

Б.И. НИГМАТУЛИН

АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА МИРА И РОССИИ



**СОСТОЯНИЕ И РАЗВИТИЕ
1970–2018–2040 (2050)**



Издательский дом МЭИ

Б.И.Нигматулин

**АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА
МИРА И РОССИИ**

**Состояние и развитие
1970–2018–2040 (2050) гг.**

2-е издание, стереотипное



Москва
Издательский дом МЭИ
2022

УДК 620.4:338.2(10)
ББК 31.47
Н 602

Нигматулин Б.И.

Н 602 Атомная энергетика Мира и России. Состояние и развитие. 1970—2018—2040 (2050) гг. / Б.И. Нигматулин. — 2-е изд., стер. — М.: Издательский дом МЭИ, 2022. — 420 с.: ил.

ISBN 978-5-383-01517-9

Рассмотрены этапы развития атомной энергетики в Мировом и Российском.

В ч. 1 дан анализ развития атомной энергетики в Мировом в период 1954—2018 гг. Показано, как повлияли тяжелые аварии на АЭС на развитие атомной энергетики в Мировом и в России. Представлены прогнозы развития атомной энергетики в Мировом в период 2018—2040 (2050) гг. Дан прогноз объема рынка строительства новых генерирующих мощностей в Мировом и определена возможная доля России на этом рынке. Показано, что запасов извлекаемого природного урана в Мировом достаточно до конца XXI века для обеспечения потребностей атомной энергетики. Проанализированы важнейшие составляющие экономики и ядерные топливные циклы атомной энергетики и рассмотрены программы ее технологического развития в Мировом и России.

В ч. 2 представлен анализ атомной энергетики в России и ее место в электроэнергетике страны в 1970—2018 гг. с прогнозом до 2040 г. Рассмотрена работа АЭС в энергосистеме России. Приведено сравнение макроэкономических показателей России и Мировом, даны предложения по росту экономики и электропроизводства.

В ч. 3 проведен критический анализ проекта Стратегии развития ядерной энергетики России до 2100 г. (Стратегия-2018) и показана его несостоятельность.

Книга предназначена для руководителей предприятий атомной отрасли, менеджеров высшего звена в области экономики и строительства АЭС, научных работников, инженеров, преподавателей вузов, аспирантов и студентов.

УДК 620.4:338.2(10)
ББК 31.47

ISBN 978-5-383-01517-9

© Нигматулин Б.И., 2022
© Издательский дом МЭИ, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Часть I. АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА В МИРЕ. МЕСТО РОССИИ. СОСТОЯНИЕ И РАЗВИТИЕ. 1970—2018—2040 (2050) ГГ.	11
Глава 1. РАЗВИТИЕ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В МИРЕ В ПЕРИОД 1954—2018 ГГ.	13
1.1. Строительство и подключение к сети энергоблоков АЭС в Мире в период 1954—2018 гг.	13
1.2. Аварии на АЭС и их классификация. Влияние на развитие атомной энергетики	14
1.3. Динамика установленных мощностей энергоблоков АЭС, ежегодно подключаемых к сети и снимаемых с эксплуатации в Мире, в период 1954—2018 гг. Влияние аварий на АЭС	17
1.4. Электропроизводство на АЭС в Мире в период 1971—2018 гг.	19
Глава 2. ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В МИРЕ НА ПЕРИОД 2019 — 2040 (2050) ГГ.	24
2.1. Крупнейшие страны — производители электроэнергии на АЭС в Мире в 2018 г.	24
2.2. Перспективы развития атомной энергетики в различных регионах Мира. О продлении эксплуатации действующих АЭС в различных странах	25
2.3. Прогноз роста электропроизводства АЭС (брутто) в Мире на период 2019—2040 (2050) гг.	32
2.4. Прогноз роста установленной мощности АЭС в Мире на период 2019—2040 (2050) гг.	35
2.5. Прогноз объема рынка строительства новых генерирующих мощностей АЭС в Мире на период 2019—2040 (2050) гг.	43
Глава 3. ТОПЛИВООБЕСПЕЧЕНИЕ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В МИРЕ НА ПЕРИОД 2019—2050 ГГ. С ПРОГНОЗОМ ДО 2100 Г.	49
3.1. Разведанные и извлекаемые запасы природного урана в Мире на 01.01.2017 г.	49
3.2. Объемы добычи и потребности в природном уране для электропроизводства на АЭС в Мире в период 1949—2017 гг.	51
3.3. Прогнозы роста потребления урана и его разведанных запасов в Мире в 2019—2050 гг.	53
3.4. Цена природного урана (по долгосрочным и спотовым контрактам) в период 1970—2018 гг.	57
3.5. Стоимость обогащения природного урана по изотопу ^{235}U	61
3.6. Оценка рыночной стоимости 500 тонн оружейного урана, поставленных Россией в США в рамках Межправительственного соглашения ВОУ-НОУ	65

Глава 4. ЭКОНОМИКА АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	69
4.1. Многомерный анализ чувствительности приведенной стоимости электроэнергии (LCOE) АЭС и других типов электростанций к изменению основных (базовых) входных рыночных параметров	70
4.2. Зависимость (динамика) приведенной стоимости электроэнергии (LCOE) АЭС и других типов электростанций от входных рыночных параметров	75
4.3. Сравнение LCOE АЭС и других типов электростанций между собой в России, США, некоторых странах ЕС-28, Японии, Южной Кореи и Китае	82
4.4. Капитальные затраты на строительство АЭС и других типов электростанций	89
4.5. Предложения по снижению капитальных затрат «overnight» (OCC) на строительство АЭС	97
4.6. Капитальные затраты на продление эксплуатации АЭС свыше срока, обоснованного в проекте.....	108
4.7. Эксплуатационные расходы АЭС.....	111
4.8. Системные расходы при эксплуатации АЭС и других типов электростанций	117
4.9. Экономически обоснованная оценка конкурентоспособности АЭС в сравнении с ВИЭ	122
4.10. Внешние расходы электропроизводства на АЭС и других типах электростанций	124
Глава 5. ЯДЕРНЫЕ ТОПЛИВНЫЕ ЦИКЛЫ В АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ	128
5.1. Критерии выбора ядерного топливного цикла	130
5.2. Открытый ядерный топливный цикл	133
5.3. Модифицированный открытый ЯТЦ с использованием МОХ-топлива и технологии ЛВР	136
5.4. Замкнутый ядерный топливный цикл с РБН	141
5.5. О коэффициенте воспроизводства и его выборе	143
5.6. Переработка ОЯТ различных типов реакторов	145
5.7. История развития и современное состояние АЭС с реакторами на быстрых нейтронах и замкнутым ядерным топливным циклом.....	152
5.8. Перспективы развития АЭС с реакторами на быстрых нейтронах и замкнутым ядерным топливным циклом	165
Глава 6. ПРОГРАММА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В МИРЕ. МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО. РЕАКТОРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ «ПОКОЛЕНИЯ IV»	189
6.1. Международное сотрудничество.....	189
6.2. Международная программа по оценке национальных проектов АЭС (Multinational Design Evaluation Programme NPP, MDEP)	191
6.3. Реакторные технологии «Поколения IV»	192
6.4. Краткое описание ядерных энергетических реакторов «Поколения IV»	195
6.5. Замкнутый ядерный топливный цикл с реактором на быстрых нейтронах со свинцовым теплоносителем (проект Росатома «Прорыв»)	204

ЧАСТЬ II. АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА РОССИИ. МЕСТО В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ РОССИИ. СОСТОЯНИЕ И РАЗВИТИЕ. 1970—2018—2040 (2050) ГГ.	209
<i>Глава 1. МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭКОНОМИКИ РОССИИ В СРАВНЕНИИ С МИРОМ В ПЕРИОД 1970—2018 ГГ.</i>	211
1.1. Коэффициенты эластичности ВВП к ИОК в России и Мире период 1971—2018 гг.	212
1.2. Коэффициенты мультипликации ИОК в ВВП в России и Мире в период 1971—2018 гг.	219
1.3. Предложения по росту экономики и электропотребления в России	223
<i>Глава 2. ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЕ В РОССИИ. СРАВНЕНИЕ С ДРУГИМИ СТРАНАМИ.</i>	232
2.1. Динамика электропотребления промышленностью, домашними хозяйствами (населением) и общего электропотребления в России в период 2008—2018 гг.	232
2.2. Общее электропотребление и электропотребление домашними хозяйствами, приходящееся на душу населения в России, Мире (в целом), ОЭСР, США, Китае, странах ЕС в 2018 г.	235
2.3. Потери электроэнергии в энергосистеме, их структура в России в сравнении с другими странами	238
2.4. Электроемкость ВВП России в 2018 г. Сравнение с другими странами	244
<i>Глава 3. ЦЕНА НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ В РОССИИ. СРАВНЕНИЕ В СРЕДНЕМ С МИРОМ, ОЭСР, США, КИТАЕМ И ДРУГИМИ СТРАНАМИ.</i>	247
3.1. Методология определения цен на электроэнергию для конечных потребителей в России	247
3.2. Сравнение средневзвешенной цены на электроэнергию и отдельно для промышленности и населения в России и США в период 2008—2018 гг.	250
3.3. Сравнение средневзвешенной цены на электроэнергию и отдельно для промышленности и домашних хозяйств (населения) в России с другими странами в 2018 г.	252
<i>Глава 4. ПРОГНОЗ ЭЛЕКТРОПРОИЗВОДСТВА В РОССИИ</i>	262
4.1. Анализ предыдущих прогнозов электропроизводства в России на период 2008—2020 гг.	262
4.2. О резервах генерирующих мощностей в России	266
4.3. О строительстве 5-го энергоблока Белоярской АЭС с БН-1200	269
4.4. Прогноз электропроизводства в России на период 2019—2030 (2040) гг.	272
<i>Глава 5. СТРУКТУРЫ ЭЛЕКТРОПРОИЗВОДСТВА И УСТАНОВЛЕННОЙ МОЩНОСТИ В РОССИИ В ПЕРИОД 1990—2018 ГГ.</i>	275
<i>Глава 6. АЭС В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ РОССИИ</i>	282
6.1. Работа АЭС на оптовом рынке электроэнергии и мощности (ОРЭМ) и механизм принятия решения о строительстве новых энергоблоков	282
6.2. Средняя стоимость и цена электроэнергии на шинах АЭС и ее составляющие для потребителей в России и США в период 2008—2018 гг.	288

Часть III. О ПРОЕКТЕ «СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ ДО 2100 Г. (СТРАТЕГИЯ-2018)»	297
Введение.....	299
1. Аргументы, цели, сценарии и условия «Стратегии-2018».....	302
2. Примеры провальных стратегий в Советском Союзе, которые не опирались на реальные прогнозы и обоснования	312
3. О событиях, предшествующих аварии на 4-м энергоблоке Чернобыльской АЭС 26 апреля 1986 г.	316
4. Примеры провальных стратегий в электроэнергетике современной России	320
5. Об обосновании временных интервалов «Стратегии-2018».....	321
6. Об «Атомном проекте» как примере успешной Стратегии по Е.О. Адамову.....	324
7. О реализации «Стратегии развития атомной энергетики в России на первую половину XXI века (Стратегия-1999)» (часть 1)	325
8. О реализации «Стратегии развития атомной энергетики в России на первую половину XXI века (Стратегия-1999)» (часть 2)	344
9. Примеры провальных (тупиковых) проектов в электроэнергетике Советского Союза	349
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	351
Приложение. ОБ ОДНОМ РАСПРОСТРАНЕННОМ ЭКОНОМИЧЕСКОМ ЗАБЛУЖДЕНИИ	375
П.1. Паритет покупательной способности доллара (\$ ППС), рассчитанный по всей корзине ВВП	377
П.2. ВВП России в текущих и постоянных ценах (2004 г.), в \$ ППС и \$ ЦБ	380
П.3. Соотношение между валютным курсом \$ ЦБ и \$ ППС (ВВП) в национальных валютах.....	383
П.4. Экономический смысл использования \$ ППС (ВВП) при международном сопоставлении для пересчета цен товаров и услуг, номинированных в национальной валюте, в долл. США	388
П.5. Использование \$ ППС, рассчитанного по всей корзине ВВП, как коэффициента пересчета цен на электроэнергию при их сравнении для промышленных и других потребителей (кроме населения) и отдельно для населения в России и США в 2017 г.	393
П.6. Индекс «Биг Мака». Сравнение с \$ ППС (ВВП).....	398
Выводы	403
ИСТОЧНИКИ	407