

ИНСТИТУТ СИСТЕМ ЭНЕРГЕТИКИ им. Л.А. МЕЛЕНТЬЕВА
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК



ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК



Академик Лев Александрович Мелентьев

**SYSTEMS STUDIES IN ENERGY:
ENERGY TRANSITION**

Edited by:
N.I. Voropai, corresponding member of RAS
A.A. Makarov, academician of RAS

**СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ:
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПЕРЕХОД**

Ответственные редакторы:
член-корр. РАН Н.И. Воропай
академик РАН А.А. Макаров

УДК 620.09
ББК 31
С 40

Рецензенты:

доктор технических наук
С.В. Солодуша

доктор технических наук
К.В. Сулов

доктор технических наук
Э.А. Тюрина

Системные исследования в энергетике: энергетический переход / Под ред. Н.И. Воропая и А.А. Макарова. — ИСЭМ СО РАН, 2021. — 594 с.

Приведены результаты системных исследований в энергетике, включающих в себя разработку методологии и инструментария изучения энергетики как совокупности сложно организованных систем и прогнозирования развития энергетики мира и России в условиях энергетического перехода. В основу книги легли материалы IX Мелентьевских чтений, состоявшихся 21-23 сентября 2021 г. в Иркутске, посвященных 90-летию со дня рождения ученика Л.А. Мелентьева – академика Ю.Н. Руденко.

Книга предназначена для научных работников, аспирантов, специалистов, занимающихся стратегическим планированием, экономико-математическим моделированием, а также прогнозированием развития российской и мировой энергетики и ее отраслевых комплексов.

The book presents results of systems studies in energy, including the development of methodology and tools to aid the study of the energy sector as a set of intricately organized systems and to facilitate projections of energy development in the world and Russia in the context of the energy transition. The book is based on the proceedings of the IX Melentiev Readings dedicated to the 90th anniversary of Academician Yu.N. Rudenko, a student of L.A. Melentiev (September 21-23, 2021, Irkutsk).

The intended readership of the book spans researchers, graduate students, and experts involved in strategic planning, economic and mathematical modeling, as well as projecting the development of Russian and global energy sector and its individual industries.

ISBN 978-5-93908-153-5

© ИСЭМ СО РАН, 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	13
ГЛАВА 1. МЕТОДОЛОГИЯ СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В УСЛОВИЯХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПЕРЕХОДА	15
1.1. Достижения и проблемы системных исследований развития энергетики России, их возможности в «цифровом» обществе	15 <i>Макаров А.А.</i>
1.2. Инновационно-технологические и структурно-организационные трансформации электроэнергетических систем	24 <i>Воропай Н.И., Ефимов Д.Н., Подковальников С.В.</i>
1.3. Методы моделирования трансформации нефтегазового сектора в условиях энергетического перехода	49 <i>Крюков В.А., Миляев Д.В., Душенин Д.И., Скузоватов М.Ю.</i>
1.4. Энергопереход к середине текущего века: мечты или реальность? ...	58 <i>Мастепанов А.М.</i>
1.5. Прогнозирование технологического развития энергетики: вопросы методологии и практика	70 <i>Филиппов С.П.</i>
1.6. Углеродное регулирование и его значение для ТЭК России	90 <i>Кейко А.В.</i>
1.7. Применение финансово-экономических моделей для исследования параметров ценовой политики в электроэнергетике при разных механизмах углеродного регулирования	107 <i>Веселов Ф.В., Соляник А.И.</i>
1.8. Оценка и учет в прогнозных исследованиях экономического и экологического аспекта энергетической безопасности	120 <i>Кононов Ю.Д., Кононов Д.Ю.</i>
1.9. Макроэкономическая оценка последствий реализации отдельных стратегических угроз энергетической безопасности	131 <i>Локтионов В.И., Мазурова О.В.</i>
1.10. Развитие методологии оценки энергетических рынков стран Восточной Азии с учётом парадигмы "ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПЕРЕХОДА"	141 <i>Попов С.П., Максакова Д.В.</i>
1.11. Методы и модели для прогнозирования развития региональных ТЭК	156 <i>Санеев Б.Г., Соколов А.Д., Музыкачук С.Ю., Музыкачук Р.И.</i>
1.12. Научно-методическое обеспечение для моделирования и оптимизации рынков тепловой энергии	162 <i>Стенников В.А., Хамисов О.В., Пеньковский А.В.</i>

1.13. Интегрированная онтология электро- и теплоснабжения для цифровых двойников активных распределительных сетей.....	179
<i>Ковалёв С.П., Лукинова О.В.</i>	
1.14. Методы комплексного развития теплоснабжающих систем.....	190
<i>Стенников В.А., Постников И.В., Пеньковский А.В., Медникова Е.Е.</i>	
1.15. Многоуровневое моделирование тепловых сетей при их проектировании	207
<i>Стенников В.А., Соколов Д.В., Барахтенко Е.А.</i>	
1.16. Агрегированная модель долгосрочного прогнозирования регионального электропотребления.....	220
<i>Корнеев А.Г.</i>	
ГЛАВА 2. СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИКИ СТРАНЫ И МИРА.....	231
2.1. Особенности седьмого энергоперехода и его развилки и взаимоприемлемые внешнеэкономические решения для России ...	231
<i>Конопляник А.А.</i>	
2.2. Научометрический анализ исследований энергетического перехода в международной исследовательской повестке	253
<i>Михеев А.В.</i>	
2.3. Оценка углеродного следа российского экспорта	266
<i>Филиппов С.П., Григорьева Н.А., Дильман М.Д.</i>	
2.4. Моделирование рынка водорода <i>Грушевенко Д.А., Галкина А.А., Кулагин В.А.</i>	279
2.5. Моделирование энергопотребления транспортного сектора	293
<i>Грушевенко Д.А., Капустин Н.О.</i>	
2.6. Основные направления трансформации угроз энергетической безопасности России и анализ их влияния на возможности удовлетворения перспективного спроса на первичные энергоресурсы	305
<i>Сендеров С.М., Рабчук В.И.</i>	
2.7. Формирование восточной энергетической политики России: прошлое, настоящее, взгляд в будущее	317
<i>Санеев Б.Г.</i>	
2.8. Развитие ВИЭ на Дальнем Востоке: оценка последствий для потребителей.....	331
<i>Дёмина О.В., Найден С.Н.</i>	
2.9. Факторы, влияющие на новую энергетическую стратегию Республики Саха (Якутия)	348
<i>Петров Н.А., Лепов В.В., Павлов Н.В., Павлова Н.Н.</i>	

2.10.	Оценка влияния ограничений на выбросы парниковых газов (CO ₂) на инновационное развитие ТЭС по регионам России (методический подход, результаты исследований)	364
	<i>Санеев Б.Г., Лагерев А.В., Ханаева В.Н.</i>	
2.11.	Корпоративное управление в генерирующих компаниях электроэнергетики: лидеры и аутсайдеры	374
	<i>Шевелева Г.И.</i>	
2.12.	Исследования развития угольной промышленности страны и регионов: методология и инструментарий	386
	<i>Такайшвили Л.Н., Соколов А.Д.</i>	
2.13.	Системный анализ возможностей использования новых материалов и технологий в энергетике и отраслях промышленности Российского Севера и Арктики	399
	<i>Лепов В.В., Петров Н.А., Павлов Н.В.</i>	
ГЛАВА 3. ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ		414
3.1.	Современные вызовы трансформации систем энергетики.....	414
	<i>Стенников В.А.</i>	
3.2.	Трансформация мировых энергетических рынков в условиях энергетического перехода	427
	<i>Кулагин В.А.</i>	
3.3.	Рынки электрической и тепловой энергии в современных условиях России. Проблемы функционирования и перспективы их развития	439
	<i>Стенников В.А., Головщиков В.О., Паламарчук С.И.</i>	
3.4.	Исследование масштабов и интегральных энергоэкономических характеристик низкоуглеродной технологической перестройки электроэнергетики до 2050 года	450
	<i>Хоршев А.А., Веселов Ф.В.</i>	
3.5.	Влияние процесса трансформации электроэнергетических систем на обеспечение их надёжности	466
	<i>Крупенёв Д.С.</i>	
3.6.	Системные исследования диверсификации энергоснабжения в Восточных регионах Российской Арктики.....	481
	<i>Иванова И.Ю., Ижбулдин А.К., Тугузова Т.Ф., Шакиров В.А.</i>	
3.7.	Влияние водородной энергетики на развитие угольной промышленности мира и России	494
	<i>Плакиткина Л.С.</i>	
3.8.	Электропередачи постоянного тока в условиях перехода к возобновляемой энергетике	505
	<i>Герасимов А.С., Кощев Л.А., Лисицын А.А.</i>	

3.9. Совершенствование подходов к привлечению частных инвестиций в автономную генерацию Восточных и Арктических территорий страны	513
<i>Гулидов Р.В., Копылов А.Е., Виханский А.Э.</i>	
3.10. Эколого-экономическое обоснование перехода на альтернативные энергоносители в зонах особого природопользования: методический подход и результаты исследований.....	523
<i>Иванова И.Ю., Ижбулдин А.К., Майсюк Е.П., Губий Е.В.</i>	
3.11. Оценка долгосрочных макроэкономических потерь России от ускоренной трансформации мировой энергетики	534
<i>Малахов В.А., Несытых К.В.</i>	
3.12. Разработка интеллектуальных систем управления режимами микросетей и активных энергетических комплексов на базе современных методов оптимизации и машинного обучения	549
<i>Томин Н.В., Шакиров В.А., Козлов А.Н., Курбацкий В.Г., Сидоров Д.Н.</i>	
3.13. Оптимизация параметров теплоэнергетических установок различных типов с использованием эффективного метода ступенчатой оптимизации.....	568
<i>Клер А.М., Жарков П.В., Потанина Ю.М., Степанова Е.Л., Епишкин Н.О.</i>	
Заключение.....	590