случае обеспечение лидирующих позиций стран, входящих в первый кластер, должно быть основано на стратегии удержания лидерских позиций (стимулирование преимуществ) и обороны от конкурентов (устранение или минимизация рисков).

Разработка направлений стратегии развития любой экономической системы всегда начинается с анализа сильных сторон (преимуществ / возможностей) и выявления слабых сторон (недостатков / рисков) для исследуемых объектов. При стимулировании сильных сторон, они формируют конкурентные преимущества анализируемых объектов. Слабые стороны при условии их бесконтрольного течения становятся выраженными недостатками, при развитии которых формируются риски для такого объекта.

По результатам анализа второй главы данной работы установлено, что в 2012 г. первый кластер с высоким уровнем развития атомной отрасли формируют следующие страны: Индия, Китай, Россия, Южная Корея, Франция, преимущества и недостатки которых сведены в табл. 3.10. Таким образом, дальнейшая стратегия развития стран первого кластера основана на укреплении их преимуществ и минимизации сопутствующих недостатков, что позволит сохранить тенденцию развития их количественных показателей на уровне, обеспечивающем возрастающий прогнозный тренд.

Таблица 3.10

**Детерминация стратегических возможностей и рисков для стран,  
входящих в первый кластер**

Страна	Характеристика*	Стратегические преимущества
Индия	Страны устойчивого роста	<u>Преимущества/Возможности</u> : растущий спрос на электроэнергию обуславливает необходимость строительства новых АЭС, что формирует целевую нишу для привлечения иностранных инвесторов. <u>Недостатки/Риски</u> : отсутствие собственного опыта.
Китай		<u>Преимущества/Возможности</u> : потенциально самый крупный рынок в будущем для развития АО. <u>Недостатки/Риски</u> : интенсивность и направление развития АО прямо зависит от положений национальной стратегии, которая задает ориентиры по стимулированию развития отрасли, т.е. отмечена сильная зарегулированность экономики вообще и атомной энергетики в частности.
Россия		<u>Преимущества/Возможности</u> : богатый опыт и инвестиционные возможности; наличие утвержденной государственной энергетической стратегии, в соответствии с которой намечено увеличение объемов атомной генерации к 2020 г. в два раза. <u>Недостатки/Риски</u> : нестабильные условия хозяйствования, политические риски; газовая ориентация топливного баланса страны.
Южная Корея		<u>Преимущества/Возможности</u> : развитие атомной отрасли является стратегическим направлением государственной политики, что обуславливает поддержку отрасли на уровне правительства. <u>Недостатки/Риски</u> : опасное геополитическое соседство; ограниченность ресурсов (сырье, материалы).
Франция		<u>Преимущества/Возможности</u> : богатый опыт; самый большой в мире объем атомной генерации в структуре энергопотребления страны. <u>Недостатки/Риски</u> : снижение инвестиций; отсутствие государственной заинтересованности в активном развитии отрасли.

\*Примечание: характеристика дана в соответствии с разработанной автором матрицей позиционирования стран в сформированных кластерах по состоянию на 2012 г. (см. табл. 2.10).

Далее представлены результаты трендового прогноза для стран второго кластера (рис. 3.10-3.13).

Рисунок 3.10.

**Результаты прогноза тенденций уровня развития АО для стран  
второго кластера на основе линейной зависимости**

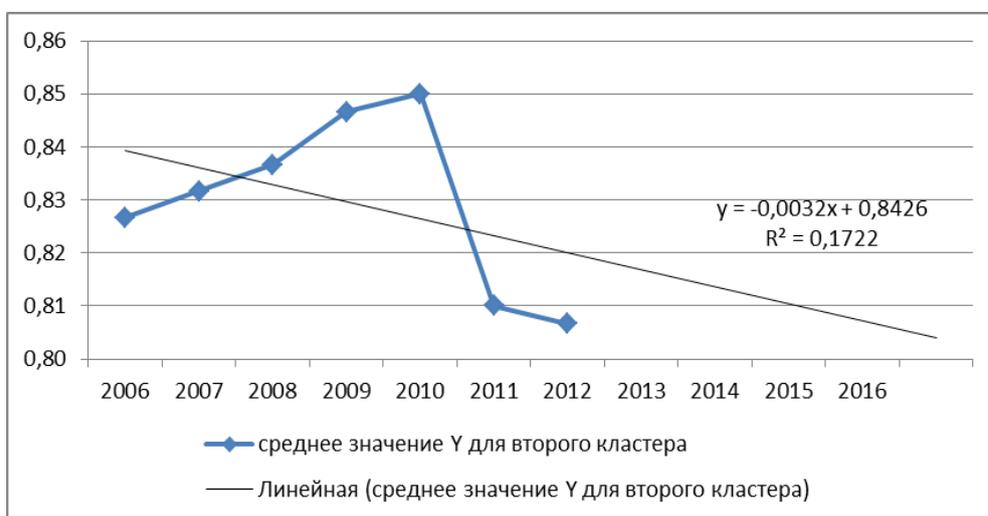


Рисунок 3.11.

**Результаты прогноза тенденций уровня развития АО для стран  
второго кластера на основе логарифмической зависимости**

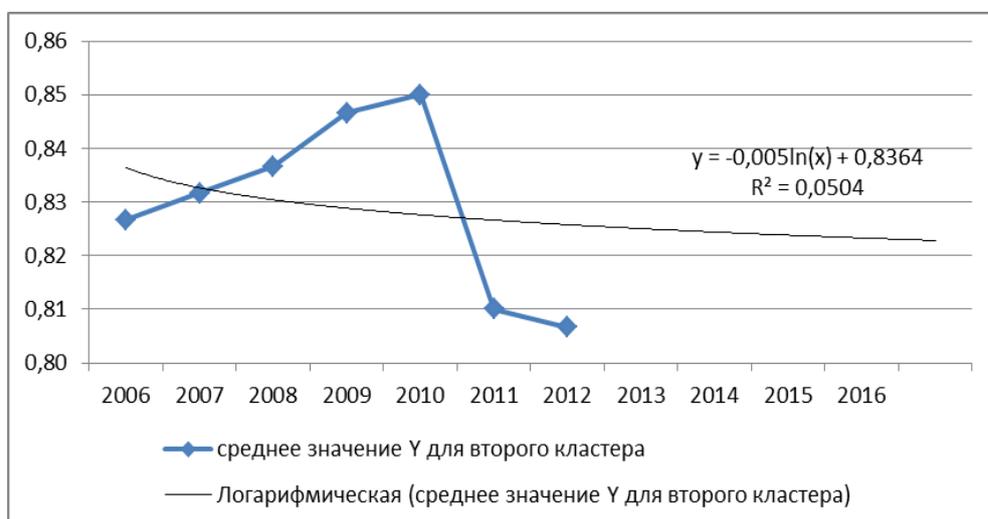


Рисунок 3.12.

**Результаты прогноза тенденций уровня развития АО для стран второго кластера на основе полиномиальной зависимости**

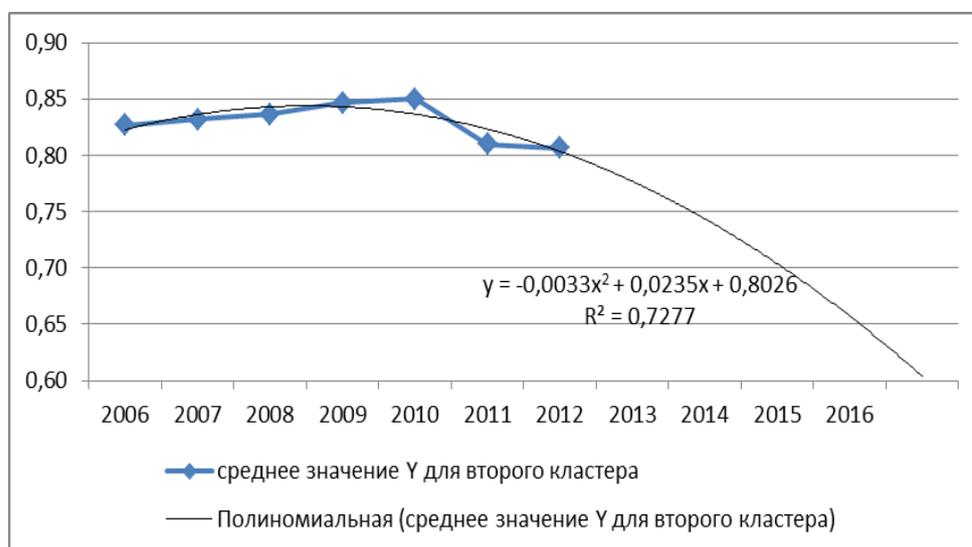


Рисунок 3.13.

**Результаты прогноза тенденций уровня развития АО для стран второго кластера на основе степенной зависимости**



Обобщающей тенденцией представленных прогнозов является снижение уровня развития атомной отрасли в анализируемых странах с различной степенью интенсивности. По сравнению коэффициента аппроксимации наиболее значимым является прогноз на основе полиномиальной зависимости ( $R^2=0,72$ ), где более резко выражено снижение линии тренда. Это означает, что при существующих значениях показателей уровень развития атомной отрасли в

данных странах будет иметь тенденцию к снижению. Однако необходимо отметить, что поскольку спецификой трендового анализа являются краткосрочные прогнозы, то данное снижение уровня развития АО для стран второго кластера соответствует выделенному периоду, по истечении которого целесообразно заново составлять прогноз на основе новых значений входных данных для следующего периода.

С целью выработки обоснованных стратегических решений для стран второго кластера по аналогии с предыдущим подходом необходимо определить их преимущества (возможности) и недостатки (риски). Причем в данном случае возникновение рисков обусловлено превалированием недостатков в развитии отрасли над ее преимуществами в отдельной стране. В данном случае стратегия указанных стран будет направлена на стимулирование сильных сторон и устранение слабых сторон (табл. 3.11).

Таблица 3.11

**Детерминация стратегических возможностей и рисков для стран,  
входящих во второй кластер**

Страна	Характеристика*	Стратегические преимущества / слабые стороны
1	2	3
Швеция	Страны со стабильно функционирующей АО	<i>Преимущества/Возможности:</i> мировая репутация надежной и безопасной страны в аспекте эксплуатации объектов АО. <i>Недостатки/Риски:</i> у страны нет планов по строительству новых объектов отрасли; в период 2012-2025 гг. будет окончен срок эксплуатации нескольких реакторов, что приведет к их закрытию и спаду объемов атомной генерации.
Канада		<i>Преимущества/Возможности:</i> располагает ресурсным потенциалом урана. <i>Недостатки/Риски:</i> требуется замена половины действующих атомных реакторов в ближайшие 10 лет.
Украина		<i>Преимущества/Возможности:</i> новая энергетическая стратегия государства включает активную политику по развитию АО и увеличению генерирующих мощностей. <i>Недостатки/Риски:</i> энергетическая зависимость страны от атомной генерации; негативное общественное мнение в связи с Чернобыльской аварией.

1	2	3
Велико-британия		<i>Преимущества/Возможности:</i> тщательный процесс оценки новых конструкций реакторов и их размещения. <i>Недостатки/Риски:</i> неактивная политика развития отрасли.
США	Страны с нестабильным развитием	<i>Преимущества/Возможности:</i> мировой лидер по количеству атомных реакторов и объему выработки энергии атома; активная государственная поддержка отрасли. <i>Недостатки/Риски:</i> сильная зависимость экономики от мировых кризисных явлений, что привело к спаду практически во всех отраслях народного хозяйства, в том числе и АЭ; резкое снижение финансирования и инвестиций в отрасль; высокая потребность в дополнительных кадрах для обеспечения надежной работоспособности большого количества объектов отрасли.
Япония		<i>Преимущества/Возможности:</i> высокий научной-технический и значительный кадровый потенциал. <i>Недостатки/Риски:</i> давление общественного мнения после аварии на Фукусиме и временная остановка некоторых реакторов; угроза природных катастроф на объектах отрасли; растущая потребность в электроэнергии в связи с интенсивным ростом промышленности и практическим отсутствием собственных энергоресурсов (почти 85% энергопотребности покрывается за счет импорта).

**\*Примечание:** характеристика дана в соответствии с разработанной автором матрицей позиционирования стран в сформированных кластерах по состоянию на 2012 г. (см. табл. 2.10)

Проведенный анализ позволяет заключить, что позиционирование указанных стран в кластере с низким уровнем развития атомной отрасли обусловлено доминированием недостатков над преимуществами. При сохранении указанной тенденции атомная отрасль в данных странах будет развиваться по нисходящему тренду (при прочих равных условиях для выделенного краткосрочного периода), что доказано проведенным трендовым анализом (см. рис. 3.12). В этой связи стратегия развития атомной отрасли для стран второго кластера должна быть направлена на устранение слабых сторон или минимизацию их негативного воздействия на развитие отрасли. Необходима продуманная политика при активной государственной поддержке. Проследить последствия влияния государственных решений на развитие отрасли возможно при помощи дискриминантных уравнений, разработанных в предыдущем параграфе. Например, если в планах страны будет строительство

новых реакторов, которые позволят увеличить атомную генерацию, то подставив новые данные в соответствующее уравнение можно получить результат о передвижении страны в первый кластер, либо, наоборот, подтвердить, что этих мер не достаточно, а дополнительно требуется также увеличение инвестиционных вложений и человеческого ресурса.

Определение позиций анализируемых стран в сформированных кластерах было проведено с целью объединения управленческих стратегических решений применительно к каждому кластеру в соответствии с авторской характеристикой анализируемой страны (табл. 3.12).

Разработанный автором подход дает возможность после определения позиций в кластерах и получении прогнозных тенденций уровня развития атомной отрасли применить обобщенные рекомендации по формированию дальнейшей стратегии развития страны в аспекте АЭ с учетом ее преимуществ (сильных сторон) и возможных рисков (слабых сторон).

Приведенный прогноз тенденций изменения уровня развития атомной отрасли, определил линию тренда для стран каждого кластера при условии сохранения существующих правил и механизмов регулирования отрасли. Однако следует отметить, что всегда существует угроза возникновения событий любого генеза, ломающих тренд. В зависимости от направлений реорганизации атомной энергетики, будет меняться уровень развития и конкурентоспособность отрасли. Поэтому и государственным органам, и собственникам энергокомпаний, и инвесторам необходимо знать насколько изменится тренд развития атомной отрасли от последствий предложенных изменений. В этой связи очевидна необходимость проведения мониторинга позиций страны по уровню развития атомной отрасли и анализ соответствия ее стратегии развития современным мировым тенденциям. Данный процесс реализуется на основании разработанной в работе методики, представленной в виде определенной последовательности действий, о чём речь пойдёт в следующем параграфе.

Таблица 3.12

**Агрегированный подход к формированию стратегии развития атомной отрасли в соответствии с  
характеристикой стран и кластеров**

Характеристика стран*	Кластеры	Структура кластера	Сильные стороны / преимущества	Слабые стороны / риски	Рекомендуемая стратегия развития атомной отрасли
1	2	3	4	5	6
Страны устойчивого роста	Cluster 1	Южная Корея Китай Россия Индия	Динамичное расширение масштабов строительства; активная государственная поддержка; большие инвестиционные возможности (Россия) и инвестиционная привлекательность стран (Южная Корея, Китай, Индия).	Зависимость направлений развития отрасли от стратегических ориентиров страны, в случае изменения которых есть риск торможения стимулирования АЭ по причине переориентации государства на другие отрасли. Отсутствие собственного опыта и капитала формирует зависимость от других стран (Южная Корея, Китай, Индия).	Стратегия удержания лидерских позиций должна быть направлена на недопущение развития рисков: уменьшение роли государственного участия в вопросах расширения строительства объектов отрасли; формирование собственных технологий и научных разработок; обеспечение привилегий в условиях хозяйствования. Стратегия обороны от конкурентов должна быть направлена на поддержание собственных конкурентных преимуществ отрасли: формирование надежного нормативно-правового и регуляторного поля для иностранных инвесторов; снижение барьеров при доступе на рынок для поставщиков технологий и услуг.
	Cluster 2	-	-	-	Увеличение инвестиций и расширение масштабов строительства при прочих равных условиях должны обеспечить перемещение стран из второго в первый кластер.

Продолжение табл. 3.12

1	2	3	4	5	6
Страны со стабильно функционирующей АО	Cluster 1	Франция	Полный топливный цикл; богатый опыт; глубокие инновационные исследования (реакторы нового поколения).	Снижение инвестиций; отсутствие государственной заинтересованности в активном развитии отрасли.	Стратегия предупреждения и минимизации рисков: замена большинства мощностей в ближайшей перспективе должна быть обеспечена необходимыми финансовыми вложениями; формулировка более четких планов правительства по развитию АО.
	Cluster 2	Швеция Канада Великобритания Украина	Ориентация национальной экологической политики на снижение выбросов углекислого газа, что позитивно влияет на решения о стимулировании атомной генерации (Швеция, Канада, Великобритания). Стимулирование развития АО в приоритетах государственной стратегии (Украина).	Объединяющей чертой данных стран являются приближающиеся сроки по замене большого количества мощностей, а также слабая государственная поддержка в развитии отрасли (кроме Украины, у которой при наличии государственного внимания отсутствуют необходимые инвестиционные вложения).	Поскольку входящие в данный кластер страны сильно дифференцированы по уровню развития отрасли и по количественным показателям его формирующим, то стратегия должна быть ориентирована на специфику отдельной страны. Но обобщающим критерием является необходимость в увеличении мощностей и расширении масштабов строительства, что позволит данным странам перейти с существующей характеристикой стабильно функционирующей АО в первый кластер.

Окончание табл. 3.12

1	2	3	4	5	6
Нестабильное развитие АО	Cluster 1	США Япония**	Большой технологический потенциал; инвестиционные возможности.	Подверженность различным угрозам развития отрасли (технологическим, техническим, финансовым и пр.).	Для стран с нестабильным развитием характерны ярко выраженные угрозы для атомной отрасли в разных аспектах. Если по результатам анализа страна оказалась в кластерах с данной характеристикой, то необходимо выявить возможные угрозы (риски) и предотвратить их появление, что является более эффективным, чем последующее устранение последствий наступившей угрозы. Стратегия должна быть направлена на раннее выявление причин, по которым страна может оказаться с характеристикой нестабильного развития.
	Cluster 2				

**Примечания:**

\* характеристика дана в соответствии с разработанной автором матрицей позиционирования стран в сформированных кластерах по состоянию на 2012 г. (см. табл. 2.10).

\*\* за исследуемый период отмечено практически равнозначное присутствие каждой страны в двух кластерах, поэтому позиционировать их отдельно в данном случае считается нецелесообразным.

### 3.3. Методика анализа тенденций развития мировой атомной энергетики

Актуальной характеристикой при анализе тенденций развития энергетики в будущем является утрата значимости количественных показателей и доминирование информации о тренде поведения анализируемой системы, о резких или плавных направлениях ее развития [100]. Это утверждение справедливо может быть отнесено и к функционированию атомной энергетики. То есть, знания абсолютных выражений показателей о необходимой выработке энергии и мощности генерации, безусловно, важны для перспективного анализа, но не менее значимым является информация о колебаниях и направлениях линии развития таких показателей, что и составляет сущностную основу трендового анализа.

В современных научных источниках (В.Ш. Бушуев «Мировая энергетика: состояние, проблемы, перспективы» [80]; Ernst&Young «Перспективы развития атомной энергетики. Инвестиционные возможности в возрождающемся секторе – региональный аспект» [90]; коллектив авторов ИСЭМСОРАН «Перспективы энергетических технологий. Сценарии и стратегии до 2050г» [92]; коллектив авторов ИНЭИ РАН «Прогноз развития энергетики мира и России до 2035 года» [98]; коллектив авторов института энергетической стратегии «Тренды и сценарии развития мировой энергетики в первой половине XXI века» [114]; Ю.К. Шафраник «ТЭК и экономика России: вчера, сегодня, завтра (1990-2010-2030)» [115]) проблеме прогноза развития атомной энергетики уделено достаточно внимания. В основе знаний о будущем развитии положены несколько вариантов поведения энергетической системы (сценарный подход), сформированных в зависимости от определения доминирующего энергетического ресурса.

В связи с отмеченным, целесообразно привести некоторые примеры существующих прогнозов развития энергетики, один из которых представлен следующими сценариями [79]:

1. Традиционный сценарий «угольного ренессанса», в соответствии с которым из энергетического баланса будут вытеснены нефть и газ, как источники электрической генерации. Их применение будет сводиться лишь к удовлетворению топливных потребностей. Также будет иметь место увеличение использования возобновляемых источников энергии. Роль атомной генерации будет стабильной со слабо возрастающей тенденцией, поскольку нерешенными останутся проблемы ядерных отходов и безопасности работы АЭС.

2. «Атомный прорыв» на основе создания и внедрения инновационных технологий, обеспечивающих атомной энергии статус системной генерации. Решается проблема безопасности АЭС и ОЯТ, что требует активного государственного участия в части финансирования НИОКР и управления развитием отрасли.

3. Инерционный сценарий «энергосберегающего будущего», являющийся результатом отсутствия государственных решений в поддержке энергетики и качественных ее изменений. Все отрасли энергетики развиваются в тех тенденциях, которые были им присущи до настоящего времени.

4. Равная вероятность реализации любого из предыдущих сценариев в случае изобретения в любом из них новых технологий генерации, которые будут иметь явное преимущество перед уже существующими.

Похожий подход в типологии сценариев развития энергетики предложен в другом российском источнике [89], где приводится их качественная характеристика:

1. Сценарий на основе использования биотоплива или ВИЭ, характеризуется как «очень плохой сценарий». Возникнет проблема с продуктами питания, т.к. большие территории будут отданы под выращивание

биотоплива. Не решится проблема энергетики, поскольку таких ресурсов при их моноиспользовании не хватит для удовлетворения растущих потребностей в энергии.

2. Сценарий на основе угольной генерации характеризуется как «плохой сценарий», поскольку он по своей сути является не прогрессом, а служит, как откат в развитии цивилизации.

3. Сценарий атомного ренессанса, характеризуется как «хороший сценарий», поскольку в нем нет явных признаков регресса, а есть необходимые инновационные достижения.

В приведенных сценариях нет точности относительно большей или меньшей возможности реализации какого-либо варианта. Это будет зависеть от интенсивности и глубины государственных решений, а также прочих факторов, как позитивных, так и негативных. В таком случае можно предположить, что при сохранении существующих моделей государственного регулирования атомной отрасли, в будущем сохранится текущая ситуация, что неприемлемо в условиях ограниченности природных топливных ресурсов и нерешенных проблем энергосбережения.

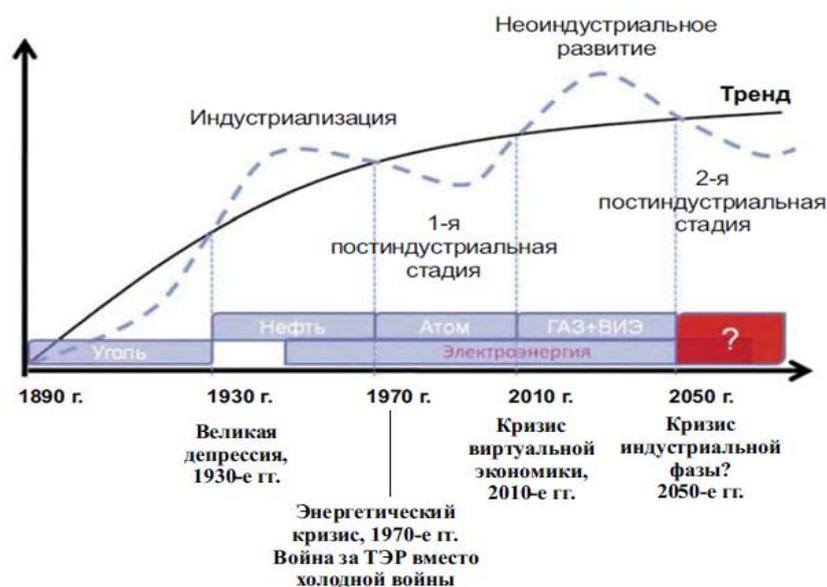
В связи с этим несколько отличный подход предлагают ученые Института энергетической стратегии (ИЭС) [114, 115], которые утверждают, что энергетика будущего зависит не от политических трендов и выбора доминирующего энергоисточника, а от базисных инноваций, трансформирующих действующую в определенный период экономику, что в дальнейшем приводит к смене доминирующего энергоисточника (рис. 3.14).

Указанный подход в качестве стартовых условий для определения тенденций развития энергетики в будущем определяет наличие инновационного роста, следующего за наступившим технологическим кризисом. Таким образом, в основу сценариев развития энергетики, в том числе атомной, учеными из ИЭС положены технологические инновации. Под сценариями там понимается агрегированная совокупность технологических,

энергетических, социально-экономических и политических трендов будущего [114, 115]. На основании чего данные сценарии характеризуются определенной целостностью, а их описание позволяет детерминировать взаимосвязи предметно между отраслями, что затруднительно при проведении отдельного отраслевого анализа (табл. 3.13).

**Рисунок 3.14.**

**Соотношение стадий мирового развития с доминирующими в этот период видами энергоресурсов (по вертикали обозначен темп роста потребления энергии) [114]**



Однако негативное воздействие на развитие атомной отрасли в будущем может оказать необходимость вывода из эксплуатации тех объектов отрасли, у которых заканчивается срок эксплуатации, что сейчас особенно актуально для США, России и некоторых стран Европы. Постановка такого вопроса обуславливает необходимость поиска технологий для продления или увеличения проектного срока службы реакторов нового поколения.

Таблица 3.13

## Сценарии развития мировой атомной отрасли согласно прогнозам ИЭС\*

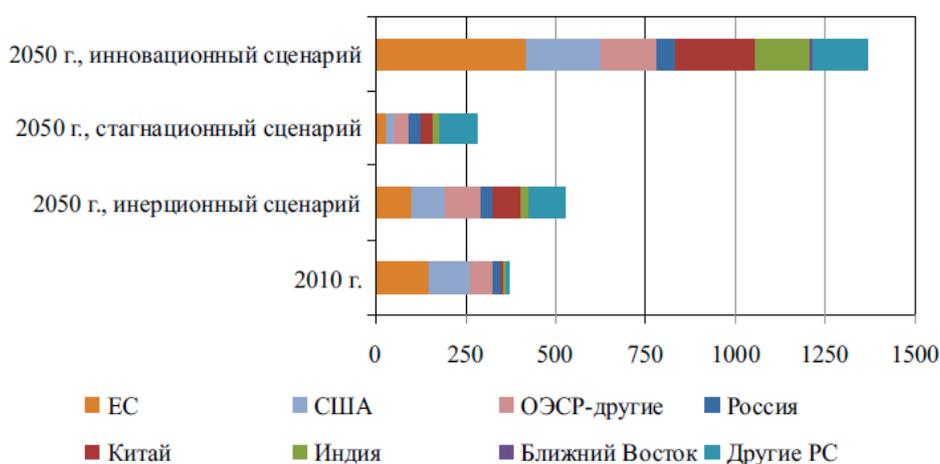
Характеристика сценария	Значение для атомной отрасли
<b>Инерционный сценарий</b>	
Предполагается, что структура мировой энергетики в целом изменится слабо. Быстрый рост мировой экономики, основная часть которого придется на развивающиеся страны, не будет компенсироваться повышением энергоэффективности. Потребление всех видов ископаемого топлива продолжит расти. Основные изменения в мировой энергетике будут геополитическими, а не технологическими.	В атомной энергетике, как и в угольной, ожидается инерционный рост в 1,35 раза к 2050 г. в рамках существующей технологической основы. В результате потребность в уране будет быстро расти, а вторичные источники урана постепенно истощаться, поэтому топливный баланс окажется весьма напряженным, усилится роль «геополитики урана».
<b>Стагнационный сценарий</b>	
Основной предпосылкой является трансфер существующих технологий в развивающиеся страны с целью снижения энергоемкости процесса индустриализации. Замедленный рост мировой экономики снижает общий спрос на энергию. Сложится сложная система технологического регулирования мировой энергетики, включающая глобальные и локальные климатические соглашения, климатические налоговые и таможенные тарифы, технологические стандарты.	В атомной энергетике ожидается нисходящий тренд, отрасль сократится практически в 2 раза. Предпосылками для этого будут высокая стоимость строительства, неудачи в создании принципиально новых реакторов, сохраняющиеся проблемы радиационной безопасности. Главным фактором станет конкуренция со стороны газовой генерации и возобновляемой энергетики.
<b>Инновационный (возобновляемо-атомный) сценарий</b>	
Предполагаются радикальные изменения в мировой энергетике и экономике. Основной предпосылкой инновационного сценария является переход к новой фазе социально-экономического и технологического развития в лидирующих странах, что окажет индуктивное влияние и на процесс индустриализации развивающихся стран, делая его значительно менее энергоемким.	В атомной энергетике может произойти качественный прорыв. К 2030 г. атомная энергетика может возрасти вдвое, а к 2050 г. – вчетверо по сравнению с современным уровнем. Основой такого роста станет ускоренный переход на стандартные реакторы третьего и четвертого поколений, а также на реакторы на быстрых нейтронах. Это позволит решить урановую проблему и проблему отработанного ядерного топлива, повысить экономические показатели работы АЭС и безопасность.

\*Примечание: составлено автором на основании источников [114, 115]

Одновременно с этим существует риск торможения программ по строительству АЭС в развивающихся странах, а также ускоренный вывод из эксплуатации старых реакторов в Европе в связи с японской катастрофой 2011 г., последствия которой к настоящему времени еще не полностью оценены. На основании вышеизложенного перспективы развития атомной отрасли в будущем противоречивы, хотя маловероятной является возможность отказа европейских ядерных стран от атомной энергии. Но с уверенностью можно сказать лишь одно, что отрасль будет идти по регрессивному развитию, если откажется от инновационного роста. Варианты таких событий представлены на рис. 3.15.

Рисунок 3.15.

**Сценарии развития мощностей АЭС в мировом разрезе (фактические и прогнозные данные) [114]**



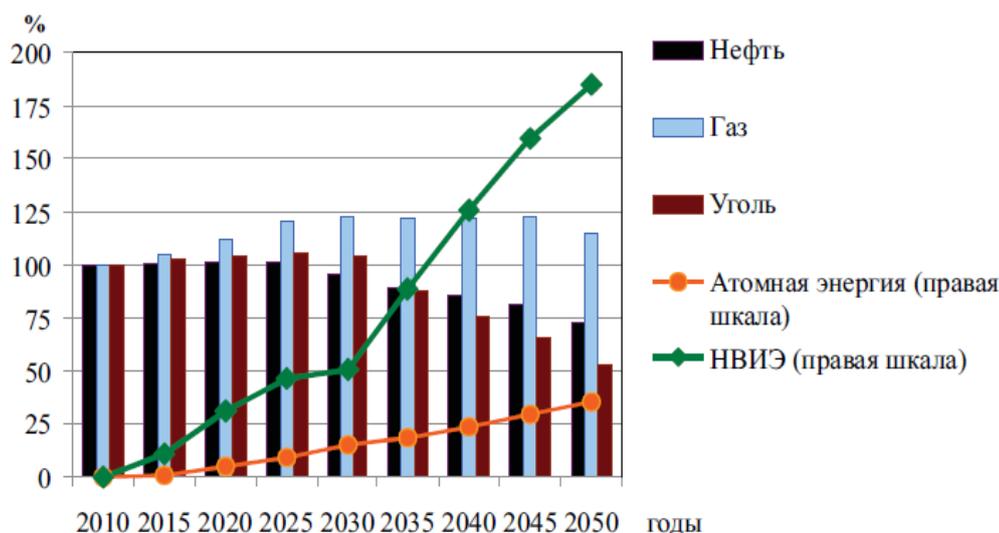
На основании информации из рис. 3.15 можно заключить, что по сравнению с фактическими данными 2010 г. медленный рост мощностей наблюдается в инерционном сценарии по причине вывода из эксплуатации выработавших свой ресурс энергоблоков и отсутствия пополнения новыми реакторами. По прогнозам это составит к 2030 г. 442 ГВт, а к 2050 г. – 527 ГВт установленной мощности. Наряду с этим стагнационный сценарий демонстрирует быстрое снижение мощности атомных электростанций до 185 ГВт к 2050 г. Инновационный сценарий характеризуется реализацией

инновационного пути развития атомной отрасли с созданием и введением в эксплуатацию реакторов на быстрых нейтронах и замкнутого ядерного топливного цикла. По прогнозным оценкам это позволит достичь увеличения совокупной мощности к 2050 г. до 1367 ГВт [114].

В соответствии с инновационным сценарием потребление атомной энергии будет иметь устойчивый рост, а потребление нефти, наоборот, начнет снижаться, сначала постепенно, а затем ускорится к 2050 г. и достигнет 30% от современного уровня (рис. 3.16).

**Рисунок 3.16.**

**Динамика потребления видов энергии (факт и прогноз) в соответствии с инновационным сценарием [114]**



Становление и внедрение новой организационной структуры в мировой энергетике со сменой доминирующего энергоносителя может быть для России ключевым фактором развития. Возможно возникновение таких условий ценообразования, при которых конечная стоимость энергии в большей степени будет формироваться с учетом технологических факторов, в противовес действующей сегодня системе цен в зависимости от стоимости энергоресурсов. В связи с этим возможна смена целевого ориентира энергетического рынка в сторону рынка услуг, с последующей трансформацией в рынок технологий. Однако в инновационном сценарии существует достаточно высокий риск для

России занять отстающие позиции в технологическом развитии, если вовремя не начать развитие собственного инновационного потенциала, а идти по пути роста на основе заимствованных зарубежных технологий. В этой связи государством на законодательном уровне среди основных направлений Энергетической стратегии выделена необходимость «... перехода страны от экспортно-сырьевого к ресурсно-инновационному развитию с качественным обновлением энергетики и смежных отраслей ...» [132].

Рассмотренные подходы по анализу развития мировой атомной энергетики в будущем продемонстрировали различие в базовых ориентирах прогнозирования: в первом случае в основе лежит осознанная необходимость смены доминирующего энергоносителя, а во втором – факт образования инновационных технологий в определенной отрасли энергетики, что и должно, в результате, определить выбор будущего основного энергоресурса. Обобщающей их характеристикой является плавный тренд развития атомной генерации без резких колебаний в сторону роста или убывания. Авторы таких прогнозов связывают указанную характеристику со свойством метастабильности атомной отрасли, то есть с фактической невозможностью резких сдвигов в ее развитии, что обусловлено техническими возможностями отрасли. Но случившаяся авария на АЭС в Японии со всей объективностью выявила несостоятельность поставленных на поток прогнозов, как в развитии атомной отрасли отдельных стран, так и в мировом масштабе. Одной из причин, объясняющих это, является то, что в основу прогнозов были положены только технические показатели развития АЭ (объемы генерации, количество атомных реакторов), но не учтены прочие экономические характеристики, которые также могут внести значительные коррективы в анализируемый тренд.

Произошедшие после аварии изменения в развитии атомной отрасли (отказ от атомной генерации в некоторых странах, торможение строительства, временное закрытие АЭС), а также снижение финансовой и инвестиционной поддержки по причине мирового финансово-экономического кризиса вынудили

констатировать факт о несостоятельности существующей методологии в составлении прогнозов, которая базируется исключительно на технических характеристиках. Правительства стран, а также научные и бизнес-сообщества не были предупреждены и подготовлены к грозящим им рискам в развитии атомной отрасли.

Автором данной работы предложена методика по изучению тенденций развития атомной энергетики, которая помимо технических характеристик, включает широкий перечень социально-экономических параметров, что позволяет всесторонне проанализировать изучаемый объект. В силу большого разброса мнений и предположений относительно развития энергетики будущего, а также отсутствия единства суждений в данном аспекте, разработан авторский прогноз, научная новизна которого заключается в том, что прогноз составлен для обобщенного кластера стран с учетом их определенных характеристик. Это позволяет проводить диагностику уровня развития АО в мире и в каждой отдельной стране в зависимости от сформированного перечня параметров и оценивать ее развитие в будущем.

Методика проводится в три этапа: Подготовительный этап; Расчетный этап; Аналитический этап (схематически представлено на рис. 3.17-3.19).

**Рисунок 3.17.**

**Подготовительный этап методики анализа развития мировой атомной отрасли**

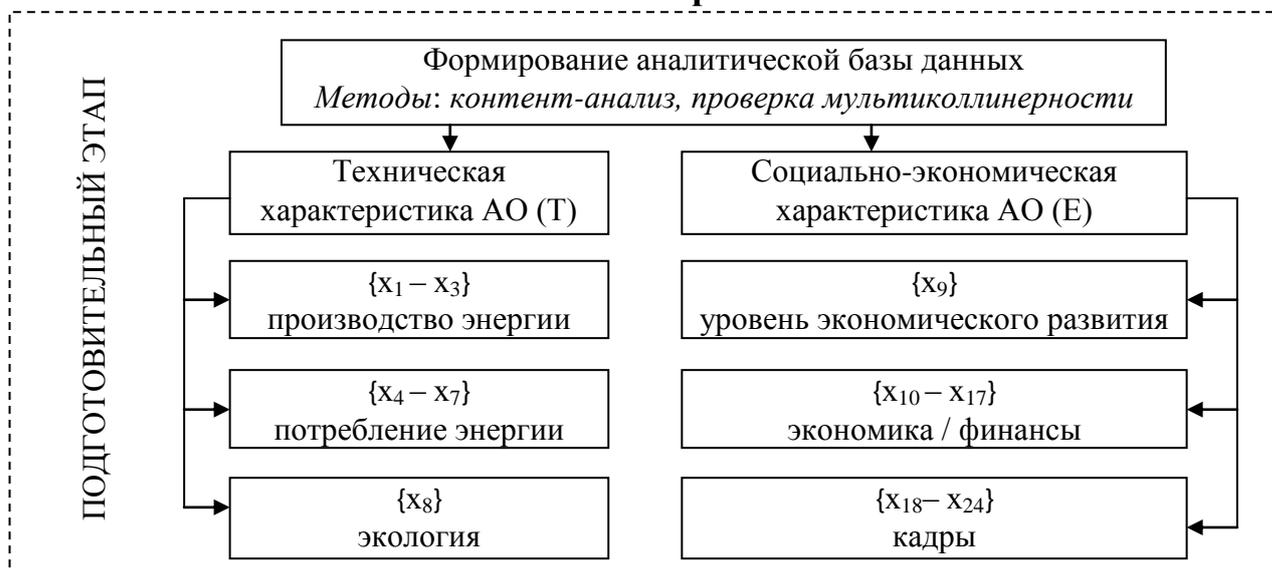


Рисунок 3.18.

**Расчетный этап методики анализа развития мировой атомной  
отрасли**

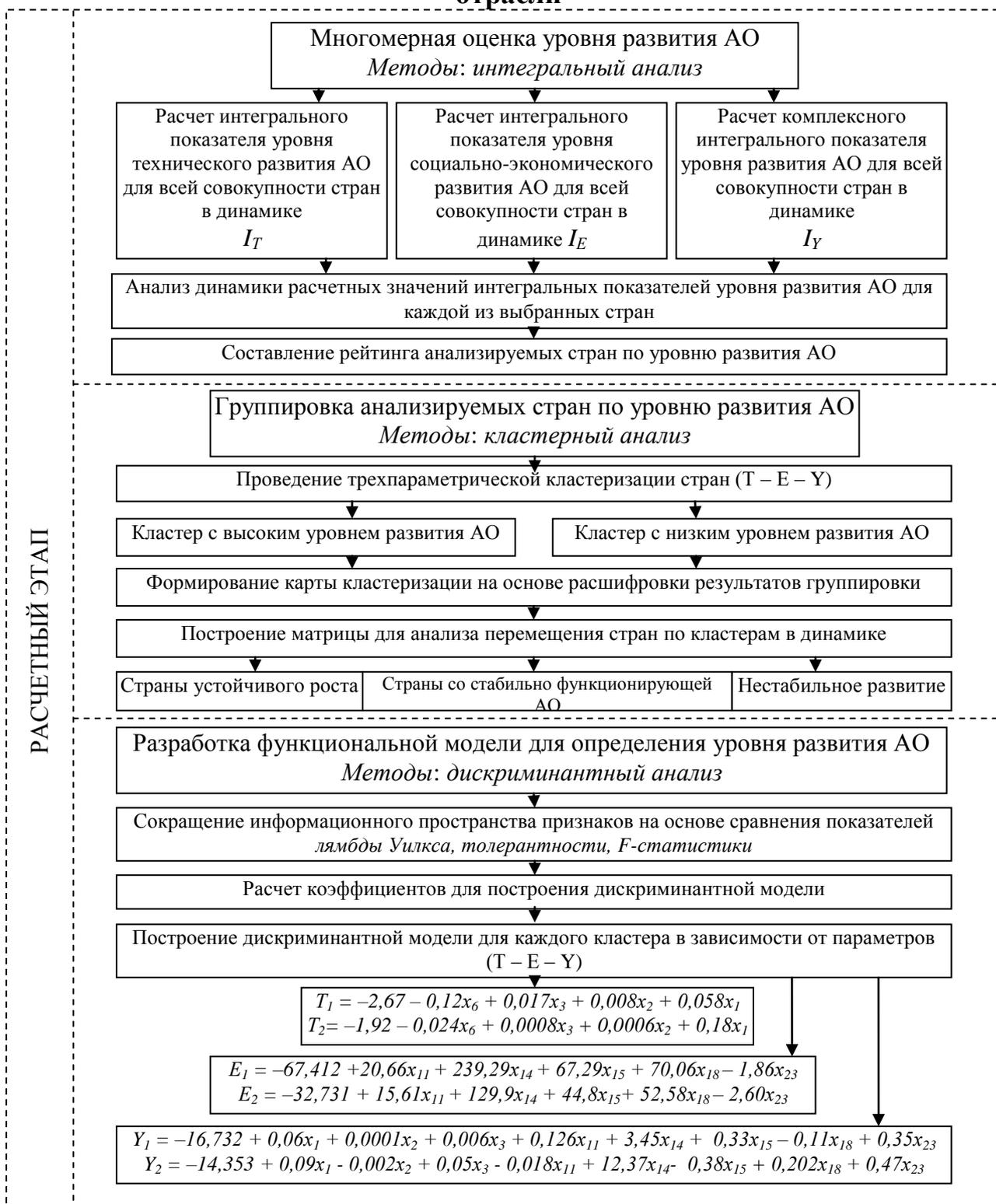


Рисунок 3.19.

### Аналитический этап методики анализа развития мировой атомной отрасли



Особого внимания в предложенной методике заслуживает характеристика нестабильного развития стран во втором кластере (например, Япония и США). При попадании в данную зону атомная отрасль таких стран в своем развитии может быть подвержена большому риску, имеющему различные причины. Изучение данных стран позволило заключить о том, что большим риском в развитии АО для США стал финансово-экономический кризис, который привел к снижению финансовых показателей отрасли и ее нестабильному развитию. Аналогичная характеристика тенденций развития АО для Японии обусловлена произошедшей аварией на АЭС в Фукусиме. Таким образом, наибольшими рисками для стран с характеристикой нестабильного развития АО являются:

- зависимость от тенденций мировой экономики, в частности от мирового кризиса (в данном анализе для США);
- подверженность техногенным катастрофам (в данном анализе для Японии).

Приведенная информация позволяет сформулировать важное заключение о необходимости ранней диагностики уровня развития АО. В таком случае при попадании страны в зону нестабильного развития можно заранее выявить возможные риски в развитии отрасли и не допустить их реализацию, либо продумать смягчение их последствий. Для этого рекомендуется с определенной систематичностью проводить анализ уровня развития АО в стране на базе фактических данных ее развития за прошедший период времени на основе построенной универсальной дискриминантной модели. Это позволит определить позиции страны (или совокупности стран) в сформированных кластерах с последующим проведением прогнозов для выработки необходимых управленческих решений.

Область практического применения разработанной методики сводится к следующим целевым группам (табл. 3.14).

**Таблица 3.14**

**Область практического применения разработанной методики по  
оценке уровня развития атомной энергетики**

Целевая группа	Предназначение
1	2
Страны, располагающие атомной энергетикой	<ul style="list-style-type: none"> <li>- для анализа уровня развития АО в стране и оценки ее позиций среди стран-конкурентов с целью выработки соответствующих управленческих решений;</li> <li>- для анализа уровня развития атомной отрасли в зависимости от изменения каких-либо параметров (увеличение мощности генерации, строительство дополнительных объектов отрасли, дополнительные инвестиционные вложения, рост кадровой составляющей и пр.);</li> </ul>
Собственники объектов атомной энергетики	<ul style="list-style-type: none"> <li>- для выработки соответствующих управленческих решений на основе прогнозных оценок;</li> </ul>
Инвесторы	<ul style="list-style-type: none"> <li>- для анализа уровня развития АО и оценки ее позиций среди стран-конкурентов с целью принятия решений о целесообразности инвестирования;</li> </ul>

Окончание табл. 3.14

1	2
Конкуренты (правительства тех стран, в которых уже присутствует атомная энергетика; собственники объектов атомной энергетике)	- для оценки позиций конкурентов по уровню развития АО; - для выявления зон роста или рисков в развитии АО;
Правительства тех стран, которые планируют развитие атомной энергетике в собственной стране	- для оценки уровня развития АО в будущем на основе плановых показателей с возможностью дальнейшего анализа при увеличении таких показателей с целью изменения конкурентных позиций.

Указанная совокупность целевых групп, для которых возможно применение авторской методики по анализу тенденций развития атомной энергетике, раскрывает широкую область ее практического применения, что позволяет характеризовать данную методику как адаптивную и универсальную.

Практическая значимость данной методики обусловлена наличием разработанных стратегических ориентиров применительно к каждой характеристике уровня развития атомной энергетике. Стратегическая матрица для определения направлений развития атомной энергетике представлена в табл. 3.15. В соответствии с разработанной методикой были проанализированы позиции России среди прочих стран мира по уровню развития атомной отрасли. По итогам анализа Россия вошла в первый кластер с характеристикой страны устойчивого роста. На основании чего ей рекомендуется реализация стратегии удержания своих лидирующих позиций и стратегия обороны от конкурентов.

Таблица 3.15

## Стратегическая матрица развития атомной энергетики

Характеристика стран	Характеристика зоны развития	Стратегические ориентиры	Пояснения
Страны устойчивого роста	Успешная зона	«constant»	- стратегия удержания позиций в данной зоне; - оборона от конкурентов;
Страны со стабильно функционирующей АО	Хорошая зона	«constant»	- в случае отсутствия технических или финансовых возможностей для увеличения объемов генерации, стратегия будет направлена на сохранение позиций в данной зоне;
		«growth»	- при наличии ресурсных возможностей стратегия будет направлена на увеличение мощностей и рост уровня развития АО для перехода в успешную зону;
Нестабильное развитие АО	Опасная зона	«risk management»	- необходима ранняя диагностика по определению позиций стран в данной зоне; - определение возможных рисков или причин их вызывающих; - недопущение возникновения рисков ситуаций либо смягчение их последствий.

В целом необходимо отметить, что атомная отрасль России развивается по устойчивому возрастающему тренду. Это доказывает, в том числе, ввод в эксплуатацию в 2012 г. четвертого блока на Калининской АЭС (Тверская область), который по оценкам экспертов является самым современным реактором в России. Наряду с этим можно отметить активную работу по строительству новых объектов отрасли, среди которых 9 реакторов строится внутри страны, а 19 – в других государствах (Китай, Индия, Вьетнам, Турция, Бангладеш и др.). В этой связи позитивной тенденцией развития атомной отрасли России считается наличие портфеля зарубежных заказов у ГК «Росатом» на более чем 27 млрд. долл. на строительство АЭС за рубежом.

Таким образом, запуск новых реакторов и расширение портфеля заказов в условиях ужесточения требований к технической безопасности и политического давления со стороны общественного мнения Европы, доказывают высокий уровень развития атомной отрасли России. На основании отмеченного, российская атомная отрасль справедливо отнесена к лидерам в данной сфере и способна выдержать конкурентную борьбу среди прочих государств и оказать значительное воздействие на обеспечение глобальной энергетической безопасности.

В связи с этим практические рекомендации по удержанию Россией лидирующих позиций в мировой атомной энергетике в условиях обострения международной конкуренции, в частности, сводятся к стратегии расширения присутствия предприятий отечественной атомной отрасли на международных рынках (строительство объектов отрасли на территории других государств или приобретение и интеграция предприятий иностранных компаний). Также обусловлена необходимость интенсивного инновационного развития посредством кооперации с внешними производственно-технологическими партнерами для реализации совместных проектов.

Как показал проведенный анализ, одним из ключевых рисков в развитии АО, являются аварии на объектах отрасли, что повышает требования к обеспечению безопасности их эксплуатации. Одним из конкурентных преимуществ российской АО в данном аспекте является ловушка расплава активной зоны, признанная в мире и подтвержденная экспортными соглашениями ГК «Росатом». Также предусмотрены различные пассивные системы защиты, которые без участия персонала обладают функциями остановки электростанций и охлаждения активных зон. Это особо актуализируется в настоящее время, поскольку последствия аварии на АЭС в Японии полностью не устранены и нет четкого определения развития мировой атомной отрасли в указанных условиях.

Несмотря на сохранение существующей структуры в энергетических балансах многих стран, включая долю генерации атомной энергии, авария в Японии привела к смене стратегических ориентиров в развитии европейской АО в сторону повышению безопасности. Наряду с этим в странах Азиатско-Тихоокеанского региона, наоборот, идет активное строительство новых объектов отрасли, в том числе с участием России.

Еще одним риском для развития мировой АО, включая российскую, становится перспектива исчерпаемости мощности в существующих цепочках поставок. В этой связи возможна смена позиций лидеров, при которой первые места странам будут обеспечены за счет создания региональной производственной базы путем формирования совместных предприятий. Россия в данном аспекте проводит соответствующие мероприятия, которые позволяют объединять в атомную отрасль другие предприятия промышленности: ОАО «Объединенные машиностроительные заводы» предоставляет сверхмощный сталеплавильный комплекс последнего поколения, благодаря которому осуществляется выпуск деталей для нужд атомной отрасли. Такие меры позволят создать требуемый уровень мощности в цепочках поставок для сохранения высокого уровня конкурентоспособности национальной АО.

Однако одним из необходимых условий удержания своих лидирующих позиций по уровню развития АО, при имеющемся потенциале для строительства новых объектов и ограничениях в цепочке поставок, является прозрачная система регулирования и развитая структура рынка. Для России решением данного вопроса является формирование системы по предупреждению возникновения различного рода аварий и схожих с ними ситуаций с обеспечением поддержки стандартов качества и безопасности объектов отрасли в период всего жизненного цикла (от строительства до вывода из эксплуатации).

Развитие конкурентоспособной АО на современном этапе в большой мере зависит от наличия инновационных технологий, разработке которых в России

также уделяется достаточно внимания. Наступивший глобальный кризис предоставил возможности странам, не являвшимся ранее лидерами отрасли, повысить уровень развития собственной АО путем создания новой технологической платформы.

Таким образом, очевидным является факт, что глобальный кризис нарушает стабильное развитие практически всех отраслей экономики, в том числе и энергетического сектора, что потенциально ставит под угрозу энергобезопасность страны и ее регионов. В данном аспекте инновационное развитие энергетики, а именно атомной отрасли имеет приоритетное значение, заявленные направления которого должны быть реализованы в ближайшей перспективе.

Проведенный методом сопоставлений анализ доказывает, что атомная энергетика в России является сравнительно конкурентоспособной на мировом рынке и во многом определяет развитие других отраслей экономики, включая энергетическое машиностроение, строительную индустрию, судостроение транспорт, ракетно-космическую и радиоэлектронную промышленность, медицину и пр.

Деятельность предприятий российской атомной отрасли направлена на укрепление позиций государства в освоении зарубежных рынков сбыта передовых ядерных технологий и способствует укреплению национальной безопасности в части обеспечения геополитических интересов страны в статусе ядерной державы. Возложенные на атомную отрасль функции обуславливают необходимость ее детального рассмотрения с позиции возможных рисков, сопряженных с ее функционированием (табл. 3.16).

Таблица 3.16

**Перечень ключевых рисков российской атомной отрасли**

Характеристика риска	Описание воздействия
1	2
<i>Внешние риски, влияющие на уровень развития атомной отрасли</i>	
Риски обменных курсов	Изменение во времени обменных валютных курсов, влияющих на получение выручки в иностранной валюте
Кредитный риск	Неисполнение контрагентом (клиентом, контрактором, финансовым институтом) своих обязательств
Процентный риск	Изменение процентных ставок, например, по договорам с плавающей ставкой, приводящее к увеличению выплат по обязательствам
Риск ликвидности	Недостаток денежных средств для расчета по краткосрочным обязательствам
Риски персонала	Организационное взаимодействие различных процессов в отрасли и скорость реакции персонала на эти изменения
Риски управления и делегирования	Не четко определенные полномочия или делегирование могут привести к ошибочным принятым решениям и потере выручки
Риски изменений в государственном финансировании	Реальный объем государственного финансирования может по факту отличаться от запланированного, что может привести к нарушениям программ развития отрасли
Репутационный риск	Любое событие в мировой атомной отрасли или ее российских компаниях может нанести репутационный ущерб
<i>Внутренние специфические риски компании в атомной отрасли</i>	
Цена на продажу урана	Изменение цены, влияющее на объемы выручки от продажи
Цена на продажу электроэнергии	
Регуляторные риски	Изменение регуляторных правил российского рынка
Риск недостаточности резервов на ранее случившиеся загрязнения	Затраты на утилизацию или переработку ядерных отходов предыдущих периодов могут привести к увеличению изначально запланированных расходов
Резервы на вывод из эксплуатации АЭС	Запланированные ранее расходы на вывод из эксплуатации АЭС могут быть недостаточными
Разрушение основных фондов	Разрушение объектом АО может привести к потере дохода в связи с остановками в производстве энергии
Риски крупных инвестиционных проектов	Превышение затрат, сроков строительства, задержек ввода в эксплуатацию объектов могут привести к неполучению запланированной прибыли и увеличению расходов

1	2
Потеря технологического преимущества / снижение доли рынка	Достижение конкурентами технологического превосходства
Международные политические и регуляторные риски / снижение квот на экспорт урана	Изменение регуляторного и политического климата в тех странах, где расположены объекты российской АО, что может привести к прекращению деятельности и повлиять на любые международные операции

Для динамичного развития атомной отрасли в России требуется решение всех заявленных ядерных программ. При этом в дальнейшей реализации приоритетов и целей государственной политики в направлении стабильного и динамичного развития АО препятствуют следующие проблемы:

- снижение темпов строительства новых объектов отрасли из-за значительного сокращения финансовых ресурсов и, как следствие, формирования потенциала для воспроизводственных функций;

- необходимость решения отложенных проблем в сфере реализации ядерных программ, чему препятствует отсутствие ключевых объектов инфраструктуры по обращению с радиоактивными отходами и отработавшим ядерным топливом;

- необходимость обеспечения Российской Федерации статуса участника мирового рынка в сфере современных ядерных технологий.

Необходимо отметить, что в российских условиях функционирования государственная поддержка финансирования атомной отрасли является важнейшим условием реализации заявленных целей для обеспечения высокого уровня развития отрасли.

При этом обеспечение лидирующих позиций для России по уровню развития АО возможно при условии инновационного развития ее промышленного потенциала и проведения модернизации объектов отрасли. Прогнозируемое развитие российской АО создаст условия для эффективного использования научно-технологического потенциала за счет развития

прорывных конкурентоспособных направлений инновационной атомной энергетики, обеспечения высоких темпов внедрения полученных научных результатов в промышленность и распространение достижений в ядерных технологиях в другие сектора национальной экономики и в зарубежные страны.

Инновационное развитие атомной отрасли и создание новой технологической платформы атомной энергетики на основе энергоблоков на быстрых нейтронах и замкнутого топливного цикла, без реализации которых достижение мирового лидерства в этой сфере невозможно, предполагают научно-техническое сотрудничество и эффективное участие организаций атомной отрасли в долгосрочных перспективных международных проектах в области использования атомной энергии.

Глубокий анализ показателей уровня развития российской атомной отрасли является важной национальной задачей, поскольку данная отрасль обеспечивает устойчивое энергоснабжение всех отраслей экономики и инновационное развитие российских производственных мощностей в смежных отраслях экономики, открывает широкие перспективы для развития производства современного оборудования и материалов, тем самым формируя мультипликативный социально-экономический эффект, обусловленный в основном ускорением развития сопряженных отраслей российской экономики с высокотехнологичными производствами. В целом проведенный анализ уровня развития атомной России позволил заключить о ее значительном конкурентном потенциале и о возрастающем тренде развития отрасли на ближайшую перспективу.

### **Выводы по 3 главе**

1. С целью исследования перспективных тенденций развития АО разработана функциональная модель на основе методики дискриминантного анализа, позволяющего учитывать различные аспекты развития отрасли по

планируемым показателям, то есть осуществлять диагностику будущего состояния объекта исследования. Используя в качестве входных данных значения показателей  $x_1 - x_{24}$  проведен дискриминантный анализ с первоначальным пошаговым исключением малозначимых показателей. Представленные в работе дискриминантные модели позволяют на практике продифференцировать отдельные группы стран по уровню развития атомной отрасли. Особую практическую важность представляет возможность помещения той или иной страны в определённый кластер, что, в свою очередь, позволяет определить масштабы и технико-экономические характеристики отрасли и разработать на этой основе прогнозные экономические параметры её развития. Это обстоятельство также даёт возможность сбалансированного подхода к определению объёмов финансирования проектов отрасли, позволяет учитывать основные риски её развития, в том числе экологические.

2. Разработан прогноз тенденций развития АО по методу трендового анализа путем построения уравнения следующих зависимостей: линейная, логарифмическая, полиномиальная, степенная. Разработанный подход дает возможность, после определения позиций в кластерах и получении прогнозных тенденций уровня развития атомной отрасли, применить обобщенные рекомендации по формированию дальнейшей стратегии развития АО страны.

3. Предложена методика по изучению тенденций развития атомной энергетики, которая, помимо технических характеристик, включает широкий перечень социально-экономических параметров, что позволяет всесторонне проанализировать изучаемый объект. Разработан прогноз, научная новизна которого заключается в том, что он составлен для обобщенного кластера стран с учетом их специфических характеристик. Это позволяет проводить диагностику уровня развития АО в мире и в каждой отдельной стране в зависимости от сформированного перечня параметров и оценивать ее развитие в будущем. Практическое применение данной методики рассчитано на три этапа: 1. подготовительный этап; 2. расчетный этап; 3. аналитический этап.

Особого внимания в предложенной методике заслуживает характеристика нестабильного развития стран во втором кластере. При попадании в данную зону атомная отрасль таких стран в своем развитии может быть подвержена значительному риску. Область практического применения разработанной методики сводится к следующим целевым группам: правительства тех стран, в которых уже присутствует атомная энергетика или только планируется ее развитие; собственники объектов атомной энергетике; инвесторы; конкуренты. Вариативность количества объектов применения данной методики, открывает широкие возможности её практического применения, придавая ей универсальный характер.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенного исследования, автором получены следующие научные результаты:

1. Дана авторская трактовка понятия «атомная отрасль», которая, в отличие от ранее предлагаемых, базируется на морфологической декомпозиции, что позволяет отдельно представить экологическую составляющую.

Анализ отдельных показателей мирового энергобаланса свидетельствует о сокращении потребления угля и нефти в странах ОЭСР при сопровождающемся увеличении потребления газа, атомной и возобновляемой энергии. В указанной группе стран в энергетическом балансе снижается доля углеводородных источников. Для развивающихся стран также отмечено снижение доли всех углеводородных видов энергии, при ускорении темпов роста доли атомной энергии (за счет расширения масштабов строительства АЭС в Китае и Индии). Однако в обеих группах стран наблюдается преобладание нефти, угля и газа в энергобалансах. В последние десятилетия атомная энергетика особенно интенсивно развивалась в США и странах Европы, в том числе и России. Ряд государств, не имеющих на данный момент АЭС, направили в МАГАТЭ запрос о предоставлении им возможности строительства собственной АО для обеспечения условий национальной энергетической безопасности.

Поскольку Россия занимает ведущие позиции в мировом экспорте газа и нефти, то ей отводится приоритетная роль в обеспечении глобальной энергетической безопасности и стабильности на мировом энергетическом рынке. В работе установлено, что в условиях глобализации целесообразно не делить по различным критериям производящие атомную энергию страны, а

объединять их для совместного решения общих энергетических проблем. В связи с этим роль России, как крупнейшей энергетической державы, определяется активным участием в данном процессе.

На практике мировая атомная отрасль имеет разные национальные механизмы регулирования. При условии монопольного государственного регулирования атомной отрасли и отсутствии излишней политизированности в данной сфере, правильно ориентированная энергетическая стратегия способна обеспечить стране лидерские позиции на соответствующем рынке при определенной гибкости в процессе принятия решений. В связи с чем представляется, что в странах с развитой ядерной энергетикой и атомной промышленностью проблемы безопасности использования атомной энергии, работы атомных электростанций, защиты окружающей среды и населения от радиации, общественных отношений в атомной отрасли должны быть контролируемы государством.

2. Для определения современных тенденций развития мировой атомной отрасли были выделены и проанализированы факторы, наибольшим образом влияющие на данный процесс: техническая характеристика атомной отрасли; социально-экономическая характеристика атомной отрасли. По мнению автора диссертации, указанная классификация логична в своей взаимосвязи, поскольку определенный технический потенциал атомной отрасли в отдельном государстве обусловлен существующим уровнем социально-экономического развития данного государства, включая его финансово-экономические и кадровые возможности, инвестиционную привлекательность, конкурентоспособность экономики и т.д.

Составлен рейтинг стран по уровню развития атомной отрасли, в основе которого лежит рассчитанный в работе интегральный показатель. Данный показатель позволил агрегировать в одну величину всю совокупность показателей уровня развития АО в анализируемых странах для определения их позиций в глобальном энергетическом пространстве. В работе доказано, что в

анализе необходимо учитывать широкий перечень технико-экономических параметров (от количества и мощности реакторов до кадровых, финансовых и макроэкономических показателей) развития отрасли, поскольку результаты, полученные путем сопоставления стран по одному показателю или по их совокупности, существенно отличаются друг от друга. Проведенный анализ позволил сделать ряд выводов про основные тенденции развития мировой атомной отрасли, заключающиеся в том, что несмотря на наличие многих общих черт каждая из рассмотренных стран имеет свою национальную специфику, чем и обусловлена дифференциация в развитии АО по выделенным компонентам и различные их позиций в глобальном энергетическом пространстве.

Сформированы группы (кластеры) стран по уровню развития атомной отрасли (соответственно страны с высоким и низким уровнем развития АО). Предложена матрица позиционирования стран в пространстве «У – Т – Е», что позволило исследовать динамику передвижения стран в кластерах с целью характеристики атомной отрасли в глобальном энергетическом пространстве. Автором предложена характеристика стран в зависимости от устойчивости их позиций в выделенных кластерах. Разработана методика для анализа тенденций развития мировой атомной отрасли, основанная на синтезе интегрального и кластерного анализа с учетом специфики развития атомной отрасли в анализируемых странах. Такое исследование современных тенденций уровня развития атомной отрасли позволяет определять их причинно-следственные связи, а на основании полученных выводов производить аргументированные прогнозные оценки.

3. С целью исследования перспективных тенденций развития АО разработана функциональная модель на основе методики дискриминантного анализа, позволяющего учитывать различные аспекты развития отрасли по планируемым показателям, то есть осуществлять диагностику будущего состояния объекта исследования. Используя в качестве входных данных

значения показателей  $x_1 - x_{24}$  проведен дискриминантный анализ с первоначальным пошаговым исключением малозначимых показателей. Представленные в работе дискриминантные модели позволяют на практике продифференцировать отдельные группы стран по уровню развития атомной отрасли. Особую практическую важность представляет возможность помещения той или иной страны в определённый кластер, что, в свою очередь, позволяет определить масштабы и технико-экономические характеристики отрасли и разработать на этой основе прогнозные экономические параметры её развития. Это обстоятельство также даёт возможность сбалансированного подхода к определению объёмов финансирования проектов отрасли, позволяет учитывать основные риски её развития, в том числе экологические.

Предложенная методика по изучению тенденций развития атомной энергетики помимо технических характеристик включает широкий перечень социально-экономических параметров, что позволяет всесторонне проанализировать изучаемый объект. В силу большого разброса мнений и предположений относительно развития энергетики будущего, а также отсутствия единства суждений в данном аспекте, разработан прогноз, научная новизна которого заключается в том, что он составлен для обобщенного кластера стран с учетом их определенных характеристик. Это позволяет проводить диагностику уровня развития АО в мире и в каждой отдельной стране в зависимости от сформированного перечня параметров и оценивать ее развитие в будущем.

Особого внимания в предложенной методике заслуживает характеристика нестабильного развития стран во втором кластере (Япония и США). При попадании в данную зону атомная отрасль таких стран в своем развитии может быть подвержена большому риску, имеющему различные причины. Изучение данных стран позволило заключить о том, что большим риском в развитии АО являются такие факторы, как финансово-экономический кризис, который

приводит к снижению финансовых показателей отрасли и ее нестабильному развитию, и техногенные аварии.

Приведенная информация позволяет сформулировать важное заключение о необходимости ранней диагностики уровня развития АО. В таком случае при попадании страны в зону нестабильного развития можно заранее выявить возможные риски в развитии отрасли и не допустить их реализацию, либо продумать смягчение их последствий. Для этого рекомендуется с определенной систематичностью проводить анализ уровня развития АО в стране на базе фактических данных ее развития за прошедший период времени на основе построенной универсальной дискриминантной модели. Это позволит определить позиции страны (или совокупности стран) в сформированных кластерах с последующим проведением прогнозов для выработки необходимых управленческих решений.

Для анализа тенденций развития АО сформирован прогноз по методу трендового анализа путем построения уравнения следующих зависимостей: линейная, логарифмическая, полиномиальная, степенная. Предпочтение было отдано тому прогнозу, для которого коэффициент аппроксимации наиболее приближен к 1, что означает наибольшую математическую точность данного уравнения. Разработанный подход дает возможность после определения позиций в кластерах и получении прогнозных тенденций уровня развития атомной отрасли применить обобщенные рекомендации по формированию дальнейшей стратегии развития страны в аспекте АЭ с учетом ее преимуществ (сильных сторон) и возможных рисков (слабых сторон).

4. Предложены рекомендации по направлению развития атомной отрасли в зависимости от позиции страны в стратегической матрице, которая в отличие от существующих подходов учитывает сильные стороны и возможные риски, что обеспечивает поддержку принятия решений в сфере исследования тенденций развития мировой атомной энергетики широкого круга заинтересованных лиц.

Область практического применения разработанной методики сводится к следующим целевым группам: правительства тех стран, в которых уже присутствует атомная энергетика или только планируется ее развитие; собственники объектов атомной энергетике; инвесторы; конкуренты. Указанная совокупность целевых групп раскрывает широкую область ее практического применения, что позволяет характеризовать данную методику как адаптивную и универсальную.

Практическая значимость данной методики обусловлена наличием разработанных стратегических ориентиров применительно к каждой характеристике уровня развития атомной энергетике. Для этого автором разработана стратегическая матрица развития атомной энергетике, которая содержит рекомендуемую стратегию развития АО в зависимости от занимаемой зоны: стратегия «constant» для стран устойчивого роста, находящихся в успешной зоне (сохранение позиций в данной зоне; оборона от конкурентов); стратегия «constant» или «growth» для стран со стабильно функционирующей АО, находящихся в хорошей зоне (в случае отсутствия технических или финансовых возможностей для увеличения объемов генерации, стратегия будет направлена на сохранение позиций в данной зоне; при наличии ресурсных возможностей стратегия будет направлена на увеличение мощностей и рост уровня развития АО для перехода в успешную зону); стратегия «risk management» для стран с нестабильным развитием АО, находящихся в опасной зоне (необходима ранняя диагностика по определению позиций стран в данной зоне; определение возможных рисков или причин их вызывающих; недопущение возникновения рисков ситуаций либо смягчение их последствий).

5. В работе установлено, что атомная отрасль России развивается по устойчивому возрастающему тренду. Это доказывает, в том числе, ввод в эксплуатацию в 2012 г. четвертого блока на Калининской АЭС (Тверская область), который по оценкам экспертов является самым современным

реактором в России. Наряду с этим можно отметить активную работу по строительству новых объектов отрасли, среди которых 9 реакторов строится внутри страны, а 19 – в других государствах (Китай, Индия, Вьетнам, Турция, Бангладеш и др.). В этой связи позитивной тенденцией развития атомной отрасли России считается наличие портфеля зарубежных заказов у ГК «Росатом» на более чем 27 млрд. долл. на строительство АЭС за рубежом. Таким образом, запуск новых реакторов и расширение портфеля заказов в условиях ужесточения требований к технической безопасности и политического давления со стороны общественного мнения Европы, доказывают высокий уровень развития атомной отрасли России. На основании отмеченного, российская атомная отрасль справедливо отнесена к лидерам в данной сфере и способна выдержать конкурентную борьбу среди прочих государств и оказать значительное воздействие на обеспечение глобальной энергетической безопасности.

В работе представлены практические рекомендации по удержанию Россией лидирующих позиций в мировой атомной энергетике в условиях обострения международной конкуренции, в частности, рекомендована стратегия расширения присутствия предприятий отечественной атомной отрасли на международных рынках (строительство объектов отрасли на территории других государств или приобретение и интеграция предприятий иностранных компаний). Также обусловлена необходимость интенсивного инновационного развития посредством кооперации с внешними производственно-технологическими партнерами для реализации совместных проектов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный Закон «Об использовании атомной энергии» (с изменениями и дополнениями) от 21 ноября 1995 г. № 170-ФЗ // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.docs.kodeks.ru/doc](http://www.docs.kodeks.ru/doc).
2. Федеральный Закон «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.consultant.ru/popular/okrsred/](http://www.consultant.ru/popular/okrsred/)
3. Федеральный Закон «О Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» от 1 декабря 2007 г. N317 – ФЗ // «Российская газета» Федеральный выпуск. – 2007. - №5. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.rg.ru/2007/12/05/zakon-doc.html](http://www.rg.ru/2007/12/05/zakon-doc.html)
4. Федеральный Закон «Основы государственной политики в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности РФ на период до 2015 года и дальнейшую перспективу» от 4 декабря 2003 г. № ФЗ-2196. // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.rg.ru/2003/05/07/zakon-doc.html](http://www.rg.ru/2003/05/07/zakon-doc.html)
5. Федеральная целевая программа «Развитие атомного энергопромышленного комплекса России на 2007 - 2010 годы и на перспективу до 2015 года» от 6 октября 2006 г. № 605 // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.atomic-energy.ru/documents/9372>
6. Адамчик С. Безопасность можно регулировать. Атомные технологии в энергетике требуют новой законодательной базы // НГ-Энергия. – 2007. - №11. – С. 11-13.
7. Адамов Е.О. Роль ядерной энергетики в крупномасштабной энергетике России XXI века / Е.О. Адамов, Б.А. Габараев, В.В. Орлов // Атомная энергия. – 2004. - №2. - С. 83-91.

8. Администратор торговой системы оптового рынка электроэнергии («АТС») / Раскрытие информации // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.atsenergo.ru/ats/information/>
9. Андреев Л. Об экономике российской ядерной электроэнергетики / Доклад объединения Bellona 2011 // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.bellona.ru/filearchive/fil\\_economy\\_05\\_BW\\_obl.pdf](http://www.bellona.ru/filearchive/fil_economy_05_BW_obl.pdf)
10. Андрианов А. Н. Атомная энергетика в топливно-энергетическом комплексе России: вызовы для развития / Аналитический обзор // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.minprom.gov.ru/ministry/dep/energy/review/0>
11. Анищенко Н. Г. Топливо-энергетический комплекс и атомная энергетика: учеб. пособ. / Н. Г. Анищенко. - Дубна: Международный ун-т природы, общества и человека «Дубна», 2004. – 362 с.
12. Андриюшин И.А. Укрощение ядра. Страницы истории ядерного оружия и ядерной инфраструктуры СССР / И.А. Андриюшин, А.К. Чернышёв, Ю.А. Юдин. – Саратов: Красный октябрь, 2003. – 481 с.
13. Артюгина И.М. Экономика ядерной энергетики: учеб. пособ. / И.М. Артюгина. - СПб. : Знание, 2006. – 326 с.
14. Асланян Г. Как нам обустроить саммит / Г. Асланян, С. Молодцов // Деловой журнал «Мировая энергетика». - 2006. - №3. – С. 53-61.
15. Асмолов В. Г. Атомная энергетика: реалии настоящего и взгляд в будущее // Ядерное общество России. - 2004. - №3-4. - С. 16-22.
16. Архангельский И. А. Система международного контроля за мирным использованием атомной энергии. - М.: Энергоатомиздат, 2006. – 261 с.
17. Байков Н.М., Гринкевич Р.Н. Прогноз развития отраслей ТЭК в мире и по основным регионам до 2030 г. – М.: Институт мировой экономики и международных отношений РАН, 2009. – 82 с.
18. Барсуков О. А. Основы атомной физики. - М.: Науч. мир, 2006. – 152 с.

19. Башмаков И. Опыт оценки параметров ценовой эластичности спроса на энергию // Электронный ресурс. – [Режим доступа]: <http://www.cenef.ru/file/Vpaper100.pdf>
20. Безопасность России: правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Энергетическая безопасность (ТЭК и государство). - М. : МЕФ «Знание», 2000. - 304 с.
21. Бендиков М.А. Высокотехнологичный сектор промышленности России: состояние, тенденции, механизмы инновационного развития / М.А. Бендиков , Н.Э. Фролов. - М. : Наука, 2007. – 251 с.
22. Брагинский О.Б. Нефтегазовый комплекс мира. - М. : Нефть и газ, 2006. – 421 с.
23. Будущее атомной энергетики. Междисциплинарное исследование Массачусетского технологического института / под. ред. Stephen Ansolabehere, John Deutch etc. // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.seu.ru/programs/atomsafe/books/FAE1.pdf>
24. Валеев Р. М. Международное ядерное право. - Казань: изд-во Казань, 2003. – 198 с.
25. ВВП — на душу населения (по ППС) 2011 г. // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://iformatsiya.ru/tab1/897-vvp-na-dushu-naseleniya-po-pps-2011.html>
26. Гайдар Е. Государственная нагрузка на экономику // Вопросы экономики. – 2004. - №9. – С. 4-23.
27. Глобализация мирового хозяйства / под ред. М.Н. Осьмовой, А.В. Бойченко. – М. : Инфра-М, 2006. - 376 с.
28. Глобальное испытание для ядерного ренессанса // Ядерный ренессанс : еженедельное PDF–изд. – 2008. – № 5. // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.nuclear.ru](http://www.nuclear.ru).
29. Головнин И. С. Атомная энергетика и реакторы на быстрых нейтронах. - М. : МИФИ, 2004. – 165 с.

30. Груздев А. Мировая энергетика // Финансы. – 2007. - №11. – С. 24-28.
31. Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. Экологический вызов и устойчивое развитие: учеб. пособ. – М.: Прогресс-Традиция, 2000. - 416 с.
32. Данилов-Данильян В.И. Устойчивое развитие – будущее Российской Федерации. Россия на пути к устойчивому развитию. – М. : ВИНТИ, 2006. – 105 с.
33. Денискин А.В. Влияние либерализации и децентрализации рынка электроэнергии на перспективу ядерной энергетики за рубежом / А.В. Денискин. – Обнинск : ФЭИ, 2010. – 185 с.
34. Договор к Энергетической Хартии и связанные с ним документы / Правовая основа для международного энергетического сотрудничества / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.newsby.org/document/energeticheskaja\\_hartiia.pdf](http://www.newsby.org/document/energeticheskaja_hartiia.pdf)
35. Договор к Энергетической Хартии / Секретариат Энергетической Хартии / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://solex-un.ru/sites/solex-un/files/ECT\\_Guide\\_RUS\\_putevoditel.pdf](http://solex-un.ru/sites/solex-un/files/ECT_Guide_RUS_putevoditel.pdf)
36. Дрождинина А.И., Гетманов В.В. Роль России в обеспечении глобальной энергетической безопасности // Вестник МГТУ (том 1). - №2. – 2008. – С. 343-347.
37. Дубров А.М. Многомерные статистические методы / А.М. Дубров, В.С.Мхитарян, Л.И.Трошин. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 607 с.
38. Елисеева И.И., Юзбашев М.М. Общая теория статистики / под ред. чл.-корр. РАН И.И. Елисеевой. – М. : Финансы и статистика, 2000. – 480 с.
39. Желтиков В.П. Экономическая география и регионалистика. - М. : Дашков и К., 2008. – 273 с.
40. Жизнин С.З. Основы энергетической дипломатии / С. З. Жизнин. – М.: МГИМО, 2003. – 318 с.
41. Зайцев К. Атомная отрасль продолжает демонстрировать уверенный рост // Regnum. – 2010. - №12. – С. 8-15.

42. Зеркалов Д.В. Энергетическая безопасность. – Киев: Основа, 2009. – 359 с.
43. Иванов А.С. Глобальная энергетическая безопасность – проблема всего мирового сообщества // Мировая экономика. Российский внешнеэкономический вестник. – №9. - 2007. – С. 59-70.
44. Иванов А. Мировой энергетический рынок в 2009 - I полугодии 2010 гг./ А. Иванов, И. Матвеев // Мировая энергетика. – 2010. - №8 (67). – С. 18-26.
45. Исследование глобальных тенденций формирования тарифной политики в области электроэнергетики за рубежом и в России // Национальный институт конкурентоспособности / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.naco.ru/pdfs/electrotarif.pdf>
46. Исследование планетарных проблем обеспечения безопасности жизнедеятельности человека на современном этапе развития мирового сообщества. Этап 1. Проблемы обеспечения энергетической безопасности на современном этапе / Б. П. Ивченко, И. Н. Малышев. – СПб.: Российская академия государственной службы при президенте РФ, 2007. – 48 с.
47. Кауров Г. Международная энергетическая безопасность и атомная энергия / Г. Кауров, В. Стебельков // Бюллетень по атомной энергии. – 2006. - № 2. - С. 7-12.
48. Ким Дж.-О. Факторный, дискриминантный, кластерный анализ / Ким Дж.-О., Мюллер Ч. У., Клекка У. Р. – М. : Финансы и статистика, 1989 г. – 316 с.
49. Кириенко С.В. Атомный ренессанс - это сегодня уже не мечта, а реальная действительность // Бюллетень по атомной энергии. – 2010. - №11. - С. 36-38.
50. Клебанова Т.С. Сравнительный анализ уровня социально-экономического развития регионов / Т.С.Клебанова, А.Ш.Талащенко, Л.С. Гурьянова // Статистика. – 2009. - №3. – С. 57 - 60.

51. Клименко В. В., Терешин А. Г. Мировая энергетика и климат планеты в XXI веке // История и современность. - №2. – 2008. – С. 87-94.
52. Кобаненко В. М. Методы и модели оценки инвестиционных проектов модернизации объектов атомной энергетики : Автореф. ... канд. экон. наук : 08.00.13 : Москва, 2004. - 162 с.
53. Кокошин А.А. Международная энергетическая безопасность. - М.: Европа, 2011. - 80 с.
54. Колесов В.П. Международная экономика: учебник / В.П. Колесов, М.В. Кулаков – М. : Инфра-М, 2004. – 474 с.
55. Колесов В. П., Осьмова М.Н. Экономика зарубежных стран // Мировая экономика. – 2000. - С. 16-23.
56. Конопляник А.А. Россия и Энергетическая Хартия: учеб. пособ. – М.: РГУ Нефти и газа им. И.М. Губкина, 2010. - 80 с.
57. Конопляник А. Развитие энергетических рынков, глобальная энергетическая безопасность, Россия и Энергетическая Хартия. – М.: GLOBE (Global League of Breakthrough Elite), МГИМО (У) МИД РФ, 2009. – 40 с.
58. Корнеев А.В. Энергетическая стратегия США // США Канада. – 2010. - № 10 (442). - С. 21-35.
59. Кузнецов В.М. Российская и мировая атомная энергетика / В.М. Кузнецов, Х.Д. Чеченов - М.: Моск. гуманитар. ун-т, 2008. – 764 с.
60. Кухаркин Н. Е. Атомная наука, энергетика, промышленность. - М.: ИздАТ, 2006. – 271 с.
61. Леонтьев Г. Россия и Евросоюз: к новым принципам сотрудничества // Мировая энергетика. – 2008. - № 10 (58). – С. 26-29.
62. Литвак В.Г. Управленческие решения / В.Г. Литвак. – М. : ЭКМОС, 1998. – 248 с.
63. Ломакин В.К. Мировая экономика: 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2008. – 395 с.

64. Магнус Я.Р. Эконометрика / Я.Р. Магнус, П.К. Катышев, А.А. Пересецкий. – М. : Дело, 2007. – 504 с.
65. Мазур И.И. Глобальная энергетическая безопасность // Век глобализации. - №1. – 2008. – С. 57-69.
66. Макаров А.А. Диверсификация энергетического комплекса, как средство повышения энергетической безопасности России. Методические вопросы надёжности больших систем энергетики. – Сыктывкар: 2009. - 185 с.
67. Макаров А.А., Митрова Т.А., Кулагин В.А. Долгосрочный прогноз развития энергетики мира и России // Экономический журнал ВШЭ. - №2. – 2012. – С. 172-204.
68. Макаров А.А. Мировая энергетика и Евразийское энергетическое пространство. – М. : Энергоатомиздат, 2008. – 149 с.
69. Макаров А.А. Системный анализ перспектив развития энергетики // Известие РАН. Серия «Энергетика». – 2004. - № 1. - С. 42-44.
70. Макаров А.А. Энергетика в XXI веке // Экология и жизнь. - №5(90). – 2009. - С. 16-23.
71. Максаковский В. П. Экономическая и социальная география мира: учеб. / В. П. Максаковский: 12-е изд., испр. и доп. - М. : Просвещение, 2004. - 384 с.
72. Маленко Э. Статистические методы в эконометрии. — М.: Наука, 1976. – 120 с.
73. Манаев О.Т. Контент-анализ – описание метода / Научный журнал // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://psyfactor.org/lib/kontent.htm>
74. Мандель И.Д. Кластерный анализ / И.Д. Мандель. – М. : Финансы и статистика, 1988. – 176 с.
75. Международное сотрудничество России в области атомного надзора с ЕЭС, МАГАТЭ, ЕврАзЭС, СНГ / Федеральный портал // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.protown.ru/information/hidden/7919.html>

76. Международный индекс по защите прав собственности – информация об исследовании // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gtmarket.ru/ratings/international-property-right-index/info>
77. Международный центр по обогащению урана // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iues.ru/about/>
78. Меньшиков В.Ф. Атомная энергетика сегодня: Россия в окружающем мире (Аналитический ежегодник). / Под общ. ред. Н. Н. Марфенина, С. А. Степанова. - М.: Модус-К Этерна, 2010. - 320 с.
79. Мировая энергетика и ядерные технологии нового поколения урана // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://slivmail.com/attachments/lazarev/63881/0.pdf>
80. Мировая энергетика: состояние, проблемы, перспективы / под ред. проф. В.Ш. Бушуева. – М.: ИД «Энергия», 2007. - 664 с.
81. Мирсияпов И.И. Российская атомная энергетика: современное состояние и перспективы // Вестник Института экономики РАН - 2009. - №3. - С. 19-29.
82. Мишарин В. Н. Мирное использование атомной энергии: правовые вопросы / В. Н. Мишарин. - М.: МГИМО, 2006. – 328 с.
83. Многомерный статистический анализ в экономике / под ред. В.Н. Тамашевича. – М. : ЮНИТИ, 1999. – 598 с.
84. Муратов О. Э. Российский ядерный топливный цикл и региональная инфраструктура в северо-западном регионе России / МЦЯО НИЯУ МИФИ // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://icne.mephi.ru/?p=518>
85. Новый экономический и юридический словарь / А.Н. Азрилян. – М.: Ин-т новой экономики, 2003. – 1088 с.
86. Ожегов С. И. Толковый словарь русского языка: РАНИ н-трус. яз. им.В.В. Виноградова / С.И.Ожегов. – М.: Азбуковник, 1999. – 944 с.
87. Оксфордский толковый словарь (англо-русский) / М. Уилер. – М.: «Весь мир», 1997. – 414 с.

88. Отчет Комитета Государственной думы РФ по энергетике // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.komitet2-13.km.duma.gov.ru/site.xp/052049124053056052.html>
89. Переслегин С.Б., Переслегина Е.Б. Дикие карты будущего, или портрет инженера в интерьере. - СПб.: Terra Fantastica, М.: АСТ, 2011. – 163 с.
90. Перспективы развития атомной энергетики. Инвестиционные возможности в возрождающемся секторе – региональный аспект // Ernst&Young. – 2010. – С. 1-36.
91. Перспективы развития атомной энергетики // Институт комплексных стратегических исследований. – 2011. - №4. – С. 1-2.
92. Перспективы энергетических технологий. Сценарии и стратегии до 2050г. // ИСЭМСОРАН // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.iea.org/techno/etp/etp10/Russian\\_Executive\\_Summary.pdf](http://www.iea.org/techno/etp/etp10/Russian_Executive_Summary.pdf)
93. Плюта В. Сравнительный многомерный анализ в эконометрическом моделировании / Веслав Плюта. – М. : Финансы и статистика, 1989. – 174 с.
94. Повестка на 21 век. Конференция ООН по охране окружающей Среды и развитию, Рио-де-Жанейро, июнь 1992 г. Извлечения. – М.: Центр координации и информации Социально-экологического союза, 1997. - 31 с.
95. Пономарев-Степной Н.Н. Глобальная роль атомной энергетики // Материалы Круглого стола «Культура ядерного нераспространения и ядерной безопасности: от ядерного права и международных соглашений - до инженерных барьеров». – Обнинск, 2011.
96. Пономарев-Степной Н.Н. Сценарии развития атомной энергетики России в XXI веке // Бюлл. по атомной энергии. – 2001. - № 12. - С. 4-14.
97. Правила функционирования розничных рынков электрической энергии в переходный период реформирования электроэнергетики (утверждены постановлением правительства РФ от 31.10.2006 г. № 530) // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rg.ru/2006/09/08/energetika-rynki-pravila-dok.html>

98. Прогноз развития энергетики мира и России до 2035 года / ИНЭИ РАН // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.eriras.ru/files/inei\\_rea\\_final1\\_0404dlja\\_sajta.pdf](http://www.eriras.ru/files/inei_rea_final1_0404dlja_sajta.pdf)
99. Прогноз свободных (нерегулируемых) цен на электрическую энергию на 2012 г. / Совет рынка по организации эффективной системы оптовой и розничной торговли электрической энергией и мощностью (некоммерческое партнерство) // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.npr-sr.ru/idc/groups/public/documents/sr\\_pages/sr\\_0v021034.pdf](http://www.npr-sr.ru/idc/groups/public/documents/sr_pages/sr_0v021034.pdf)
100. Прогнозирование будущего: Новая парадигма / под ред. Фетисова Г.Г., Бондаренко В.М. - М.: Экономика, 2008. - 283 с.
101. Развитие инновационной составляющей экономики России: перспективы и роль экономической политики // Аналитическое исследование Интерфакс – ЦЭА. – 2010. – С. 1-33.
102. Регулирование, энергетические рынки и новые инвестиции: их вклад в экономический подъём, внедрение чистых энергетических технологий и энергетическую безопасность / Заявление регуляторов энергетики «Большой восьмёрки» от 24 мая 2009 г. // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fstrf.ru/press/releases/301/G8>
103. Роль международного сотрудничества в развитии ядерной науки и технологии и международные ядерные организации // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://icne.mephi.ru/wp-content/uploads/2011/02/2-7lecture\\_RU.pdf](http://icne.mephi.ru/wp-content/uploads/2011/02/2-7lecture_RU.pdf)
104. Росатом инвестирует в НИОКР через госзакупки // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://boi-mt.ru/analytics/2225>
105. Смоляр И.Н. Атомная энергетика: аргументы за и против / пер. с англ. под ред. Ф.К. Матгеса. - М.: «Звенья», 2010. - 244 с.
106. Статистический обзор мировой энергетики // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://smartmetering.ru/common/upload/documents/REA30.pdf>

107. Стрежкова М. А. К вопросу об эффективности инвестиций в развитие инновационной атомной энергетики России // Вестник ЮРГТУ (НПИ). – 2001. - №1. – С. 81-91.
108. Телегина Е.А. Международный транзит энергоносителей в системе энергетической безопасности государства: принципы организации и регулирования. – М.: ИНФРА-М, 2009. – 326 с.
109. Тенденции и основы атомной энергетики (Отчет Корпорации «Институт прикладной энергетики»). – М.: EGC, 2010. – 28 с.
110. Термины атомной энергетики / Выпуск Концерна «Росэнергоатом». - 2010. // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.atomenergoprom.ru/nuclear/hist/](http://www.atomenergoprom.ru/nuclear/hist/)
111. Тихонов М.Н. Системный взгляд на атомную энергетику и радиацию сквозь призму общественного сознания / М.Н. Тихонов, Э.Л. Петров, О.Э. Муратов // Безопасность жизнедеятельности. – 2004. - № 2. - С. 2-9.
112. Тихонов М. Н. Ядерная энергетика: постижение реальности / М.Н. Тихонов, О. Э. Муратов, Э. Л. Петров // Академия энергетики. – 2008. - № 2. - (10). – С. 17-21.
113. Томас С. Экономика ядерной энергетики // Ядерная энергетика: миф и реальность (Nuclear Power: Myth and Reality by Heinrich Böll Foundation). - №5. – 2005. – С. 1-47.
114. Тренды и сценарии развития мировой энергетики в первой половине XXI века / А.М. Белогорьев, В.В. Бушуев, А.И. Громов, Н.К. Куричев, А.М. Мастепанов, А.А. Троицкий. – М.: Институт энергетической стратегии, ИД «ЭНЕРГИЯ», 2011. – 68 с.
115. ТЭК и экономика России: вчера, сегодня, завтра (1990-2010-2030) / под ред. Ю.К. Шафраника. – М.: ИЦ «Энергия», 2011. – 488 с.
116. Уваров А. Американцы пытаются захватить российский рынок ядерного топлива // Мировая энергетика. - 2008. - № 6 (54). – С. 26-30.

117. Урманчиев Э.М. Зарубежный опыт функционирования атомной энергетики // Сборник работ аспирантов "Мировая экономика в XXI веке". – 2008. - №2.
118. Урсул А.Д. Переход России к устойчивому развитию. Ноосферная стратегия. – М.: Издательский дом «Ноосфера», 1998 - 500 с.
119. Федоров Д.В. Управление развитием энергетического сектора экономики России (Вопросы теории, методологии, практики): монография. – М.: Издательство «Перо», 2012. – 100 с.
120. Федоров Д.В. Особенности развития энергетического сектора на современном этапе: монография. – Ростов н/Д: Дониэдат, 2012. – 100 с.
121. Федосова Ю.В. В чем сила атомной мощи? // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=265>
122. Хаустова В.Е. Моделирование маркетинговой стратегии на рынках продукции производственно-технического назначения : монография / В.Е. Хаустова, Ю.А. Лидовский. – Х. : ИД «ИНЖЕК», 2004. – 176 с.
123. Хижняк В.Г. Осторожно радиация. – Красноярск : Гражданский центр ядерного нераспространения, 2003. – 32 с.
124. Хмелев И.Б. Мировая экономика. – М.: ЭКСМО, 2009. – 360 с.
125. Черкасенко А. И. Атомная энергетика России в мировой системе энергообеспечения - М.: Научная книга, 2008. – 238 с.
126. Черкасенко А. И. Мировая экономика ядерно-топливного цикла. – М.: Научная книга, 2007. – 274 с.
127. Черкасенко А. И. Мировой рынок ядерного топлива и ядерного энергетического оборудования: вопросы участия России // Экономика XXI века. - 2008. - №10. – С. 3-9.
128. Шафраник Ю. Мировой энергетический рынок: роль и место России. / РАН ИМЭМО / под ред. О.Н. Быков. – М.: Экономика, 2004. – 284 с.

129. Шевцов А.И. Международное сотрудничество в сфере ядерной энергетики – путь к решению проблем ядерной отрасли // Стратегические приоритеты. - №. 2 (11). – 2010. – С. 10-16.
130. Электронный учебник по статистике [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.statsoft.ru>.
131. Энергетическая стратегия России на период до 2020 г. // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.minprom.gov.ru/docs/strateg/1>
132. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года от 13 ноября 2009 г. № 1715-р // Министерство энергетики Российской Федерации // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://minenergo.gov.ru/activity/energostrategy/>
133. Энергетическая стратегия России: преемственность и развитие в условиях мирового финансово-экономического кризиса: доклад Министра энергетики РФ С.И. Шматко на Всероссийском энергетическом форуме «ТЭК России в XXI веке» // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.energyros.ru/files/bp.pdf](http://www.energyros.ru/files/bp.pdf)
134. Ядерная и термоядерная энергетика будущего / Под ред. В.А. Чуянова - М.: Энергоатомиздат, 2002. – 195 с.
135. Ядерная энергетика в мире / Росатом // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rosatom.ru/aboutcorporation/nuclearindustry/nuclearindustry/>
136. Яковлев Р.М. Решение радиоэкологических и ресурсных проблем ядерной энергетики в стратегии уран-ториевого топливного цикла / Р.М. Яковлев, Э.Л. Петров, М.Н. Тихонов, О.Э. Муратов // Материалы межд. ядерного форума. – 2010. - №9. – С. 260-263.
137. Annual Report for 2010 / International Atomic Energy Agency // [Electronic resource]. – Access mode: [www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub2010.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub2010.pdf).
138. Beaudreau V.C. Energy and Organization: Growth and Distribution Reexamined. – NY. : Greenwood Press, 2008. - 761 p.
139. Berger, John J. Nuclear power The unviable option : A critical look at our energy alternatives. - New York: Laurel ed., 2007. – 194 p.

140. BP Statistical Review of World Energy // [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/statistical-review-of-world-energy-2013.html>
141. Countries and Economies / The World Bank // [Electronic resource]. – Access mode: <http://data.worldbank.org/country>
142. Climate change and nuclear power / Written by the Planning and economic studies sect. Department of nuclear energy. - Vienna: International atomic energy agency, 2010. – 628 p.
143. Clark, Ronald William. The greatest power on earth The intern race for nuclear supremacy / Ronald W. Clark. - New York: Harper & Row, 2008. – 372 p.
144. Cozzi, L. World Energy Outlook Insights: Global Energy Investment Outlook // Economic Analysis Division. International Energy Agency. 2003.
145. Economic freedom rating // [Electronic resource]. – [Access mode]: <http://www.globalpropertyguide.com>.
146. Electricity Production Costs and Components // Nuclear Energy Institute // [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.nei.org/resourcesandstats/graphicsandcharts/operatingcosts/>
147. Emerging Nuclear Energy Countries // [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.world-nuclear.org/info/inf102.html>
148. Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2015 // International Atomic Energy Agency. – Vienna: IAEA, 2004. - 752 p.
149. Energy Statistics of Non-OECD Countries // IEA Statistics. – 2010. – 770 p.
150. IAEA Annual Report 2010 / International Atomic Energy Agency // [Electronic resource]. – Access mode: [http://www.iaea.org/Publications/Reports/Anrep2010/anrep2010\\_full.pdf](http://www.iaea.org/Publications/Reports/Anrep2010/anrep2010_full.pdf)
151. IAEA at work / International Atomic Energy Agency // [Electronic resource]. – Access mode: [http://www.iaea.org/Publications/Booklets/iaea\\_at\\_work.pdf](http://www.iaea.org/Publications/Booklets/iaea_at_work.pdf)
152. IAEA Nuclear Safety Standards // [Electronic resource]. – Access mode: [www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1177\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1177_web.pdf)

153. ITER – The Way to new energy // [Electronic resource]. – Access mode: [www.iter.org/](http://www.iter.org/)
154. International Energy Agency // [Electronic resource]. – Access mode: [www.iea.org/](http://www.iea.org/)
155. Help Wanted: 25000 Skilled Workers for the Nuclear Energy Industry / Nuclear Energy Institute // [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.nei.org/resourcesandstats/publicationsandmedia/insight/insight-web-extra/help-wanted-25000-skilled-workers/>
156. Key World Statistics 2010 / International Energy Agency. - Paris: IEA Publications, 2010. – 1048 p.
157. Megawatts and Megatons: The Future of Nuclear Power and Nuclear Weapon / Georges Charpak, Richard L. Garwin. - University Of Chicago Press. 2002. 428h.
158. Nuclear Energy's Economic Benefits – Current and Future (NEI) // White Paper. - №12. – 2011. – P. 6.
159. Nuclear Knowledge Management (NKM) // [Electronic resource]. – Access mode: [www.iaea.org/inisnkm/nkm/index.html](http://www.iaea.org/inisnkm/nkm/index.html)
160. Nuclear share figures, 2000-2010 // [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.world-nuclear.org/info/nshare.html>
161. Ramanna Raja. Can nuclear energy claim to be the only source of power in the future? - Bombay: Bhatnagar, 2007. – 285 p.
162. Statistical Review of World Energy // [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.bp.com/sectiongenericarticle800.do?categoryId=9037128&contentId=7068555>
163. Statistical review of world energy full report 2011 // [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.bp.com/sectionbodycopy.do?categoryId=7500&contentId=7068481>
164. Strategic Insight of The World Energy Council // [Electronic resource]. – Access mode: [www.worldenergy.org/Issues/](http://www.worldenergy.org/Issues/)

165. The Economic Future of Nuclear Power / A Study Conducted at The University of Chicago. – 2010. - №9. – P. 18-21.
166. The International Project on Innovative Nuclear Reactors and Fuel Cycles (INPRO) // [Electronic resource]. – Access mode: [www.world-nuclear.org/sym/2001/mourogov.htm](http://www.world-nuclear.org/sym/2001/mourogov.htm)
167. The Generation IV International Forum // [Electronic resource]. – Access mode: [www.gen-4.org/](http://www.gen-4.org/)
168. The World Investment Outlook: New Insights // International Atomic Energy Agency, 2003.
169. World energy investment outlook. – Paris: IEA, 2010. – 1058 p.
170. World energy, technology and climate policy outlook // Community research European Commission Directorate General for Research Energy. - 2010. - №11. – P. 58-71.
171. World Nuclear Power Reactors & Uranium Requirements / World Nuclear Association // [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.world-nuclear.org/info/reactors.html>
172. Transport of Radioactive Materials / World Nuclear Association // [Electronic resource]. – Access mode: [www.world-nuclear.org/how/default.aspx?id=70&terms=spent%20nuclear%20fuel](http://www.world-nuclear.org/how/default.aspx?id=70&terms=spent%20nuclear%20fuel)

**ПРИЛОЖЕНИЯ**

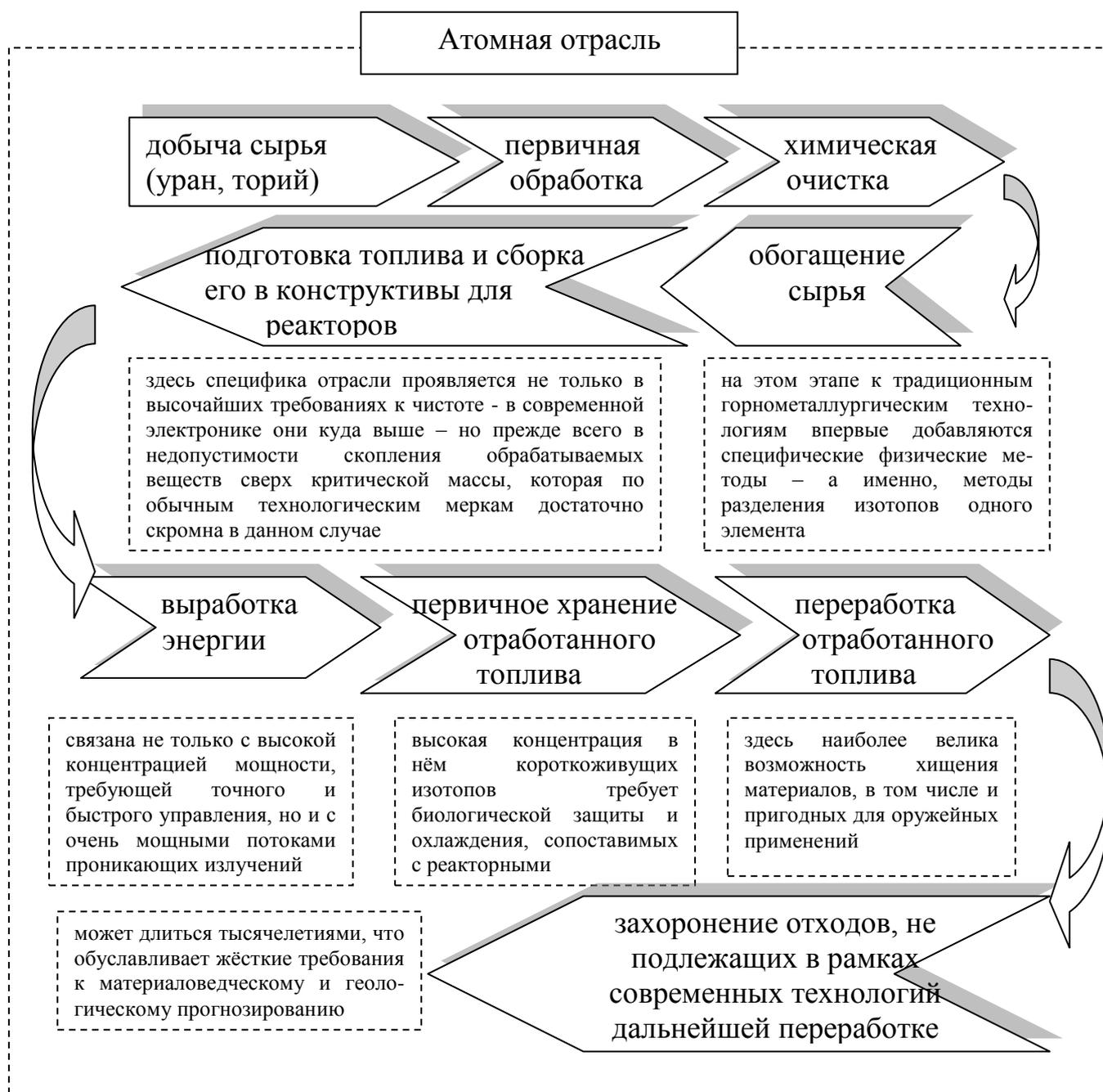


Рисунок. Структура и направление деятельности атомной отрасли\*

\*Примечание. Составлено автором самостоятельно на основании источников [11, 30, 60, 126]

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица 1

## Сравнительная стоимость электроэнергии\* [23]

Входные параметры (дополнительные условия) и объекты генерации	Реальная усредненная цена, цент/кВт/ч
АЭС	6,7
+Снижение строительных затрат на 25%	5,5
+Снижение срока строительства от 5 до 4 лет	5,3
+Дальнейшее снижение затрат на эксплуатацию и техобслуживание до 1,3 цента за кВт/ч	-
+Снижение капитальных затрат (газ/уголь)	4,2
Уголь, пылевидное топливо	4,2
ТЭЦ (низкие цены на газ)	3,8
ТЭЦ (средние цены на газ)	4,1
ТЭЦ (высокие цены на газ)	5,6

\*Примечание. Сравнительные параметры, указанные в табл. базируются на соблюдении условий, что коэффициент использования мощности составляет 85%, экономический срок службы АЭС 40 лет [23].

Таблица 2

## Стоимость электроэнергии с учетом налогов на выброс углерода\*\*[23]

Усредненная стоимость электроэнергии, цент/Квт/ч			
Источники генерации	Предложенные варианты налогообложения		
	50\$ за тонну	100\$ за тонну	200\$ за тонну
Уголь	5,4	6,6	9,0
Газ (низкая цена)	4,3	4,8	5,9
Газ (средняя цена)	4,7	5,2	6,2
Газ (высокая цена)	6,1	6,7	7,7

\*\*Примечание. В указанной табл. реализован сравнительный расчет влияния введения и дальнейшего повышения платы за выброс углерода на стоимость электроэнергии из различных источников. Авторы предполагают размер налога 50-200 долларов за тонну.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Таблица 1

## Сравнение технических показателей различных видов энергоресурсов\*

Показатели	Атомная энергия	Углеводородное топливо			ВИЭ		
		Нефть	Уголь	Природный газ	ГЭС	Солнечная энергия	Ветровая энергия
Установленная мощность энергоблока	до 1400 тыс. кВт	Несколько сотен тысяч кВт			Несколько тысяч кВт	до 10 тыс. кВт	до нескольких млн. кВт
Установленная мощность электростанции	до 8 млн. кВт	до 3 млн. кВт			до нескольких сотен тыс. кВт		
Средний КИУМ (%)	Около 75	-			Около 47	Около 10 -15	Около 17 -20
Срок строительства	4 -6 лет	1,9 -3,3 года	2,4 -4,2 года	1,9 -3,3 года	-	-	-
Срок эксплуатации	Примерно 20 лет и более	-	Примерно 10 лет и более		-	-	-
Примечание (назначение и др.)	В основном основной источник электроснабжения	В основном электроснабжение в пиковый период	В основном основной источник электроснабжения	Основной источник электроснабжения, промежуточный источник электроснабжения, не централизованное электроснабжение	Гидроаккумулирующая электростанция электроснабжение в пиковый период - Русловая ГЭС - главный источник электроснабжения	Поскольку мощность значительно меняется в зависимости от погоды, требуется резервный источник энергоснабжения. Требуется система координирования с магистральной сетью. В основном нецентрализованный источник электроснабжения	

\*Примечание: составлено на основании источников [18, 98, 154]

Сравнение показателей ресурсных возможностей различных видов энергии [109]

Показатели	Уголь	Нефть	Газ	Атомная энергия		
				Незамкнутый ЯТЦ	ЯТЦ с тепловыми реакторами на плутонии	ЯТЦ с быстрыми реакторами
Срок исчерпаемости	122 года	42 года	68 лет	>100 лет	>120 лет	До 2570 лет
Запасы	909 млрд.т.	165 млрд.т.	181 трлн.м <sup>3</sup>	5,4 млн.т.		
Добыча	6,2 млрд.т.	3,91 млрд.т.	2,87 трлн.м <sup>3</sup>	40 тыс.т.		
Примечание	-	-	-	Идет разработка технологии извлечения урана, содержащегося в морской воде	В 1,5 раза превышает срок исчерпаемости при незамкнутом цикле	-

## ПРИЛОЖЕНИЕ 4

## Таблица 1

Сравнение экономических параметров производства атомной энергии в различных источниках [113]

Показатели Источник	Расходы на строительство (долл./кВт)	Сроки строительств а (мес.)	Стоимость капитала (%)	Коэффициент нагрузки (%)	Расходы по эксплуатации и техническому обслуживанию без учета топлива (фунтов/кВт)	Заграты на топливо (фунтов/КВ т)	Срок эксплуат ации (годы)	Схема финансиров ания вывода из эксплуатац ии	Стоимость производства энергии (фунтов/кВт)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
АЭС Sizewell B	4050 5400	86	-	84	2,07	1,26	40	Часть отдельным фондом, часть из оборотных средств	6 ?
Университет Райса	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0
Университет Лаппеенранта	~2340	-	5	91	0,9	0,36	60	-	1,6
Подразделение производительн ости и инноваций	<1500	-	8 8 15	>80	-	-	30 15 15	-	2,31 2,83 3,79
Scully Capital	900 1080 1260 1440	60	-	90	1,0	0,5	40	£260 млн накапливае тся за сорок лет эксплуатац ии	-

Окончание приложения 4 табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Массачусетский Технологический институт	2000	60	11,5	85 75	1,5	-	40 25	-	3,7 4,4
Королевская инженерная академия	2070	60	7,5	90	0,80	0,72	40	Включено в расходы на строительство	2,3
Чикагский университет	1000 1500 1800	84	12,5	85	1,0	0,54	40	£195 млн	2,9 3,4 3,9
Канадская ядерная ассоциация	1920	72	10	90	0,88	0,45	30	Фонд отчислений 0,03 фунта за кВт	3,3
IEA/NEA	2000–4500	60–120	5 10	85	0,68–1,6	0,27–1,17	40	Включено в расходы на строительство	1,2–2,7 1,8–3,8
OXERA	2925 первый энергоблок 2070 последующий энергоблок	-	-	95	0,63	0,54	40	£500 млн в виде накопленного фонда после сорока лет эксплуатации	-

## ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Таблица 1

Матрица контент-анализа для определения факторов, влияющих на уровень развития атомной отрасли

Факторы	Литературный источник																	Всего упомина ний
	[7]	[9]	[10]	[23]	[46]	[51]	[69]	[79]	[89]	[92]	[107]	[113]	[125]	[139]	[147]	[155]	[157]	
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
x <sub>1</sub> - количество действующих атомных реакторов, шт.; x <sub>2</sub> - общая мощность атомных реакторов (выработка энергии), МВт; x <sub>3</sub> - доля атомной энергии в общей выработке энергии страны, %;	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	18
x <sub>4</sub> - использование атомной энергии всего по стране, МВт/ч; x <sub>5</sub> - использование атомной энергии на душу населения, МВт/ч/чел.; x <sub>6</sub> – количество строящихся реакторов, шт.; x <sub>7</sub> – количество планируемых к постройке реакторов, шт.;	+	+	+	+		+	+		+	+	+	+		+	+			12
x <sub>8</sub> - выбросы углекислого газа, млн. тонн;		+	+	+	+	+			+	+	+		+	+	+	+		12

## Окончание приложения 5

3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
x <sub>9</sub> - уровень экономического развития в стране (ВВП на душу населения), долл. / чел.;		+		+	+		+	+	+	+	+	+						9
x <sub>10</sub> - цены на атомную энергию, долл. / баррель (тонну); x <sub>11</sub> - расходы на строительство АЭС, долл.; x <sub>12</sub> - расходы на эксплуатацию и техническое обслуживание, долл. / МВт/ч; x <sub>13</sub> - расходы на топливо, долл.; x <sub>14</sub> - доля государственных инвестиций в АО, %; x <sub>15</sub> - доля частных инвестиций в АО, %; x <sub>16</sub> - объем капитальных вложений, млн. долл.; x <sub>17</sub> - финансирование НИОКР, млн. долл.;	+	+		+			+		+		+	+	+				+	9
x <sub>18</sub> - количество занятых работников в АО, % от общего числа трудоспособного населения; x <sub>19</sub> - потребность в сотрудниках для АО, тыс. чел.; x <sub>20</sub> - количество учебных заведений, выпускающих специалистов для АО, шт.; x <sub>21</sub> - средняя оплата труда работников отрасли, долл.;					+		+				+	+				+	+	9
x <sub>22</sub> - уровень государственной нагрузки на экономику (доля государственных расходов в ВВП), %; x <sub>23</sub> - индекс экономической свободы; x <sub>24</sub> - индекс прав собственности.		+	+	+	+			+	+	+		+	+	+		+	+	12

## Последовательность расчета интегрального показателя [93]

Описание этапа	Формула
<p>Выполняются предварительные преобразования для стандартизации признаков согласно формуле (1), и их дифференциацию на стимуляторы и дестимуляторы, что будет основой для построения эталона развития, который представляет собой точку <math>S_0</math>, с координатами <math>z_{01}, z_{02}, \dots, z_{0n}</math>,</p>	<p><math>z_{ox} = \max_i z_{ik}</math>, если <math>i \in R</math>;  <math>z_{ox} = \min_i z_x</math>, если <math>i \notin R</math>,</p> <p>где <math>Z_{ox}</math> - координаты эталона развития; <math>Z_{ix}</math> - стандартизированные значения признака <math>x</math> для единицы <math>i</math>; <math>R</math> - множество стимуляторов.</p> $Z_{ix} = \frac{(k_{ix} - \bar{k}_x)}{S_x}, \quad (1)$ <p>где <math>i</math> - количество стран, подлежащих анализу; <math>k</math> - показатели характеристики соответственно технического и социально-экономического развития атомной отрасли.</p>
<p>Расчет промежуточных вспомогательных коэффициентов</p>	$\bar{k}_{ix} = \frac{1}{m} \sum k_{ix}, \quad (2)$ $S_x = \sqrt{\frac{1}{m} \sum (k_{ix} - \bar{k}_x)^2}, \quad (3)$ <p>где <math>m</math> - количество стран; <math>\bar{k}_x</math> - среднее арифметическое значение признака; <math>S_x</math> - стандартное отклонение признака <math>x</math>.</p>
<p>Расчет значения расстояний между <math>C_{i0}</math> до эталонной точки (<math>S_0</math>) и среднего арифметического значения расстояний осуществляется по формулам (4-7)</p>	$S_0 = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (C_{i0} - \bar{C}_0)^2}, \quad (4)$ $C_0 = \bar{C}_0 + 2S_0, \quad (5)$ $C_{i0} = \sqrt{\sum_s (Z_{is} - Z_{0s})^2}, \quad (i=1, \dots, m) \quad (6)$ $\bar{C}_0 = \frac{1}{m} \sum (C_{i0}). \quad (7)$
<p>Результатами проведенных расчетов являются значения интегральных показателей уровней технического и социально-экономического развития АО в странах, генерирующих атомную энергию (<math>D_i^*</math>), а затем интегральных модифицированных показателей (<math>D_i</math>)</p>	$D_i^* = C_{i0} / C_0, \quad (8)$ $D_i = 1 - D_i^*. \quad (9)$

Коэффициенты для построения дискриминантных моделей из программного продукта Statistica 6.0 для технического уровня развития АО

Variable	Classification Functions; groupings	
	G_1:1 p=,22222	G_2:2 p=,66667
X6	-0,12692	-0,02467
X2	0,00872	0,00061
X3	0,01789	0,00086
X1	0,05854	0,18006
Constant	-2,67192	-1,92209

Variable	Classification Functions; groupings	
	G_1:1 p=,22222	G_2:2 p=,55556
X11	20,6615	15,6091
X14	239,2907	129,9998
X15	67,2989	44,8170
X18	70,0579	52,5899
X23	-1,8611	-2,6050
Constant	-67,4123	-32,7313

Variable	Classification Functions; groupings	
	G_1:1 p=,22222	G_2:2 p=,33333
X1	0,0628	0,0979
X2	0,0001	-0,0024
X3	0,0067	0,0556
X11	0,1262	-0,0183
X14	3,4501	12,3690
X15	0,3327	-0,3822
X18	-0,1152	0,2027
X23	0,3513	0,4788
Constant	-16,7326	-14,3533