

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский горный университет»

На правах рукописи

Москера Урбано Александр Патрисио



СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО
СЕКТОРА РЕСПУБЛИКИ ЭКВАДОР В КОНТЕКСТЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ
УСТОЙЧИВОСТИ

Специальность 08.00.05 - Экономика и управление народным хозяйством
(экономика, организация и управление предприятиями, отраслями,
комплексами –промышленность)

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Научный руководитель:
доктор экономических наук, профессор
Пономаренко Т.В.

Санкт-Петербург – 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1 АНАЛИЗ И ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ ЭКВАДОР В УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ	10
1.1 Анализ состояния энергетического комплекса в контексте социально-экономического положения Республики Эквадор	10
1.2 Методики оценки энергетической устойчивости энергетического сектора в мировой практике	19
1.3 Анализ государственного регулирования энергетического сектора Республики Эквадор	29
1.4 Влияние субсидирования на развитие энергетического комплекса Республики Эквадор	37
1.5 Выводы по Главе 1	44
ГЛАВА 2 СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СЕКТОРА: МЕТОДОЛОГИЯ И ИНСТРУМЕНТАРИЙ	46
2.1 Концептуальный подход к стратегическому планированию энергетического сектора	46
2.2 Разработка национальных планов энергоэффективности	59
2.3. Методология и инструментарий государственного планирования развития энергетического сектора	68
2.4 Выводы по главе 2	84
ГЛАВА 3 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СЕКТОРА В КОНТЕКСТЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ	86
3.1 Моделирование развития энергетического сектора Республики Эквадор с применением инструментария LEAP	86
3.2 Методический подход к стратегическому планированию энергетического комплекса Республики Эквадор	95
3.3 Экономическая оценка проектов и программ развития производственной мощности энергетического комплекса с учетом возобновляемых источников энергии	116
3.4. Обоснование показателей и оценка энергетической устойчивости в странах Андского сообщества	124
3.5 Выводы по главе 3	134
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	136

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	138
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	155
Индикаторы, применяемые в стратегическом планировании энергетического сектора в странах ЛАК.....	155
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	162
Расчеты показателей экономической эффективности и расчет LCOE по проектам ВЭС Виллонако I, II - III для различных условий.....	162
ПРИЛОЖЕНИЕ В Акт о внедрении результатов кандидатской диссертации	172

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Электроэнергетика является базовой отраслью национальной экономики, создающей необходимые условия для эффективного функционирования производства, роста экономики и улучшения условий социального развития. За последние тридцать пять лет потребление энергии возросло более чем в 2 раза в Латинской Америке в связи с увеличением численности населения, ростом жизненного уровня и развитием промышленности и транспорта. Это привело к дефициту энергии в некоторых странах, неоптимальной структуре энергобаланса, экологическим и социальным проблемам, связанным с производством и потреблением энергии. Энергетический фактор в современной экономике становится решающим, создавая условия для энергетической устойчивости.

Республика Эквадор (РЭ) обладает возобновляемыми (ВИЭ) и невозобновляемыми источниками энергии, среди которых гидроресурсы, биомасса, энергия солнца и ветра, нефть. Сложившаяся структура энергетического баланса включает значительную долю генерации за счет ископаемых ТЭР (нефти), что снижает эффективность использования нефти. Наличие мощного гидропотенциала, а также нетрадиционных ресурсов ВИЭ обуславливает использование альтернативных источников, внедрение энергосберегающих и энергоэффективных технологий в производство и потребление энергии.

Поэтому стратегическое планирование энергетического сектора (СПЭС) РЭ должно быть основано на принципах энергетической устойчивости, включая повышение энергетической безопасности, внедрение альтернативных видов энергии, развитие «зеленых» технологий в энергетике.

Степень разработанности темы исследования

Масштабные научные исследования в области СПЭС были выполнены российскими учеными Макаровым А.А. (ИЭИ РАН), Воропай Н.И., Стенниковым В.А., Кононовым Ю.Д. и многими другими (научная школа ИСЭМ СО РАН); разработка стратегических направлений развития отраслей ТЭК представлена в работах Череповицына А.Е., Марининой О.А., Невской М.А. и других представителей научной школы Санкт-Петербургского Горного университета, инструментарий стратегического планирования исследован Кравченко В.М., Черняховской Ю.В. и многими другими. Зарубежные научные публикации в области экономики, организации и планирования энергетического сектора очень представительны и включают исследования Bouille D., Crousillat E., De Dicco R., Fernandez R., Gunder F., Flores W. и многих других ученых из США, Испании, Китая, стран Латинской Америки. При этом, вопросы стратегического планирования энергетического сектора в контексте современных требований к энергетической устойчивости исследованы не в полной мере.

Цель исследования

Разработка и обоснование методического подхода к стратегическому планированию развития энергетического сектора Республики Эквадор, направленного на обеспечение энергетической устойчивости.

Основная идея работы:

В странах с дефицитом ТЭР и значительным потенциалом ВИЭ стратегическое планирование энергетического сектора должно быть нацелено на рост энергетической устойчивости, связанный с ВИЭ и достигаемый вследствие диверсификации энергетического баланса с учетом ВИЭ, роста энергообеспеченности, снижения антропогенной нагрузки со стороны энергетической системы.

Задачи исследования:

1. Выполнить анализ состояния энергетического комплекса, проанализировать макроэкономические условия и действующую систему управления энергетикой РЭ.
2. Разработать методический подход к стратегическому планированию энергетического сектора с учетом энергетической устойчивости (на примере Республики Эквадор).
3. Предложить научно-обоснованную процедуру выбора модели при стратегическом планировании развития энергетического сектора.
4. Обосновать необходимость применения при стратегическом планировании энергетического сектора с учетом ВИЭ технико-экономического показателя системной нормированной стоимости электроэнергии (LCOE).
5. Обосновать комплекс показателей стратегического планирования для оценки энергетической устойчивости стран с дефицитом ТЭР и потенциалом ВИЭ.
6. Обосновать целесообразность включения в инвестиционную программу проектов развития производственной мощности энергетического комплекса на основе ВИЭ с применением выполненной экономической оценки.

Объект исследования – система стратегического планирования энергетического сектора в Республике Эквадор.

Предмет исследования – экономические отношения, возникающие в процессе стратегического планирования энергетического сектора стран с дефицитом ТЭР и потенциалом ВИЭ, обеспечивающего эффективное использование ВИЭ.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

1. Выявлены особенности и факторы развития энергетического сектора стран с дефицитом ископаемых ТЭР и потенциалом ВИЭ, включая рост объемов потребления и

генерации энергии, доминирование гидрогенерации, повышение экономической эффективности использования энергоресурсов, систему субсидирования в энергетике.

2. Разработан методический подход к стратегическому планированию энергетического сектора стран с дефицитом ТЭР и потенциалом ВИЭ, основанный на системном подходе к стратегическому индикативному планированию и включающий обоснованные последовательность этапов, комплекс индикаторов, процедуру выбора моделей планирования.

3. Разработана научно-обоснованная аналитическая процедура выбора модели стратегического планирования энергетического сектора, включая цели инструментов энергетического планирования (моделей); классификацию моделей в соответствии с их направленностью, масштабом, сроками, уровнем равновесия, целям, способу построения, методу планирования; анализ характеристик и опыта применения моделей в странах Латинской Америки; сравнительный анализ признаков моделей.

4. Доказано, что важнейшим технико-экономическим показателем, используемым для стратегического планирования энергетического сектора с учетом ВИЭ, должен быть модифицированный показатель системной нормированной стоимости электроэнергии (LCOE), учитывающий переменную мощность ВИЭ, затраты на интеграцию источников в энергетическую систему и внешние экологические издержки, рассчитанный с применением социальной ставки дисконтирования. Обосновано, что значение модифицированного показателя системной нормированной стоимости электроэнергии по видам генерации, включая ВИЭ, может использоваться для определения субсидированного тарифа и стимулировать внедрение ВИЭ.

5. Обоснована необходимость применения при сравнительной оценке энергетической устойчивости стран с потенциалом ВИЭ предложенного комплекса показателей, что будет стимулировать применение ВИЭ и улучшать структуру энергетического баланса.

6. Обоснована целесообразность включения в инвестиционную программу проектов развития производственной мощности энергетического комплекса на основе ВИЭ с применением выполненной экономической оценки.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в разработке методического подхода к стратегическому планированию энергетического сектора с целью эффективного социально-экономического развития, обеспечивающего энергетическую устойчивость национальной экономики. Разработанный методический инструментарий может быть использован для анализа, прогнозирования и стратегического планирования развития электроэнергетики РФ и стран Латинской Америки.

Результаты диссертации внедрены в научную деятельность (акт внедрения от 17.06.2022) Федерального государственного автономного учреждения «Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики».

Методология и методы исследований

Диссертация построена на концепциях устойчивого развития и энергетической устойчивости, с применением методов стратегического планирования, статистического, технико-экономического и проектного анализа, инвестиционной оценки, прогнозирования и экономико-математического моделирования.

Положения, выносимые на защиту:

1. Целью стратегического планирования энергетического сектора в странах, имеющих дефицит ТЭР и обладающих потенциалом ВИЭ, с учетом выявленных особенностей сектора, включая до-минирование гидрогенерации, необходимость повышения экономической эффективности использования ископаемых ТЭР, а также субсидирование в энергетике, должно быть увеличение энергетической устойчивости.

2. Методический подход к стратегическому планированию энергетического сектора должен быть основан на системном подходе к стратегическому индикативному планированию и включать обоснованную последовательность этапов, комплекс индикаторов, процедуру выбора моделей планирования, что будет стимулировать применение ВИЭ.

3. Обоснованный комплекс показателей стратегического планирования энергетического сектора должен учитывать специфику ВИЭ и включать модифицированный показатель системной нормированной стоимости электроэнергии (LCOE), учитывающий переменную мощность источников генерации, затраты на интеграцию источников в энергосистему, внешние экологические издержки, социальную ставку дисконтирования.

Степень достоверности результатов исследования обеспечивается соответствием методологии исследования основным положениям концепций устойчивого развития и энергетической устойчивости, корректным применением методов стратегического планирования, статистического, технико-экономического и проектного анализа, инвестиционной оценки, прогнозирования и экономико-математического моделирования.

Апробация результатов.

Основные положения и результаты работы были представлены на 3 всероссийских и 5 международных научных конференциях и конкурсах за период 2019-2022 гг., где получили положительную оценку:

- XVIII Всероссийская конференция-конкурс студентов и аспирантов «Актуальные проблемы недропользования», Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург (апрель 2020 года);

- XXV Всероссийская конференция-конкурс студентов и аспирантов «Актуальные проблемы недропользования», Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург (апрель 2021 года);
- IV Всероссийская научная конференция «Современные образовательные технологии в подготовке специалистов для минерально-сырьевого комплекса», Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург (март 2021 года);
- V Международная конференция «Менеджмент, экономика, этика, техника - МЕЕТ 2019», Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург (сентябрь 2019 года);
- VI Международная конференция «Менеджмент, экономика, этика, техника – МЕЕТ 2020», Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург (октябрь 2020 года);
- VII Международная конференция «Менеджмент, экономика, этика, техника – МЕЕТ 2021», Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург (октябрь 2021 года);
- XVII Международная научно-практическая конференция «Минерально-сырьевой комплекс: инженерные и экономические решения», посвященная 100-летию Белорусского национального технического университета. Минск, 2021
- XX Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию Факультета горного дела и инженерной экологии Белорусского национального технического университета. Минск, 2022

Личный вклад автора заключается в постановке целей и задач диссертационной работы, проведении анализа состояния энергетического сектора РЭ, оценке энергетической устойчивости стран Андского сообщества в соответствии с разработанным автором комплексом показателей, изложении концептуального и методологического подходов к СПЭС, разработке методического подхода и его апробации при стратегическом планировании.

Публикации по работе

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 8 печатных работах, в том числе в 3 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 2 статьях - в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus.

Структура работы

Диссертация состоит из введения, трех глав с выводами по каждой из них, заключения, списка литературы, включающего 196 наименований и 3 приложений. Диссертация изложена на 174 страницах машинописного текста, содержит 32 рисунка и 44 таблицы.

Благодарности

Автор выражает глубокую благодарность и искреннюю признательность научному руководителю – д.э.н., профессору Пономаренко Т.В., а также всему коллективу кафедры экономики, организации и управления Горного университета за помощь в подготовке диссертации.

ГЛАВА 1 АНАЛИЗ И ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ ЭКВАДОР В УСЛОВИЯХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

1.1 Анализ состояния энергетического комплекса в контексте социально-экономического положения Республики Эквадор

Историческое развитие и интеграция крупных экономик стран Латинской Америки (Бразилии, Мексики, Аргентины) в сектор мировой экономики позволила им модернизировать собственные сферы промышленности и привлечь инвестиции в стратегически важные отрасли, образование, здравоохранение, сектор высоких технологий и пр. [11]. В последние десятилетия в латиноамериканских государствах произошли серьезные структурные политические и экономические изменения, преобразовавшие не только отраслевую структуру, но и роль в глобальной экономике.

Республика Эквадор (РЭ) представляет собой небольшое государство Латинской Америки с численностью населения страны 17,9 млн человек в 2022. После получения в 1830 году независимости, государство на протяжении долгого времени отличалось высоким уровнем политической нестабильности [12]: диктаторские режимы и военные перевороты фактически приводили к кризисам.

В 1960-1971 годах в Эквадоре был открыт ряд значительных по запасам нефтяных месторождений. Фактически это превратило страну во «вторую Венесуэлу». США начали постепенно увеличивать объемы инвестирования в получившую развитие нефтяную отрасль Эквадора. Так, если в 1965 году размер инвестиций составлял 9,3 млн долл., то в 1971 году достиг 146,5 млн долл. При этом, более 91,8% из них приходилось именно на США [14].

Несмотря на энергетический кризис 1970-х гг., экономический рост экономики Эквадора характеризовался ускоренными темпами, что было обусловлено наращиванием объемов добычи нефти. Однако, несмотря на несомненный вклад в развитие, данный процесс имел и негативные последствия: увеличение размера внешнего долга, рост инфляции и расширение масштабов теневой экономики. Высокая степень экономической зависимости Эквадора от нефти, и модель роста страны, основанная на внешних детерминантах, явились причинами деиндустриализации экономики в период 1970 – 1985. В качестве основных тенденций следует выделить: снижение численности и доли работников в сфере промышленности (по отношению к общему числу занятых в экономике); сокращение доли промышленности в структуре валового внутреннего продукта (ВВП) страны (однако это не исключает увеличения физического объема выпуска промышленной продукции и ее стоимости) [29].

Правительство Эквадора предпринимало попытки преодолеть деиндустриализацию путем изменения структуры экономики на основе развития человеческого капитала, за счет

проведения новых исследований и внедрения технологических инноваций, нацеленных на увеличение добавленной стоимости производимой продукции [91].

Для решения этих проблем в РЭ была разработана национальная стратегия, направленная на содействие переходу страны от экономики, основанной на экстенсивном использовании первичных ресурсов (особенно нефти), к постнефтяной экономике, основанной на знаниях и рациональном использовании доступных природных ресурсов. Эта стратегия является средством окончательного искоренения крайней нищеты в стране и устойчивого обеспечения высокого уровня качества жизни для населения в экономическом, социальном и экологическом измерениях [110]. На рисунке 1.1 показан ежегодный прирост населения в РЭ в период 2010-2020 гг.



Рисунок 1.1 - Динамика численности населения в РЭ.

Источник: составлено автором по данным [33]

Средний прирост населения составил 200 тысяч человек в год. На рисунке 1.2 показана динамика темпов изменения валового внутреннего продукта (в миллионах долларов 2007 года) РЭ с 2010 по 2020 год.

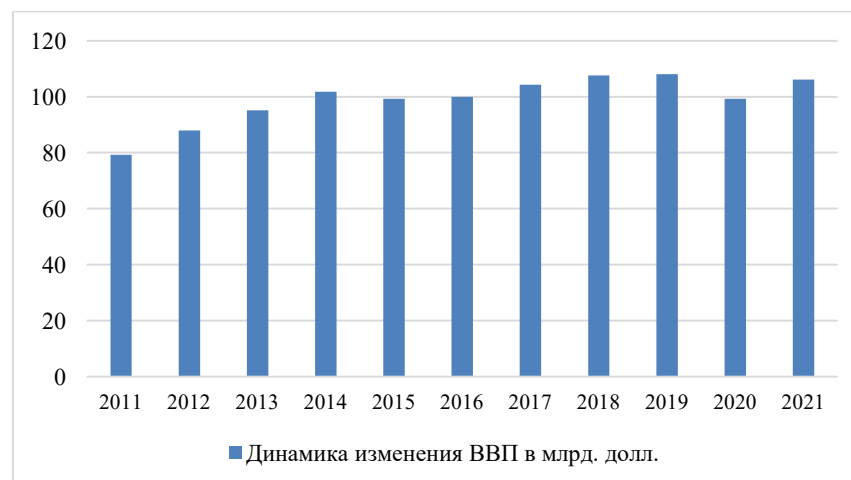


Рисунок 1.2 - Динамика изменения ВВП Эквадора

Источник: составлено автором по данным [50]

За 10 лет ВВП увеличился на 17,4%, с 56 481 миллиона долларов в постоянных ценах в 2010 году до 66 308 миллионов долларов в постоянных ценах в 2020 году, в 2021 году после пандемии COVID-19 ВВП составил 52,17 (в миллионах долларов 2007 года).

Исследование показателей социально-экономического развития страны в период 2011-2021 г (таблица 1.1) позволяет выделить ряд значимых тенденций.

Таблица 1.1 – Ключевые социально-экономические показатели Эквадора в 2011-2021 годах

Год	ВВП		ВВП на душу населения		Совокупный государственный долг		Уровень безработицы		Инфляция, Индекс потребительских цен (ИПЦ)	
	Млрд долл.	В % к пред. году	Долл.	В % к пред. году	В % к ВВП	В % к пред. году	%	В п.п. к пред. году	%	В п.п. к пред. Году
2011	79,28	7,9	5201	12,2	16,79	-5,14	3,5	-14,63	4,5	25
2012	87,92	5,6	5682	9,2	17,59	4,76	3,2	-8,57	5,1	13,3
2013	95,13	4,9	6056	6,6	20,03	13,87	3,1	-3,13	2,7	-47,1
2014	101,73	3,8	6377	5,3	27,97	39,64	3,5	12,90	3,6	33,3
2015	99,29	0,1	6125	-3,9	35,22	25,92	3,6	2,86	4	11,1
2016	99,94	-1,2	6060	-1,1	44,58	26,58	4,6	27,78	1,7	-57,50
2017	104,30	2,4	6214	2,5	47,03	5,50	3,8	-17,39	0,4	-76,5
2018	107,56	1,4	6296	1,3	49,09	4,38	3,5	-7,89	-0,2	-85,71
2019	108,11	0,05	6222	-1,2	51,41	4,73	3,8	8,57	0,3	83,33
2020	99,29	-7,8	5628	-9,5	60,89	18,44	6,1	60,53	-0,3	-85,71
2021	106,17	4,2	5935	5,4	59,18	-2,81	6,4	4,92	0,1	133,3

Источник: составлено автором по данным [33, 50]

На рисунке 1.3. показаны темпы изменения ВВП Эквадора за период 2011-2021 гг.

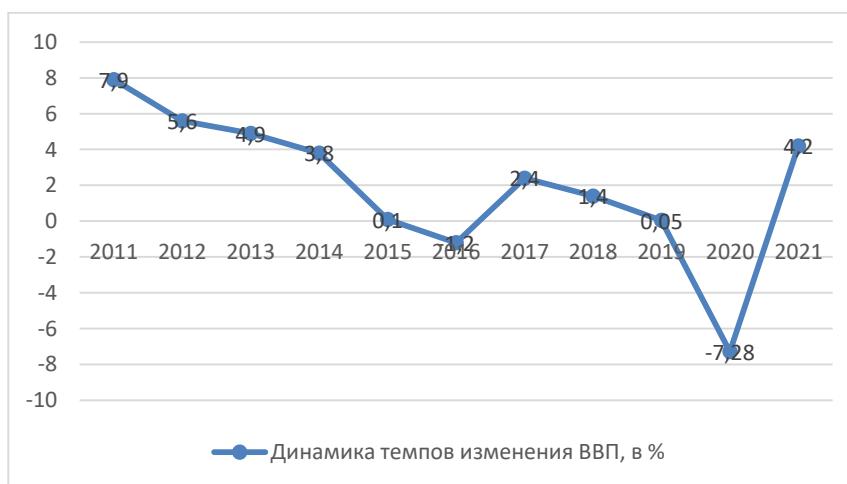


Рисунок 1.3 - Динамика темпов изменения ВВП Эквадора, %

Источник: составлено автором по данным [33]

Снижение темпов прироста ВВП с 2011 года, в том числе, отрицательные темпы изменения в 2016 и 2020 гг., определяют необходимость поиска новых направлений роста ВВП.

Одним из них является снижение энергоёмкости национальной экономики, особенно

важное при значительном увеличении государственного долга страны, что также можно считать стимулом для роста ВВП [80].

Следует отметить, что динамичное развитие экономики и социальная поддержка определили существенный рост потребления энергии на душу населения (рисунок 1.4) и потребления электроэнергии на душу населения (рисунок 1.5).



Рисунок 1.4 - Потребление энергии на душу населения в РЭ.

Источник: MERNNR Ecuador [28]



Рисунок 1.5 - Потребление электроэнергии на душу населения

Источник: MERNNR Ecuador [28]

Удельное потребление электроэнергии в период с 2010 по 2020 год увеличилось на 33,0%, с 1105 кВтч/чел до 1470 кВтч/чел.

Таким образом, изменение структуры экономики, рост промышленного производства, увеличение спроса на электроэнергию со стороны транспортного сектора и населения определяют необходимость эффективного развития базовой инфраструктурной отрасли - электроэнергетики. Именно она формирует требуемые условия для устойчивого функционирования промышленного производства, транспорта, жизни населения [159].

На рисунке 1.6 отражены данные о производстве электроэнергии в 2009 – 2021 годах.



Рисунок 1.6 - Производство электроэнергии в Республике Эквадор, ГВт*ч

Источник: MERNNR Ecuador [28]

Следует отметить, что отмечается тенденция к линейному росту производства электроэнергии в РЭ. В настоящее время сектор электроэнергетики в Эквадоре характеризуется положительной динамикой развития – привлекаются инвестиции, реализуются крупные инвестиционные проекты [95]. В последние годы в РЭ отмечалось увеличение объемов производства электрической энергии, чему способствовало строительство ряда гидроэлектростанций и другие проекты ВИЭ [94]. Установленная мощность для выработки электроэнергии продемонстрировала значительный рост: в 2010 году составляла 4757 МВт, в 2021 году - 8100 МВт (рисунок 1.7).



Рисунок 1.7 - Суммарная мощность и структура в электроэнергетике (МВт) в РЭ

Источник: MERNNR Ecuador [28]

Согласно отчету Министерства энергетики и невозобновляемых природных ресурсов (MERNNR), в 2020 г. суммарное потребление энергии составило 79194 тыс. БНЭ и производство энергии составило 203551 тыс. БНЭ [23] (рисунок 1.8).

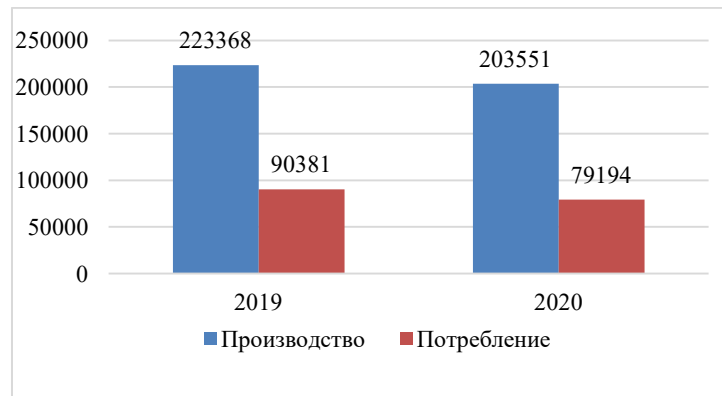


Рисунок 1.8 - Производство и потребление энергии в РЭ, в тыс. баррелей нефтяного эквивалента (БНЭ)

Источник: Агентство регулирования и контроля электроэнергетики [59]

Структура производства электроэнергии из ВИЭ представлена на рисунке 1.9. Несмотря на наличие серьезных технологических проблем, в 2021 г. порядка 78,52% электроэнергии вырабатывали гидроэлектростанции. Вклад нетрадиционных возобновляемых источников энергии (НВИЭ) в общей структуре по-прежнему составляет менее 2 % [59].

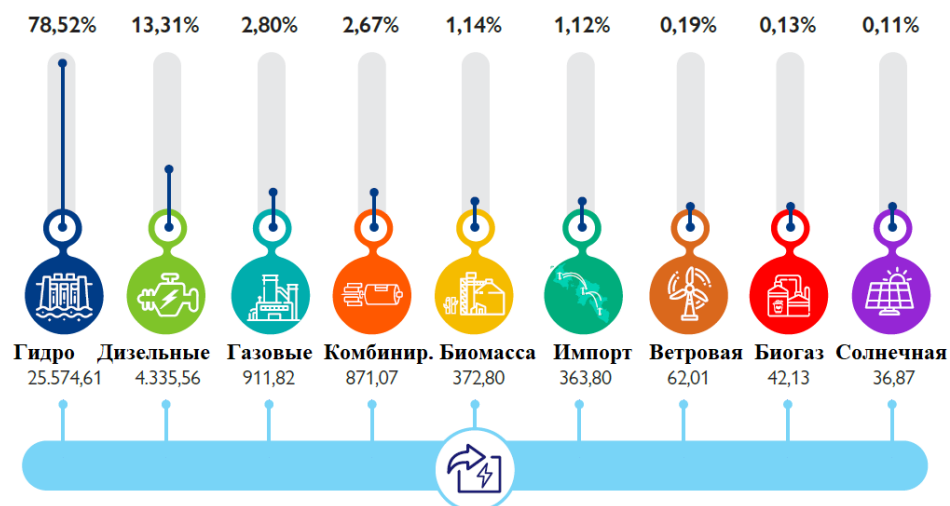


Рисунок 1.9 - Производство электрической энергии по видам технологии, гВт*ч

Источник: MERNNR Ecuador [59]

Как показано в таблице 1.2, в структуре электробаланса 64,98% приходится на ВИЭ и 35,02% на традиционные источники энергии [142].

Таблица 1.2 - Структура энергобаланса Республики Эквадор в 2021 г.

Установленная мощность в производстве электроэнергии		МВт	%
Возобновляемая энергетика	Гидроэнергия	5072,26	62,62
	Ветроэнергетика	21,15	0,26
	Солнечная энергия	26,76	0,33
	Биомасса	136,40	1,68
	Биогаз	7,20	0,09
Всего возобновляемых источников энергии		5263,78	64,98
Традиционная энергетика	Электростанции на основе поршневых двигателей	1614,85	19,93
	Газотурбинные электростанции	790,55	9,76
	Электростанции на базе парогазовых установок	431,50	5,33
Всего традиционных источников энергии		2836,90	35,02
Мощность		8.958,11	100,00%

Источник: MERNNR Ecuador [59]

Большая проблема Эквадора заключается в его транспортном секторе, который потребляет половину всей энергии страны. За ним следуют промышленный сектор и жилой сектор. В 2020 году было отмечено значительное сокращение потребления в транспортном секторе из-за реформы субсидирования бензина и дизельного топлива (рисунок 1.10) [182].

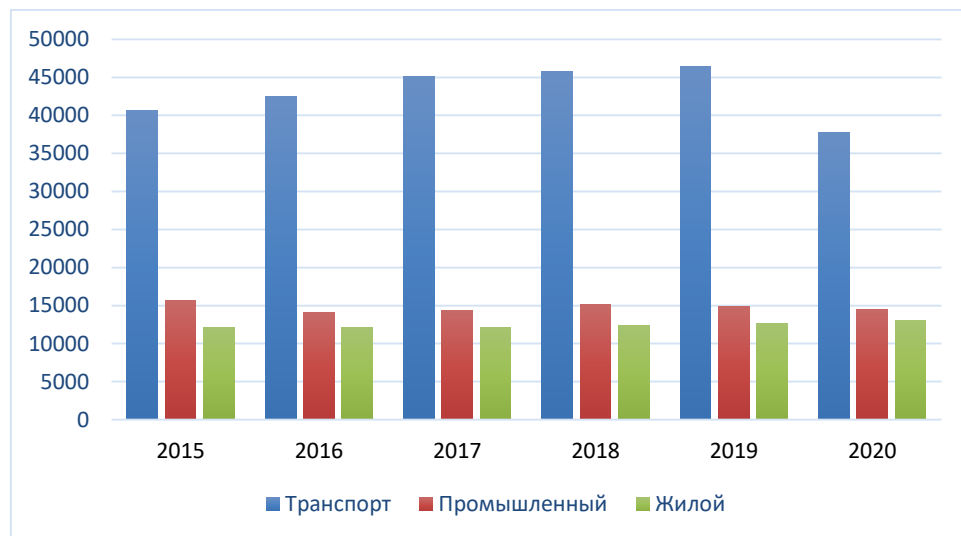


Рисунок 1.10 - Энергопотребление по секторам в РЭ в тыс. барреля нефтяного эквивалента

Источник: MERNNR Ecuador [28]

Рисунок 1.11 показывает, что транспортный сектор является не только основным потребителем общей энергии, но и основным потребителем бензина и дизельного топлива в энергетическом балансе.

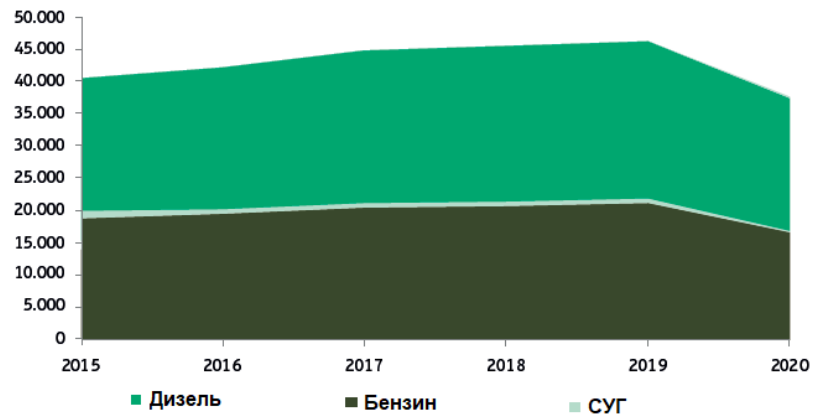


Рисунок 1.11 - Энергопотребление транспортного сектора по видам энергии в тыс. барреля нефтяного эквивалента

Источник: MERNNR Ecuador [28]

Увеличение потребления нефтепродуктов, которые субсидируются, определяет необходимость оптимизации использования топливно-энергетических ресурсов. При этом, существует значительная проблема недостаточной диверсификации общего энергетического баланса. Следует отметить значительный потенциал для развития солнечной генерации и ветроэнергетики [62]. Эквадор обладает различными видами возобновляемых ресурсов, среди которых биоэнергетика, геотермальная, солнечные и ветровые ресурсы [113] (рисунок 1.12).

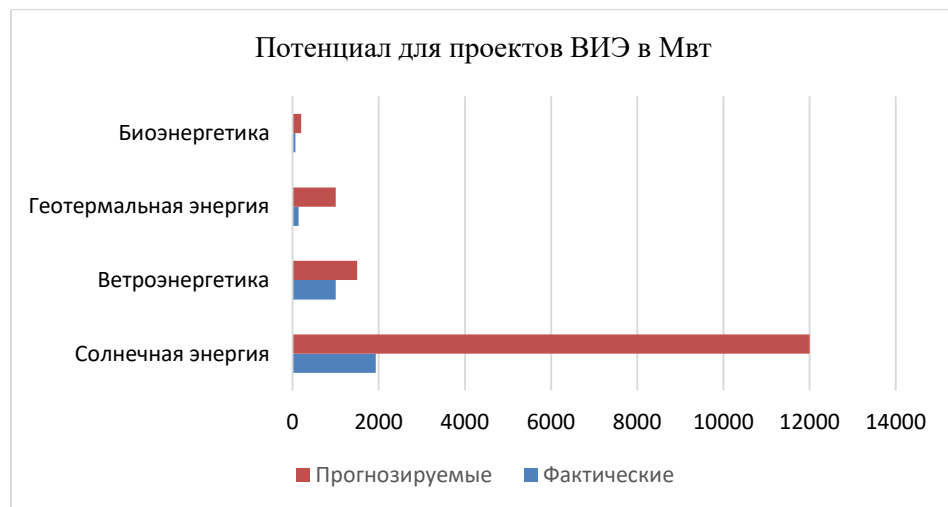


Рисунок 1.12 - Энергетический потенциал Республики Эквадор по ВИЭ.

Источник: Правительство Республики Эквадор - инвестиционный портфель 2022 [27]

Гидроэлектростанции являются основными объектами, генерирующими электроэнергию из возобновляемых и экологически чистых источников [79]. На рисунке 1.13 представлены основные энергетические проекты в РЭ.

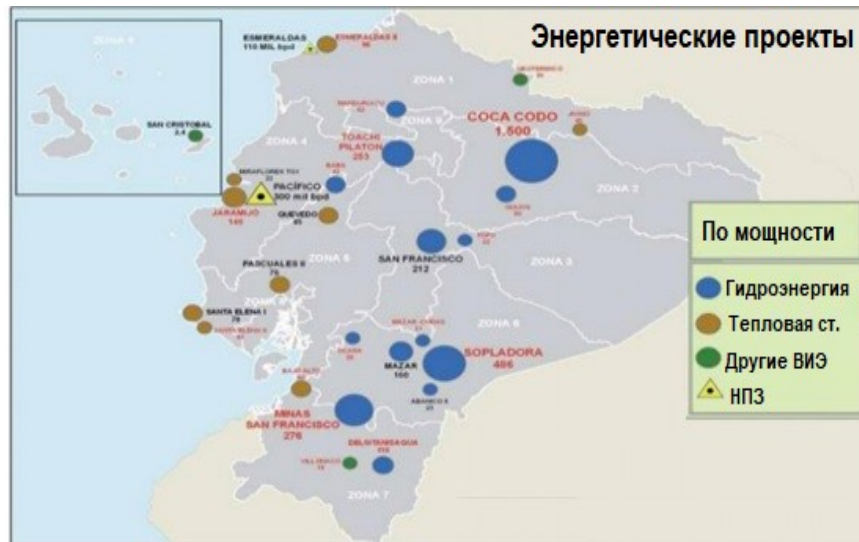


Рисунок 1.13 – Проекты различной мощности с использованием ВИЭ и традиционных источников энергии

Источник [61]

Из анализа различных цен на электроэнергию сделан вывод, что наилучшая цена на электроэнергию достигается за счет гидроэлектростанции высокой мощности, например, на ГЭС Coca Codo Sinclair стоимостью проекта \$2 851 миллионов долларов [174], а себестоимость производства электроэнергии – \$0,0154 кВт/ч. Для проекта ветрогенерации цена Виллонако I, где инвестиционная стоимость проекта составила \$45,7 миллионов долларов при мощности 16,5 МВт, себестоимость производства электроэнергии - \$0,0913 кВт/ч. [116].

Общая структурная схема производства в энергетическом секторе и потребления энергии в РЭ представлена на рисунке 1.14.

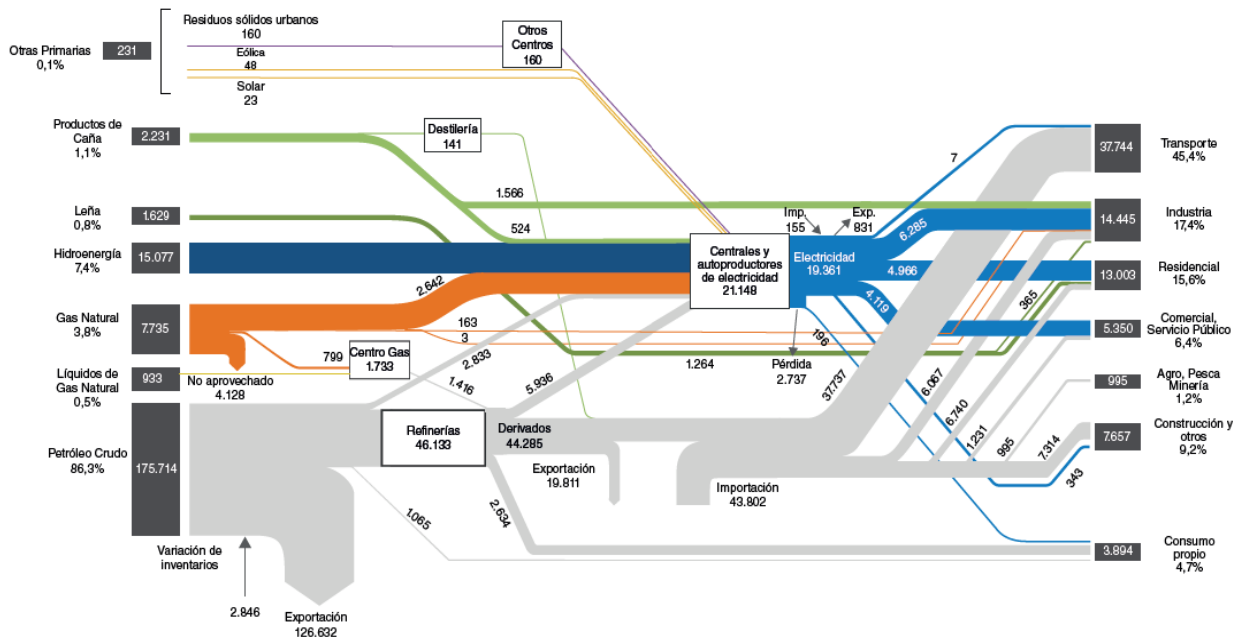


Рисунок 1.14 – Диаграмма Санки энергетического комплекса Республики Эквадор в 2020 г.

Источник: MERNNR Ecuador [28]

1.2 Методики оценки энергетической устойчивости энергетического сектора в мировой практике

Особое значение в современных междисциплинарных исследованиях уделяется устойчивому развитию (УР), включая как методологические, так и практические аспекты. Так, Повестка дня ООН на XXI век отражает требования к странам и организациям по разработке показателей УР, которые могут служить основой для принятия решений на всех уровнях [36]. УР энергетического сектора было зафиксировано в седьмой цели ООН - "Обеспечение доступа к доступной, надежной, устойчивой и современной энергии для всех" [32]. Обоснованные и отобранные показатели устойчивости могут предоставить ценную информацию для мониторинга прогресса (регресса) по выбранной сфере экономики.

Н. А. Шевченко [53] устойчивое развитие энергетики государства связывает с «задачами обеспечения доступа к источникам энергии и современным технологиям ее производства, устранения неравенства в этой области, охраны окружающей среды, мобилизации финансовых ресурсов и наращивания институционального и кадрового потенциала» [53]. Автор акцентирует внимание на социальных и экологических аспектах устойчивого развития.

А. Ш. Хуажевой и К. Н. Киржиновой [51] устойчивое развитие энергетики на национальном уровне связывается с обеспечением энергетической безопасности страны, с учетом оптимизации территориальной структуры производства и потребления первичных энергетических ресурсов, включая контроль за рациональным использованием энергоресурсов, энергосбережение, производство тепловой и электрической энергии, а также поиском новых способов автономного удовлетворения потребностей объектов промышленности и населения в энергии» [51].

Устойчивое развитие энергетического сектора принято рассматривать в составе устойчивого развития ТЭК, под которым О. В. Кондраков понимает «переход системы из одного состояния в другое, характеризующееся новыми свойствами и характеристиками системы, соответствующим тенденциям нового времени. Устойчивость заключается в том, что после перехода из одного состояния в другое параметры состояния системы при этом как минимум не ухудшаются, т.е. находятся в границах устойчивости» [7].

Устойчивое развитие энергетического сектора стран с переходной экономикой должно включать планомерное развитие энергетического сектора, основанное на обеспечении энергетической безопасности на долгосрочную перспективу, энергетического равенства с учетом доступности энергии для населения, повышения уровня экологической устойчивости производства энергии с учетом развития альтернативных источников энергии в условиях современной институциональной среды.

Исследования УР энергетического сектора имеют очень широкий спектр направлений, при этом важной нерешенной проблемой является измерение УР. Множество исследователей из разных стран мира интерпретируют различные методы, индикаторы и инструменты для расчета/измерения УР энергетического сектора. Безусловно, поставленные задачи, учитываемые показатели, методы расчета устойчивости энергетического сектора могут отличаться в разных странах мира. Концептуальной основой энергетической устойчивости является «энергетическая трилемма», определяющая, что УР энергетики способствует социальному и экономическому благополучию, обеспечивая при этом рациональное использование ресурсов и экологическую чистоту [131].

В [111] отмечается, что УР энергетического сектора стало целью международной политики, отражающей ключевые проблемы, с которыми сталкиваются современная энергетика, включая истощение источников ископаемого топлива, увеличение потребления энергии и изменение климата. Автором подчеркивается, что разработка способов мониторинга прогресса (регресса) в направлении УР энергетического сектора и оценки государственной политики, способствующей желаемому развитию, имеет первостепенное значение.

В [143] авторы, основываясь на методологии расчета индекса энергетической устойчивости Мирового энергетического совета (МЭС), предлагают показатели для расчета уровня УР энергетического сектора Азербайджана, объясняя при этом сложность оценки всех стран выбранными МЭС показателями, ввиду ограниченности информации по некоторым показателям.

По мнению диссертанта, рассматривать и оценивать УР целесообразно по отдельным регионам (странам), выбирая определенный набор показателей, для исследуемой группы стран, с учетом специфики экономических условий, социальной среды, экологического состояния, а также результатов энергетического сектора.

В [65] рассматривается интеграция различных энергетических систем, включая газовые, тепловые и транспортные системы, как направления гибкого энергетического перехода по достижению целей энергетической трилеммы: декарбонизация, доступность и безопасность. В данном исследовании утверждается, что существующие методы не способны оценить эффективность интегрированных энергетических систем, поскольку им не хватает одной или нескольких характеристик/индикаторов. Авторами представлена новая целостная методика, основанная на системном анализе, включающая индикаторы для оценки.

Авторы предложили многоцелевую оценку на разных уровнях энергетической системы. На наш взгляд, преимуществом предложенного подхода является то, что оценка может отражать будущие изменения во всей энергетической системе, определяет взаимозависимости между системами, может использоваться при оценке различных сценариев.

В [104] рассматривается взаимосвязь между энергетической безопасностью, энергетическим равенством и экологической устойчивостью с точки зрения экономического роста и выбросов CO₂. Основные результаты данного исследования заключаются в том, что (при прочих равных условиях) более высокая цена на энергию будет указывать на более высокую степень дефицита источников энергии, стимулируя поиск более дешевых и возобновляемых альтернативных источников, влияя на энергоснабжение. Оценка выбросов углерода приведет к снижению выбросов парниковых газов, создавая стимулы для развития энергоэффективности и изменению структуры энергопотребления.

Необходимость перехода к устойчивой энергетике для ограничения выбросов углерода и предотвращения будущих кризисов подчеркнута также в [56].

Интересна научная статья [147], предлагающая новую концепцию – квадрилемму. Эта концепция, в отличие от энергетической трилеммы, опирается на четыре различные области (стоимость, окружающая среда, безопасность и возможности трудоустройства), более масштабно поддерживающих, по мнению автора, движение к 100% возобновляемым источникам энергии.

В научных публикациях встречается негативная оценка индекса энергетической трилеммы, увеличивая при этом неоднозначность. Так, например, в статье [169] произведена оценка методологических параметров индекса энергетической устойчивости МЭС с использованием комплекса статистических методов, включая анализ главных компонент, дополнительная интерпретация которого проводилась с использованием корреляционного теста Пирсона, меры адекватности выборки Кайзера-Мейера-Олкина и критерия Бартлетта. По результатам анализа установлено, что индекс энергетической трилеммы нельзя считать достоверным из-за ряда недостатков, из которых наиболее важным является конечный показатель значения Альфа Кронбаха [23].

Таким образом, из проведенного анализа литературы по энергетической устойчивости и оценке показателей сделан вывод, что при очевидной необходимости измерения и оценки энергетической устойчивости выбор конкретных показателей остается дискуссионным вопросом и должен осуществляться по направлениям энергетической трилеммы с учетом специфики оцениваемых стран.

Проблема измерения отраслевого уровня устойчивого развития не решена для многих отраслей [108,126], однако, для анализа и оценки УР энергетического сектора разработан и применяется индекс энергетической устойчивости. Он был предложен Мировым Энергетическим Советом [191] в 2011 году, позволяя ранжировать страны. Рейтинг измеряет общую эффективность в достижении устойчивой реализации энергетической политики, оценка баланса подчеркивает соответствие требованиям Трилеммы, где «А» является лучшим

показателем, D – самым низки. Таким образом, Индекс используется для оценки устойчивости национальной энергетической политики.

Использование комплексных показателей связано с тем, что «объективно сравнить уровень развития очень разных энергетических систем во всем мире сложно. Ранжирование на основании обобщающих индикаторов более реалистично, чем оценка по отдельным контрольным показателям» [23]. В период с 2011 по 2020 гг. происходили изменения методики расчета индекса энергетической устойчивости, изменялось количество категорий и показателей в целях улучшения сопоставимости полученных результатов по странам [143, 192].

При этом обоснованность показателей и их весов является дискуссионной, т.к. именно они определяют возможность корректной оценки уровня энергетической устойчивости страны в динамике по сравнению с другими странами.

Индекс энергетической устойчивости позволяет ежегодно анализировать относительные энергетические показатели страны в отношении энергетической безопасности, энергетической справедливости и экологической устойчивости. Таким образом, индекс выявляет проблемы страны в балансировании энергетической трилеммы и возможности для улучшения достижения энергетических целей сейчас и в будущем [23].

При этом нерешенной проблемой является выявление факторов, определяющих уровень энергетической устойчивости страны, и объяснение их влияния.

Энергетическая трилемма и индекс энергетической устойчивости МЭС характеризуют 4 направления [192]:

1. Энергетическая безопасность (30%) отражает способность страны удовлетворять текущие и будущие потребности в энергии, выдерживать внутренние и внешние риски. Данный критерий оценивает эффективность управления энергетическим сектором, а также надежность и устойчивость энергетической инфраструктуры, в т.ч.: безопасность поставок (предложения) и энергетического спроса (12%); устойчивость энергетических систем (18%).

2. Энергетическое равенство (30%) оценивает способность страны обеспечить всеобщий доступ к надежным и доступным источникам энергии, экологически чистым видам топлива и технологиям, к энергии для внутреннего и коммерческого использования. Данный критерий оценивает уровень благосостояния, связанный с потреблением и доступностью электроэнергии, газа и топлива, включая: доступ к энергии (12%); качественный доступ к энергии (6%); доступность (12%).

3. Экологическая устойчивость (30%) представляет собой возможности энергетического сектора страны предотвращать потенциальный экологический ущерб, изменение климата. Этот критерий фокусируется на эффективности производства, передачи и распределении энергии, декарбонизации и качестве воздуха, включая: производительность

энергетических ресурсов (9%); декарбонизацию (9%); выбросы и загрязнение окружающей среды (12%).

4. С 2019 года предложен и применяется новый дополнительный критерий - национальная обстановка (страновая) для отражения институциональных и макроэкономических различий между странами (10%). Он оценивает наличие стабильной энергетической политики, нормативно-правовой базы, НИОКР и инновационные технологии, а также привлечение инвестиций, включая: макроэкономическую среду (2%); государственное управление (4%); надежность для инвестиций и инноваций (4%) [143, 23].

Выполнен анализ рейтингов энергетической устойчивости по данным МЭС, который показал, что в измерении энергетической безопасности в первую десятку входят страны со значительными запасами нефти и газа, а также страны, ориентированные на диверсификацию источников энергии и «зелёную» энергетику [23]. Примерами являются Канада, Финляндия, Румыния, Дания, Латвия, Швеция, Бразилия, Чехия, США, Болгария, Венгрия. Как правило, проблема энергетической безопасности предопределена неравномерностью природных топливно-энергетических ресурсов по территориям, что оказывает влияние на дефицит страны по топливу и энергии и ее зависимость от экспорта энергоресурсов [195].

По нашему мнению, наличие значительных освоенных запасов нефти и газа (по Методике) свидетельствует не столько об энергетической безопасности, сколько о широких экспортных возможностях страны. В современных условиях декарбонизации запасы углеводородного сырья становятся менее важными, чем технологии по их эффективному «зеленому» использованию [127], отсутствие которых может привести к снижению эффективности энергогенерации.

Диверсификация имеющихся энергоресурсов должна соответствовать диверсификации мощностей, при этом энергетическую безопасность обеспечивает сбалансированность мощностей по преобразованию природных энергоносителей и мощностей по генерации энергии с учетом ВИЭ. Таким образом, вопрос энергетической безопасности является дискуссионным по содержанию и методике расчетов показателей.

Анализ рейтинга по энергетическому равенству показал, что «в первую десятку рейтинга по энергетическому равенству входят страны – производители с низкой себестоимостью энергии. Доступ к надежной и доступной энергии является одним из факторов экономического процветания, но в настоящее время все большее внимание уделяется качеству энергоснабжения» [193]. Под качеством понимается надежность энергоснабжения и «чистота» энергии. Примерами лидеров являются Люксембург, Катар, Кувейт, ОАЭ, Оман, Бахрейн, Исландия, Саудовская Аравия, Иран, Сингапур.

Следует согласиться, что низкая себестоимость генерации энергии и продуктов

переработки природных энергоносителей (прежде всего, нефтепродуктов) чрезвычайно важна для энергокомпаний и всей национальной экономики, т.к. обуславливает экономическую эффективность производства, а также для благосостояния населения, т.к. определяет тарифы и цены на остальные виды продукции. В Латинской Америке масштабно развита металлургия, в частности, производство меди, алюминия, никеля, чугуна и других металлов, которое является энергоемким [71]. Поэтому вопросы гарантий, надежности и качества энергоснабжения, доступности энергии, связанные как с деятельностью энергопроизводителей, так и государственной политикой, определяют энергетическое равенство для населения и компаний.

«В аспекте экологической устойчивости высокие показатели обеспечиваются государственным регулированием по следующим направлениям: сокращение выбросов парниковых газов, повышение энергоэффективности, декарбонизация и диверсификация энергетических систем» [6]. Ускоряющееся изменение климата и растущий дефицит ресурсов оказывают беспрецедентное давление на мировое сообщество и несут в себе возможные серьезные последствия для будущего благополучия людей и стабильности ключевых экосистем [122, 157]. 4-й энергетический переход заключается в широком использовании ВИЭ и вытеснении ископаемых видов топлива [173,176]. Помимо ВИЭ, существенное влияние на энергобалансы оказывают распределенная генерация, цифровизация экономики [67], декарбонизация энергетики и промышленности [130], внедрение систем хранения энергии (аккумуляторы, топливные элементы), применение новых технологий секвестрации CO₂ [182, 170], переход на электромобили, что существенно меняет структуру энергетического рынка, стимулируя энергосбережение и повышение энергоэффективности [3].

С 2019 года предложен и применен новый дополнительный критерий - национальная обстановка (страновая) (10%), которая фокусируется на элементах, которые позволяют странам эффективно разрабатывать и осуществлять энергетическую политику и достигать энергетических целей. Параметр описывает основные макроэкономические условия и факторы управления, сообщает о силе и стабильности национальной экономики и правительства, привлекательности для инвесторов и способности к инновациям, включая следующие: макроэкономическая среда (2%); государственное управление (4%); надежность для инвестиций и инноваций (4%) [122].

Анализ стран, входящих в Андское сообщество в Латинской Америке (Эквадор, Перу, Колумбия и Боливия), показал, что его деятельность направлена на выработку единой экономической политики; гармонизацию законодательства; установление тесных взаимных связей между регионами и органами управления [145].

Анализ основных экономических показателей, включая развитие энергетического сектора, стран Андского сообщества показал, что у них имеются как общие, так и различные

характеристики. Страны территориально соседствуют друг с другом, обладают некоторыми запасами первичных энергоресурсов, имеют невысокие значения по показателям Энергия на единицу ВВП и Возобновляемые источники/ВВП (таблица 1.3). Во всех странах Андского сообщества потребление энергии не превышает ее производства. Страны различаются по численности населения, в Колумбии – 50,3 млн, в Боливии в 4 раза меньше. Значительно отличается и ВВП Боливии от других стран Андского сообщества. Колумбия является лидером среди рассматриваемых стран по запасами нефти и угля, Перу и Боливия обладают наибольшими запасами газа. Колумбия лидирует по основным показателям производства и потребления энергии.

Таблица 1.3 - Основные показатели экономического развития стран Андского сообщества в 2019 г.

Показатели/ Страна	Эквадор	Колумбия	Перу	Боливия
Население - млн. чел.	17,37	50,33	32,51	11,47
ВВП - \$ млрд. долл.	108	323	230	41
ВВП на душу населения - \$/чел	6261	6419	7098	3578
Запасы нефти – млн. баррелей США	1303	2041	345	190
Запасы природного газа - ГМЗ	4	90	299	253
Запасы угля – млн. т	0	5912	7	0
Производство первичной энергии – млн. т. БНЭ	31,02	137,41	62,71	17,24
Энергия на единицу ВВП – кг. н.э. /долл. США, 2011 г., П.П.С	0,08	0,06	0,08	0,09
Возобновляемые источники/ВВП - кг. н.э. /долл. США, 2011 г., П.П.С	0,01	0,01	0,02	0,01
Энергопотребление – млн т н.э.	13,38	32,14	21,51	6,79

Составлено автором по данным [77].

В таблице 1.4 представлены рейтинги и категории стран Андского сообщества по энергетической устойчивости по Методике МЭС.

Таблица 1.4 - Индекс энергетической устойчивости стран Андского сообщества

Страны/Годы		2017		2018		2019	
		Рейтинг (125 стран)	Категория	Рейтинг (125 стран)	Категория	Рейтинг (128 стран)	Категория
Эквадор		64	ВВС	62	СВВ	45	АВВd
Колумбия		45	ВСА	48	ВСА	49	ВСАс
Боливия		101	ССD	99	ССD	84	ВССd
Перу		55	ВСВ	51	ВВА	58	АСВb
По странам Латинской Америки	лучшее	Уругвай - 35	СВА	Уругвай - 28	ВВА	Уругвай - 17	АВАb
	худшее	Гондурас - 108	DDD	Гондурас - 109	DDD	Никарагуа - 102	DCCd

Составлено автором по данным Международного энергетического сообщества [186,187,188,189].

Анализ таблицы 1.4 показал, что рассматриваемые страны находятся на различных местах мирового рейтинга, преимущественно, от 50 до 100. Среди 4 стран в целом лидирующие позиции в рейтингах 2017 и 2018 гг. у Колумбии. В 2019 г. лидером стал Эквадор, значительно улучшив показатели по энергетической безопасности и энергетическому равенству. Следует заметить, что все страны имеют низкие значения по степени государственного регулирования энергетического сектора. За рассматриваемый период в Эквадоре повысились энергетическая безопасность (В-С-А) и экологическая устойчивость (С-В-В). В Колумбии все три показателя остались неизменными. В Боливии улучшилось значение энергетической безопасности (С-С-В) и экологической устойчивости (D-D-C) в 2019 г. В Перу улучшилось к 2019 году значение показателя энергетической безопасности (В-В-А).

При этом следует отметить определенные противоречия показателей и значений рейтингов. Так, например, в 2017 г. Эквадор и Перу имели одинаковую совокупность буквенных значений показателей, однако, занимали различные места в рейтингах: Перу – 55, Эквадор – 64. В 2018 г. Перу имела лучший набор показателей (ВВА), чем Колумбия (ВСА), однако позиция в рейтинге немного хуже. В 2019 году Колумбия имела более низкие показатели (ВСАс), чем Перу (АСВb), однако, более высокое место в рейтинге. На основании анализа можно утверждать, что места в рейтинге стран и значения индикаторов по отдельным направлениям энергетической устойчивости не в полной мере соответствуют друг другу и не позволяют сделать выводы о направленности энергетического развития.

Анализ показал, что правительства стран Андского сообщества нацелены на развитие «зелёной энергетики». Все страны имеют запасы первичных энергоресурсов, что положительно влияет на их энергетическую безопасность. Несмотря на то, что страны территориально соседствуют друг с другом, энергетические системы стран не связаны, отсутствуют линии распределения и передачи энергии, что негативно влияет на возможность реализации профицитной электроэнергии.

Анализ фактических данных по странам Андского сообщества объясняется следующими факторами.

Правительство Эквадора оптимистично нацелено на создание устойчивого энергетического сектора. Это отражено в национальном плане развития Эквадора на 2017–2021 годы: гарантировать качественное, непрерывное и безопасное энергоснабжение с использованием диверсифицированной, эффективной, устойчивой и суверенной энергетической системы в качестве основы для производственных и социальных преобразований [186]. Значительное внимание уделяется развитию гидроэнергетики, которая

обеспечивает прирост 2,8 ГВт в восьми крупных проектах и выработку 88% электроэнергии на ГЭС (2019 г). Вклад нетрадиционных возобновляемых источников энергии (НВИЭ) составляет менее 1 % в годовом производстве [137].

Колумбия - производитель нефти и природного газа, обладающий крупнейшими запасами угля в Южной Америке. В стране активно используются ВИЭ для производства электроэнергии, при этом на гидроэнергетику приходится 65% от общей энергии [188], наряду с солнечной энергией, ветром и биомассой. Ориентир на «зеленую энергетику» позволяет Колумбии обеспечивать доступную, чистую и надежную энергию, сохраняя при этом низкие выбросы углерода. В 2019 году правительство Колумбии запустило «зелёный» аукцион, заключив контракты на прирост 1077 МВт ветровой мощности и 297 МВт солнечной энергии к 2022 году. Это, видимо, в значительной мере определяет лидирующие позиции Колумбии в рейтингах.

Перу традиционно производит гидроэлектроэнергию и относится к странам с высоким уровнем использования ВИЭ. Например, гидроэлектростанция Галито Сьего с мощностью более 1 ГВт и удельным весом в структуре производства - примерно 20% [189]. В последние годы наблюдается повышение уровня использования углеводородов при производстве энергии, но при новой власти выполнены необходимые ремонтные работы и вложены инвестиции для поддержания гидроэнергетики. В среднем 48% электроэнергии приходится на ГЭС и 51% - на углеводороды. Это соотношение меняется в течение года в основном из-за уровня воды в плотинах.

Боливия имеет самые слабые энергетические позиции среди стран Андского сообщества, имеет дефицит по нефти, является импортером нефтепродуктов. При этом, страна занимает пятое место по доказанным запасам природного газа в Южной Америке, имеет значительный потенциал развития ВИЭ, в частности, из биотоплива (побочных продуктов сахарного тростника) и гидроресурсов. В стране наблюдается значительный избыток электроэнергии [78], получаемой от новых теплоэлектростанций и новых гидроэлектрических проектов, которые находятся в стадии реализации [187].

Следует отметить, что сокращение числа показателей для оценки энергетической устойчивости представлено в некоторых исследованиях.

Например, консолидированные показатели УР определялись в проекте «Энергетика и устойчивое развитие в Латинской Америке и Карибском бассейне» [81], целью которого является измерение влияния энергетического сектора на устойчивость стран. В исследовании рассмотрены 6 показателей энергетической устойчивости за период 2000-2020 г. в Республике Эквадор, которые представлены на рисунке 1.15.

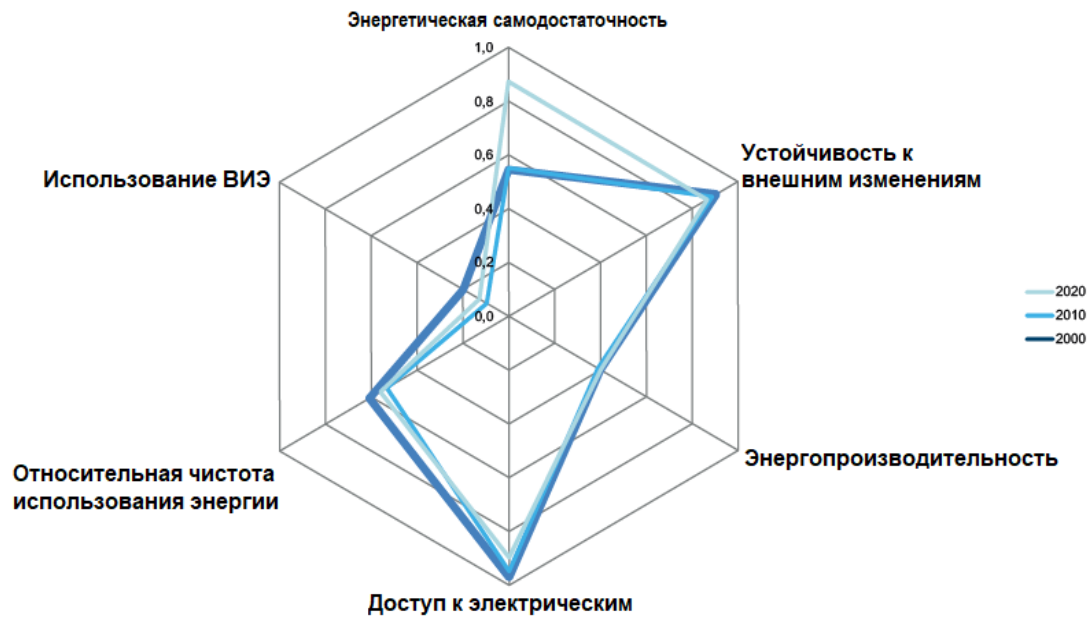


Рисунок 1.15 - Индикаторы энергетической устойчивости в РЭ по Методике
Источник: MERNNR Ecuador [28]

Анализ показал следующее:

1. Энергетическая самодостаточность отражает долю импорта в энергетическом балансе страны, в период с 2010 по 2020 год этот показатель снизился на 1,1%, что свидетельствует об увеличении импорта энергии. Увеличение импорта энергоносителей за анализируемый период составило 7,3%, в основном, сжиженный нефтяной газ, бензин и дизельное топливо.

2. Устойчивость к внешним изменениям позволяет количественно оценить уязвимость экономики страны к зависимости от экспорта энергии, поэтому этот показатель должен учитываться странами - чистыми экспортёрами энергии, такими как Эквадор. В период с 2010 по 2020 год устойчивость увеличилась на 2,1%, что свидетельствует о том, что экономика страны за этот период стала менее зависимой от экспорта энергоресурсов.

3. Энергопроизводительность определяется как величина ВВП, необходимая для производства одной единицы энергии. Этот показатель в период с 2010 по 2020 год оставался относительно постоянным на уровне 0,39 доллара США за баррель нефтяного эквивалента.

4. Доступ к электричеству в стране вырос с 94,2% в 2010 году до 97,1% в 2020 году.

5. Относительная чистота использования энергии является показателем, связывающим выбросы двуокси углерода с потреблением энергии в стране. Чистота энергии в стране за период 2010-2020 гг. выросла на 14,2%, что связано с тем, что выбросы парниковых газов в энергетическом секторе страны в этот период росли в меньшей степени, чем конечное потребление энергии.

6. Использование ВИЭ находится на самом низком уровне, в 2020 году из общего объема произведенной первичной энергии 86,3% приходилось на нефть, 4,3% на природный газ и 9,4%

на энергию из возобновляемых источников.

Таким образом, для оценки и анализа энергетической устойчивости могут рассматриваться различные показатели и комплексы показателей, включая Методику МЭС, а также отдельные методики, применяемые в различных странах. Методики различаются выбором показателей, степенью их агрегирования, могут быть дополнены и конкретизированы для условий стран и регионов. Поэтому энергетические стратегии стран, реализация которых отражается как в показателях 4 групп МЭС, так и во всех показателях ЛА и Карибского бассейна [140], оказывают важнейшее влияние на стратегическое планирование энергетического сектора. Поэтому далее рассмотрена взаимосвязь между государственным регулированием энергетического сектора и энергетической устойчивостью.

1.3 Анализ государственного регулирования энергетического сектора Республики Эквадор

Конституция Республики Эквадор устанавливает в статье 413: “Государство должно поощрять энергоэффективность, развитие и использование экологически чистых и здоровых методов и технологий, а также диверсифицированных возобновляемых источников энергии с низким уровнем воздействия, которые не ставят под угрозу продовольственный суверенитет, экологический баланс экосистем и право на воду” [153]. Это было также отражено в цели 7 Национального плана обеспечения достойной жизни на 2013-2017 годы (PNBV), где отражена необходимость “Внедрения технологий, инфраструктуры и тарифных схем для повышения энергоэффективности в различных секторах экономики” и “Содействия осознанному, устойчивому и эффективному потреблению шаблоны, основанные на достаточности в пределах планеты” [114].

Конкретные правовые рамки отрасли основаны на Органическом законе о государственной электроэнергетической службе (LOSPEE), который регулирует участие государственного и частного секторов в деятельности, связанной с государственной электроэнергетической службой, а также в продвижении и выполнении планов и проектов с использованием возобновляемых источников энергии и механизмов энергоэффективности [161].

В 2018 году объединены три министерства - электроэнергетики (MERNNR), углеводородов и горнодобывающей промышленности. Новое министерство стало руководящим органом сектора энергетики и возобновляемых источников энергии в РЭ. Оно также несет ответственность за удовлетворение потребностей страны в электроэнергии, разрабатывая законодательные инициативы, а также политики, планы и стратегические проекты, направленные на повышение эффективности использования национальных ресурсов [159]. На

рисунке 1.6 изображена иерархия нормативно-правовых актов в области энергетики Республики Эквадор.



Рисунок 1.16 - Иерархия нормативно-правовых актов в области энергетики Республики Эквадор

Источник: Составлено автором по данным [59]

Генеральный план по электроэнергии (PME), действующий в настоящее время для этого сектора до 2025 года, является обязательным для каждого сектора экономики [149].

Политика сместилась от государственного регулирования в сторону открытия возможностей для частного сектора. В стадии разработки находятся законопроекты, которые позволят предоставить концессии частному сектору для эксплуатации существующей государственной инфраструктуры и, как следствие, новых предприятий. В настоящее время частная инициатива может участвовать только в исключительных случаях в проектах ВИЭ малых и средних размеров, разрешенных правительством путем концессий. Тем не менее, из-за нехватки финансовых ресурсов у национального казначейства правительство способствует значительным изменениям критериев властей, чтобы стимулировать участие частного сектора, предлагая более финансово привлекательные условия. Следует учитывать, что, в отличие от большинства стран региона, Эквадор не проводил приватизацию в 1980-х и 1990-х годах [184].

Министерство энергетики и невозобновляемых природных ресурсов (MERNNR) определяет приоритетные проекты для сектора производства электроэнергии. PME также включает в себя программы расширения, постепенного увеличения покрытия и модернизацию в области производства, передачи, распределения и снабжения энергией для изолированных районов. Министерство выбирает, какие проекты должны быть разработаны государством, а какие могут быть переданы в концессию частным компаниям или компаниям из сектора народного хозяйства в результате процесса публичного отбора, определенного соответствующим законом.

Инвестиции могут быть оплачены средствами из государственного бюджета или из таких учреждений и компаний государственного сектора или из обоих. В качестве альтернативы, компании государственного сектора могут взять кредиты, обеспеченные их собственной или государственной гарантией. Инвестиции, финансируемые из государственного бюджета, будут рассматриваться как вклад в акционерный капитал государственного сектора или как вклад капитала в соответствующую компанию.

В исключительных обстоятельствах Министерство может делегировать деятельность в секторе электроэнергетики (например, производство, передачу и распределение) частному сектору, когда это необходимо для удовлетворения общественных интересов; спрос на услугу не может быть удовлетворен государственными организациями; или проекты, основанные на нетрадиционных возобновляемых источниках энергии, не включены в РМЕ. На рисунке 1.17 представлена структура энергетического сектора Республики Эквадор.

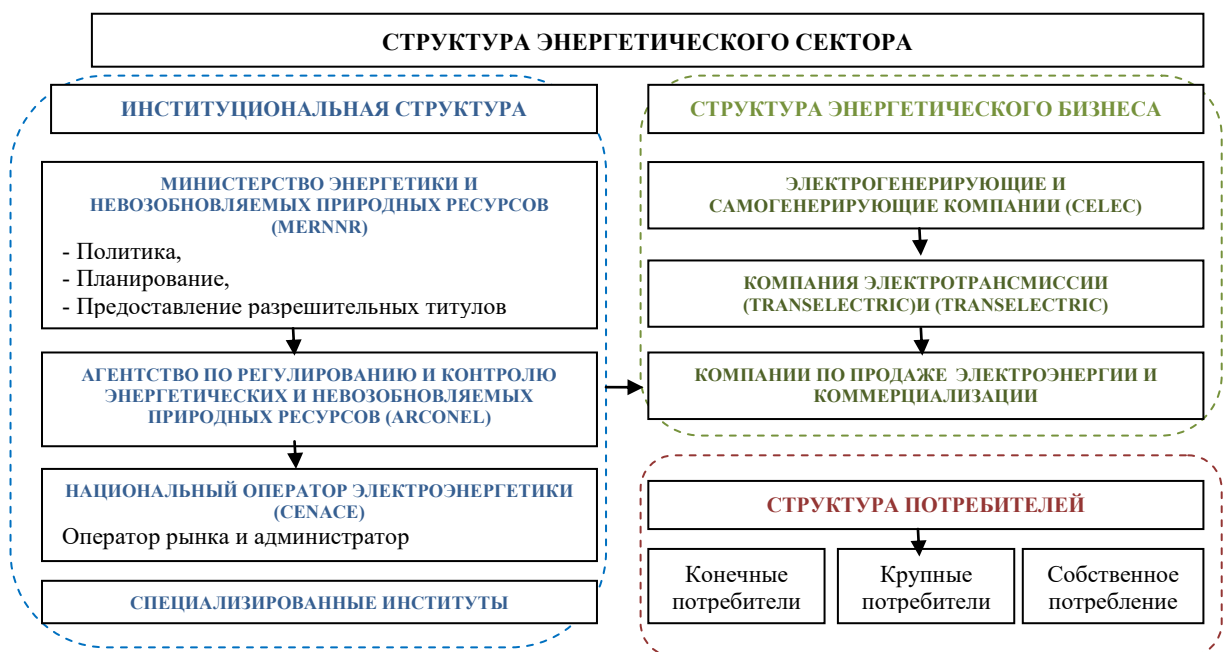


Рисунок 1.17 - Структура энергетического сектора Республики Эквадор

Источник: Составлено автором по данным [59]

Делегирование в первых двух случаях ограничено проектами, включенными в РМЕ при условиях, которые отвечают национальным интересам. Делегирование предоставляется на условиях открытого тендера, проводимого Министерством. Победитель имеет право получить разрешающий титул (концессию) и обязан исполнить регулируемый контракт. В случае нетрадиционных проектов возобновляемой энергии министерство может делегировать разработку проектов частной инициативе при условии соблюдения конкретных требований, регулируемых ARCONEL [79].

В процессе торгов учитываются потребности в энергии, нерегулируемый спрос, условия, а также цена. Участник имеет право на получение сертификата авторизации и обязан подписать

контракт, стоимость которого определяется в соответствии с тендером. После получения разрешения и любой информации, касающейся разрешений на эксплуатацию и концессионных договоров для сектора электроэнергетики, они должны быть зарегистрированы в Национальном реестре разрешений Министерства. Электроэнергетическая компания несет ответственность за регистрацию свидетельства о разрешении.

Процесс международных торгов не проводится для проектов, делегированных иностранным государственным предприятиям или их дочерним компаниям в соответствии с международным соглашением. Концессионер с правом собственности получает юридический доступ к сети электропередачи после завершения технических исследований, требуемых Министерством. Такие исследования необходимы для того, чтобы избежать конфликтов с работой системы и обеспечить максимально возможную окупаемость инвестиций.

Министерство поощряет использование чистых технологий и альтернативных источников энергии для достижения развития устойчивой системы электроснабжения, основанной на использовании возобновляемых источников энергии. Закон гарантирует, что электричество, произведенное с использованием этого вида энергии, будет иметь преференциальные условия, установленные в регламенте, изданном ARCONEL.

Основным стимулом для проектов альтернативных источников энергии является льготный тариф (FIT). Компании могут подать заявку на первоначальное эквадорское льготное кредитование (предоставление тарифов на электроэнергию для этого типа проекта до 2027 года). Он ввел значительно более высокие тарифы (то есть, фотоэлектрические станции получили самые высокие тарифы: 0,04 долларов США за кВтч), которые в основном были использованы для проектов по производству фотоэлектрической энергии [151].

Первая программа FIT получила около 500 МВт мощности от 111 энергетических проектов (биомасса, небольшие гидро-, солнечные и ветровые источники) в форме концессий и тарифов. Стимулы были очень привлекательными, при этом проекты сталкивались с многочисленными препятствиями для достижения успеха. Таким образом, только несколько проектов были сданы в эксплуатацию. Разработчики возобновляемой энергии могут подать заявку на освобождение от налога на импорт оборудования для экологически чистой энергии и освобождение от уплаты подоходного налога в течение пяти лет. Кроме того, если застройщики подадут заявку на инвестиционный контракт с правительством, им может быть предоставлено освобождение от уплаты подоходного налога на срок до 20 лет.

LOSPEE заявляет, что хранение энергии, помимо других аспектов, помимо нормативных, должно рассматриваться для модернизации электрических сетей, чтобы активно управлять спросом и возможностями для предложения новых продуктов и услуг. Министерство руководит программой «умных сетей» под названием REDIE. Модернизация электрических

сетей должна учитывать: регулирующие вопросы; транспортные сети; распределение энергии; сети связи; распределение поколений; умные счетчики; активное управление спросом; возможности для предложения новых продуктов и услуг; хранилище энергии.

Компании по распределению электроэнергии и компании по коммерциализации энергии являются государственными организациями, работающими под разрешающим названием (базовая концессия). Они регулируются и контролируются ARCONEL и являются единственными компаниями, имеющими право строить и эксплуатировать распределительные сети под разрешающим названием, выданным ARCONEL.

Распределительные компании несут ответственность за продажу электроэнергии конечным пользователям. Коммерциализация энергии включает в себя покупку блоков электроэнергии для продажи потребителям или конечным пользователям, а также полное коммерческое управление, связанное с операциями купли-продажи. Такое управление охватывает установку измерительных систем и счетчиков, а также выставление счетов-фактур и сборов на основе данных о потреблении. Компании по распределению и коммерциализации электроэнергии обладают юрисдикцией по принудительному взысканию дебиторской задолженности, связанной с предоставлением коммунальных услуг и услуг общественного освещения.

Любые инвестиции, связанные со строительством распределительных сетей, должны быть включены в РМЕ. Кроме того, конкретные работы, включенные в годовой бюджет распределительной компании, будут финансироваться Министерством финансов. Если инвестициям не присвоен приоритет, соответствующие разрешения на строительство не выдаются. Разрешения на строительство выдаются ARCONEL, в то время как другие разрешения, необходимые для координации строительства, выдаются муниципалитетом. В течение первого полугодия каждого года ARCONEL определяет затраты на распределение и коммерциализацию, которые будут применяться в сделках с электроэнергией и будут служить основой для применимых тарифов, взимаемых с потребителей или конечных пользователей в течение следующего года. Ставки, утвержденные на определенный год, могут быть пересмотрены.

На основании исследования ARCONEL может устанавливать тарифы, которые способствуют и стимулируют развитие базовых отраслей, принимая во внимание эффект использования возобновляемых и экологически чистых источников энергии по конкурентоспособным и стабильным ценам или субсидий, когда это необходимо.

Государственные электроэнергетические компании и совместные государственные и частные предприятия, отвечающие за распределение, имеют право на бесплатное пользование инфраструктурой, принадлежащей государству, на любом уровне правительства (региональном,

провинциальном или муниципальном). Компании государственного сектора, предоставляющие коммунальные услуги в сфере электроэнергетики, а также государственно-частные компании имеют право строить линии электропередачи и другие объекты по распределению электроэнергии и обслуживанию электроэнергии в пределах условий их разрешительных титулов.

Тариф на электроэнергию является единственным тарифом, применяемым на всей территории страны, определяется ARCONEL, руководствуясь принципами солидарности, справедливости, стоимости, покрытия и энергоэффективности, а также на основе моделей потребления и уровней напряжения. В качестве исключения для потребителей могут быть установлены дифференцированные тарифы. В соответствии с Органическим кодексом производства (закон о привлечении инвестиций) контракты на инвестиции в электроэнергетический сектор, заключаемые с Республикой Эквадор [64], должны включать пункт о стабильной цене покупки электроэнергии или иным образом пункт о пересмотре запрограммированной цены.

ARCONEL издает постановление каждый год, чтобы определить затраты на генерацию, передачу, распределение, коммерциализацию и общественное освещение, которые будут применяться в следующем году. Уровень коммунальных услуг по электроснабжению должен покрывать расходы, связанные с выработкой, передачей, распределением и коммерциализацией электроэнергии, а также расходы на обслуживание общественного освещения.

Важно отметить, что эквадорское законодательство не признает существование оптового рынка электроэнергии и, следовательно, не содержит конкретных правил для его регулирования.

В соответствии с LOSPEE, ниже приведены права потребителей или конечных пользователей и обязанности распределительных компаний:

- получить доступ к государственной службе электроснабжения в соответствии с конституционными принципами эффективности, ответственности, преемственности, качества и справедливых цен [164];
- получить коммерческий счет на основе фактического потребления;
- подавать претензии в электроэнергетическую компанию в случае жалоб на полученную общественную услугу или выставленных счетов, а также получать своевременный ответ на нее;
- быть своевременно уведомленным о работах или действиях, которые могут вызвать приостановку в электроснабжении;
- своевременно получать информацию о ставках, которые будут применяться на основе фактического потребления;

- получать справедливое и недискриминационное отношение при предоставлении государственной услуги по электроснабжению;
- иметь уличное освещение на дорогах общего пользования, в зависимости от соответствующих правил;
- участвовать в общественных слушаниях, проводимых министерством и ARCONEL;
- получить компенсацию за ущерб, причиненный некачественным качеством на государственной службе.

LOSPEE называет Министерство высшим органом власти в области энергетической политики и управления. ARCONEL является агентством по регулированию и надзору за электроэнергией, а CENACE является национальным оператором электроэнергии.

Основная инфраструктура производства электроэнергии и национальная сеть передачи электроэнергии находятся в ведении государственной корпорации CELEC, которая владеет правами на эксплуатацию для развития производства и передачи электроэнергии.

Агенты по распределению и коммерциализации, именуемые в дальнейшем электроэнергетическими компаниями, в основном принадлежат государству и являются бизнес-единицами CNEL, государственной корпорации. Независимо от того, являются ли они государственными или частными, операторы, концессионеры, потребители и конечные пользователи должны соблюдать правила и политики в области энергоэффективности, изданные Министерством и ARCONEL. В то время как мелкомасштабное производство возобновляемых источников энергии открыто для частных заинтересованных лиц в Эквадоре, служба передачи находится под строгой ответственностью Трансэлектрического бизнес-подразделения CELEC. И наоборот, распределение осуществляется 11 государственными компаниями [83], в которых Министерство является основным акционером.

В таблице 1.5 представлен перечень электрогенерирующих компаний, монополистом является компания CELEC EP - государственная компания, занимающаяся производством, передачей, распределением, маркетингом, импортом и экспортом электроэнергии. В рамках своего стратегического плана CELEC намеревается гарантировать энергетический суверенитет Эквадора и изменить энергетический баланс счет использования возобновляемых источников энергии. CELEC имеет портфель проектов в области гидроэнергетики, теплоэнергетики и возобновляемых источников энергии.

Таблица 1.5 - Перечень электрогенерирующих компаний (данные 2021 года)

Наименование компании	Количество произведенной электроэнергии, гВт.ч	Средняя цена за кВт.ч в долл.
CELEC-Hidropaute	9.978,50	0,009
CELEC-Coca Codo Sinclair	6.969,58	0,015

Продолжение таблицы 1.5

Наименование компании	Количество произведенной электроэнергии, гВт.ч	Средняя цена за кВт.ч в долл.
CELEC-Hidroagoyan	2.590,28	0,012
CELEC-Hidronacion	1.196,64	0,023
CELEC-Electroguayas	762,49	0,012
CELEC-Termogas Machala	560,02	0,078
Elecausto	390,47	0,063
CELEC-Termomanabi	268,36	0,015
ElitEnergy	208,41	0,065
CELEC-Termopichincha	94,19	0,059
IPNEGAL	69,94	0,078
CELEC-Termoesmeraldas	53,13	0,039
Electrisol	1,58	0,040
Sanersol	1,44	0,040
CELEC-Gensur Villonaco I	0,32	0,0913

Источник: Министерство энергетики Республики Эквадор, отчет 2021

Как представлено в таблице 1.5, стоимость электроэнергии, произведенной за счет использования бензина и дизельного топлива, является самой дорогой (\$0,059 кВт.ч для Termopichincha ТЭС), стоимость энергии, произведенной за счет гидроэнергетики равна \$0,09 кВт.ч (Hidropaute), стоимость электроэнергии, произведенной солнечными панелями, равна \$0,040 кВт.ч (Electrisol), произведенная электроэнергия ветровой электростанции имеет стоимость \$0,0913 кВт.ч для Виллонако I.

LOSPEE не признает существование оптового рынка электроэнергии, но определяет заинтересованные стороны энергетического сектора следующим образом: государственные предприятия; частные и государственные совместные предприятия; частные компании; консорциумы; общественные организации.

Основываясь на международных договорах и региональных правилах, LOSPEE осуществляет международные и региональные соглашения для получения и распределения энергии. Министерство несет ответственность за продвижение справедливой политики международных соединений в интересах местных потребителей. ARCONEL отвечает за координацию действий и стандартизацию регулирования с соответствующими регулирующими органами других стран. С другой стороны, CENACE координирует работу энергетических соединений и обеспечивает полное соответствие применимым международным техническим и финансовым правилам в энергетических операциях [181].

Контракты на покупку энергии основаны на следующих признаках:

- компании, квалифицированные как крупные потребители из-за объема их потребления электроэнергии, имеют право на льготную покупку электроэнергии в соответствии с двусторонними регулируемым контрактами, называемыми контрактами на покупку энергии.
- транзакции энергоблока возможны исключительно по договорам купли-продажи

энергии.

- CENACE придает коммерческую ценность сделке на основе цен, согласованных в соответствии с договором купли-продажи энергии. Кроме того, CENACE оценивает международные сделки с электроэнергией на основе торговых соглашений с другими странами.

- ARCONEL издает правила, определяющие условия договоров купли-продажи энергии и краткосрочных сделок.

- CENACE программирует и эксплуатирует долгосрочные, среднесрочные и краткосрочные контракты на покупку энергии с целью достижения самых низких эксплуатационных расходов для системы. Он также определяет значения, подлежащие выплате каждому участнику, включая компенсацию за местные и международные услуги по передаче электроэнергии.

По мнению Министерства, ключевое место в энергетическом секторе должен занять пользователь и стать настоящим центром энергетической политики. Для этого следует возложить на пользователя ответственность не только за использование энергии, но и за децентрализованную генерацию. Такое решение является инновационным, тем более, для страны с развивающейся экономикой, растущим энергопотреблением и энергогенерацией.

Энергопользователи жилого сектора могут использовать локализованную систему генерации с возобновляемыми источниками энергии. Промышленное предприятие должно использовать свои отходы или имеющиеся ресурсы для производства энергии на местном уровне, насколько это возможно [177].

Владельцам транспортного средства следует предложить возможность использования альтернативных видов топлива, таких как биотопливо или электричество. Такая политика должна стимулировать пользователей, приверженных новым технологиям, и создавать механизмы, делающие эту концепцию жизнеспособной. Группы, кварталы или целые сообщества могут быть объединены, чтобы внести свой вклад в финансирование строительства электростанции с возобновляемыми источниками, включая гидроэлектростанции. Через несколько лет клиенты электроэнергетических компаний станут независимыми от сети, установив свою собственную генерацию, что стимулирует эти компании пересмотреть свою функцию.

1.4 Влияние субсидирования на развитие энергетического комплекса Республики Эквадор

Важной формой государственного регулирования сектора экономики является субсидирование. Субсидия — это продукт разницы между реальной ценой товара и / или услуги и реальной ценой, взимаемой с потребителя за эти товары и / или услуги. В экономике может быть несколько типов прямого и перекрестного субсидирования, целью которого является

перераспределение доходов, искусственно стимулируя потребление определенных товаров и / или услуг [44].

Чтобы субсидия выполняла свою миссию, она должна обладать тремя основными характеристиками:

1. временный характер,
2. выбор секторов, которые действительно нуждаются в таком виде благ,
3. эффективность для государства и получателей, получающих выгоду от меры, не нанося вреда подавляющему большинству населения.

Следовательно, бенефициарами субсидии могут быть производители или потребители, при этом в первом случае она рассматривается как любое вмешательство, которое снижает стоимость производства или увеличивает цену, полученную производителем, во втором случае снижается цена, которую придется заплатить потребителю; субсидии призваны повлиять на цену товара или услуги, чтобы принести пользу производителям, потребителям или обоим. Субсидию считают отрицательным налогом в том смысле, что правительство вместо того, чтобы получать ресурсы, поставит их на службу потребителям или определенной экономической деятельности.

В Эквадоре существует большое количество субсидий по размеру и видам. Субсидия на топливо имеет наибольший вес и играет важнейшую роль в экономике. Субсидии были существенно увеличены за последние три десятилетия, чтобы помочь беднейшим слоям населения страны. Правительство рассматривает их как «социальную инвестицию», однако субсидии не всегда выполняли свою роль. В исследовании субсидий в Латинской Америке (ЭКЛАК) для Эквадора указано: существует субсидия на нефтепродукты "явная" и измеряемая с помощью определенного механизма, но долгое время не было согласия относительно характера субсидии для нефтепродуктов. Ранее считалось, что это «скрытая субсидия», которая не отражалась в государственных счетах и не должна регистрироваться в национальных счетах.

Основная причина заключается в том, что, с одной стороны, Республика Эквадор является нефтедобывающей страной, с другой стороны - ей необходимо покрывать внутренний спрос на бензин и дизельное топливо за счет импорта. При этом известно, что проблема субсидий, в частности, в отношении топлива, возникает не только в Латинской Америке, где Венесуэла, Мексика и Эквадор чаще всего используют этот механизм; около 131 страны субсидируют нефтепродукты и торгуют 94% мировой нефти [96].

В бюджете РЭ на 2020 год (таблица 1.6) было установлено 16 различных субсидий, разделенных на 5 групп [97].

Таблица 1.6 - Состав субсидий в РЭ, в 2019-2020 гг.

Виды субсидий	2019 г.	%	2020 г.	%
Топливо	4.176	60	1.957	36
Социальное обеспечение	1.995	29	2.105	39
Социальное развитие	769	11	1.123	21
Субсидии на жилье	0	0	264	4
Развитие сельского хозяйства	15	1	6	0,1
Всего:	6.955	100	5.455	100

Источник: Министерство экономики Республики Эквадор [63]

Общая величина субсидий снизилась на 27% в 2020 году по сравнению с 2019 годом, субсидия на топливо была сокращена практически вдвое в результате отмены части субсидий на супербензин (92 октановое число) и эко-страну (85 октановое число). Субсидия на дизельное топливо является наиболее представительной. Поскольку топливные субсидии являются наиболее спорными, в таблице 1.7 представлено ее развитие с 2000 года, когда страна перешла на доллары [63].

Таблица 1.7 - Динамика величины и доли топливных субсидий в период 2000-2022 гг.

Год	Всего субсидий, млн. долл.	Субсидия на топливо, млн. долл.	Доля топливных субсидий в общей величине, %
2000	520	234	45
2001	623	299	48
2002	735	382	52
2003	916	487	53
2004	1.206	665	55
2005	1.825	1.121	61
2006	2.022	1.350	67
2007	2.609	1.690	65
2008	3.607	1.986	55
2009	3.262	1.277	39
2010	4.236	2.122	50
2011	4.819	2.571	53
2012	5.120	2.867	56
2013	6.526	4.539	70
2014	6.115	3.888	64
2015	3.377	2.065	61
2016	3.194	1.888	59
2017	3.086	1.799	58
2018	3.193	1.707	53
2019	6.955	4.176	60
2020	5.455	1.956	36
2021	5.465	1.900	35
2022	5.123	1.328	26

Источник: Министерство экономики Республики Эквадор [50]

Общая сумма субсидий увеличилась более чем в 10 раз с 520 миллионов долл. в 2000 году до 5 455 млн. долл., в 2019 году был достигнут максимум в 6955 миллионов долларов. За

тот же период субсидия на топливо увеличилась с 234 миллионов до 1 956 миллионов долларов, то есть примерно 8 раз. В 2019 году произошло 18-кратное увеличение, достигнув максимума. С другой стороны, удельный вес топливной субсидии в общей сумме в 2013 году составил 70%, в 2020 году - 36%.

В таблице 1.8 рассчитаны соотношения субсидии и годового бюджета и ВВП в РЭ.

Таблица 1.8 – Сравнение субсидий с бюджетом и ВВП.

Год	Субсидии/бюджет, %	Субсидии/ВВП, %
2000	33	3
2001	11	3
2002	13	3
2003	15	3
2004	12	3
2005	23	4
2006	20	4
2007	23	5
2008	25	6
2009	22	5
2010	26	6
2011	20	6
2012	19	6
2013	20	7
2014	18	6
2015	9	3
2016	11	3
2017	8	3
2018	9	3
2019	22	6
2020	15	nd

Источник: Центральный банк Эквадора [133]

Субсидии оказали различное влияние на экономику страны. Хотя теоретически они должны быть временными и целенаправленными, такой ситуации не произошло в Эквадоре [55].

В настоящее время сценарий существенно изменился, правительство из-за экономического кризиса, усугубленного пандемией, негласно отменило субсидии на бензин и дизельное топливо (это не коснулось цены на газ); что, хотя на данный момент его цены были снижены в результате его либерализации, (невозможно понять, что в моменты, когда проблемы не ликвидности правительства очевидны, его цена снижается, если эта мера не является политической и нетехнической) будущее остается неопределенным, когда цена барреля нефти возрастает и применяются так называемые «диапазоны», вызывающие значительный рост цен на топливо; эта ситуация фактически повлияет на крупные сектора экономики, такие как транспорт, что может привести к увеличению темпов инфляции и возникновению социальных конфликтов.

Эквадор продолжает оставаться второй страной в Южной Америке с самыми низкими ценами на топливо, реальность, которая будет изменена в среднесрочной перспективе, несмотря на то что он является страной-производителем нефти. В регионе товары и услуги в стране регистрируются гораздо более высокие цены, которые в определенной степени компенсировались субсидией.

Субсидии по видам ТЭР в РЭ [182] определяются в соответствии с методологией альтернативных издержек, которая соответствует разнице между внутренней ценой и международной ценой, умноженной на количество потребленного топлива (формулы 1.1-1.3).

$$PI - PIT = \Delta P, \quad (1.1)$$

$$Si = VCi * \Delta P, \quad (1.2)$$

$$S = \sum Si, \quad (1.3)$$

где PI - Средняя цена импорта ТЭР;

PIT - Внутренняя цена в терминалах;

ΔP - Разница в цене;

Si - Субсидия для каждого сектора экономики;

VCi - Объем топлива, израсходованного в разных секторах экономики;

S - Общая субсидия по видам энергии на год n .

Что касается информации о потреблении бензина, дизельного топлива и сжиженного нефтяного газа по секторам (жилое, промышленное, транспортное, коммерческое и общественное строительство, прочее), в качестве источника используется национальный энергетический баланс [133]. Что касается внутренней цены, то она соответствует средней цене в терминале без учета цены для потребителя, которая включает дифференцированный тариф для жилого и промышленного секторов. Следует отметить, что цена соответствует дополнительному количеству бензина, потому что он используется чаще всего и эти значения не включают налоги.

Результаты показаны в таблице 1.9, где представлено распределение субсидий на сжиженный углеводородный газ (СУГ) для различных секторов экономики. Сектор, который получил наибольшую выгоду, — это жилищный сектор, который в среднем за анализируемый период получил 72% от общей суммы субсидий на СУГ (за 2015 год).

Таблица 1.9 - Субсидии на сжиженный углеводородный газ.

Год	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2000	0,09	0,37	0,28	661.517,43	0,00	8,29	134,94	7,50	0,00	35,28	186,01
2001	0,10	0,31	0,21	695.627,83	0,00	4,61	105,16	5,84	0,00	29,18	144,78
2002	0,09	0,29	0,20	725.820,68	0,00	4,82	105,19	5,92	0,00	29,84	145,76
2003	0,09	0,36	0,27	764.509,32	0,00	5,23	149,56	8,31	0,00	45,94	209,04
2004	0,09	0,44	0,35	820.490,47	0,00	9,91	200,26	11,22	0,00	66,50	287,89

Продолжение таблицы 1.9

Год	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2005	0,09	0,53	0,44	878.329,95	0,00	9,28	263,59	15,07	0,00	101,43	389,37
2006	0,09	0,65	0,56	910.078,31	0,00	10,46	343,53	19,74	0,00	131,65	505,38
2007	0,09	0,74	0,63	956.472,63	0,00	15,64	421,07	24,18	0,00	163,46	626,34
2008	0,09	0,82	0,73	977.491,02	0,76	27,57	485,40	28,65	3,06	164,77	710,21
2009	0,09	0,51	0,42	971.135,63	4,02	19,67	293,60	17,08	2,74	73,80	410,90
2010	0,09	0,63	0,54	983.805,07	6,14	29,78	384,17	22,66	5,77	78,12	526,64
2011	0,09	0,90	0,81	1.062.311,56	7,95	50,78	604,23	36,75	10,42	151,94	862,08
2012	0,09	0,81	0,72	1.013.197,34	7,75	39,24	557,26	34,58	11,79	82,32	732,95
2013	0,09	0,78	0,69	1.055.407,62	6,64	39,95	551,82	34,36	13,17	85,11	731,06
2014	0,09	0,74	0,65	1.101.192,41	7,33	53,85	535,82	32,48	14,59	72,04	716,11
2015	0,09	0,41	0,32	1.068.953,29	2,32	30,90	267,52	16,43	7,50	22,26	346,93

Источник: Центральный банк Эквадора [63]

Комментарии к таблице 1.9.

1. Конечная потребительская цена, \$/галлон
2. Импортная цена, \$/галлон
3. Разница в цене, \$/галлон (3=2-1)
4. Общее потребление СУГ, млн \$
5. Субсидии для транспорта, млн \$
6. Субсидии для промышленного сектора, млн \$
7. Субсидии для жилого сектора, млн \$
8. Субсидии для коммерческого сектора, млн \$
9. Субсидии для сельскохозяйственного сектора, млн \$
10. Субсидии для строительного сектора, млн \$
11. Всего субсидии, млн \$

Что касается бензина (таблица 1.10), использованные средние международные цены соответствуют стоимости нефти, поскольку страна импортирует высокооктановый бензин для смешивания и корректировки спецификаций для дополнительного бензина и супербензина. Сектор, который больше всего выиграл от субсидий, — это транспорт, который в среднем требует 73% субсидий. Остальные секторы, такие как сельское хозяйство, получают 3% от общей суммы субсидии на это топливо. Такая структура расходов на субсидии еще раз показывает, что население с наивысшими доходами пользуется наибольшим преимуществом.

Таблица 1.10 - Субсидии на бензин

Год	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2000	0,57	0,94	0,37	498.959,03	161,84	0,10	0,00	0,00	4,28	18,82	185,04
2001	0,75	0,79	0,04	557.852,23	16,58	0,01	0,00	0,00	0,44	3,90	20,92
2002	0,84	0,83	-0,01	526.067,30	-4,98	0,00	0,00	0,00	-0,13	-0,73	-5,84
2003	1,12	1,03	-0,09	553.087,71	-39,09	-0,02	0,00	0,00	-1,08	-7,88	-48,08

Продолжение таблицы 1.10

Год	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2004	1,15	1,31	0,16	576.852,86	71,82	0,04	0,00	0,00	2,17	18,42	92,44
2005	1,15	1,78	0,63	633.015,94	291,95	0,16	0,00	0,00	10,26	95,11	397,48
2006	1,15	2,02	0,87	659.623,82	407,59	0,21	0,00	0,00	16,93	148,92	573,65
2007	1,15	2,19	1,04	709.137,37	467,88	0,25	0,00	0,00	22,32	250,56	741,01
2008	1,15	2,59	1,44	729.174,18	624,78	0,36	0,00	0,00	34,86	389,95	1.049,95
2009	1,15	1,91	0,76	815.321,35	347,87	0,20	0,00	0,00	20,28	253,94	622,29
2010	1,15	2,34	1,19	887.639,74	773,31	0,31	0,00	0,00	33,93	249,64	1.057,19
2011	1,15	3,14	1,99	993.240,77	1.396,90	0,53	0,00	0,00	62,26	516,81	1.976,51
2012	1,15	3,43	2,28	1.033.689,97	1.677,12	0,61	0,00	0,00	77,94	597,55	2.353,22
2013	1,15	3,14	1,99	1.074.529,16	1.541,32	0,56	0,00	0,00	68,42	522,88	2.133,17
2014	1,15	2,87	1,72	1.174.289,24	1.395,82	0,49	0,00	0,00	62,03	557,80	2.016,14
2015	1,15	1,96	0,81	1.184.975,55	723,36	0,14	0,00	0,00	29,27	211,56	964,33

Источник: Центральный банк Эквадора [63]

Комментарии к таблице 1.10.

1. Конечная потребительская цена, \$/галлон
2. Импортная цена, \$/галлон
3. Разница в цене, \$/галлон (3=2-1)
4. Общее потребление бензина, млн \$
5. Столбцы 5-11 имеют такие же названия, как в таблице 1.9.

В таблице 1.11 указаны годовые субсидии на дизельное топливо по секторам экономики. Транспорт — это сектор, который получает наибольшую долю от общих субсидий (70%). Промышленный сектор также важен, поскольку он требует в среднем около 24% общей стоимости субсидии на дизельное топливо. Однако сегмент «прочее и строительство» получает только 6% от общей суммы субсидий.

Таблица 1.11 - Субсидия на дизельное топливо

Год	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2000	0,42	0,90	0,48	614.689,15	169,65	72,46	0,00	19,40	0,00	30,75	292,27
2001	0,58	0,69	0,11	358.765,93	42,43	15,09	0,00	4,71	0,00	9,26	71,49
2002	0,67	0,73	0,06	683.780,08	26,27	10,24	0,00	2,87	0,00	2,99	42,37
2003	0,78	0,91	0,13	740.673,49	58,64	23,86	0,00	6,34	0,00	6,86	95,71
2004	0,79	1,27	0,48	774.754,43	232,50	88,14	0,00	25,21	0,00	26,70	372,56
2005	0,79	1,90	1,11	809.425,31	561,55	226,30	0,00	62,11	0,00	48,82	898,77
2006	0,79	2,00	1,21	826.188,60	633,32	251,09	0,00	70,40	0,00	42,51	997,31
2007	0,79	2,18	1,39	818.735,00	752,59	258,64	0,00	84,22	0,00	39,66	1.135,10
2008	0,79	3,00	2,21	862.378,86	1.225,28	440,75	0,00	145,51	0,00	93,40	1.904,94
2009	0,79	1,87	1,08	951.638,89	620,55	255,00	0,00	72,40	0,00	80,18	1.028,13
2010	0,79	2,30	1,51	969.760,08	919,28	356,88	0,00	105,95	0,00	77,72	1.459,83
2011	0,79	3,11	2,32	1.025.841,25	1.540,35	575,30	0,00	171,22	0,00	98,13	2.384,99

Продолжение таблицы 1.11

Год	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2012	0,79	3,24	2,45	1.091.402,31	1.673,92	647,73	0,00	209,39	0,00	144,48	2.675,53
2013	0,79	3,14	2,35	1.186.284,74	1.738,79	735,21	0,00	200,27	0,00	109,66	2.783,93
2014	0,79	2,85	2,06	1.289.399,88	1.673,37	650,51	0,00	183,96	0,00	149,81	2.657,66
2015	0,79	1,80	1,01	1.193.398,89	828,77	290,77	0,00	87,82	0,00	0,00	1.207,36

Источник: Центральный банк Эквадора [63]

Комментарии к таблице 1.11.

1. Конечная потребительская цена, \$/галлон
2. Импортная цена, \$/галлон
3. Разница в цене, \$/галлон (3=2-1)
4. Общее потребление дизельного топлива, млн \$
5. Столбцы 5-11 имеют такие же названия, как в табл. 1.9.

Результаты таблицы 1.11 показывают, что наибольшую субсидию получает дизельное топливо (20 миллиардов долларов или 45% от общей суммы), за ним следует бензин с 14 миллиардами долларов (31%) и СУГ - 7,5 млрд (20%) [63].

1.5 Выводы по Главе 1

1. В настоящее время сектор электроэнергетики в Эквадоре характеризуется положительной динамикой развития: ежегодный темп прироста составляет 4,5%, привлекаются инвестиции, реализуются крупные инвестиционные проекты. Несмотря на наличие технологических проблем, по данным 2019 года, порядка 88% электроэнергии вырабатывается за счет гидроэлектростанций. Вклад нетрадиционных возобновляемых источников энергии (НВИЭ) в общей структуре составляет менее 2 %. При наличии потенциала ВИЭ, следует разрабатывать проекты ВИЭ.

2. Проблема измерения отраслевого уровня устойчивого развития не решена для многих отраслей, однако, для анализа и оценки УР энергетического сектора разработан и применяется индекс энергетической устойчивости. Анализ и оценка энергетической устойчивости стран Андского сообщества показал, что энергетическая устойчивость находится на среднем уровне по оценке МЭС.

3. Проанализировано государственное регулирование энергетического сектора Республики Эквадор. Правовые рамки энергетики основаны на Органическом законе о государственной электроэнергетической службе (LOSPEE), который регулирует участие государственного и частного секторов в деятельности, связанной с государственной электроэнергетической службой, а также в продвижении и выполнении планов и проекты с использованием ВИЭ и механизмов энергоэффективности.

4. Рассмотрен анализ отраслевого управления в энергетическом секторе РЭ, на основе которого сделаны выводы о его специфике. ARCONEL является агентством по регулированию и надзору за электроэнергией, CENACE является национальным оператором электроэнергии. Основная инфраструктура производства электроэнергии и национальная сеть передачи электроэнергии находятся в ведении государственной корпорации CELEC, которая владеет правами на эксплуатацию для развития производства и передачи электроэнергии. Агенты по распределению и коммерциализации (электроэнергетические компании) в основном принадлежат государству и являются бизнес-единицами CNEL, государственной корпорации.

5. Следует отметить, что энергетика отнесена к государственному сектору и практически не является рыночной. По мнению Министерства энергетики, ключевое место в энергетическом секторе РЭ должен занять пользователь и стать настоящим центром энергетической политики. Для этого следует возложить на пользователя ответственность не только за использование энергии, но и за децентрализованную генерацию. Такое решение является инновационным, тем более, для страны с развивающейся экономикой, растущим энергопотреблением и энергогенерацией. Энергетическая политика сместилась в сторону открытия возможностей для частного сектора. Эти возможности предоставлены для генерации на основе ВИЭ с учетом мер государственной поддержки.

6. В качестве важнейшего инструмента государственного регулирования проанализировано влияние субсидий на развитие энергетического комплекса Республики Эквадор. Установлено, что в Эквадоре существует большое количество субсидий как по размеру, так и по видам; при этом, топливо имеет высокий удельный вес в субсидиях, с максимальной долей дизельного топлива, что оказывает значительное влияние на экономику и население. При этом существующей проблемой субсидирования является недостаточное социальное выравнивание, т.к. значительный объем государственных ресурсов при действующей системе передается не только уязвимым социальным группам с низким и средним доходом, но и крупным компаниям.

ГЛАВА 2 СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СЕКТОРА: МЕТОДОЛОГИЯ И ИНСТРУМЕНТАРИЙ

2.1 Концептуальный подход к стратегическому планированию энергетического сектора

Широкое развитие в мире и в России получило сформированное российской научной школой академика Л.А. Мелентьева научное направление системных исследований энергетики [18]. Его методология рассматривает энергетику как «совокупность систем, которые имеют сложные внутренние и внешние связи и синергические эффекты взаимодействия элементов, включают объект и органы управления для оптимизации своей деятельности при плохо предсказуемом будущем» [24]. Инструментарием системных исследований служит математическое описание и компьютерная имитация эволюции природных, производственных и социально-экономических характеристик системы, размещения и связей ее элементов во взаимодействии с другими системами, условий и механизмов управления и критериев эффективности принятия решений.

Советский и российский опыт стратегического планирования энергетики длительно эволюционировал, имеет масштабные результаты и оказал значительное влияние на эффективное развитие энергетики в крупной стране с мощным ТЭК. Поэтому краткий анализ российской методологии представлен далее. Математическое моделирование и оптимизация процессов развития энергетики стартовали в мировой практике разработкой в 1962 г. так называемой распределительной модели оптимизации энергетического баланса [13]. В 1964 г. были предложены модели развития топливно-энергетического хозяйства страны и регионов [20], в 1973 г. - система математических моделей развития энергетического хозяйства СССР [21], включающая методы согласований решений в иерархии систем энергетики и принятия решений в условиях неопределенности. В 1975 г. были утверждены разработанные Академией наук СССР Методические положения оптимизации развития топливно-энергетического комплекса (ТЭК) [25], затем Методические рекомендации по технико-экономическому обоснованию проектных решений в энергетике при неоднозначности исходной информации [26].

Постановка и методы решения задач оптимизации развития ТЭК СССР должны были следовать законам централизованного планирования, в частности, обеспечивать общегосударственный интерес (отвечать единому критерию оптимальности решений) на всех уровнях действующей иерархии управления, не допускать искажений плановой информации и нарушений сроков разработки плановых документов. В дальнейшем для учета взаимосвязей ТЭК с другими отраслями потребовалось дополнить инструменты прогнозирования

энергетики моделями развития экономики [17]. И в период плановой, и в период рыночной экономики, развитие энергетического сектора осложняется необходимостью прогнозирования влияния различных факторов. При этом, в условиях рыночной экономики увеличивается количество факторов, усложняются их взаимосвязи и усиливается неопределенность.

«Объективный и значительный рост неопределенности внешних и внутренних условий развития ТЭК увеличивает важность долгосрочных прогнозов, но затрудняет повышение их качества. Основным способом повышения доверия к прогнозам считается совершенствование и усложнение используемых экономико-математических моделей. В этом направлении в России и за рубежом достигнуты значительные успехи» [9]. По мнению автора, вместо разагрегирования объектов моделирования, детализации внешних и внутренних связей систем и их свойств ...более перспективным представляется поэтапное сужение прогнозной области, при котором на каждом этапе выделяются и решаются основные задачи с учетом неопределенности исходных данных и требований к качеству решения.

Важную роль в учете фактора неопределенности при долгосрочном прогнозировании развития ТЭК играет сценарный подход - расчеты моделей при разных возможных состояниях внешней среды. Понимание значимости долгосрочных прогнозов для выработки стратегических решений стимулировало развитие методологии прогнозирования на основе методов системного анализа [9].

В 1970-х гг. была разработана первая в СССР оптимизационная модель ТЭК (Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева - ИСЭМ СО РАН) и создана система моделей для долгосрочного прогнозирования развития энергетики. Помимо модели ТЭК она включала межотраслевую оптимизационную модель, регрессионную модель энергопотребления и модель требований ТЭК к развитию сопряженных с ним отраслей и производств.

С 1990-х гг. в модели прогнозирования развития энергетики были включены энергетические рынки, поэтому в настоящее время моделирование развития ТЭК и его взаимосвязей с экономикой в странах с рыночной экономикой базируется на общей методологии.

В современных условиях для решения сложных задач многофакторного прогнозирования применяются мощные вычислительные комплексы и новейшие информационные технологии на основе двух основных подходов [9].

Первый - выбор из различных ЭММ, необходимых только для решения определенных задач долгосрочного прогнозирования развития энергетики (подход ИСЭМ СО РАН). Корректировка исходных данных и ограничений при итерационных расчетах и увязки разных моделей позволяет решать проблему учета и согласования разных критериев оптимальности.

Второй - использование единой базы данных (объединяющего модуля) и даже общего

критерия с максимальной автоматизацией (подход NEMS (The National Energy Modeling System)) [175]. Он создан в 1993 г. под эгидой Министерства энергетики США и используется для оценки возможных последствий для энергетики, экономики, окружающей среды и безопасности страны альтернативных вариантов энергетической политики различных (возможных) ситуаций на мировых энергетических рынках. Он объединяет более 10 модулей (моделей), том числе: макроэкономики, международных энергетических рынков, национальных рынков электроэнергии, угля, моторных топлив и т.д. При этом обеспечивается баланс спроса и предложения энергоресурсов по 9 регионам, охватывающим все штаты.

Модельно-компьютерные комплексы (МКК) для исследования проблем энергетического планирования разрабатываются и в странах ЕЭС, Китае и Японии, в России разработан комплекс SCANNER [19] (ИНЭИ РАН).

Следует отметить, что МКК учитывают влияние следующих факторов: большая и растущая неопределенность исходных данных; зависимость требуемой точности расчетов от рассматриваемой перспективы и решаемых задач; сложность анализа получаемых результатов при большом количестве показателей, связей и критериев; целесообразность участия экспертов на отдельных этапах расчетов. Это усложняет анализ факторов и связей и интерпретацию результатов. «Неформализованный подход, когда информация, получаемая из расчетов одной модели, анализируется и служит входом в другую модель, существенно облегчает исследование сложных проблем» [9].

Эффективным является поэтапный подход к сужению области неопределенности условий и результатов прогнозных исследований путем итерационных расчетов моделей разного иерархического уровня на каждом временном этапе и согласования итоговых показателей во времени [10]. «При этом на начальном этапе рассматриваются максимальный горизонт прогнозирования (более 25 лет) и минимальное количество уровней и моделей. Поэтапный процесс прогнозирования от отдаленного к близкому будущему не исключает последующей обратной итерации прогнозных исследований - корректировки долгосрочных прогнозов. На каждом из этих временных этапах итеративные расчеты («сверху вниз» и «снизу вверх») позволяют учесть особенности развития (возможности и требования) систем разного иерархического уровня, формирующих общеэнергетическую систему страны» [9].

Было показано, что «в любой системе моделей, используемой при прогнозировании развития систем энергетики, ключевую роль играют оптимизационные модели ТЭК страны. Они позволяют выделить варианты ввода мощностей в электроэнергетике и топливной промышленности, удовлетворяющие обеспечению заданной потребности в энергоносителях и выбранному критерию» [9]. На практике естественная многокритериальность развития энергетического сектора заменяется выбором одного главного критерия, а остальные цели

приводятся в качестве ограничений на допустимую область изменения основных факторов. В оптимизационных моделях ТЭК или его отраслевых систем, таким критерием обычно является минимум приведенных (с учетом инвестиционной составляющей) или дисконтированных затрат на обеспечение заданной потребности в энергоносителях [9].

Для целей стратегического планирования энергетического сектора возможно использование различных критериев. Например, разработка единого критерия при мультикритериальном выборе направлений развития энергетического сектора с дефицитом ТЭР была выполнена в исследованиях, с участием диссертанта. [42]

В прогнозных исследованиях долгосрочного развития такой сложной и многофункциональной системы как ТЭК, стохастические модели целесообразно использовать на заключительных этапах прогнозирования при решении наиболее значимых задач. Например, количественная оценка стратегических угроз и пороговых значений индикаторов энергетической безопасности, прогноз взаимосвязанной динамики цен и спроса на региональных энергетических рынках, оценка конкурентоспособности новых технологий и принципиальных изменений в структуре производства и потребления электроэнергии и топлива. При решении этих задач надо учитывать региональные особенности (экономические, энергетические, природные и др.).

Комбинированный подход - сочетание детерминированных оптимизационных моделей с известным методом статистических испытаний Монте-Карло [5] применялся для развития газовой отрасли России [4] и при разработке в ИСЭМ СО РАН модели МИСС (модель имитационная стохастическая статическая) [9].

В рыночных условиях инструментарий системных исследований (модельно-информационные или модельно-компьютерные комплексы) применяется для разработки обоснований документов стратегического планирования развития ТЭК и входящих в него систем [30, 16], решает задачи оптимизации развития производственных мощностей и связей энергетики, финансовых потоков и организационных структур топливно-энергетических отраслей и крупных компаний.

Переход к рыночным отношениям повлиял на критерии оптимальности принимаемых решений. Критерий экономической (народнохозяйственной) эффективности может применяться для решения таких общенациональных задач, как разработка Энергетической стратегии России или генеральных схем развития топливно-энергетических отраслей как в плановой, так и рыночной экономике. Для стратегического планирования энергетического сектора также должна быть разработана ценовая (тарифная) и налоговая политика, обеспечивающая максимальные темпы роста ВВП страны [22].

При разработке государственных стратегий и программ развития энергетики, в

соответствии со сложившейся системой стратегического планирования, в крупных развитых странах, со значительной численностью населения, мощным энергетическим сектором, представленным всеми видами генерации энергии и развитой промышленностью (например, Российской Федерации) [48], могут рассматриваться иерархические группы задач:

- исследования развития мировой энергетики - обоснования развития ТЭК страны;
- исследования сценариев развития экономики страны с учетом конъюнктуры на
- мировых энергетических рынках - обоснования развития ТЭК страны;
- обоснования развития: ТЭК страны - ТЭК федеральных округов - ТЭК регионов;
- обоснования развития ТЭК страны и регионов - оценка стратегических угроз и
- обоснования направлений обеспечения энергетической безопасности страны и регионов;
- обоснования развития ТЭК - обоснования развития энергетических отраслей;
- разработки схем и программ развития систем энергетики: страна – федеральные округа - регионы РФ;
- изолированных территорий: формирования балансов мощности и энергии –
- обоснования развития систем энергоснабжения.

Для небольших стран с тенденцией к росту населения, высокими темпами роста экономики, слабо развитой экономикой, включая промышленность, иерархия задач при стратегическом планировании энергетического сектора включает иерархию меньшего количества задач:

- исследования сценариев развития экономики страны с учетом конъюнктуры на
- мировых энергетических рынках - обоснования развития ТЭК страны;
- обоснования развития ТЭК страны и регионов - оценка стратегических угроз и
- обоснования направлений обеспечения энергетической безопасности страны и регионов;
- обоснования развития ТЭК - обоснования развития энергетических отраслей;
- изолированных территорий: формирования балансов мощности и энергии –
- обоснования развития систем энергоснабжения.

Перечисленные иерархические группы задач подчеркивают сложность решения соответствующих проблем стратегического планирования развития энергетики и необходимость использования для решения этих проблем развитых инструментальных средств в составе сложных программных комплексов, поддерживающих их базы данных.

Комплексное планирование энергетической системы страны является важнейшей задачей для достижения устойчивого развития. Оно опирается на фундаментальную роль государства и обеспечивает надежное и устойчивое энергоснабжение и выполнение местных и

глобальных экологических и социальных обязательств. Поэтому энергетическое планирование должно рассматриваться как основной инструмент энергетической политики, поскольку в ней устанавливается видение для определения повестки дня в области энергетики, целей и стратегических принципов, которым должен следовать процесс планирования. Таким образом, роль энергетического планирования заключается в том, чтобы конкретизировать и последовательно ввести в действие принципы энергетической политики. От качества эффективности государственного управления на основе стратегического планирования зависит развитие экономики в целом, приоритетных отраслей промышленности и социальной сферы, при этом энергетическое планирование является мультидисциплинарным [47].

Анализ нормативных документов OLADE [148] (Латиноамериканская энергетическая организация) показал, что они содержат краткую характеристику основных подходов к энергетическому планированию, включая нормативное, индикативное и стратегическое.

Нормативное планирование представляет собой подход к планированию, при котором ключевое внимание уделяется техническим критериям и технической эффективности, при этом, меньшее внимание уделяется экономической эффективности планов в изменяющихся условиях и осуществимости. Устанавливается согласованность между задачами, предложенными в плане, и рекомендуемыми для него инструментами. Нормативное планирование полностью опирается на силу и способность государства, т.е., применяется в условиях прямого и косвенного государственного регулирования.

Индикативное планирование [148] представляет собой разработку планов, на отраслевом и подотраслевом уровнях, включая физические и экономические аспекты (производство, инвестиции), отражающих желаемое развитие энергетической системы с точки зрения организации. За результаты планирования несут ответственность децентрализованные субъекты системы, независимо от того, являются ли они государственными или частными.

Предполагается, что экономических сигналов рынков (цены, ожидания прибыли и другие экономические стимулы) достаточно, чтобы побудить акторов выполнить производственные и/или инвестиционные действия, предложенные в процессе планирования. Однако, если эти действия не будут выполнены или будут выполнены несвоевременно, это может серьезно подорвать безопасность энергоснабжения, что является одной из важнейших целей энергетического планирования. В таком понимании, по мнению автора, индикативное планирование не обеспечивает достижения целей и решения всех необходимых задач.

Стратегическое планирование [148] включает создание эффективной инфраструктуры планирования, включая наличие высококвалифицированных человеческих ресурсов, материальных ресурсов и институциональной организации, контролирующей выполнение запланированных действий, способной вносить необходимые изменения на основе изменений

контекста и/или непредвиденных реакций социальных акторов, вовлеченных в систему. Такое планирование позволяет объединить государственное регулирование и рыночную активность хозяйствующих субъектов. Стратегическое планирование требует формулирования сценариев, в которых рассматриваются различные ситуации возможного будущего и на их основе оцениваются стратегии или траектории, способствующие достижению поставленных целей, с учетом потенциальной реакции социальных акторов. По мнению Карлоса Матуса, планирование следует рассматривать как «(...) видимую руку, которая исследует возможности там, где невидимая рука некомпетентна или не существует». [115]

Как инструмент энергетической политики, планирование осуществляется с помощью различных инструментов стратегического управления, которые позволяют государственной власти поддерживать принятие решений относительно текущих задач и будущих действий перед лицом изменений и требований со стороны окружающей среды и для достижения целей энергетической политики. Также следует отметить, что стратегическое планирование представляет собой сложный механизм, включая нормативно-правовое регулирование, организационные структуры, ресурсное обеспечение, методологию (методы, технологии и модели). Подходы к созданию инструментария функционирования как системы стратегического планирования, так и инструментов стратегического управления [47] энергетики продолжают развиваться во многих странах, включая Россию, страны с развитой рыночной экономикой, а также развивающиеся страны Латинской Америки.

Одним из ключевых механизмов, объединяющих основные документы стратегического планирования и основные функции стратегического управления, по мнению крупных российских ученых в этой научной области, является индикативное планирование. Автор отмечает, что оно является наиболее распространенной во всем мире формой государственного планирования макроэкономического развития, представляет собой совокупность процессов формирования системы параметров (индикаторов), характеризующих состояние и развитие экономики страны, а также разработку системы мер государственного воздействия на социальные и экономические процессы с целью достижения установленного уровня индикаторов [47]. При этом индикативное планирование должно обеспечивать согласование показателей (индикаторов) в отдельных документах стратегического планирования. Таким образом, индикативное и стратегическое планирование не противопоставляются, а дополняют друг друга.

Несмотря на длительную эволюцию методологии индикативного планирования в России и за рубежом, единых научных подходов не сформировано. В российской науке сложилось два основных подхода. Первый подход основывается исключительно на индикаторах (показателях) и нацелен на достижение пропорциональности и планомерности развития экономики или ее

отдельных частей по отраслям [39]. Второй подход основан на согласовании интересов, понимая под индикативным планированием «механизм координации интересов и деятельности государственных и негосударственных субъектов управления экономикой, основанный на разработке системы показателей (индикаторов) социально-экономического развития и включающий определение его общенациональных приоритетов, целеполагание, прогнозирование, бюджетирование, программирование, контрактацию и другие процедуры согласования решений на макро-, мезо-, и микроуровне» [1].

Объединяя эти подходы, индикативное планирование можно определить как процесс формирования системы индикаторов (показателей) и разработку на их основе экономических мер государственного воздействия на экономические процессы для достижения установленных показателей [46]. В рамках формирования современного подхода к индикативному планированию энергетического сектора, в нашем исследовании мы считаем, что индикативное планирование является:

- 1) «процессной» функцией системы стратегического планирования [45];
- 2) неотъемлемым инструментом в системе стратегического управления.

Центральным понятием системы индикативного планирования являются индикаторы. Для оценки процессов разрабатывается единая система индикаторов (показателей), которые должны иметь целевые и критические («пороговые») значения. Система индикативного планирования должна содержать реестр целевых и агрегированных показателей, значения показателей документов стратегического планирования, порядок анализа показателей, механизм автоматизированного сбора и анализа данных. По индикативным значениям показателей определяется уровень состояния и развития процессов. Приближение к критическому значению индикатора сигнализирует о возможности возникновения риска достижения установленного целевого уровня развития. Достижение критического значения формирует фактор угрозы и требует изменения стратегии действий, выработку мер государственного воздействия на социальные и экономические процессы с целью достижения запланированных индикаторов [47].

Такой подход мы считаем обоснованным для стратегического планирования отраслей в крупных экономиках со сложной диверсифицированной структурой (например, российской), так и в менее крупных, сфокусированных на развитии доминирующих отраслей. Следует отметить, что энергетический сектор является базовым и инфраструктурным для любой экономики, что определяет выбор подхода индикативного стратегического планирования к его развитию.

На рисунке 2.1 представлены основные элементы индикативного планирования (слева) во взаимосвязи с процессами индикативного планирования в стратегическом управлении

(справа), включая задачи и индикаторы.

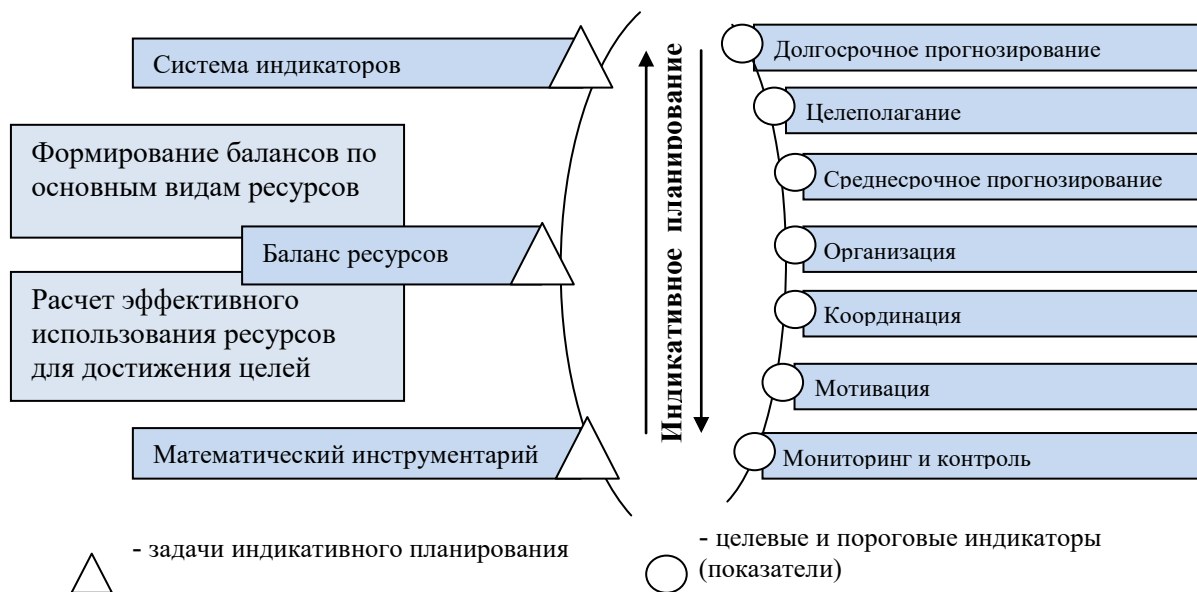


Рисунок 2.1 - Элементы индикативного планирования во взаимосвязи с процессами индикативного планирования в стратегическом управлении

Источник: [47]

При такой взаимосвязи стратегическое индикативное планирование будет обеспечивать реализацию государственных целей в энергетике и энергетическую устойчивость. В целях реализации поставленных стратегических задач необходимо обеспечить соответствие выбранных приоритетов развития энергетического сектора и обеспечения энергетической безопасности при эффективном использовании ограниченных ресурсов. Стратегическое планирование включает как «планирование результатов», так и «планирование ресурсов», которое обеспечивается на основе балансовых расчетов. К основным видам балансовых расчетов, необходимых для определения ресурсного обеспечения процессов планирования в экономике, относятся: расчет баланса трудовых и финансовых ресурсов, запасов полезных ископаемых и иных видов сырья, топливно-энергетический баланс, потребности в транспортной инфраструктуре и основных фондах (с учетом износа, уровня обновления, инвестиций) и иных видов ресурсов.

Система стратегического планирования должна быть комплексной и функционировать в условиях непрерывно меняющейся динамики экономики и ее показателей (включая прогнозные показатели и с учетом их реализации), что невозможно без использования математического аппарата. Модельный и математический инструментарий стратегического планирования будет различаться в зависимости от целей, ресурсов, достигнутых результатов, размеров экономики, отражает мультидисциплинарный характер энергетического планирования. Например, в России стратегическое энергетическое планирование является очень сложным, уникальным и формируется на основе, обеспечивающей реализацию комплекса задач, связанных с системным

подходом к государственному планированию и пространственному развитию Российской Федерации, моделированию экономики [40].

Энергетическое планирование является ключевым инструментом для принятия решений государственными органами и субъектами энергетики. Решения государственных органов включают формулирование и установление приоритетных целей, для определения направления действий (стратегий) для достижения указанных целей. Основываясь на диагностике энергетической ситуации, планирование определяет действия, которые должны быть направлены на достижение желаемого будущего, которое может относиться к среднесрочной или долгосрочной перспективе.

Содержательно процесс энергетического планирования включает 2 взаимосвязанных процесса: прогнозирование и планирование.

Прогнозирование представляет собой оценку, предсказание, предвидение будущего развития выбранного объекта исследования и предшествует планированию. Главной целью прогнозирования является разработка научных предпосылок принятия управленческих решений. Эти предпосылки состоят из анализа закономерностей и тенденций изменения объекта управления; альтернативного предвидения его будущего развития; оценки результатов воздействия на предвидимые процессы в объекте исследования.

Как уже было показано, в среде нарастающих тенденций глобализации и ускоренного развития научно-технического прогресса резко растет уровень неопределенности в последующем развитии энергетического сектора, поэтому роль прогнозирования существенно возрастает. К главным задачам прогнозирования относят:

1. Научный анализ сложившихся социально-экономических явлений и процессов, оценку существующей ситуации и определение узловых проблем в развитии;
2. Оценку действия выявленных тенденций в будущем, предвидение возможных новых проблем, новых экономических ситуаций, которые требуют разрешения;
3. Определение возможных альтернатив деятельности в будущем.

Прогноз является системой научных аргументированных представлений о будущем состоянии объекта исследования, которые носят вероятностный, но, при этом, весьма достоверный характер. Одним из распространенных видов прогнозов являются сценарии развития, разрабатываемые с учетом предполагаемых действий определенных субъектов.

Прогнозирование включает описание изменений процесса или объекта; формирование параметров, которые характеризуют процесс или объект.

При описании изменений выделяют *трендовый* и *факторный* подходы.

Трендовый подход предполагает использование экстраполяции выровненных значений динамического временного ряда прогнозируемого показателя.

Факторный подход базируется на оценке степени влияния разных факторов и их комбинации на дальнейшее развитие возможного состояния энергетического сектора. В нем выделяют генетический и нормативный подходы. *Генетический подход* базируется на применении в прогнозируемых процессах постоянных тенденций, которые придают инерционный характер развитию объекта управления. При всех различиях прошлое, настоящее и будущее генетически взаимосвязаны между собой и имеют большое количество общих элементов и взаимосвязей между ними. *Нормативный подход* характеризует управляемость прогнозируемых процессов, их подчиненность целям развития. При этом, цель может быть задана из внешней среды в форме нормативного состояния. В практике управления обычно нормативный и генетический подходы в прогнозировании дополняют друг друга, так как будущие процессы, с одной стороны, формируются инерцией существующих тенденций, а с другой стороны - поставленными целями и задачами по развитию. Главной задачей прогнозирования является согласование прогнозных результатов, которые получаются на основе нормативного и генетического подходов.

Базируясь на трендовом подходе, в прогнозировании развития энергетического сектора следует выделить тенденции, на основе факторного подхода выявляются факторы развития. Для энергетического сектора Республики Эквадор такие авторские исследования на основе аналитических данных выполнены в 1 главе диссертации. Функции стратегического энергетического планирования в Эквадоре формировались под влиянием изменений в экономическом и политическом видении за последние три десятилетия (неолиберальные реформы, возвращение к национализации и подход, подчеркивающий стратегический характер энергетического сектора [73]); а также факторов глобального характера (колебания цен на нефть, экономические циклы и экологические проблемы). Автором была выявлена потребность в дополнении и развитии системы стратегического планирования энергетики в Эквадоре [82].

Использование политики стратегического энергетического планирования и применение моделей энергетического планирования требует, чтобы они учитывали новые парадигмы спроса и предложения энергии, отражая, например, опасения по поводу изменения климата, глобальной динамики и финансового влияния, изменений цен, общественного восприятия ответственности энергетического сектора.

Из взаимосвязи энергетической политики с планированием можно сделать следующие выводы:

– Планирование, как и энергетическая политика, должно предусматривать системный подход, учитывая все цепочки производства энергии и все их внутренние взаимодействия. Кроме того, этот системный взгляд также предполагает рассмотрение взаимодействия между энергетической системой и различными аспектами социально-экономической и экологической

сферы [155].

– Планирование должно иметь общий план для энергетического сектора и определять порядок действий на уровне подсектора, ориентируясь на стратегические руководящие принципы, изложенные в политике.

– В процессе энергетического планирования необходимо оценить различные варианты обеспечения энергетических потребностей, исходя из имеющихся национальных ресурсов и/или возможной необходимости прибегнуть к импорту. В связи с этим необходимо также учитывать возможности и преимущества энергетической интеграции [155].

– Процесс планирования на уровне подсектора должен иметь подробную спецификацию и, следовательно, уделять при этом особое внимание ключевым или критическим моментам, влияющим на энергоснабжение.

Этапы, необходимые для разработки Национального энергетического плана (энергетической политики), включают следующие [148]:

1. Подготовка к энергетической диагностике энергетического комплекса.

Диагностика для энергетической политики отличается от необходимой для процесса энергетического планирования. В обоих случаях для диагностики необходимо описание условий международной среды, как на национальном уровне, так и на глобальном уровне.

Международная и региональная ситуация будет оказывать влияние на экзогенные факторы, которые будут обуславливать формулировку, реализацию и оценку энергетического планирования с учетом взаимосвязи и взаимодействия с национальной энергетической ситуацией и развитием.

На национальном уровне процесс диагностики включает в себя всесторонний анализ энергетического сектора и его подсекторов с учетом его основных компонентов, связей, сквозных эффектов и результатов. Сюда могут входить: анализ спроса на энергию, наличие энергетических ресурсов, запасы, энергоснабжение, используемые технологии и потенциальный доступ к новым технологиям, экономическое влияние энергетического сектора, социальные и экологические последствия и т. д.

Диагностика для энергетического планирования должна охватывать как уровень глобального энергетического сектора, так и описание ситуации, представленной различными энергетическими цепочками, начиная с ресурсов, проходя через различные центры преобразования и достигая стадия конечного потребления. На подотраслевом уровне необходимо изучить структуру всех производственных цепочек, составляющих энергетическую систему, с учетом институциональной и производственной организации различных составляющих их звеньев, субъектов, действующих в каждом звене, и характеристик их рациональности, а также структуры рынков. Также потребуется классификация

инфраструктуры и ее технических характеристик, а также количественная оценка человеческих и природных ресурсов, необходимых для работы подсистем.

2. Разработка энергетической программы и приоритизация.

В соответствии с характером стратегических и тактических целей энергетической политики будет определена Энергетическая повестка дня, которая представляет собой календарь, ресурсы, действия и инструменты для достижения целей, изложенных в плане.

Повестка дня включает: стратегию в отношении невозобновляемых ресурсов, а также получение и использование генерируемого ими дохода, содействие использованию наиболее распространенных и дешевых источников энергии, продвижение и обеспечение доступа к энергии, изменения в нормативно-правовой базе, инвестирование в инфраструктуру.

3. Разработка социально-экономических и энергетических сценариев.

Сценарии являются инструментами планирования для представления гипотетического будущего при анализе энергетических перспектив, основной целью которых является снижение степени неопределенности при принятии решений. Обычно понятие «сценарий» в области планирования имеет два значения: с одной стороны, для обозначения результатов перспективного планирования; с другой стороны, для описания условий, которые рассматриваются как возможные для определенного горизонта планирования, то есть условий, предшествующих осуществлению предполагаемого. Для целей диссертации предполагается второе из этих значений.

Под сценарием планирования понимается прогнозный структурный контекст, который будет определять будущее изучаемого энергетического сектора на определенном горизонте. Таким образом, это гипотетическая конструкция, основанная на гипотезах о рационально возможном структурном поведении, поддерживаемых аналитически непротиворечивыми причинно-следственными связями. В условиях централизованно управляемой экономикой сценарии формируются с учетом управляемого поведения субъектов и возможности влияния на них со стороны государства.

4. Разработка энергетической политики с точки зрения целей, стратегий и инструментов.

Определяя цели энергетической политики, страны отражают миссию и видение национальной, социальной, экономической и экологической политики в рамках социально-экономических особенностей и своей конкретной стратегии.

Цели основаны на социальных, экономических и экологических аспектах, долгосрочны, но реализуются в краткосрочных и среднесрочных действиях. Общие национальные стратегические цели включают социальные, экономические, геополитические или другие аспекты. Эти национальные цели структурного характера важны для энергетического

планирования и окажут существенное влияние на результаты планирования, на стратегии и повестку дня в области энергетики и на ее последующее применение (рисунок 2.2).

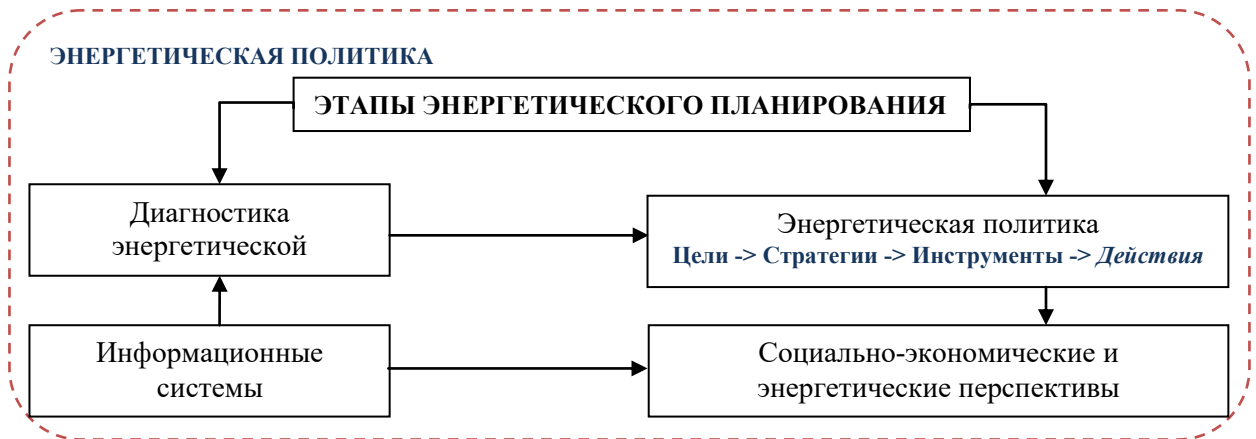


Рисунок 2.2 – Блок энергетической политики и этапы энергетического планирования

2.2 Разработка национальных планов энергоэффективности

Под энергоэффективностью в широком смысле понимается рациональное использование энергетических ресурсов в процессе хозяйственной деятельности предприятий (при производстве, распределении и потреблении энергии).

Энергоэффективность по ISO 50001:2018 [31] определяется как количественное соотношение между объемом предоставленной услуги, выпущенной продукции или произведенной энергии, и затраченной на это исходной энергией. Это «разумное потребление энергии», то есть удовлетворение текущих потребностей за счет использования наименьшего объема энергии. Данное определение соответствует современным принципам устойчивого развития.

Достижение высокого уровня энергоэффективности связано с изменениями, приводящими к снижению стоимости энергии, используемой для обеспечения энергетических услуг. Наиболее важными факторами в данном ключе выступают технологические и организационные решения, повышение уровня производительности, рост эффективности за счет интенсивного развития. Согласно Международному энергетическому агентству [106], энергоэффективность определяет характер будущего экономического развития и способствует достижению важнейших социально-экономических эффектов.

В настоящее время энергоэффективность является значимым показателем, характеризующим уровень устойчивости не только компаний, но и экономики в целом. На национальном уровне энергоэффективность определяется посредством соотношения ВВП и израсходованной энергии. Еще одним важным индикатором является показатель

«энергоемкости» [75], характеризующий объемы требуемой энергии для реализации производственно-технологических, вспомогательных процессов и пр. Между энергоэффективностью и энергоемкостью существует обратная зависимость. Следовательно, высокая энергоемкость свидетельствует о высокой стоимости «преобразования» энергии в богатство (потребление большого объема энергии и низкие значения показателя ВВП); низкая энергоемкость указывает на сравнительно невысокое энергопотребление для высокого показателя ВВП. Иными словами, высокая производительность энергии означает низкую энергоемкость.

Показатель энергоемкости следует рассматривать как средство, способствующее устойчивости компаний, отраслей и даже стран. В рамках совместного исследования, проведенного Латиноамериканской энергетической организацией (OLADE) и Экономической комиссией для Латинской Америки (CEPAL) [125] было разработано несколько индикаторов для измерения энергетической устойчивости, включая «энергоэффективность», энергетическую автаркию (самодостаточность энергии), устойчивость к внешним изменениям, охват электроэнергией, относительная частота использования энергии и использование возобновляемых источников энергии.

Приоритеты устойчивого развития Эквадора определяют разработку стратегии, которая защищает права народа жить в здоровой окружающей среде, беречь природу и иметь доступ к современным, возобновляемым и эффективным источникам энергии. Эти принципы закреплены в Конституции Республики, целью которой является достижение “Хорошей жизни” [87]. Поэтому стратегия должна способствовать эффективному использованию энергии. Руководящие принципы планирования энергетического сектора в интересах экономики страны отражены в Национальном плане энергоэффективности на 2016-2035 гг. (PLANEE) [13]. Он поощряет постепенную замену видов топлива и источников энергии с высоким воздействием на окружающую среду другими видами топлива с низким содержанием углерода или без него, в том числе возобновляемыми источниками энергии.

Цель 4 Национальной энергетической повестки дня (ANE), разработанной Координирующим Министерством стратегических секторов (MICSE), заключается в достижении “страны с эффективным использованием энергии” и устанавливает следующее:

- Для поддержания устойчивой институциональной базы энергетической эффективности для обеспечения становится основной приспособления;
- Обеспечить реализацию энергетической эффективности на основе планирования;
- Повысить качество и оптимизировать управление информацией по использованию энергии;
- Разработать нормативные рамки энергоэффективности;

- Содействовать созданию рыночных механизмов стимулирования и управления финансированием мероприятий для достижения энергетической эффективности;
- Способствовать энергетической эффективности поведения отдельных субъектов;
- Обучить и сертифицировать экспертов по энергоэффективности.

Анализ энергопотребления показал, что секторами, обладающими высоким потенциалом для снижения энергоемкости, являются транспортный, производственный, жилой и коммерческий сектора [135]. Именно они тесно связаны с ростом ВВП и характеризуются высоким уровнем энергоемкости. В рамках проведенного исследования были выделены ключевые направления повышения энергоэффективности для отдельных секторов (рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 - Направления стратегического развития отдельных секторов промышленности в Республике Эквадор

Источник: составлено автором по данными [135]

Для некоторых из этих направлений повышения энергоэффективности в РЭ разработаны стимулирующие инструменты. Установлен «тариф достоинства» - субсидия, которая связана с социальной справедливостью и устанавливает подлежащую уплате стоимость в размере 0,04 долл. США за потребленный киловатт-час, что составляет половину средней цены по стране. Этот тариф применяется к пользователям, которые потребляют менее 110 кВтч в Сьерре и 130

кВт/ч в Коста и Амазонии, стимулируя энергосбережение [51].

Для повышения энергоэффективности экономики страны требуется реализация системного подхода к проводимым мерам и используемым инструментам. Необходимо формировать принципиально новые институциональные условия, развивать прогрессивные технологии, позволяющие снижать показатели энергоемкости производств, формировать новые государственные механизмы поддержки и стимулирования, создавать нормативно-правовую базу, финансировать экологоориентированные программы. Государственная политика повышения энергоэффективности должна быть направлена на эффективное использование энергии, снижение уровня энергоемкости, снижение негативного воздействия на окружающую среду и нивелирования потенциальных экологических рисков и угроз.

Для электроэнергетического сектора РЭ наиболее значимыми с точки зрения повышения энергоэффективности мероприятиями и проектами стали [163]:

1. Замена энергосберегающих ламп и окончательная утилизация газоразрядных ламп – экономия составила 284 ГВтч, снижение выбросов на 144 тыс. тонн CO₂.

2. Замена 61 610 неэффективных уличных фонарей (проект 2014-2018 гг.). Экономия составила 20 ГВтч в год или 1,8 млн. Долларов США, снижение выбросов 10 тыс. тонн CO₂.

3. Замена 330 000 неэффективных холодильников в течение 5 лет. 94 286 холодильников были заменены. Экономия составила примерно 140 333,70 МВтч электроэнергии, что исключает выброс 26 978,45 тонн CO₂.

4. Замена 3 миллиона газовых плит индукционными плитами, 750 000 газовых водонагревателей электрическими системами нагрева воды.

5. Внедрение систем энергоменеджмента, применение международных стандартов (ISO 50001: 2018), подготовка около 2000 технических специалистов. Проект реализован в 39 отраслях: экономия энергии составила 13 397 МВтч, или 1 607 695 долл. США; общее сокращение выбросов на 31 000 тонн CO₂.

6. Разработка технического стандарта на электромобили.

С внедрением PLANEE Эквадор внесет свой вклад в международные инициативы, направленные на “обеспечение доступа к доступной, безопасной, устойчивой и современной энергии”, цель, которая была установлена ООН в 7 ЦУР (ODS-7) и “удвоить глобальный индекс повышения энергоэффективности”, что является важнейшей целью инициативы "Устойчивая энергетика для всех" (SEforALL).

Однако существуют значительные барьеры в РЭ, препятствующие полной реализации потенциала энергоэффективности: высокие первоначальные инвестиции, низкая заинтересованность и вовлеченность, недостаток информации, ограниченный доступ к эффективным технологиям и трудности с количественной оценкой и измерением выгод,

связанных с энергоэффективностью. В этом смысле включение энергоэффективности в государственную политику является приоритетом для правительства. Как было показано в главе 1, в Эквадоре наблюдается экономический рост, который приводит к повышению качества жизни населения и к увеличению внутреннего спроса на энергию. Это увеличение потребностей в энергии можно в определенной части контролировать путем реализации программ энергоэффективности.

На международном уровне энергоэффективность была включена в государственную политику с акцентом на энергетику и охрану окружающей среды с целью использования в качестве инструмента планирования промышленного сектора. На региональном уровне успешные примеры показывают Бразилия, Чили и Мексика, где специализированные учреждения были включены в состав правительства, что позволило добиться важных результатов, включая оптимизацию энергетических ресурсов, повышение конкурентоспособности стратегических секторов, доступ к источникам международного финансирования и продвижение новых местных возможностей и видов деятельности с высокой добавленной стоимостью [84].

Для достижения цели были определены следующие действия: содействие рациональному использованию электроэнергии и сокращению использования ископаемых видов топлива, снижение производственных затрат и уменьшение воздействия на окружающую среду. Общая цель плана: повысить эффективность использования энергетических ресурсов путем реализации программ повышения энергоэффективности и проектов в соответствии со спросом и предложением энергии, направленных на сокращение импорта нефтепродуктов, что способствует смягчению последствий изменения климата и созданию культуры энергоэффективности на основе правовой и институциональной базы. На рисунке 2.4 показана ожидаемая экономия при внедрении PLANEE [135].

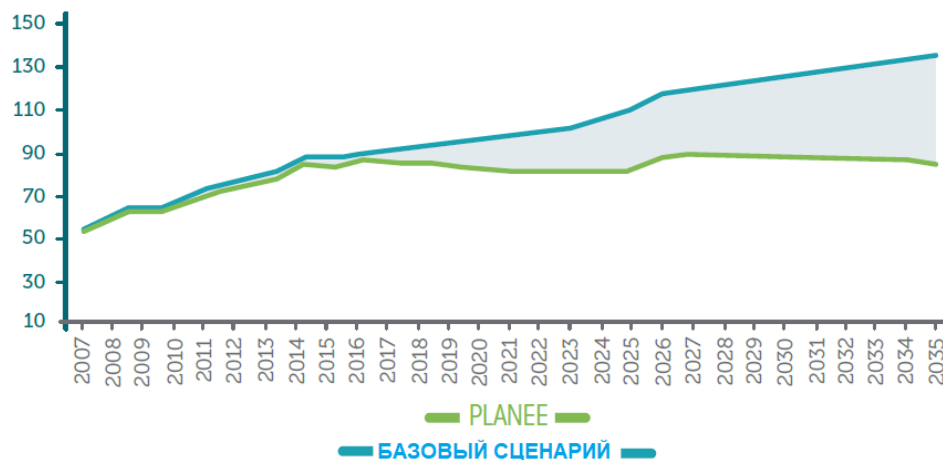


Рисунок 2.4 – Ожидаемая экономия при внедрении PLANEE, в тыс. БНЭ.

Источник: [135]

Общая экономия является результатом проектов и программ по повышению энергоэффективности, применяемых в секторах спроса (таблица 2.1) и предложения энергии. Представлены 2 сценария:

- Базовый сценарий представляет собой продолжение инерционной ситуации исторического периода в будущем и не предусматривает какой-либо политики управления энергией как в области спроса, так и в области предложения.
- Сценарий PLANEE рассматривает результаты моделирования естественного поведения рынка и поддающихся количественной оценке программ и проектов PLANEE.

Таблица 2.1 - Характеристика секторов потребления в РЭ в период 2007-2015 годов

Сектор анализа	Ситуация до 2007 года	Ситуация 2007-2015 годов
Собственное потребление		
Государственная служба по производству электроэнергии	Конфигурация до изменения энергетической матрицы	Символические гидроэлектростанции и изменение энергетической матрицы
Самопроизводство в поколении	Потребление дизельного топлива и сырой нефти для выработки электроэнергии при добыче нефти	Проект OGE&EE ПЭМ
Управление поставками.	Уровень потерь в соответствии с исторической тенденцией (до 2007 года)	Сокращение потерь при распределении.
Жилые, коммерческие и общественные помещения		
Управление спросом на жилье	Приготовление пищи на сжиженном газе, проникновение холодильников низкой эффективности, непрерывное освещение лампами накаливания	Программа индукционных плит, план холодильников RENOVA, замена ламп накаливания на КЛЛ
Управление общественным спросом	Низкоэффективные уличные фонари в общественном освещении	Замена уличных фонарей в общественном освещении.
Промышленный		
Управление промышленным спросом	Никакого вмешательства в повышение энергоэффективности в этом секторе.	Проект по повышению энергоэффективности в промышленности.
Перевозка		
Требование управления перевозками.	Никакого вмешательства в повышение энергоэффективности в этом секторе.	План RENOVA для транспортных средств общественного пользования.

Источник: составлено автором по данным [135]

Ниже приводится краткое описание конкретных целей, направлений деятельности и показателей по секторам, рассмотренных в PLANEE в области энергоэффективности: жилой, коммерческий и общественный сектор (таблица 2.2); промышленный сектор (таблица 2.3) и транспортный сектор (таблица 2.4). В настоящее время некоторые из них не поддаются

количественной оценке, поскольку для их моделирования требуются предыдущие исследования.

Таблица 2.2 - Конкретные цели, направления деятельности и показатели в жилищном, коммерческом и государственном секторах

ЖИЛОЙ, КОММЕРЧЕСКИЙ И ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СЕКТОР		
Отраслевая цель:	Снизить среднегодовые темпы роста энергопотребления в жилых, коммерческих и общественных зданиях и установить правила пригодности зданий для проживания.	
Показатель:	Процент снижения энергопотребления по отношению к базовому уровню.	
Цель:	В 2035 году совокупное потребление энергии в жилом, коммерческом и государственном секторах сократится как минимум на 88,8 млн. БНЭ в год благодаря принятым мерам по повышению энергоэффективности.	
<i>Конкретная цель</i>	<i>Направления действий</i>	<i>Оценка снижения энергопотребления</i>
Усилить программы по замене и маркировке электроприборов и оборудования с высоким энергопотреблением.	Проект по определению конечных видов использования энергии в жилом, коммерческом и государственном секторах.	Не поддается количественной оценке.
	Программа по стандартизации и маркировке энергопотребляющего оборудования.	Сокращение на 70,8 млн. БНЭ в период с 2016 по 2035 год. Предполагаемое сокращение от 25% к 2035 году энергоемкости; однако, поскольку рост электроприборов очень похож на снижение энергоемкости, конечным результатом является отсутствие снижения баррель нефтяного эквивалента (БНЭ)
	Программа замены оборудования с повышенным энергопотреблением для использования в жилых помещениях.	Сокращение на 88,8 млн баррелей в год с 2016 по 2035 год. Повышение энергоэффективности в жилом оборудовании. Замена в коммерческом секторе для достижения снижения энергоемкости на 10% к 2035 году. Продолжение массового внедрения индукционных печей.
Создать механизмы надзора и контроля за внедрением и применением NEC (главы по энергоэффективности, кондиционированию воздуха и возобновляемым источникам энергии) на уровне органов государственной власти.	Проект по определению механизмов надзора и контроля для внедрения и постоянного совершенствования стандарта NEC - Энергоэффективность, Кондиционирование воздуха и Возобновляемые источники энергии	Не поддается количественной оценке.

Источник: [135]

Таблица 2.3 - Конкретные цели, направления деятельности и показатели в промышленном секторе

ПРОМЫШЛЕННЫЙ СЕКТОР		
Отраслевая цель:	Снизить потребление энергии на единицу физического производства в подотраслях промышленности	
Показатель:	Потребление энергии в каждом промышленном подсекторе, индексируемое в единицах физического производства для отраслей, реализующих меры по повышению энергоэффективности.	
Цель:	К 2035 году благодаря мерам по повышению энергоэффективности, реализуемым в секторе, экономия составит не менее 29,9 млн. БНЭ в сутки.	
<i>Конкретная цель</i>	<i>Направление действий</i>	<i>Оценка снижения энергопотребления</i>
Замена неэффективного оборудования, внедрение систем когенерации и принятие стандарта ISO 50001 в энергоемкой промышленности	Программа по внедрению стандарта ISO стандарт 50001 в энергоемких отраслях промышленности	Сокращение на 7,4 млн. БНЭ в сутки по сравнению с с 2007 по 2035 год. Снижение энергоемкости с учетом 100 энергоемких отраслей промышленности.
	Программа когенерации в промышленности.	Сокращение на 7,75 млн. БНЭ в сутки с 2007 по 2035 год. Повышение энергоэффективности на 10%.
	Программа замены двигателей, насосов, котлов и нагревателей в промышленности.	Сокращение на 14,7 млн. БНЭ в год с 2007 по 2035 год. Предполагаемое снижение энергоемкости на 10% к 2035 году.
Стимулирование развития рынка энергоуслуг (ESCOs) в стране	Программа по развитию и продвижению ESCOs рынок в Эквадор.	Не поддается количественной оценке.

Источник: [135]

Таблица 2.4 - Конкретные цели, направления деятельности и показатели в транспортном секторе

ТРАНСПОРТНЫЙ СЕКТОР		
Отраслевая цель:	Оптимизировать потребление энергии при грузовых и пассажирских перевозках по отношению к базовому сценарию отрасли путем реализации проектов по повышению энергоэффективности, которые приносят выгоды в данном секторе.	
Индикаторы:	Энергия, потребляемая на единицу перевозимого груза. Энергия, потребляемая на одного перевозимого пассажира.	
Цель:	К 2035 году транспортный сектор обеспечит накопленную экономию в размере 339,6 млн. БНЭ в сутки.	
<i>Конкретная исходная цель</i>	<i>Основание</i>	<i>Оценка снижения энергопотребления</i>

Продолжение таблицы 2.4

Оптимизировать инфраструктуру для циркуляции транспорта, способствуя снижению расхода топлива.	Программа совершенствования транспортной инфраструктура и эксплуатация.	Сокращение на 12,2 млн. БНЭ в год с 2007 по 2035 год. В сфере массовых перевозок сокращение на 10% количества автомобилей и Внедорожники рассматриваются в связи с заменой автобусов.
Заменить неэффективные транспортные технологии, внедрить энергетическую маркировку и провести обучение эффективным методам вождения	Проект маркировки энергоэффективности для новых транспортных средств.	Сокращение на 28,6 млн. БНЭ в сутки с 2007 по 2035 год. Предполагаемое снижение энергоемкости на 5% к 2035 году.
	Проект по возобновлению, реконфигурации и расширению План Renova транспортного средства.	Сокращение на 35,3 млн. БНЭ в год с 2007 по 2035 год. Утилизация 2000 автомобилей в год.
	Учебный проект по эффективной технике вождения.	Сокращение на 71,6 млн. БНЭ в год с 2007 по 2035 год. Предполагаемое сокращение 12,5% энергоемкости к 2035 году.
Для замены энергии, используемой в качестве топлива, улучшить качество и новые технологии	Проект по включению гибридных транспортных средств, электромобилей и новых технологий, которые будут коммерчески доступны в будущем	Сокращение на 144,8 млн. БНЭ, с 2007 по 2035 год. Уменьшение на основе синего Сценарий карты Эквадор
	Проект частичной замены ископаемого топлива смешиванием биотоплива.	Сокращение на 26,0 млн. БНЭ в сутки с 2007 по 2035 год. Достижение 5% смешивания биодизельного топлива и 10% этанола к 2025 году.

Источник: [135]

Программы повышения энергоэффективности нацелены на использование прогрессивных технологий, позволяющих достигать высокие показатели эффективности при одновременном снижении объемов потребляемых ресурсов (в том числе, энергетических). Были выделены ключевые направления стратегического развития для отдельных секторов в контексте реализации возможностей повышения энергоэффективности.

Транспортный сектор включает повышение эффективности частного транспорта путем внедрения гибридных транспортных средств; использование биотоплива для личного транспорта. Производственный сектор включает повышение энергоэффективности в тепло- и электроэнергетике; поиск конкурентных преимуществ. Коммерческий, общественный и сервисный сектор включает повышение энергоэффективности в тепло- и электроэнергетике; использование солнечных батарей для нагрева воды. Жилой сектор включает повышение эффективности использования энергии при определенных видах использования тепла и электричества; внедрение источников возобновляемой энергии (солнечные батареи).

2.3. Методология и инструментарий государственного планирования развития энергетического сектора

Стратегическое планирование тесно взаимосвязано с диагностикой энергетической политики, в зависимости от состояния которой обоснованно выбираются инструменты (модели планирования) и индикаторы планирования.

Диагностика энергетической политики для энергетического планирования.

Проводится на международном и национальном уровнях. В условиях международного контекста проводится анализ глобальной и региональной энергетической ситуации, особенно в тех аспектах, которые влияют на состояние и эволюцию национальной энергетической системы. На национальном уровне диагностика включает комплексный анализ энергетического сектора, состоящий из анализа его цепочек производства энергии, а также взаимосвязей на разных уровнях (производство, центр преобразования и конечное потребление). Среди них:

- спрос на энергию, его составляющие, темпы роста, географическая рассредоточенность и логистика поставок;
- наличие ресурсов и потенциал ВИЭ;
- наличие запасов, традиционных и нетрадиционных, которые были адекватно определены количественно и оценены с технической и экономической точки зрения на предмет целесообразности их разработки;
- энергоснабжение, его источники (местные или внешние), ресурсы, запасы, производство, воздействие на окружающую среду и логистика поставок;
- используемые технологии и потенциальный доступ к новым технологиям и современным источникам энергии и энергетических услуг;
- цены, налоги и субсидии, экономический вклад энергетического сектора в ВВП и занятость; влияние на торговый баланс;
- сравнительный уровень эффективности энергетических затрат страны и ее регионов и, если применимо, по отношению к другим странам;
- энергетический баланс. Характеристика энергообеспечения страны как профицитное, дефицитное или сбалансированное по отношению к внутреннему спросу;
- охват и энергетическая доступность в географическом и социальном плане;
- воздействие на природную среду и изменение климата (предложение и потребление).

Как показано на рисунке 2.5, процесс энергетического планирования — анализ — должен следовать по пути, обратному движению потоков энергии, начиная с конечного спроса как на первичную, так и на вторичную энергию, проходя через центры преобразования и

потребности в первичной энергии, вплоть до оценки и количественного определения имеющихся ресурсов. На основе этого анализа определяются сильные стороны и критические элементы национальной энергетической системы.

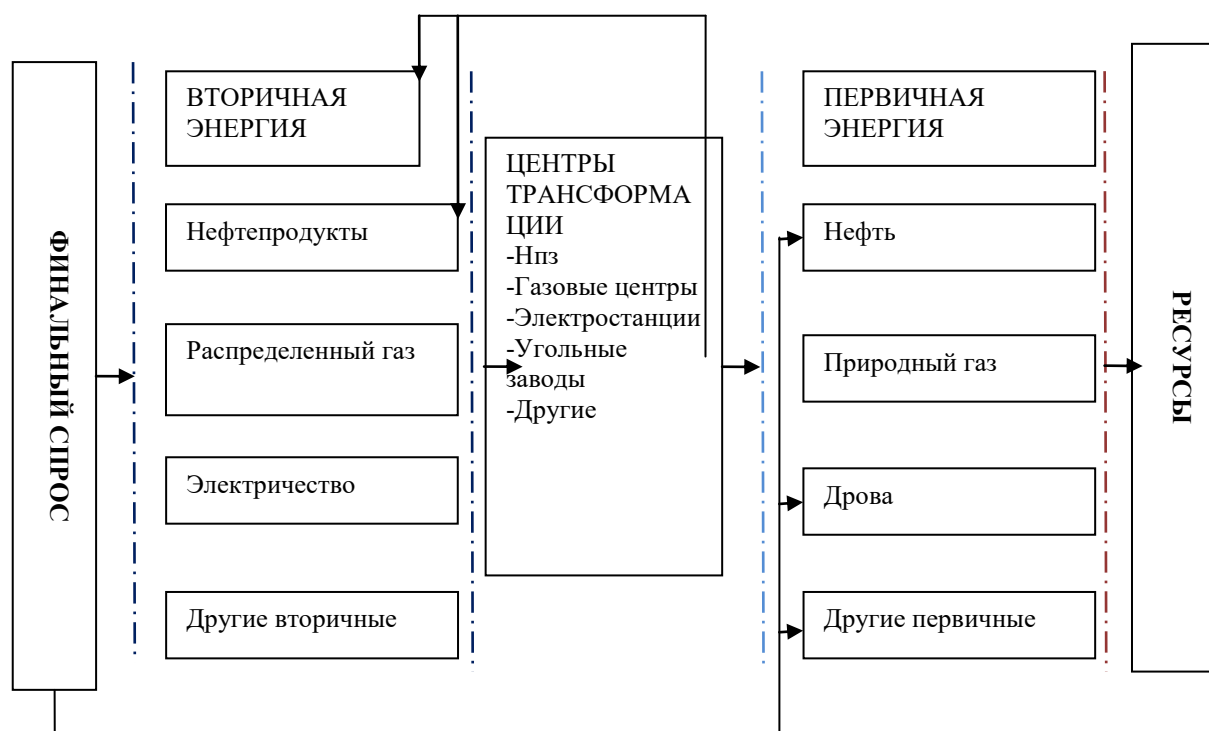


Рисунок 2.5 - Диагностика для стратегического планирования

Источник: [148]

В процессе планирования важно, в первую очередь, генерировать достоверную информацию, которая позволяет оценить текущее состояние, а также позволяет, при определенной обработке, генерировать альтернативы будущих сценариев. Необходим анализ социального, экономического и экологического воздействия выбранных политик и стратегий, чтобы проверить, действительно ли они способствуют устойчивому развитию или их следует скорректировать. Информация может быть доступна в упорядоченном и классифицированном виде, либо является разрозненной. Управление информацией направлено на максимизацию ценности и выгод, полученных в результате анализа информации, минимизацию затрат на получение и обработку, определение ответственности за эффективное и действенное использование и обеспечение непрерывного предоставления информации.

Системный подход к стратегическому планированию энергетического сектора нацелен на изучение социальных процессов производства, преобразования, транспорта или передачи, распределения и потребления энергии во всех многомерных проявлениях (физических, технологических, экономических, экологических, правовых, социальных и т. д.). В рамках этого подхода планирование состоит из изучения энергетической подсистемы и ее множественных

взаимодействий с социально-экономической системой, рассматривая процессы производства и потребления энергии как социальные процессы, в которых идентификация характеристик различных агентов /групп агентов имеет важное значение. Таким образом, физический образ энергетической системы должен быть дополнен другими типами информации, такими как сведения об ее институциональной структуре, инфраструктуре или существующих мощностях объектов и оборудования, экономическая информация (цены, тарифы, финансирование), экологическая, технологическая, социальная информация и т.д. [70].

Энергетическая система должна быть проанализирована и спланирована с учетом семи аспектов: физического, экономического, экологического, социального, политического, технологического и правового. Эти измерения могут быть эндогенными или экзогенными, количественными или качественными и т. д.

Индикаторы

Для оценки и контроля применения энергетического планирования необходимы «показатели эффективности», которые позволяют количественно и качественно измерять прогресс в достижении целей. Мониторинг показателей - это процесс, который позволяет следить за их изменением на регулярной основе (от месяца к году), чтобы оценить, соответствует ли результат запланированному или отклоняется от него. Индикаторы могут быть трех основных типов:

- индикаторы процесса: их целью является оценка степени реализации мероприятий и программ, содержащихся в плане;
- показатели результатов: они измеряют воздействие инструментов, мероприятий и программ, реализованных в отношении стратегических целей и задач энергетического планирования;
- глобальные индикаторы: оценивают результаты плана в энергосистеме в целом для оценки экономических, социальных и экологических последствий.

Основными компонентами мониторинга являются:

1. Определение методологии оценки,
2. Определение контрольных показателей,
3. Проверка механизмов финансирования мероприятий, предусмотренных планом,
4. Создание информационных систем контроля и мониторинга.

Система показателей эффективности на основе стратегических определений планирования (Видение, Миссия, Стратегические цели, Конкретные цели, Стратегии и Планы действий) включает:

- установление соответствующих областей эффективности, которые необходимо измерить (связанные с критическими переменными);

- показатели должны облегчать получение информации об эффективности процессов (промежуточных результатах);
- оценку уровня прогресса и прогресса в достижении целей;
- количество индикаторов должно быть ограничено количеством существенных индикаторов и может использоваться и контролироваться;
- выбор показателей и методы расчета;
- источники данных, цели и ссылки для сравнения.

В Приложении А представлена таблица с показателями-индикаторами стратегического планирования и мониторинга, являющимися методическим инструментарием методического подхода к стратегическому планированию.

Показатели, принятые в стратегическом планировании в странах Латинской Америки, включают три группы показателей по направлениям устойчивого развития.

Экономические (10 показателей): энергопотребление на душу населения, энергопотребление на единицу ВВП, энергоемкость промышленного сектора / коммерческого сектора / транспортного сектора, энергетическая самообеспеченность, устойчивость к внешним изменениям, запас критических видов топлива для удовлетворения соответствующего потребления, отношение между запасами ТЭР и производством энергии, эффективность преобразования и распределения энергии.

Социальные (5 показателей): доступность электроэнергии, доля расходов на топливо и электроэнергию в доходах домохозяйств, энергопотребление домохозяйств по группам дохода, смертность от несчастных случаев в энергетике к количеству выработанной энергии, обеспечение основных потребностей в энергии,

Окружающая среда (17 показателей): относительная чистота использования энергии, выбросы парниковых газов от производства и использования энергии, на душу населения и на единицу ВВП, использование ВИЭ, концентрация загрязненного воздуха в городах, выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, сбросы загрязняющих веществ в жидкие стоки энергосистем, скорость обезлесения, связанная с использованием энергии, взаимосвязь между образованием твердых отходов и вырабатываемой энергией, отношение надлежащим образом утилизированных твердых отходов к общему количеству твердых отходов, отношение твердых радиоактивных отходов к единицам произведенной энергии, отношение твердых радиоактивных отходов, ожидающих захоронения, к общему количеству образующихся твердых радиоактивных отходов, выбросы парниковых газов на единицу произведенной электроэнергии.

Модели государственного программирования и планирования в энергетическом секторе

Прогноз потребления и предложения энергии — это задачи, которые охватывают ряд

областей знаний и включают большое количество переменных. Поэтому требуется использование математических моделей, описывающих энергетическую цепочку, от добычи источников энергии до ее конечного использования, на всех этапах производства, преобразования, распределения и хранения. Разработана аналитическая процедура выбора модели стратегического планирования:

1. Сформированы цели инструментов энергетического планирования (моделей).
2. Классифицированы модели в соответствии с их направленностью, масштабом, сроками, уровнем равновесия, целям, способу построения, методу планирования.
3. Проанализированы общие характеристики различных моделей энергетического планирования, а также опыт их применения в странах Латинской Америки.
4. Выполнен сравнительный анализ признаков моделей.

Цели инструментов стратегического планирования (моделей)

В соответствии с самой идеей долгосрочного комплексного энергетического планирования энергетические модели могут быть использованы [103] для следующих целей:

1. Формулирование государственной политики.
2. Измерение показателей эффективности производства и качества услуг (для использования, например, регулирующими органами).
3. Последовательный анализ взаимодействий между цепочками энергетического сектора и между этим сектором и другими в экономике.
4. Анализ долгосрочных сценариев на основе моделирования вероятных деревьев решений и тестов типа «What if».
5. Обучающая роль моделей.

Не существует инструмента, который бы охватывал все вопросы, связанные с комплексным энергетическим планированием, вместо этого «наилучший» инструмент будет зависеть от конкретных целей, которые должен решить анализ. Проблема непротиворечивости показывает, что, возможно, было бы лучше использовать «условно правильную» модель для одновременной оценки нескольких проблем, а не связывать несколько сложных моделей с риском повлиять на прозрачность и гибкость, а также создать общую непоследовательность подхода.

Большинство моделей энергетического планирования используются для планирования среднесрочной и долгосрочной энергетической инфраструктуры.

В некоторых моделях неопределенность, связанная с будущим, обычно учитывается с помощью сценариев. У лиц, принимающих решения, нет полной информации о будущих затратах, ценах, ограничениях и неопределенности в отношении будущего энергетической системы. В отличие от концепции риска, в которой известная возможность наступления

события может быть связана с будущим, неопределенность отражает незнание вероятности возникновения, которая может быть связана со сценарием. Это часто может приводить к тому, что краткосрочным решениям придается большее значение, поскольку информация доступна (более низкая степень неопределенности), что откладывает принятие долгосрочных решений до тех пор, пока не будет доступна новая информация для принятия решений.

В зависимости от степени неопределенности, связанной с долгосрочным энергетическим планированием, обычно проектируются устойчивые энергетические системы, способные выдерживать непредвиденные обстоятельства и быстро реагировать на перебои в предоставлении энергетических услуг [92]. Непредвиденные обстоятельства могут повлиять на производство, транспортировку и распределение, могут быть другими неожиданными событиями, включая стихийные бедствия и нападения [150]. Непредвиденные обстоятельства классифицируются как шоки (быстрое начало и короткая продолжительность) и стрессы (медленное начало и большая продолжительность).

Для устойчивости энергетические системы обычно планируют с использованием высоких коэффициентов безопасности, стратегических резервов энергии. Это может быть выполнено с использованием моделей оптимизации энергопотребления, а также имитационных моделей.

Также следует учитывать специфику производства энергии источниками ВИЭ – не являющегося детерминированным. Такую возможность дают стохастические модели, в которых «исходные данные, условия функционирования и характеристики состояния моделируемого объекта представлены случайными величинами и связаны стохастическими (то есть случайными, нерегулируемыми) зависимостями. Основные параметры таких моделей определены не однозначно, а через законы распределения их вероятности» [9]. Кроме того, существуют методологии энергетического планирования с управлением рисками, поэтому они не стремятся к развитию с минимальными затратами, к развитию, которое является более надежным с учетом различных рисков и неопределенностей, примером этого является методология “Trade-Off Risk” и “Minimax” (минимизация максимального сожаления Сэвиджа).

Учитывая преимущества и недостатки каждой модели, задачей является выбор решения, которое сводит к минимуму риск, связанный с внутренними ограничениями различных подходов.

Классификация основных моделей, применяемых в энергетическом планировании.

Проведенный автором анализ различных характеристик моделей стратегического планирования в российской и зарубежной науке и практике показал, что они могут быть классифицированы по ряду важнейших признаков (рисунок 2.6).

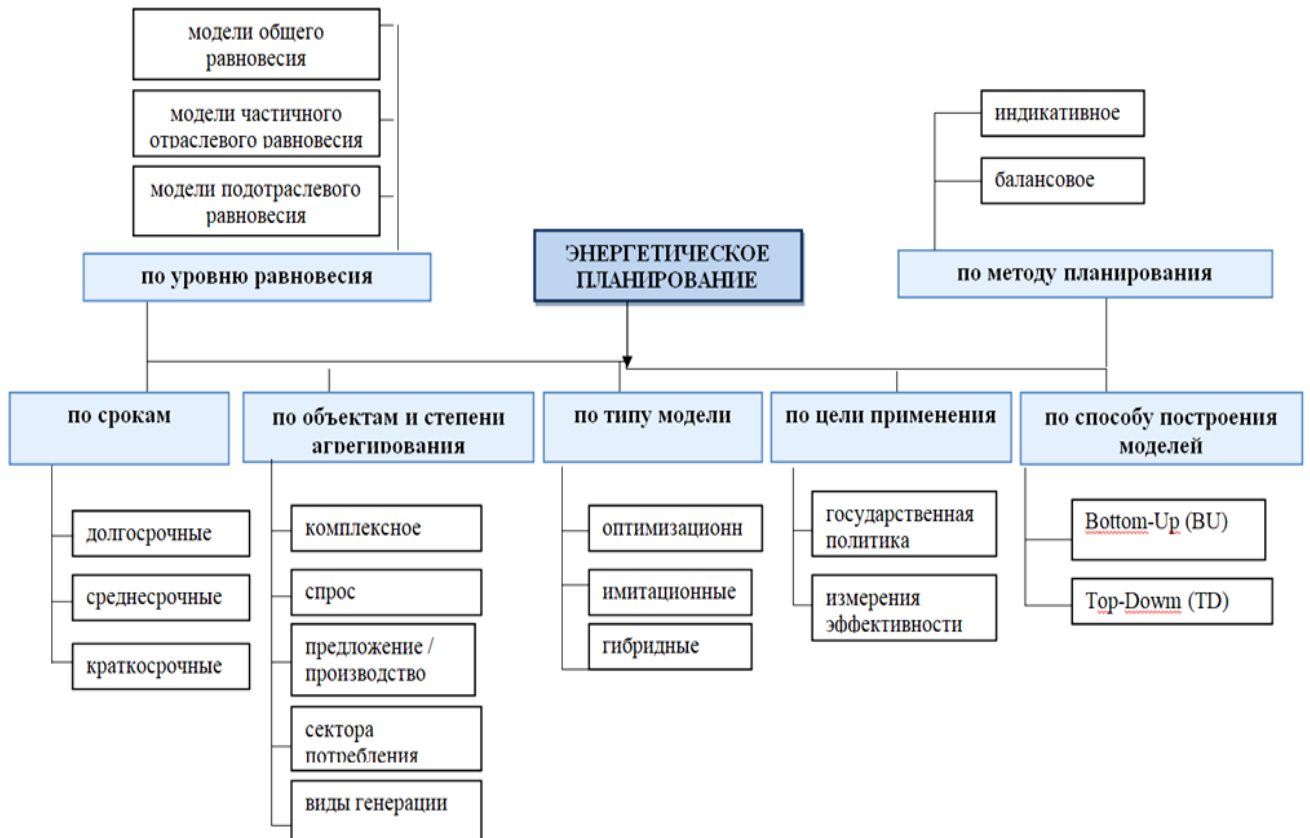


Рисунок 2.6 – Классификация моделей стратегического планирования.

Источник: составлено автором

1. По срокам модели классифицируются на долгосрочные, среднесрочные и краткосрочные, т.к. в энергетическом планировании время является ключевой переменной. При этом учитывается, что классическая микроэкономическая теория предполагает, что факторы производства структурно изменяются в долгосрочной перспективе, конъюнктурные изменения связаны с краткосрочной перспективой, а меры контроля и мониторинга связаны со среднесрочной перспективой [154]. Количество ресурсов или факторов производства варьируется в долгосрочной перспективе, когда технологическая эволюция очевидна [154]. В краткосрочной перспективе спрос остается более стабильным [185].

2. По способу построения модели выделяются модели типа «Top-Down» (TD) и модели типа «Bottom-Up» (BU) [179, 68]. TD-анализ основан на моделях общего равновесия и теоретически всегда непротиворечив; однако такие модели не допускают подробного анализа, они имеют дело с техническим прогрессом в агрегированном виде, потенциальное повышение эффективности, как правило, недооценивается [118]. BU-анализ дезагрегирован по секторам (и даже подотраслям) [100], однако отраслевой анализ «снизу вверх» не обязательно гарантирует согласованность [124]. Эти модели рассматривают технический прогресс по отдельным объектам, потенциальный выигрыш в эффективности, как правило, переоценивается, поскольку чистые модели не учитывают так называемые «скрытые издержки» технологических инноваций

[109]. Основные различия представлены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 - Основные различия между TD и BU подходами при построении моделей энергетического планирования

Признаки сравнения	Top-Down TD	Bottom-Up BU
Детализация	Агрегированные данные	Детальные данные из технологий
Оценка затрат/выгод	Планирование возможно через воздействие на производство, доход и ВВП.	Можно оценить затраты/выгоды планирования на основе последствий разработки и применения технологий.
Гипотеза эффективности рынка	Рынки эффективны	Не является частью гипотезы эффективности рынка
Оценка межсекторальных эффектов	Позволяет оценить	Не позволяет оценить
Оценка политики управления	Подходит для оценки фискальной и денежно-кредитной политики	Подходит для оценки политики управления со стороны стороны спроса
Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС)	Не позволяет провести детальную оценку воздействия на окружающую среду	Подходит для оценки отраслевой экологической политики

Источник: составлено автором

В настоящее время делаются попытки совместить модели обоих типов [134].

3. По уровню равновесия различают модели общего равновесия, частичного отраслевого и подотраслевого равновесия. В моделях общего равновесия энергетический сектор моделируется одновременно с другими секторами экономики, в моделях частичного равновесия моделируется только энергетический сектор и сегменты этого сектора (подотраслевые модели).

Упрощенно конечным результатом отраслевых моделей будет спрос на полезную энергию различного назначения, для различных сценариев. Таким образом, ключевыми переменными моделирования отраслевых моделей являются производительность оборудования и уровни экономической активности в зависимости от сектора потребления. Эти модели, в свою очередь, зависят от результатов отраслевых моделей, которые выводятся из предположений об энергоэффективности (зависящих от источников энергии).

4. По цели применения модели делятся на два основных типа: формулирование государственной политики и измерение показателей эффективности производства и качества услуг (для использования, например, регулирующими органами).

5. По типу моделей энергетического планирования различают оптимизационные, имитационные и гибридные модели. Долгосрочные модели обычно основаны на методах оптимизации при распределении энергоресурсов при соблюдении технико-экономических и институциональных ограничений. При применении методов имитационного моделирования выполняются параметрические и эконометрические оценки энергетических и/или

технологических сценариев.

6. По объектам различают комплексные модели, модели спроса, модели предложения, модели секторов потребления, модели по видам генерации.

7. По методу планирования различают индикативные и балансовые модели.

Анализ общих характеристик различных моделей энергетического планирования и опыта их применения в странах Латинской Америки

При выборе модели следует учитывать некоторые критерии:

- Простота в применении, что требует меньше времени для подготовки входной информации и создания сценариев.

- Ограниченное количество экзогенных переменных.

- Внутренняя совместимость, то есть согласованность технико-экономических гипотез.

- Возможность проведения анализа энергетической и экологической политики, влияющей на цены на энергоносители.

- Оценка влияния на энергетический сектор поведения потребителей, энергетической политики, технического прогресса и технологического замещения факторов производства.

В мировом энергетическом планировании известно около 50 моделей [90, 139, 162, 60]. Обычно в международной практике долгосрочного энергетического моделирования наблюдается тенденция работать с моделями типа BU, основанными на методах оптимизации, стремящимися к минимальным отраслевым затратам (в отраслях или подсекторах, например, электроэнергетики, нефтепереработки и др.), либо минимальной стоимости всей энергосистемы.

Инструменты BU сочетаются с инструментами TD, чтобы гарантировать макроэкономическую согласованность, а также получить макроэкономические сценарии, необходимые для моделирования энергетических сценариев.

В диссертации рассмотрены и проанализированы 10 наиболее распространенных моделей энергетического планирования, опыт применения которых исследован на примере стран Латинской Америки по научным источникам [148].

1. Модель *EEPPS (Economic and Environmental Power Planning Software)* для планирования экономического и экологического энергопотребления представляет собой модель оптимизации, разработанную Мемориальным институтом Баттеля (BMI) [165]. Целевая функция определяется как минимизация системных затрат, включая затраты на производство, транспортировку и передачу электроэнергии, в дополнение к затратам на борьбу с загрязнением и внешним воздействиям, связанным с выбросами, вызванными производством электроэнергии. Это модель межвременной оптимизации с полной информацией.

Модель была разработана в электронных таблицах Microsoft Excel. Программное обеспечение использует линейное программирование для анализа производства и потребления энергии по секторам и регионам, при этом текущие и новые технологии производства электроэнергии определяются пользователем с учетом ограничений на инвестиционную мощность и экологические ограничения. Модель анализирует периоды по 5 лет. Результаты модели можно сравнить с энергетической политикой.

Модель EEPSS изначально была разработана для китайского электроэнергетического сектора. В 2000 году была адаптирована к бразильским и аргентинским условиям для анализа вариантов производства электроэнергии с минимальными затратами [148].

2. Модель *ENPEP (Energy and Power Evaluation Program)* может быть классифицирована как имитационная модель на основе рынка, с нелинейно-равновесным подходом (TD), целью которой является определение реакции различных сегментов энергосистемы на изменения в ценах на энергию и уровне спроса. Модель основана на децентрализованном процессе принятия решений в энергетическом секторе. ENPEP-BALANCE позволяет оценивать всю энергетическую систему (спрос и предложение) и экологические последствия различных энергетических стратегий. Одновременно с расчетами энергии модель рассчитывает экологические отходы, связанные с энергией, в дополнение к парниковым газам и обычному загрязнению воздуха [178].

ENPEP-BALANCE рекомендована в странах ЛАК для охвата всего спектра вопросов, возникающих на современных сложных энергетических рынках: анализ энергетической политики; прогнозы энергетического рынка; прогнозы спроса на электроэнергию и энергию; анализ вариантов развития электроэнергетики; анализ себестоимости продукции, предельных издержек и цен на электроэнергию на «спотовых» рынках; анализ рынков природного газа; прогнозы выбросов углерода; снижение выбросов парниковых газов.

Группа мексиканских экспертов применила ENPEP-BALANCE для разработки нескольких энергетических прогнозов и оценки различных вариантов снижения выбросов углерода. Компания общественного обслуживания Ямайки (JPSCO) использовала модель для разработки плана расширения системы с наименьшими затратами. Министерство энергетики Колумбии использовало ENPEP-BALANCE для своих ежегодных прогнозов рынка газа и электроэнергии [158].

3. Модель *HOMER* можно классифицировать как модель частичного равновесия с BU-подходом, целью является планирование и разработка проектов гибридных энергетических систем, которые удовлетворяют спрос при определенной доступности ресурсов. HOMER — это модель оптимизации с наименьшими затратами, разработанная Национальной лабораторией возобновляемой энергии (NREL) США. Модель рекомендуется для проектирования

изолированных систем, для оценки внедрения ВИЭ параллельно (гибридные системы) с работой традиционных систем генерации. Среди преимуществ модели - почасовое моделирование с учетом кривых эффективности оборудования в зависимости от его загрузки, ресурсов и спроса.

В исследовании был оценен экономический потенциал фотоэлектрической генерации в районе Амазонки четырех стран: Бразилии, Боливии, Колумбии и Перу. Авторы определили оптимальную конфигурацию системы, которая привела бы к более низким текущим затратам [88], с применением модели HOMER, в которой были проведены симуляции традиционных систем генерации и гибридных тепло-фотоэлектрических систем. Результаты моделирования показали, что в некоторых случаях гибридные системы имели меньшую стоимость приведенной стоимости. Результаты анализа чувствительности показали, что в большинстве конфигураций небольшое повышение цен на топливо или снижение капитальных затрат фотоэлектрических систем привело к значительному увеличению оптимальной мощности фотоэлектрических систем.

4. Модель *LEAP (Long Range Energy Alternatives Planning System)* - модель, разработанная Стокгольмским институтом окружающей среды [166] (SEI Boston), относится к BU-типу [93]. Модель очень гибкая и ориентирована на энергетическое планирование на основе построения сценариев.

LEAP имеет технологическую и экологическую базу данных, позволяет оценить влияние применения государственной политики, включая новые источники энергии, структурные изменения в секторах, применение новой ценовой политики, внедрение ВИЭ. Основными результатами являются: предполагаемый спрос на энергию, предполагаемое энергоснабжение, воздействие на ресурсы, воздействие на окружающую среду, прогноз энергетических балансов и оценка мер по снижению выбросов парниковых газов в энергетическом секторе. Модель подходит для формулирования и моделирования сценариев и определения стоимости каждого из них. В модели выполняется прямая оценка выбросов парниковых газов с учетом повышения энергоэффективности. LEAP позволяет включать ограничения на инвестиционные возможности или ограничения на производственную цепочку. LEAP применяется для электроэнергетического сектора, для транспортно-перерабатывающего сектора такой возможности пока нет.

Эта модель получила широкое распространение в мире и в ЛАК. Модель использовалась при формировании энергетического прогноза для Эквадора, Гондураса, Чили, Колумбии, Парагвая и Боливии. Исследования также учитывали воздействие сценариев на выбросы парниковых газов, а также требования к различным источникам энергии и, в частности, к биотопливу [101].

5. Модель MESSAGE (Модель альтернатив стратегии энергоснабжения и их общего воздействия на окружающую среду) разработана Международным институтом прикладного системного анализа (IIASA) в Австрии в 1980-х г [105]. MESSAGE - оптимизационная модель, используется для среднесрочного и долгосрочного планирования энергетических систем, анализа политики в области изменения климата и разработки сценариев для национальных или глобальных регионов. Этот инструмент использует периоды времени в 5 или 10 лет, чтобы смоделировать максимум 120 лет [86].

MESSAGE выбирает средства производства энергии для удовлетворения потребности в полезной энергии (экзогенной по отношению к методологии, рассчитанной на основе отраслевых моделей), которые минимизируют затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание всей энергетической системы в изучаемом временном горизонте [134]. Для этого в модели анализируются возможности замещения между источниками энергии по уровню конечного энергопотребления при ограничениях на имеющийся потенциал (запасы и мощности по выработке и передаче электроэнергии) и уровни воздействия на окружающую среду (выбросы в атмосферу).

В модели рассматривается ряд первичных источников (нефть, уголь, природный газ, уран, водные ресурсы, солнечная энергия, геотермальная энергия и др.) и различные источники для производства необходимых энергетических услуг (электроэнергия, жидкое и газообразное топливо и тепло) [69]. Спрос на энергию можно разделить по регионам, каждый первичный источник энергии можно разделить на ряд необязательных классов с учетом цены добычи, качества источника энергии и местонахождения месторождений. Эта стратификация позволяет представить нелинейные зависимости между затратами на добычу и количеством доступных ресурсов. Затем первичные ресурсы прямо или косвенно трансформируются во вторичные источники, удовлетворяющие спрос [193]. Суть MESSAGE заключается в технико-экономическом описании моделируемой энергосистемы [57].

Модель MESSAGE может использоваться в LAC для выполнения более сложного анализа энергетической интеграции и выявления региональных возможностей по снижению выбросов парниковых газов. В нескольких исследованиях использовалась модель MESSAGE. Например, MESSAGE активно используется в Бразилии с 2003 года в адаптированном виде, для расчета мер по адаптации с наименьшими затратами в условиях ряда возможных последствий изменения климата. Преимущество заключается в поиске оптимальных решений, учитывающих всю энергетическую цепочку и взаимодействие между спросом и предложением энергии. В Карибском бассейне модель MESSAGE ранее использовалась для разработки плана устойчивой энергетики для Кубы с разработкой двух сценариев на период 2000-2025 гг [171].

6. Модель RETScreen можно классифицировать как имитационную модель с подходом

частичного равновесия (BU), целью которого является анализ определенного сектора/технологии. Эта модель используется для анализа проектов производства электроэнергии, производства тепла, когенерации и мероприятий по повышению энергоэффективности. Модель позволяет управлять инвестициями и затратами на эксплуатацию и техническое обслуживание, рассчитывать выбросы CO₂ по проекту, проводить финансовый анализ, анализ чувствительности и рисков.

В RETScreen можно моделировать проекты с различными технологиями: ветровые, малые ГЭС, солнечные фотоэлектрические, концентрирующие солнечную энергию (КСЭ), геотермальные, энергия морских волн, отопление на биомассе. Анализ может быть выполнен для распределенной или централизованной генерации. Среди наиболее важных полученных результатов - нормированная стоимость энергии (LCOE), годовая выработка энергии, показатели экономической эффективности (внутренняя норма прибыли (IRR) и чистая приведенная стоимость (NPV)).

7. Модель *SystemAdvisorModel (SAM)* можно классифицировать как модель с подходом частичного равновесия (BU), которая развивает моделирование и оптимизацию, целью которой является анализ определенного сектора/технологии. Наиболее важными функциями SAM являются: анализ чувствительности, финансовый анализ проекта, параметрический анализ, оптимизационный анализ [107]. Среди основных полученных результатов: приведенная стоимость электроэнергии (LCOE), срок окупаемости инвестиций, годовая выработка электроэнергии или тепла, капитальные затраты и затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание, потребность в площади земли, годовое потребление воды и т. д.

Модель SAM применялась для анализа политики стимулирования технологий концентрации солнечной энергии в Бразилии. Авторы смоделировали различные конфигурации фотоэлектрических установок в различных регионах страны [168]. Были оценены два сценария: базовый и альтернативный, в котором учитывались финансовые стимулы. Результаты показали, что в краткосрочной перспективе новые технологии экономически нецелесообразны, т.к. нормированная стоимость энергии (LCOE) выше, чем при технологиях базового сценария (крупные ГЭС, ТЭС и АЭС). Альтернативный сценарий показал, что предлагаемые финансовые стимулы значительно снизят LCOE; при этом необходима более агрессивная политика, например, проведение специальных аукционов, направленных на конкретный регион, с целью содействия их выходу на рынок с меньшими затратами для общества.

8. Модель *SAME-OLADE (Моделирование и анализ энергетической матрицы)* представляет собой имитационную модель, которая позволяет строить различные сценарии спроса и предложения энергии для заданного горизонта исследования. Модель позволяет быстро генерировать сценарии, позволяя моделировать политику диверсификации матрицы

конечного потребления и производства электроэнергии, меры по сокращению выбросов парниковых газов (ПГ) и программы энергоэффективности.

Для сравнения сценариев определяются различные энергетические, экономические и экологические показатели, включая: индекс предложения возобновляемой энергии; индекс самодостаточности или энергообеспеченности; средний коэффициент выбросов парниковых газов; средняя стоимость энергоснабжения; структура энергопотребления; структура общего энергоснабжения; структура матрицы производства электроэнергии; перспективные энергетические балансы; перспективные выбросы парниковых газов; перспективы установленной мощности объектов электроэнергетики и другой инфраструктуры энергоснабжения; объем доказанных запасов ископаемых источников энергии; уровень использования потенциала ВИЭ.

Преимущества использования модели SAME-OLADE в энергетическом планировании в ЛАС:

- подходит для разработки и корректировки политики устойчивого развития энергетики;
- позволяет обновлять перспективные исследования энергии с учетом изменений в предпосылках или в ситуации;
- позволяет разработать исследовательские сценарии согласованного будущего энергетического сектора;
- позволяет разработать сценарии типа дорожной карты;
- подготовить национальные планы развития энергетики, как комплексные, так и секторальные.

9. Модель *SUPER OLADE* (*Единая региональная система планирования электроснабжения*) - модель регионального планирования электроэнергетики — это продукт, разработанный OLADE при финансовой поддержке Межамериканского банка развития. Эта модель используется для оценки расширения производства электроэнергии и системы в среднесрочной и долгосрочной перспективе, оптимизируя экономические затраты и сводя к минимуму энергетический риск [99].

Модель включает в себя стохастические модели потоков, а также анализирует другие условия неопределенности, такие как рост спроса, стоимость топлива и период строительства проектов. Модель позволяет установить и проанализировать различные варианты расширения генерации и передачи электрической системы в среднесрочной и долгосрочной перспективе, рассчитать общие инвестиционные и эксплуатационные затраты, эксплуатационные расходы ТЭС, предельные эксплуатационные расходы, стоимость капитала, годовые и месячные энергетические балансы, предельные выгоды от тепловой генерации, обмен энергией между

взаимосвязанными системами. Кроме того, она предоставляет критерии для принятия решений как в области разработки проектов, так и при разработке политики [147]. Модель SUPER OLADE позволяет проводить анализ чувствительности, принимая во внимание такие параметры неопределенности, как гидрологические риски, рост и почасовые характеристики спроса, стоимость топлива, время строительства проекта, лимит поставки топлива и другие.

Эта модель подходит для планирования и оценки энергетической политики с наименьшими затратами для расширения национальной системы электроснабжения на уровнях производства и передачи. Эта модель рекомендуется для гидротермальных систем с соответствующим участием ГЭС в производстве энергии из-за ее гидрологических модулей, которые позволяют проводить стохастическое моделирование гидрологии. Модель выполняет оптимизированное распределение энергии на ежемесячном уровне, поэтому применяется для среднесрочного планирования. Экологический модуль позволяет оценить экологические и социальные последствия генерирующих проектов, что актуально для гидроэнергетических проектов из-за местного воздействия на окружающую среду и населения, а также для ТЭС с точки зрения выбросов.

10. Модель *Wien Automatic System Planning (WASP)* может быть классифицирована как модель с подходом частичного равновесия, с BU-подходом, который позволяет разработать политику расширения системы производства электроэнергии на основе анализа оптимизации.

Модель использует в качестве методов вероятностную оценку системы для производственных затрат, затрат на необслуживаемую энергию и принцип надежности в дополнение к методам линейного программирования, которые позволяют определить оптимальную политику диспетчеризации, которая удовлетворяет экзогенным ограничениям, таким как выбросы, доступность топлива, минимальная выработка электроэнергии и ограничения инвестиционной мощности.

Эта модель подходит для экономического планирования систем производства электроэнергии на национальном уровне или для более крупных изолированных систем. Рекомендуется для преимущественно тепловых систем генерации, возможностей для моделирования ГЭС меньше. Ограничения инвестиционной мощности можно смоделировать, определив ограничения максимальной мощности, устанавливаемой для каждой технологии.

В исследовании [196] показан процесс энергетического планирования на Ямайке с применением модели WASP. Временной горизонт плана составлял 20 лет, требуемый уровень надежности — это LOLP (вероятность потери нагрузки), эквивалентный двум дням в году (0,55%). Стоимость неотпущенной энергии составила 2,32 долл. США/кВтч при ставке дисконтирования 11,95%. Три стратегии были смоделированы в WASP, и оптимальный план для каждой стратегии привел к затратам в размере 5,77 млрд долларов США. 5,84 миллиарда

долларов США и 8,17 миллиарда долларов США, соответственно. Впоследствии был проведен анализ чувствительности на основе оптимистичных и пессимистичных требований и различных ценовых сценариев [196].

Проанализированные модели представлены в соответствии с их характеристиками и преимуществами в таблице 2.6.

Таблица 2.6 - Модели энергетического планирования в странах Латинской Америки

Модели	Top-down	Bottom-up	Симуляция	Оптимизация	Секторный /подсекторный. /интегрированный /многоотраслевой	Использование	Область использования	Срок	
EEPPS	-	x	-	x	x	-	Частичное равновесие	Национальный уровень	1 год
ENPEP	x	-	x	-	-	-	Полное равновесие	Национальный и региональный уровни	75 лет
HOMER	-	x	x	x	x	-	Частичное равновесие	Проект	1 год
LEAP	x	x	x	x	x	x	Частичное равновесие	Национальный и региональный уровни	Неогр.
MESSAGE	-	x	-	x	x	x	Частичное равновесие	Глобальный, национальный и региональный уровни	50+ лет
RETScreen	-	x	x	-	x	-	Частичное равновесие	Проект	Макс. 50 лет
SAM	-	X	-	X	X	-	Частичное равновесие	Проект	Неогр.
SAME	-	X	X	-	X	-	Частичное равновесие	Национальный и региональный уровни	50 лет
SUPER OLADE	X	X	X	X	X	-	Частичное равновесие	Национальный и региональный уровни	Неогр.
WASP	-	-	X	X	X	-	Частичное равновесие	Национальный и региональный уровни	Неогр.

Источник: [148]

Из рассмотренных моделей наиболее распространена в странах ЛАК модель LEAP, преимущества которой заключаются в ограниченных требованиях к исходным данным, подробные статистические данные требуются только за базовый год. LEAP позволяет включать данные и результаты из других независимых моделей, выступает в качестве гибридного энергетического аналитического инструмента, с неограниченным временным горизонтом. Эти характеристики делают модель LEAP наиболее подходящей для энергетического планирования.

Модель LEAP широко применяется в ЛАК, а также использовалась в исследованиях на уровне секторов в РЭ, поскольку она обеспечивает гибкость в использовании методологий «TD» и «BU». Модель генерирует исчерпывающую информацию об энергетическом секторе, основных взаимодействиях энергетических цепочек и влияния социально-экономических,

экологических и поведенческих факторов.

2.4 Выводы по главе 2

1. Стратегическое энергетическое планирование, как и энергетическая политика, строится на основе системного подхода, включающего цепочки производства энергии и их внутренние взаимодействия, а также промежуточное и конечное потребление. В целом системный подход предполагает анализ взаимодействия энергетического сектора с экономикой с учетом социально-экономических и экологических аспектов в контексте энергетической устойчивости.

2. В процессе энергетического планирования необходимо оценить различные варианты обеспечения энергетических потребностей, исходя из имеющихся ТЭР, а также потенциала ВИЭ. Процесс планирования на подсекторальном уровне должен иметь подробную детализацию, уделяя при этом особое внимание ключевым или критическим моментам, влияющим на энергоснабжение.

3. Анализ показал, что различные сектора спроса характеризуются используемыми источниками энергии, графиками потребления, преобладающими технологиями, структурой потребления. Поэтому стратегия энергоэффективности должна способствовать эффективному использованию энергии, прежде всего, за счет снижения энергоемкости в доминирующем по объему потребления транспортном секторе.

4. Национальный план по энергоэффективности РЭ на 2016–2035 годы (PLANEE) основан на международной практике, а также на накопленном в период 2007–2015 гг. опыте. PLANEE включает планы во всех секторах потребления, способствуя постепенной замене топлива и источников энергии с высоким воздействием на окружающую среду на более экологичные, включая ВИЭ. План направлен на разработку мероприятий по повышению энергетической устойчивости, чтобы гарантировать населению и будущим поколениям устойчивое экономическое развитие, основанное на доступе к современной, чистой и экономичной энергии посредством более разумного, эффективного и ответственного использования ресурсов.

5. Системный подход к стратегическому планированию энергетического сектора нацелен на изучение социальных процессов производства, преобразования, транспорта или передачи, распределения и потребления энергии во всех аспектах (физических, технологических, экономических, экологических, правовых, социальных и т.д.). В рамках этого подхода планирование состоит из изучения энергетической подсистемы и ее множественных взаимодействий с социально-экономической системой, рассматривая процессы производства и потребления энергии как социальные процессы, в которых идентификация характеристик различных агентов / групп агентов имеет важное значение.

6. Прогноз потребления и предложения энергии — это задачи, которые охватывают ряд

областей знаний и включают большое количество переменных. Поэтому широко используются математические модели, описывающие энергетическую цепочку, от добычи источников энергии до ее конечного использования, на всех этапах производства, преобразования, распределения и хранения.

7. Разработана аналитическая процедура выбора модели стратегического энергетического планирования, включая: цели инструментов энергетического планирования (моделей); авторскую классификацию моделей соответствии с их направленностью, масштабом, сроками, уровнем равновесия, целям, способу построения, методу планирования; анализ характеристик различных моделей энергетического планирования, а также опыт их применения в странах Латинской Америки; сравнительный анализ признаков моделей. На основе разработанной процедуры выполнен анализ 10 основных моделей, применяемых в энергетическом планировании, и обоснованно выбрана модель LEAP.

ГЛАВА 3 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СЕКТОРА В КОНТЕКСТЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

3.1 Моделирование развития энергетического сектора Республики Эквадор с применением инструментария LEAP

Анализ показал, что энергетическое планирование в РЭ на 2021–2050 годы осуществляется с применением модели LEAP (долгосрочное планирование альтернативных источников энергии) [98]. Эта модель является одной из наиболее известных для моделирования энергетических систем в развивающихся странах. В программе моделируется спрос со стороны конечных потребителей с учетом макроэкономических факторов, в прогнозах предложения применяется оптимизационное моделирование. Модель включает базу данных технологий и окружающей среды (TED), которая содержит данные о затратах, производительности и коэффициентах выбросов для более чем 1000 энергетических технологий. LEAP может выполнять моделирование децентрализованных энергетических систем для разработки стратегий электрификации сельских районов, что особенно важно для развивающихся стран. На рисунке 3.1 представлены основные процедуры работы LEAP.

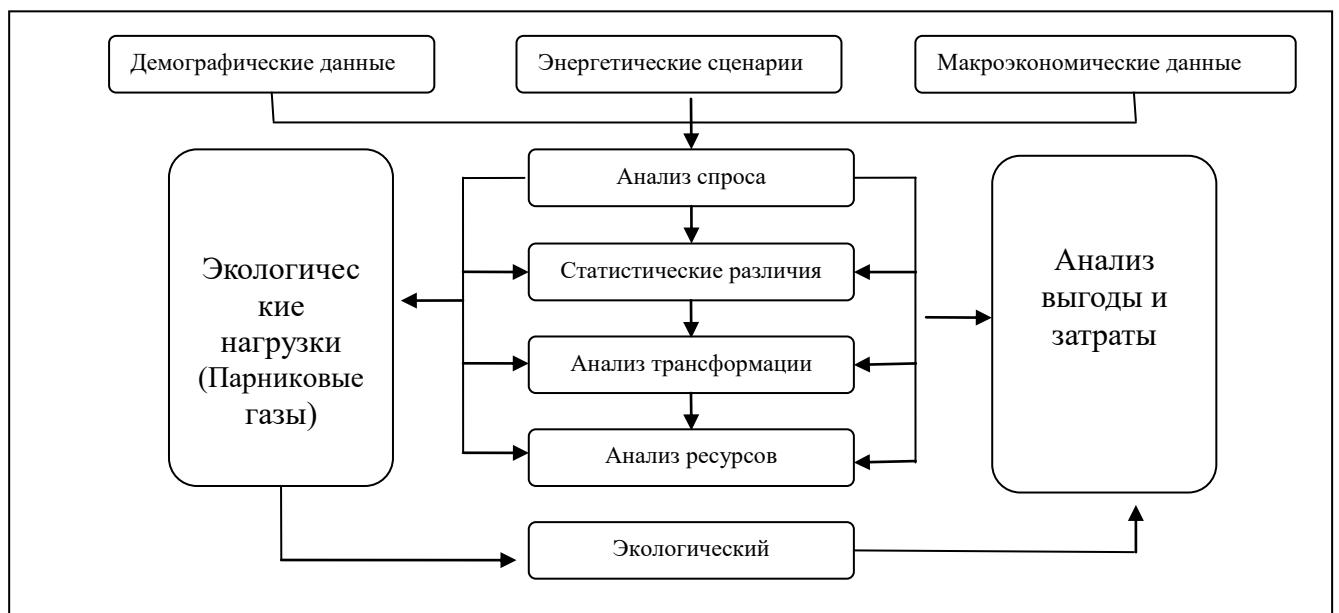


Рисунок 3.1 - Процедура работы LEAP

Источник [98]:

Входные данные включают демографические данные, энергетические сценарии (предположения) и макроэкономические данные, в совокупности являются переменными, определяющими спрос на энергию.

Построение и анализ сценариев в модели

Построение сценариев включает этапы подготовки (анализ текущей ситуации),

формулирования (возможные варианты будущего определяются с помощью различных методов, включая экспертную оценку), использования (принятие решений).

Этапы подготовки и формулирования сценариев основаны на выявлении основных характеристик энергосистемы и ее работы, изучении фундаментальных факторов: экономика, социальные акторы, общественные и частные организации, действующие правовые нормы и культурные аспекты как экзогенных переменных системы. Анализ среды обуславливает развитие остальных элементов и позволяет с самого начала иметь глобальное видение для лучшего понимания проблем анализируемой системы [66].

Энергетическая система должна раскрывать поведение компонентов энергетического баланса на основе ресурсов, производства, преобразования, распределения, потребления и воздействия на окружающую среду. Важно знать взаимосвязи между подотраслями, представленными энергетическими балансами, технологиями в каждом использовании, а также конкретными процессами и потреблением, такими как: земля, воздух, морской и речной парк, потребление семьи в зависимости от доходов. В рамках построенных сценариев анализировалась текущая ситуация, соответствующая 2020 году.

Период планирования

При планировании энергосистемы следует учитывать, что инвестиции в расширение мощностей носят долгосрочный характер. Таким образом, требуется не менее 15 лет для определения конкретных проектов по электроэнергии, разведке, разработке месторождений.

Сценарии должны быть определены на основе учитываемых причинно-следственных связей. Отраслевая энергоемкость определяется по отраслевым экономическим прогнозам. Используются системные эконометрические модели, учитывающие совокупные компоненты спроса и предложения, чтобы взаимосвязи между переменными оставались постоянными. Полученные прогнозы могут привести к циклическим движениям, которые необходимо нормализовать, поскольку энергоемкости нельзя оценивать на спаде или на пике каждого цикла, поскольку это привело бы к завышению или недооценке емкости.

Если циклы затухают, они указывают на внутреннюю стабильность экономической системы, а если они увеличиваются, то указывают на нестабильность с риском, если не будут приняты меры предосторожности для ее стабилизации. Среднесрочный период включает 2020-2050 годы.

Экономические сценарии

Экономические сценарии будут состоять из инерционного и альтернативного сценариев. Первый ориентирован на экономический рост с достигнутыми темпами, в соответствии с численностью населения, потенциалом развития страны и государственным управлением. Альтернативный сценарий будет характеризоваться максимальным или минимальным ростом

ВВП в последние десятилетия, как выражение максимального потенциала развития или за счет его недоиспользования, из-за ограничений, накладываемых окружающей средой и требований УР.

Энергетические сценарии по секторам

Энергетические сценарии создаются на основе ранее разработанных экономических сценариев. Информация за базовый год является основой для прогнозирования спроса и предложения энергии. Структура базового года с точки зрения энергопотребления должна быть увязана со структурой, определенной в экономической модели, и секторами, которые ее составляют.

Требуется смоделировать отношения между секторами и экономикой, определить мероприятия на основе энергетических балансов и возможностей развития, указать первичные и вторичные ресурсы, которые будут ограничивать систему. С помощью этих элементов создается эталонный энергетический сценарий на основе инерционного экономического сценария. Из каждого экономического сценария возможно получение нескольких энергетических сценариев, которые должны учитывать макроэкономические тенденции или оценку политики, направленной на замену источников энергии, внедрение более эффективных технологий, развитие ВИЭ, снижение воздействия на окружающую среду и т.д.

Сценарии сектора наземного транспорта

Моделирование сектора выполнено на основе исследования, проведенного INER «Внедрение устойчивых альтернативных источников энергии в матрицу наземного транспорта в Эквадоре» [160]. Оно позволило модернизировать систему городских и междугородных пассажирских и грузовых перевозок. Для анализа транспортного сектора были сформулированы три сценария:

1. Базовый сценарий, сохраняющий тенденцию роста.
2. Умеренный, в котором применяются меры замещения и эффективности (S&E), предполагающие замену традиционных видов топлива (бензин и дизельное топливо) на биотопливо и электроэнергию, а также предполагающие совершенствование технологий за счет повышения эффективности электродвигателей.
3. Сильный, в котором меры умеренного сценария дополнены стандартами жизненного цикла (CVU) ко всем личным автомобилям.

В базовом сценарии было проанализировано, что произойдет с автопарком, если не будут приняты дополнительные энергетические меры. Цель состоит в том, чтобы получить результаты тенденций, если не используются новые меры, отсутствуют структурные изменения, которые изменят спрос на транспортные средства, или государственные решения, влияющие на потребителей.

В умеренном и сильном сценариях были подтверждены комбинированные эффекты, в основном за счет:

- более высокая эффективность двигателей, что отражается на всех транспортных средствах и снижает потребление;
- замена бензина и дизельного топлива биотопливом, что сокращает импорт нефтепродуктов;
- новые технологии, заменяющие обычные автомобильные двигатели гибридными и электрическими;
- замена большегрузного транспорта электрической железной дорогой в коридоре Кито-Гуаякиль, что сократит потребление дизельного топлива;
- сокращение среднего маршрута легковых автомобилей и внедорожников за счет расширенного и диверсифицированного предложения услуг общественного транспорта. На рисунке 3.2 показаны 3 сценария потребления энергии на наземном транспорте, в таблицах 3.1-3.3 представлены показатели спроса на энергию по трем сценариям по видам энергии.

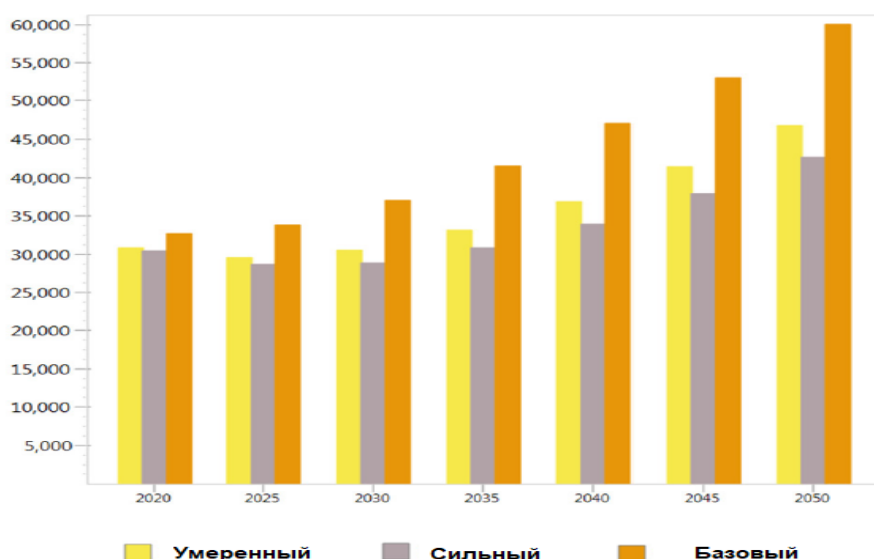


Рисунок 3.2 - Спрос на энергию по сценариям в секторе наземного транспорта

Источник: [98]

Таблица 3.1 - Спрос на энергию по источникам в секторе наземного транспорта в (кВЕР), базовый сценарий

Вид энергии	2020	2030	2040	2050
Электричество	0,11	0,16	0,36	0,57
Бензин	16.725,18	19.629,10	25.066,94	32.005,96
Дизель	15.759,17	17.144,93	21.574,80	27.600,57
Сжиженный нефтяной газ	94,01	129,71	165,44	211,74
Этанол	107,74	129,55	165,10	211,32
Другие	16,92	20,62	26,26	33,62
Всего	32.703,13	37.054,08	46.938,90	60.063,76

Источник: [98]

Таблица 3.2 - Спрос на энергию по источникам в секторе наземного транспорта в (кВЕР), умеренный сценарий

Вид энергии	2020	2030	2040	2050
Электричество	447,48	1.473,83	2.617,88	3.844,93
Бензин	14.487,28	14.316,56	16.261,93	19.747,47
Дизель	14.664,21	13.836,61	17.154,67	22.189,67
Сжиженный нефтяной газ	68,47	46,44	8,69	-
Этанол	1.107,70	887,12	827,62	921,19
Другие	13,46	8,72	7,64	9,44
Всего	30.788,61	30.571,29	36.878,43	46.712,70

Источник: [98]

Таблица 3.3 - Спрос на энергию по источникам в секторе наземного транспорта в (кВЕР), сильный сценарий

Вид энергии	2020	2030	2040	2050
Электричество	460,15	1.543,91	2.698,50	3.969,36
Бензин	14.323,44	13.447,30	14.836,53	17.768,18
Дизель	13.029,16	9.746,34	11.714,74	15.114,47
Сжиженный нефтяной газ	68,47	46,44	8,69	-
Этанол	1.090,57	812,50	721,36	772,72
Другие	13,01	6,78	4,72	5,03
Биодизель	1.477,12	3.301,85	3.948,80	5.091,87
Всего	30.461,92	28.905,12	33.933,34	42.721,62

Источник: [98]

Последствия замены электроэнергии наземным транспортом в 2050 г. на электроэнергию для сильного сценария показывают снижение спроса на бензин и дизельное топливо на 44% и 45% соответственно по сравнению с базовым сценарием; точно так же спрос на электроэнергию увеличивается до 99%. Кроме того, в рамках мероприятий по замещению и повышению эффективности в сильном сценарии происходит увеличение спроса на этанол для смесей с бензином на 72% и проникновение биодизеля.

Сценарии жилого сектора

Согласно Национальному энергетическому балансу 2014 г., на долю жилого сектора приходится 12% от общего потребления энергии, достигая 12 000 тысяч баррелей нефтяного эквивалента (кВЕР); из этого потребления 60% приходится на сжиженный нефтяной газ (СНГ), 30% на электроэнергию и 10% на дрова. Что касается потребления СУГ в стране, то 91% приходится на жилой сектор, а также 77% всего СУГ, потребляемого в стране, импортируется (MICSE, 2014), что предполагает увеличение государственного бюджета для покрытия субсидий и гарантий поставок. В связи с этим Министерство энергетики и невозобновляемых природных ресурсов (MERNNR) запустило «Программу повышения энергоэффективности для индукционного приготовления пищи и нагрева воды с помощью электричества для замены

сжиженного нефтяного газа в жилом секторе» (РЕС), целью которой являлась замена 3 млн. газовые плиты с электрическими индукционными плитами к концу 2017 года.

В случае жилого сектора была разработана модель для разбивки использования тепла (сжиженный газ и дрова) на приготовление пищи и нагрев воды, а также с учетом использования электроэнергии для приготовления пищи, нагрева воды и конкретных видов использования (освещение, кондиционирование воздуха, охлаждение и так далее). Моделирование конкретных видов использования электроэнергии использует в качестве переменной потребление семьи на душу населения, генерируемое в экономической модели, и его рост (рисунок 3.3) [98].

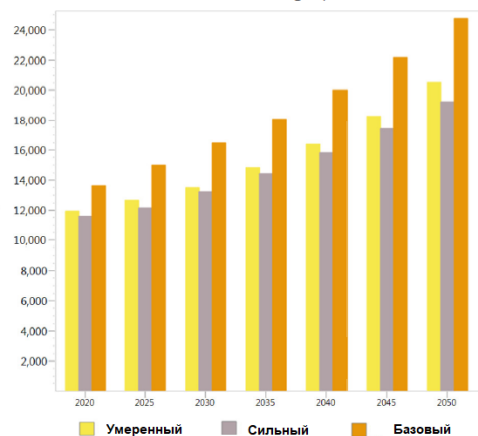


Рисунок 3.3 - Спрос на энергию по сценариям, жилой сектор

Источник: [98]

О влиянии перехода с СНГ на электричество на приготовление пищи в умеренном и сильном сценариях свидетельствует увеличение участия электричества в этом конкретном использовании, достигающее 77% в 2050 году в обоих случаях. Это связано с достижением цели ПЭК, рассматриваемой при моделировании. Общий спрос жилого сектора для базового, умеренного и сильного сценариев представлен в таблицах 3.4, 3.5 и 3.6.

Таблица 3.4 - Энергопотребление жилого сектора в (кВЕР), базовый сценарий

Вид энергии	2020	2030	2040	2050
Электричество	4.661,40	6.571,75	9.279,39	13.158,71
Сжиженный нефтяной газ	7.649,21	8.450,61	9.153,65	9.912,87
Дрова	1.296,92	1.432,80	1.552,00	1.680,72
Всего	13.607,54	16.455,16	19.985,04	24.752,30

Источник: [98]

Таблица 3.5 - Энергопотребление жилого сектора в (кВЕР), умеренный сценарий

Вид энергии	2020	2030	2040	2050
Электричество	7.755,01	11.675,01	14.792,87	18.835,25
Сжиженный нефтяной газ	3.015,22	757,82	681,37	737,89
Дрова	1.159,72	1.064,68	918,69	944,09
Всего	11.929,95	13.497,50	16.392,94	20.517,23

Источник: [98]

Таблица 3.6 - Энергопотребление жилого сектора в (кВЕР), сильный сценарий

Вид энергии	2020	2030	2040	2050
Электричество	8.228,74	11.449,00	14.095,82	17.673,47
Сжиженный нефтяной газ	2.167,24	629,04	681,37	737,98
Дрова	1.189,38	1.144,27	1.055,62	944,09
Всего	11.585,36	13.222,31	15.832,82	19.255,45

Источник: [98]

Сценарии в промышленности базовых отраслей и горнодобывающей промышленности

Промышленность является вторым сектором с наибольшим участием после транспорта в матрице общего потребления, в котором в базовом году было зарегистрировано потребление 18 050 тыс. британских фунтов. Среди используемых источников доля дизельного топлива составляет 41%, за ним следует электроэнергия с 29% и мазут с 15%; первый из источников энергии достиг 47% от общего объема импорта производных в 2013 году. Хотя потребление дизельного топлива в основном регистрируется в транспортном секторе, доля промышленности составляет 25%, поэтому важно применение мер по повышению энергоэффективности.

Таким образом, МЭЭР установило в качестве одной из своих основных целей повышение энергоэффективности промышленного сектора, для чего в 2013 году была предложена реализация проекта «Энергоэффективность для промышленности (EEI)». С другой стороны, Министерство промышленности и производительности (MIPRO) начало в 2010 году реализацию «План Renova Industria» с целью замены старого, устаревшего и неэффективного оборудования на современное оборудование, использующее источники энергии с большей эффективностью (электричество, природный газ) и повышение производительности.

С 2007 года Эквадор начал процесс преобразования своей социальной, экономической, институциональной и нормативно-правовой структуры, в котором ведущую роль играют изменения в энергетическом балансе и балансе производства. Это процессы, которые дополняют друг друга и, в свою очередь, являются фундаментом для достижения целей развития, поставленных государством. В случае с промышленным сектором было предложено ввести стратегические базовые отрасли (алюминий, сталь, медь, нефтехимия, судостроение и целлюлозно-бумажная промышленность) [132] с целью продвижения превращения страны в экспортера товаров с высокой добавленной стоимостью. Хотя эти отрасли будут диверсифицировать и расширять производство, экспорт и рынки, они окажут значительное влияние на поставки электроэнергии, природного газа и производных, поскольку они очень энергоемки.

Что касается горнодобывающего сектора, то в Национальном энергетическом балансе определяется потребление этого сектора вместе с сельским хозяйством и рыболовством, что в совокупности соответствует 1% от общего потребления [132]. Горнодобывающая

промышленность Эквадора в настоящее время она находится в процессе развития. Государство приняло решение поддерживать добычу полезных ископаемых на всех ее этапах, способствуя развитию различных горнодобывающих проектов.

Для проектирования сценариев в обрабатывающей промышленности за основу была взята промышленная энергоемкость, представляющая собой отношение общего энергопотребления в базовом году к отраслевому ВВП. Также учитывались темпы роста промышленного ВВП, полученные из экономической модели, энергоемкость была получена из прогноза энергопотребления указанного сектора. С другой стороны, для каждого сценария была получена гипотеза замещения источников и мер по повышению энергоэффективности внутри сектора. Что касается замещения источников, ожидается, что электричество и природный газ увеличат свое участие в балансе потребления для производства тепла и энергии.

Кроме того, для базового сценария учитывалось отсутствие улучшения энергоэффективности отрасли, при постоянном уровне энергоемкости. Для умеренного сценария было оценено, что применение мер замещения и повышения эффективности приведет к снижению энергоемкости на 10% до 2030 года, оставаясь далее неизменным. В этом сценарии доля электроэнергии и природного газа достигнет 15% и 5% соответственно до 2042 г. по использованию энергии для производства тепла и энергии. В случае сильного сценария предлагалось еще большее снижение энергоемкости до 2030 г. на 20 % по сравнению с базовым годом; далее остается постоянной. Меры по замещению источника будут такими же, как и в умеренном сценарии.

Рассматривая влияние этих отраслей на энергетический баланс, учитывалось совокупное потребление каждого источника энергии на основе имеющейся информации об ожидаемом потреблении каждого источника в каждом из новых видов деятельности. При разработке сценариев, соответствующих горнодобывающему сектору, рассматривалась реализация крупных горнодобывающих проектов, таких как: Мирадор, Фрута-дель-Норте, Пананца-Сан-Карлос, Рио-Бланко и Кимсакоча. Моделирование этих сценариев проводилось исключительно на основе справочной информации из стран региона. Для оценки потребления в горнодобывающем секторе оно базировалось на данных об энергоемкости горнодобывающей промышленности в Перу и Чили и вклада горнодобывающих проектов в ВВП сектора. Принято считать, что в базовом сценарии крупномасштабная добыча не будет развиваться. В случае умеренного и сильного сценариев считалось, что энергоемкость будет иметь постепенный рост, пока не достигнет стабильного значения в 2030 г., которое будет оставаться постоянным до конца периода исследования. Спрос на энергию для промышленности с учетом гипотез повышения энергоэффективности для базового, умеренного и сильного сценариев представлен на рисунке 3.4.

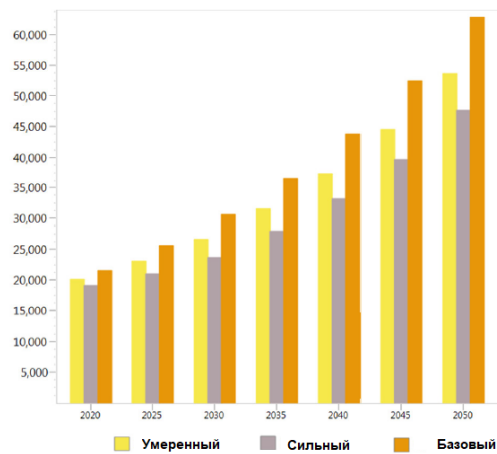


Рисунок 3.4 - Спрос на энергию по сценариям, сектор промышленности

Источник: [98]

В случае базового сценария зафиксирован рост спроса в период с 2015 по 2050 год примерно на 44 000 кВЕР, в то время как для умеренного и сильного сценариев рост достигает 35 000 кВЕР и 30 000 кВЕР соответственно, что свидетельствует об эффекте применения мер по повышению энергоэффективности на отраслевом уровне. Далее в таблицах 3.7, 3.8 и 3.9 показан спрос на энергию по источникам в промышленности.

Таблица 3.7 - Спрос на энергию по источникам в промышленности в (кВЕР), базовый сценарий

Вид энергии	2020	2030	2040	2050
Электричество	6.227,38	8.555,78	11.808,05	16.299,09
Бензин	190,76	275,56	399,86	580,31
Дизель	9.486,10	13.702,85	19.883,78	28.857,14
Флотский мазут	2.752,18	3.975,57	5.768,83	8.372,25
Сжиженный нефтяной газ	682,12	985,33	1.429,79	2.075,03
Дрова	385,41	556,74	807,86	1.172,44
Природный газ	15,93	23,01	33,39	48,46
Биомасса	1.771,07	5.558,34	3.712,33	5.387,66
Всего	21.510,95	30.633,19	43.843,89	62.792,40

Источник: [98]

Таблица 3.8 - Спрос на энергию по источникам в промышленности в (кВЕР), умеренный сценарий

Вид энергии	2020	2030	2040	2050
Электричество	6.311,29	8.996,69	13.576,82	19.855,43
Бензин	181,23	248,01	359,87	522,28
Дизель	8.329,64	10.065,44.	12.670,49	17.826,86
Флотский мазут	2.598,60	3.524,96	5.069,67	7.344,42
Сжиженный нефтяной газ	575,82	646,85	733,80	1.005,50
Дрова	366,14	501,06	727,08	1.055,20
Природный газ	113,21	346,67	781,27	1.214,61
Биомасса	1.682,51	2.302,51	3.341,09	4.848,90
Всего	20.158,44	26.632,18	37.260,10	53.673,20

Источник: [98]

Таблица 3.9 - Спрос на энергию по источникам в промышленном секторе (кВЕР), сильный сценарий

Вид энергии	2020	2030	2040	2050
Электричество	5.979,11	7.997,06	12.068,29	17.649,27
Бензин	171,69	220,45	319,89	464,25
Дизель	7.891,24	8.947,06	11.262,66	15.846,10
Флотский мазут	2.461,84	3.133,30	4.506,38	6.528,37
Сжиженный нефтяной газ	545,51	574,98	652,27	893,78
Дрова	346,87	445,39	646,29	937,96
Природный газ	107,25	308,15	694,46	1.079,65
Биомасса	1.593,96	2.046,67	2.969,86	4.310,13
Всего	19.097,47	23.673,05	33.120,09	47.709,51

Источник: [98]

В базовом сценарии дизель остается наиболее используемым источником энергии на протяжении всего периода исследования, достигая доли 45% от суммарного потребления в 2050 г., тогда как для умеренного и сильного сценариев фиксируется 33%. В обоих сценариях электроэнергия становится источником энергии с наибольшим потреблением.

3.2 Методический подход к стратегическому планированию энергетического комплекса Республики Эквадор

Методологической основой энергетического планирования является стратегическое индикативное планирование, основные процессы которого и методические блоки представлены на рисунке 3.5.

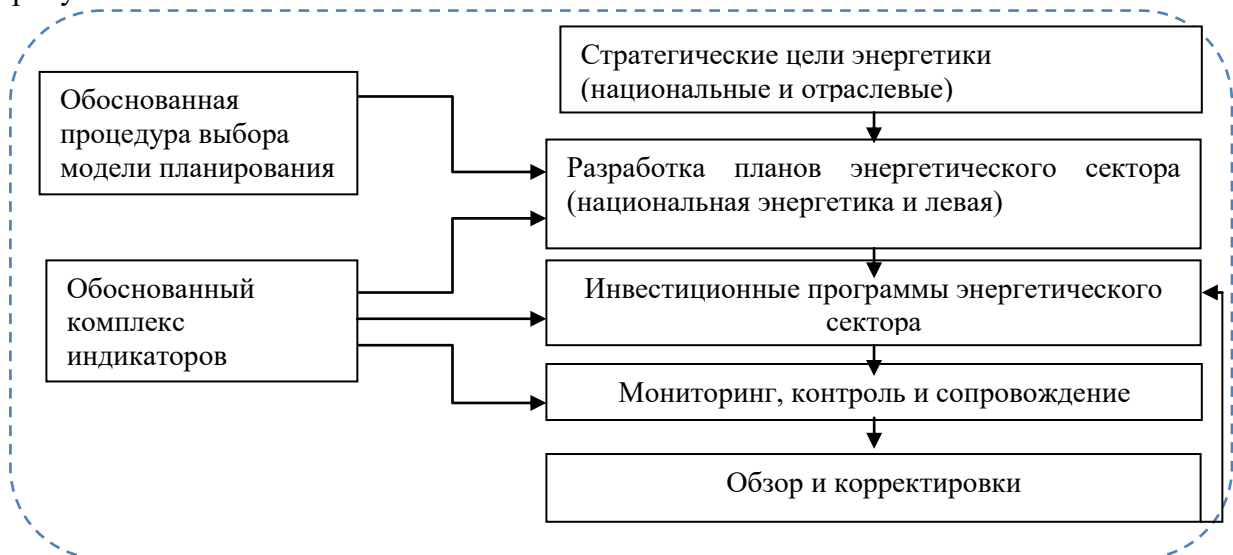


Рисунок 3.5 - Основные процессы и методические блоки при стратегическом индикативном планировании в энергетическом секторе

Источник: составлено автором

Основные процессы стратегического планирования в энергетическом секторе включают следующие.

1. Определение долгосрочных, среднесрочных и краткосрочных целей.

Возможность проверки соответствия целям плана предполагает необходимость постановки количественных и временных целей, позволяющих оценить степень прогресса и рассмотреть возможные отклонения и их адаптацию к ожидаемым изменениям. Количественные цели должны отражать:

- политику эффективного использования энергии, включая ВИЭ (ветер, солнечная энергия) и достижение определенного процента участия ВИЭ в общем объеме потребляемой энергии в год,
- привязку целей в определенные годы к нормативному и институциональному регулированию,
- связь с горизонтом времени и периодам реализации предложений по регулированию, инфраструктуре, скоординированному использованию различных источников.

2. Составление энергетического прогноза, долгосрочных и краткосрочных планов

Энергетический прогноз формируется в контексте анализа государственной политики и стратегического планирования. Энергетический прогноз позволяет:

- разработать видение будущего технологий и ключевых аспектов развития;
- обеспечить источники знаний;
- включить диалог между субъектами;
- мобилизовать широкую коллективную дискуссию для размышлений о будущем;
- содействовать созданию сетей сотрудничества;
- предоставлять информацию для определения и разработки технологических политик;
- «исследовать будущее» в рамках модальности «what, if» с использованием методики сценариев для определения степени неопределенности в принятии решений.

Энергетическая политика – это отраслевая политика, которая является частью долгосрочной социально-экономической политики. С другой стороны, принимая во внимание производственные цепочки энергетического сектора, энергетическая политика дезагрегируется: общая или сквозная политика (тарифы, предложение, институциональная, экологическая, рациональное использование ТЭР, подготовка кадров и т. д.) и политики в подсекторах (электроэнергия, возобновляемые источники, нефтепродукты и т. д.).

Энергетическая политика предназначена для достижения желаемой ситуации, развиваясь через ряд промежуточных состояний, осуществляется путем применения набора действий

(стратегий), пересматриваемых и корректируемых по мере достижения целей каждого этапа, а также в зависимости от наличия ресурсов и рисков на основе процесса энергетического планирования.

3. Инвестиционные программы и финансирование

Включают выбор направлений инвестирования в энергетическом секторе в зависимости от целей и приоритетов энергетической политики, отбор проектов и поиск источников финансирования с учетом их множественности и различных условий привлечения.

4. Мониторинг, контроль и сопровождение

Для оценки и контроля применения энергетического планирования его развитие отслеживается с помощью показателей эффективности, которые позволяют количественно и качественно измерять прогресс в достижении целей, установленных для планов или программ действий, в рамках установленных стратегий.

Мониторинг показателей — это процесс, который позволяет следить за их изменением с периодической частотой таким образом, чтобы оценить, соответствует ли производительность тому, что было запрограммировано, или она отклоняется от ожидаемого. После этого формируются решения для возможного пересмотра планирования, анализа и переоценки стратегий, планов и целей в периодических процессах, которые занимают периодичность в один или несколько лет. Целями мониторинга являются: проверка соответствия краткосрочным, среднесрочным и долгосрочным целям, установленным в планах действий; оценка запланированных действий; необходимые корректировки при реализации программ корректировки.

5. Обзор и корректировка стратегии

После контроля результатов энергетического планирования по обоснованному набору показателей производится оценка, определяются меры корректировки энергетической стратегии.

Основные методические блоки (инструменты) стратегического планирования включают процедуру выбора моделей планирования и обоснование индикаторов для оценки.

Алгоритм или дерево решений для выбора модели планирования должны учитывать тип моделей по классификации, доступность и тип данных для модели (рисунок 3.6).

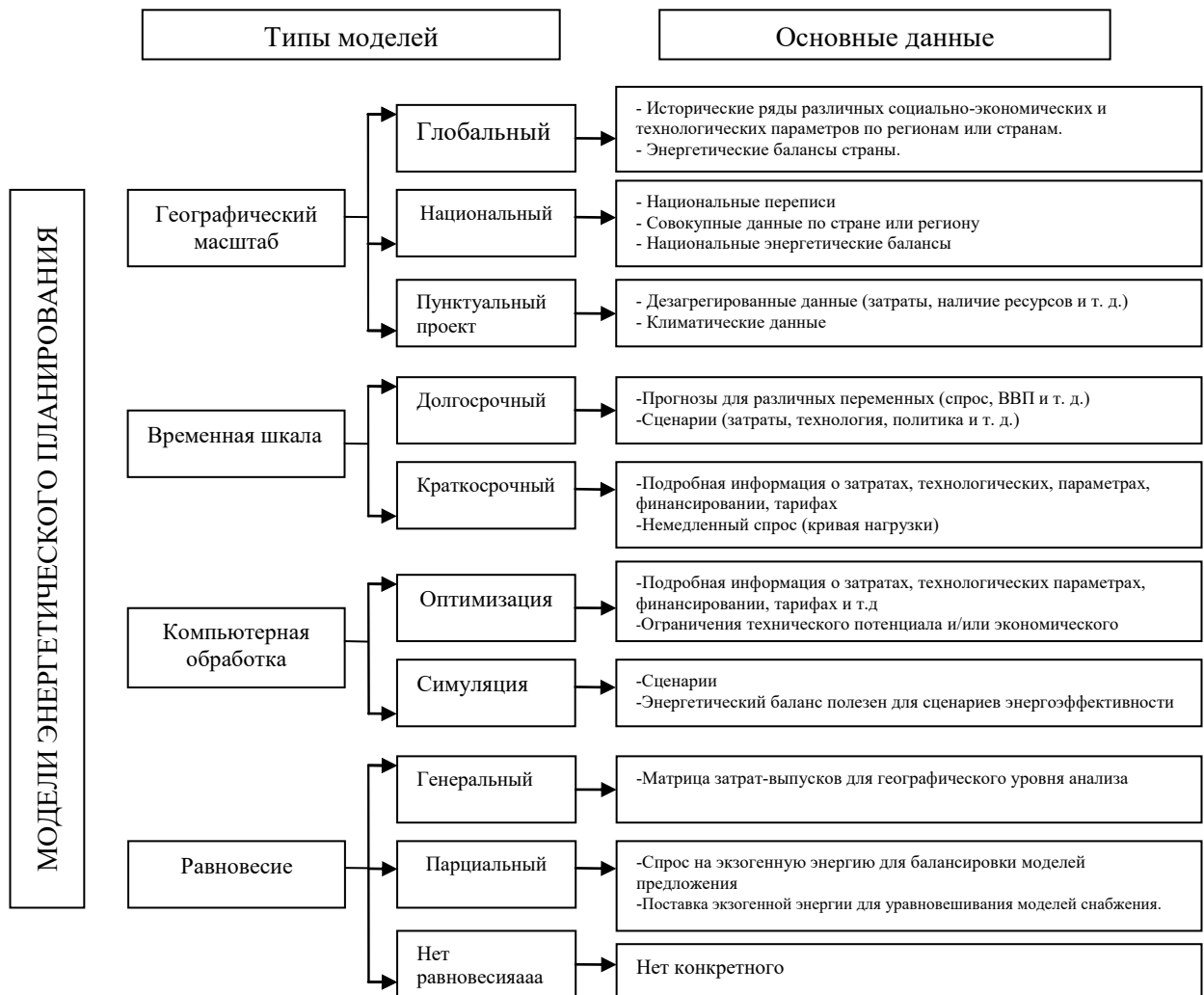


Рисунок 3.6 – Типы моделей и основные данные для различных типов моделей энергетического планирования

Источник: [148]

Условия выбора модели:

- уровень энергетического планирования: глобальный, национальный или местный/региональный уровень для конкретного энергетического проекта;
- временной период энергетического планирования: краткосрочный, среднесрочный или долгосрочный периоды;
- принцип построения модели (тип модели): инструменты оптимизации или имитационного моделирования. Примером использования моделей оптимизации является планирование расширения систем генерации с учетом минимальных общих затрат. С другой стороны, имитационные модели довольно часто используются вместе со сценарной техникой для прогнозирования энергопотребления;
- тип баланса при энергетическом планировании: модели общего равновесия (спрос, внутреннее производство, импорт, экспорт), модели частичного равновесия (секторальные или подсекторальные) или «неравновесные» модели для конкретных проектов.

Выбор модели базируется на следующих характеристиках: географический масштаб (национальный или местный), период времени (долгосрочный), равновесие (с приоритетом в секторе или подсекторе) (рисунок 3.7).

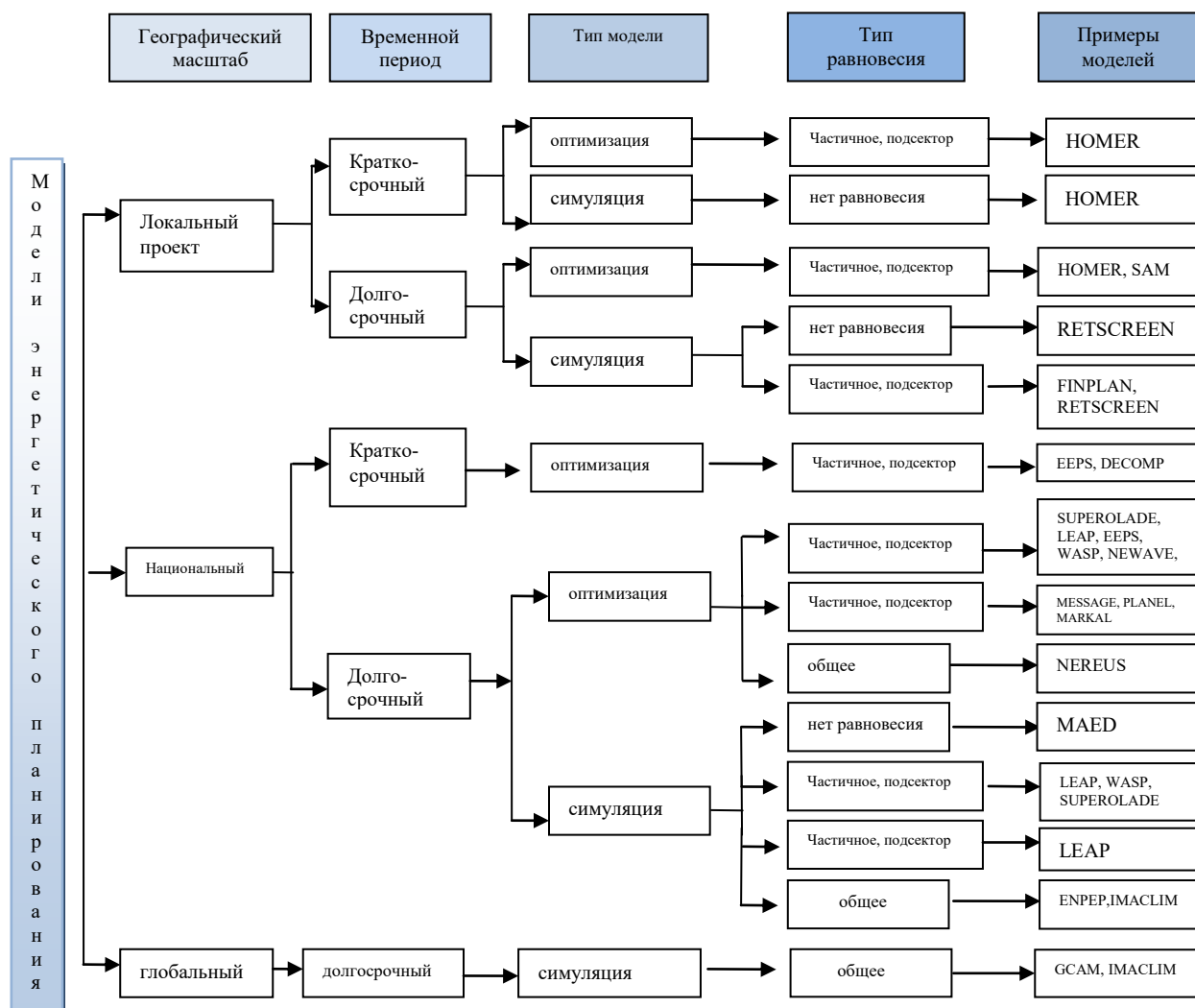


Рисунок 3.7 - Схема принятия решений для возможного применения модели энергетического планирования в странах ЛАК

Источник: [148]

Анализ показал, что из рассмотренных моделей, соответствующими условиям являются:

RETSCREEN - модель для конкретных проектов локального уровня, позволяющая моделировать установки с различными технологиями и схемами долгосрочной эксплуатации (до 50 лет).

SAM - модель, используемая для оценки конкретных проектов локального уровня, тестирования различных технологий на довольно детальном инженерном уровне, которая моделирует работу установки на протяжении всего срока ее полезного использования (долгосрочный), а также позволяет оптимизировать работу и конструкции компонентов установки для достижения таких целей, как минимальная приведенная стоимость

произведенной электроэнергии, минимальное потребление воды, максимальное производство электроэнергии и т. д.

LEAP - модель, которую можно использовать для долгосрочного энергетического планирования на национальном уровне с использованием вычислительных инструментов оптимизации и частичного равновесия, которые на данный момент едва применимы к подсектору электроэнергетики, с целью расширения производства электроэнергии с учетом минимальной общей стоимости.

MESSAGE - модель, используемая для энергетического планирования страны или региона на долгосрочную перспективу, в которой используются вычислительные инструменты оптимизации для поиска частичного баланса предложения на основе экзогенного спроса. Модель может использоваться на дезагрегированном уровне подсекторов и технологий в зависимости от глубины анализа, наличия информации, подготовки рабочей группы и времени.

ENPEP-BALANCE представляет собой имитационную модель, адаптированную для проведения среднесрочного и долгосрочного анализа с использованием подхода общего равновесия, целью которого является определение реакции различных сегментов энергетической системы на изменение цен на энергию и уровней спроса.

Система индикаторов стратегического планирования энергетики должна отвечать следующим требованиям:

- обеспечивать достижение целей стратегического планирования энергетического сектора в государственном управлении (этим целям соответствует действующая система индикаторов – Приложение 1);
- соответствовать целям устойчивого развития и быть гармонизированными с ними, в соответствии с Энергетической трилеммой. Эти показатели рассмотрены и проанализированы в 1 главе диссертации.

По мнению диссертанта, в систему показателей стратегического планирования на этапе обоснования инвестиций (этап 3 Инвестиционные программы и финансирование) следует включить нормированную стоимость электроэнергии (LCOE), позволяющую последовательно сравнивать затраты на различные типы технологий (солнечная, ветровая и другие) и оценивать экономическую эффективность энергетического сектора. Показатель LCOE был проанализирован автором в диссертационном исследовании, затем дополнен с учетом специфики ВИЭ.

Экономический смысл показателя LCOE заключается в следующем: значение соответствует долгосрочной цене киловатт-часа для потребителей электроэнергии, при окупаемости инвестиций в создание генерирующей технологии, с приемлемой нормой доходности инвестиций для инвестора. Этот показатель является одним из наиболее

распространенных среди методик оценки стоимости электроэнергии и связан с технологическим и институциональным развитием электроэнергетического сектора [38]. Его формирование связано с развитием методологических подходов по оценке стоимости электроэнергии в условиях рыночной экономики.

Можно выделить 4 этапа эволюции методологии [52].

1. Этап локальных решений на основе базовых принципов коммерческих расчетов (до 1950 г.), при этом выполнялись экономические обоснования тарифов на электроэнергию. Важным фактором являлись различные национальные программы электрификации, которые зависели от особенностей экономических укладов и уровня технологического развития стран. Еще в 1935 г. Федеральная энергетическая комиссия США начала регулировать тарифы на основании «справедливой и обоснованной» оценки стоимости на электроэнергетическом рынке [49].

2. Этап проникновения и систематизации фундаментальных экономических и математических методов в сферу оценки стоимости электроэнергии, при этом формировалась концепция долгосрочной маржинальной стоимости (LRMC) (1950–1980 гг.). Основные факторы: развитие энергосистем, требующих централизованного регулирования и балансирования с точки зрения спроса различных групп потребителей, графиков нагрузки и мощности; развитие технологий мониторинга и контроля энергопотребления, позволившие тарифицировать потребителей разных типов; технологическое развитие и диверсификация генерирующих технологий; усовершенствование экономических и математических методов и все большее их распространение в сфере электроэнергетики [120].

3. Этап разработки прикладных методик оценки стоимости электроэнергии, концепции краткосрочной маржинальной стоимости (SRMC), полной стоимости жизненного цикла (TLCC) и нормированной стоимости (LCOE) (1980–2005 гг.). На развитие подходов к оценке стоимости электроэнергии в мире значительно повлияли дерегулирование электроэнергетики и совершенствование методов инвестиционного анализа.

Поэтому ставились и решались задачи, связанные с обоснованием решений по выбору из альтернативных проектов электростанций, включая возобновляемую энергетику. Для условий энергетического рынка было показано, что краткосрочная маржинальная стоимость электроэнергии от конкретной электростанции зависит от ее технологии, возраста, операционной эффективности (включая КПД), доступности и стоимости топлива, ограничений на выбросы в окружающую среду, капитальных затрат и других параметров. Это позволяет ранжировать электростанции по принципу роста краткосрочных предельных операционных издержек. Далее развивалась концепция анализа «полной стоимости жизненного цикла» (total life-cycle cost), которая показывала расходы, фактически понесенные владельцем (инвестором)

объекта (электростанции) за интересующий его период времени [41]. Недостатком концепции является невозможность проанализировать альтернативные проекты с точки зрения возврата инвестиций и прибыли.

4. Современный этап детализации методологии для разных ситуаций (с 2005 г. по настоящее время) и различных целей [15]. Определение LCOE уточняется, в него добавляются элементы инвестиционного анализа, а также обосновывается подход к тарифообразованию через расчет LCOE.

Преимущества использования индикатора LCOE для целей энергетического планирования:

- возможность сравнить разные варианты энергогенерации, чтобы принять обоснованное решение по конкурентоспособности между различными источниками энергии или в рамках одной технологии;
- понимание точки безубыточности, то есть минимальной цены электроэнергии, на основе которой могут быть предложены варианты субсидирования;
- оценка эволюции конкурентоспособности между технологиями с течением времени с учетом влияния факторов.

Таким образом, показатель LCOE имеет важное значение для стратегического планирования и анализа энергетической отрасли и должен быть, по мнению автора, включен в выбранные показатели.

При этом, в концепции LCOE выявлены следующие недостатки:

1. Сложность определения нормы дисконта, которая должна отражать прибыль для инвестора с учетом различных рисков [52].
2. Необходимость включения нового объекта в энергосистему и определение «системных услуг» для обеспечения эксплуатации электростанции конкретного типа (например, услуги по балансированию).
3. Корректное определение коэффициента использования установленной мощности (КИУМ) с учетом усредненных предпосылок для электростанций, которые работают в пиковых нагрузках в течение суток или при разном КИУМ, в зависимости от сезонных колебаний графика нагрузки.
4. Отсутствие оценки синергетических эффектов в энергосистеме, включая анализ влияния новой электростанции на энергосистему в целом и на работу других энергоблоков в рамках конкретной энергосистемы [52].
5. Учет при расчете LCOE концепции энергетической безопасности отдельной энергосистемы, включая адекватный уровень генерирующих мощностей, их гибкость и возможность балансирования для эффективного удовлетворения спроса энергопотребителей.

В современных исследованиях традиционный подход LCOE дополнен возможностью учета составляющей по «стоимости и ценности для энергосистемы» [121]. Следует подчеркнуть, что этот учет обязателен при анализе стоимости электроэнергии от возобновляемых источников энергии (ВИЭ), особенно с высокой долей в отдельной энергосистеме. «Одним из современных направлений развития подходов к оценке стоимости электроэнергии стала концепция «системной LCOE» (system LCOE – sLCOE), которая разработана, прежде всего, для неустойчивых возобновляемых источников энергии (например, ветряных или солнечных электростанций). Системная LCOE от ВИЭ – это сумма LCOE и стоимости интеграции источника энергии в энергосистему» [52].

В настоящее время научные и международные организации используют различные модели и методики для расчета LCOE. Эти модели содержат различные переменные, включая инвестиционные расходы для строительства электростанции, срок эксплуатации, стоимость ремонта и обслуживания за год, а также ряд других параметров. Анализ чувствительности позволяет определить, какие меры государственного регулирования можно предпринять для снижения затрат на электроэнергию в данном проекте и минимизировать LCOE. Автором выполнен анализ 3 основных методик расчета LCOE в зарубежной практике инвестиционных обоснований. Все формулы и условные обозначения в моделях приняты по оригинальным источникам.

Модель LCOE Калифорнийской энергетической комиссии (CEC) считается упрощенной и широко используемой моделью, поскольку на нее часто ссылаются в различных исследованиях [144]. CEC определяет LCOE как текущую стоимость годовых затрат на производство на единицу произведенной электроэнергии, с учетом дисконтирования.

Данные для расчета LCOE предоставляются электростанциями с генерирующими установками мощностью 1 МВт и более, включают информацию о валовой выработке, чистой выработке, использовании топлива по видам, общему потреблению электроэнергии на объекте и продаже электроэнергии, электростанции мощностью более 50 МВт также сообщают ежемесячную стоимость топлива по видам. Электростанции мощностью 1 МВт и более предоставляют экологическую информацию, связанную с биологическими ресурсами, электростанции мощностью 20 МВт и более также предоставляют экологическую информацию, связанную с водоснабжением и сточными водами. По нашему мнению, ЭС мощностью менее 20 МВт также оказывают существенную экологическую нагрузку. Вся информация для станций от 1 до 10 МВт направляется ежегодно, для электростанций мощностью 10 МВт и более форма направляется ежеквартально. Ежегодно представляется только экологическая информация.

Формула определения LCOE [144] (формула 3.1).

$$LCOE = \sum_{t=1}^n \left[\frac{Costo_i}{(1+r)^t} * \frac{r*(1+r)^t}{((1+r)^t-1)} \right] , \quad (3.1)$$

где $Costo_i$ – (\$ /МВтч) стоимость производства электроэнергии по годам. Это значение эквивалентно делению всех расходов в течение года, на всю энергию, произведенную в том же году. Включает собственный капитал и заемное финансирование строительства, эксплуатацию и техническое обслуживание, стоимость топлива, затраты на снижение выбросов, налоги и амортизацию;

r – (% / pu) ставка дисконтирования, предполагаемая эффективная ставка, по которой дисконтируются будущие потоки;

t – год, в котором происходит движение денежного потока;

n – (год.) срок полезного использования.

При расчете LCOE учитывается структура капитала, текущие затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание, стоимость топлива, затраты на снижение выбросов, налоги и амортизация, срок эксплуатации, ожидаемые объемы производства энергии, а также норма дисконта. Методика расчета не детализирована, возможно, по соображениям конфиденциальности.

Несмотря на отсутствие полной информации для наилучшего использования методологии, предложенной СЕС, правительственные организации Калифорнии, такие как Совет по защите океана (ОРС), в своем отчете под названием «Береговые электростанции Калифорнии: анализ альтернативных систем охлаждения» предлагают методологию для расчета годовых затрат на электростанции.

Модель Министерства энергетики и изменения климата Великобритании (DECC) [167] определяет LCOE как дисконтированную стоимость владения и использования генерирующей установки в течение всего срока службы, преобразованную в эквивалентную единицу стоимости производства. Другими словами, приведенная стоимость производства представляет собой отношение между общими затратами на генерирующую установку (включая капитальные и эксплуатационные затраты) и общим количеством электроэнергии, которая, как ожидается, будет выработана в течение срока службы установки (включая проектирование, строительство и демонтаж).

Преимуществом показателя по методике DECC является то, что учитывается ожидаемое производство, недостатком является то, что LCOE не покрывает дополнительные расходы, которые могут нести другие участники сектора электроэнергетики, такие как общие затраты на балансировку системы и инвестиции в сеть или воздействие на качество воздуха. Таким образом, данная модель не учитывает внешние экономические и экологические эффекты [167] (формула 3.2).

$$LCOE_{estimado} = \frac{VPN \text{ costos totales}}{VPN \text{ energía}}, \text{ donde}$$

$$VPN \text{ costos totales} = \sum_{t=1}^n \frac{capex \text{ y } opex_t}{(1+r)^t} \quad (3.2)$$

$$VPN \text{ energía} = \sum_{t=1}^n \frac{energía \text{ generada neta}}{(1+r)^t}$$

где *Costos totales* - (\$) затраты на строительство электростанции, включая затраты на предварительную разработку, затраты на строительство, расходы на инфраструктуру;

Capex y opex - (\$) эксплуатационные расходы электростанции, включая фиксированные операционные расходы, переменные эксплуатационные расходы, страховые взносы, стоимость подключения к сети, расходы на транспортировку и хранение топлива, расходы на вывод из эксплуатации, доход от тепла, цены на топливо;

Energía generada neta – (кВтч) данные генерации: коэффициент использования установленной мощности, доступность, эффективность;

t - (% / pu) уплаченная налоговая ставка;

n – (год.) срок полезного использования.

Модель была разработана для ТЭС и поэтому не учитывает проблем, связанных с непостоянной генерацией из ВИЭ.

Модель LCOE по методологии агентства по регулированию и контролю электроэнергетики Республики Эквадор [71]

Модель LCOE включает предпосылки (обоснованные допущения) в отношении следующих областей:

1. Хронограмма проекта.

В графике проекта рассматриваются следующие периоды:

- Предпроектный период;
- Срок строительства;
- Период эксплуатации.

2. Общая стоимость проекта

Общие затраты на проект состоят из затрат на подготовку к разработке, капитальных затрат, постоянных эксплуатационных затрат и переменных эксплуатационных затрат [71] (формула 3.3):

$$CT_n = CPD + CC_n + CFO_n + CVO_n \quad (3.3)$$

где CPD - Затраты на предварительную разработку (в долларах США);

CC_n - Капитальные затраты в году n (в долл. США);

CFO_n - Постоянные операционные расходы в году n (в долл. США);

CVO_n - Переменные эксплуатационные расходы в году n (в долл. США).

Они описаны ниже:

а) Затраты на предварительную разработку CPD включают предварительные концессионные затраты, технические и проектные затраты, а также другие нормативные и социальные обязательства по выдаче лицензии и относятся к нулевому (0) году.

б) Капитальные затраты определяются [71] (формула 3.4):

$$CC_n = CC_n^u \times MW \quad (3.4)$$

где CC_n^u – Удельные капитальные затраты в году n (в долл. США/МВт);

MW - Установленная мощность станции в мегаваттах.

с) Постоянные эксплуатационные расходы определяются [71] (формула 3.5):

$$CFO_n = CFO_n^u \times MW \quad (3.5)$$

где CFO_n^u - Фиксированные удельные эксплуатационные расходы в году n (в долларах США/МВт).

д) Переменные эксплуатационные расходы определяются [71] (формула 3.6):

$$CVO_n = CVO_n^u \times MWh_n \quad (3.6)$$

где CVO_n^u - Переменные удельные эксплуатационные затраты в году n (в долл. США/МВтч);

MWh_n - Чистая энергия, произведенная в году n .

3. Чистая текущая стоимость производства электроэнергии

Чтобы оценить чистую приведенную стоимость производства электроэнергии (для базовой генерации), допущения модели учитывают следующую прямую и косвенную техническую информацию:

- Доступный ресурс;
- Установленная мощность;
- Эффективность установки (чистая эффективность преобразования энергии);

- Убытки от потребления вспомогательных услуг;
- Годовой профиль эффективности, показывающий ухудшение в течение срока службы станции;
- Годовой профиль доступности, отражающий типовой график технического обслуживания и капитального ремонта, планового и внепланового;
- Годовой профиль КИУМ (коэффициента использования установленной мощности).

Таким образом, выражение для определения чистой приведенной стоимости производства электроэнергии выглядит следующим образом:

Чистая выработка электроэнергии определяется [71] (формула 3.7):

$$GEN_n = MW \times h \times FP_n \times (1 - Aux - L) \quad (3.7)$$

где h - Часы в год (8760 часов);

FP_n - КИУМ в году n ;

Aux - Потребляемая мощность на собственные нужды, в процентах от полезной выработки;

L - Потери при подключении к сети, в процентах от чистой генерации

Определение КИУМ учитывает [71] (формула 3.8):

$$FP_n = \frac{MWh_{esp,n} \times Ef \times Dp_n \times (1 - Dg_n)}{MW \times h} \quad (3.8)$$

где $MWh_{esp,n}$ - Расчетное ожидаемое производство энергии в году n ;

Ef - КПД установки в процентах;

Dp_n - Доступность производства в году n в процентах (из-за планового и внепланового обслуживания);

Dg_n - Снижение мощности в год n в процентах.

В таблице 3.10 представлено формирование затрат на различных этапах строительства и эксплуатации электростанции при оценке LCOE.

Таблица 3.10 – Формирование затрат при оценке LCOE

Исследования	Подготовка и строительство электростанции		Производство электроэнергии	Завершение эксплуатации
	Непредвиденные расходы			
Расходы на НИОКР и др. затраты	Затраты по ЕРС-контракту	Затраты на подключение к сети	Эксплуатационные расходы	Расходы на вывод из эксплуатации
	Затраты владельца		Расходы на обслуживание и ремонты	
	Затраты на финансирование			
	Капитальные затраты / затраты овернайт		Затраты на эксплуатацию и обслуживание	Затраты по выводу из эксплуатации

Продолжение таблицы 3.10

Расходы НИОКР -Разработка продукта; -Улучшение оборудования и технологий	Основные затраты - затраты по ЕРС-контракту -затраты на проектирование; -затраты на оборудование и сооружение; -проектирование зданий и сооружений и установка оборудования; -механическое оборудование; -электрооборудование; -измерение и регулировка. Издержки Владельца -стоимость земли; -дополнительные затраты на подготовку строительной площадки; -управление проектом; -лицензионные и прочие сборы.	Затраты на подключение к сети «Электросетевая инфраструктура»	Операционные расходы -затраты на оплату труда (безопасность, разработка и т.д.); -переработка отходов. Эксплуатационные расходы -фиксированные эксплуатационные издержки; -переменные эксплуатационные издержки; -затраты на замену. Иные операционные расходы -стоимость топлива (при использовании); -страховые издержки; -переработка топлива; -затраты на контроль выбросов.	Затраты на вывод из эксплуатации -демонтаж; -захоронение отработанного топлива.
длительность не определена	1-10 лет	20-60 лет	1 месяц – 50 лет	

Источник: [52]

Показатель LCOE может применяться для сравнения экономической эффективности генерации по регионам, странам, видам генерации и т.п. В таблице 3.11 указаны LCOE, для Южной Америки они находятся в диапазоне (0,039–0,092) долл. США/кВтч.

Таблица 3.11 - LCOE для разных регионов или стран

Регионы, страны	2010			2019		
	Percentil 5 USD/кВтч	Promedia USD/кВтч	Percentil 95 USD/кВтч	Percentil 5 USD/кВтч	Promedia USD/кВтч	Percentil 95 USD/кВтч
Африка	0,061	0,100	0,119	0,050	0,067	0,072
Страны Центральной Америки и Карибского бассейна	0,080	0,086	0,131	0,061	0,061	0,061
Евразия	0,089	0,108	0,123	0,048	0,064	0,093

Продолжение таблицы 3.11

Регионы, страны	2010			2019		
	Percentil 5 USD/кВт ч	Promedia USD/кВт ч	Percentil 95 USD/кВт ч	Percentil 5 USD/кВт ч	Promedia USD/кВт ч	Percentil 95 USD/кВт ч
Европа	0,067	0,107	0,143	0,037	0,067	0,096
Северная Америка	0,051	0,089	0,144	0,035	0,051	0,082
Океания	0,101	0,117	0,155	0,043	0,054	0,071
Южная Америка	0,087	0,101	0,131	0,039	0,057	0,092
Бразилия	0,080	0,095	0,120	0,032	0,048	0,056
Китай	0,051	0,072	0,101	0,037	0,046	0,064
Индия	0,050	0,083	0,120	0,036	0,049	0,070

Источник: [85]

Как было показано, для расчета LCOE исходными данными являются капитальные затраты, затраты на топливо, постоянные и переменные затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание, затраты на финансирование и предполагаемый коэффициент использования (КИУМ) для каждого типа установки. Важность каждого из факторов варьируется в зависимости от технологии. Для технологий без затрат на топливо и с относительно небольшими переменными затратами на эксплуатацию и техническое обслуживание, таких как технологии производства солнечной и ветровой энергии, LCOE изменяется пропорционально расчетным капитальным затратам на технологию [152].

По видам генерации за период 2010-2020 гг. LCOE имеет тенденцию к заметному снижению (рисунок 3.8):

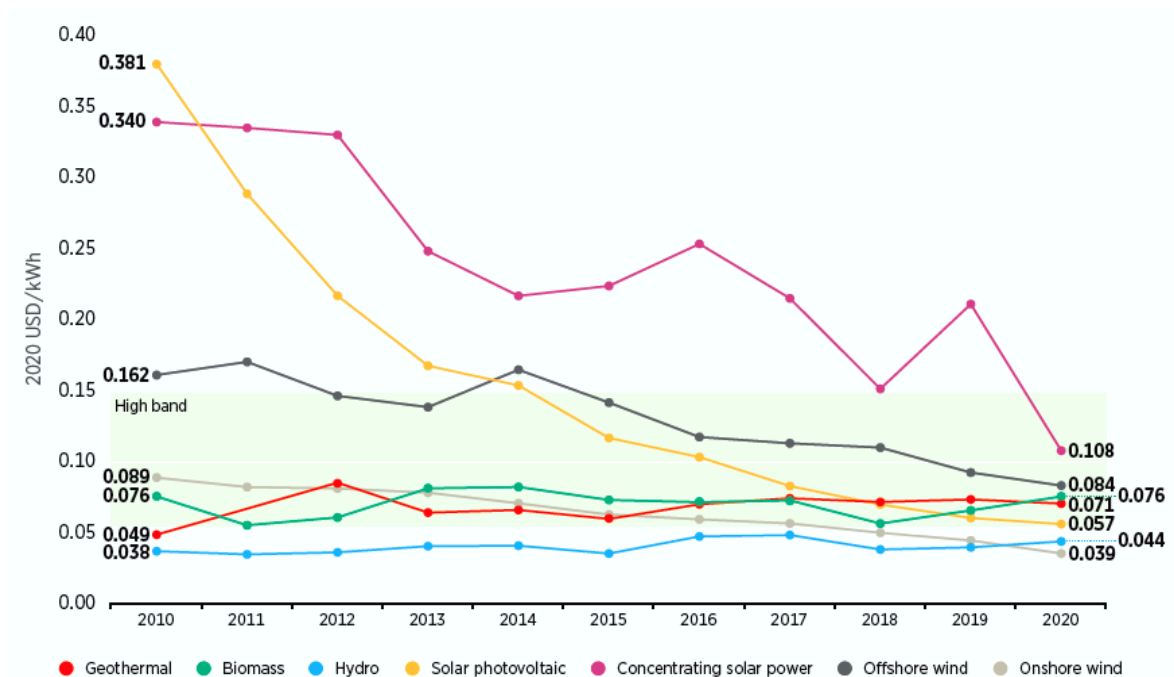


Рисунок 3.8 - Глобальная средневзвешенная LCOE по технологиям ВИЭ, 2010–2020 гг.

Источник: [117]

По величине глобальной средневзвешенной LCOE ветроэлектростанции (ВЭС) на суше являются самыми эффективными, к 2020 году обходятся дешевле ГЭС.

На основе проведенного анализа методик расчета LCOE можно сделать вывод о том, что показатель LCOE в стратегическом энергетическом планировании с учетом включения в энергосистему ВИЭ должен быть дополнен учетом показателей:

1. корректное прогнозирование объемов генерации энергии, что для ВИЭ имеет свою специфику и осуществляется с применением статистических моделей;
2. стоимость интеграции источника в единую систему генерации, с учетом различных режимов эксплуатации и пиковой нагрузки;
3. затраты на экологические последствия с учетом специфики источника ВИЭ (которые не учитываются в явном виде), что требует разработки методики учета таких затрат и сбора необходимой информации для объектов мощностью до 20 МВт;
4. обоснованный выбор нормы доходности с применением ставки не для частного инвестора, а социальной ставки дисконтирования. Это связано с необходимостью учета LCOE в стратегическом планировании энергетического сектора с диверсифицированными источниками.

Корректное *прогнозирование объемов генерации* на основе неустойчивых источников на примере ВЭС осуществляется на основе статистических зависимостей. Поведение ветра во временном интервале (обычно в течение года) резко меняется, высокие скорости ветра в течение года встречаются редко (более 11 м/с), а умеренные скорости типичны. Обычно используются распределения Вейбулла и Рэля, которые позволяют представить скорость ветра в виде случайной величины для анализа вероятностей возникновения диапазона скоростей ветра. Распределение Вейбулла является более универсальным, распределение Рэля является частным случаем распределения Вейбулла [172].

Распределение Вейбулла определяется двумя параметрами, параметром формы (k) и параметром масштаба (C) [35]. Уравнение функции плотности распределения Вейбулла (формула 3.9):

$$f(v) = \frac{k}{C} \left(\frac{v}{C}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{v}{C}\right)^k} \quad (3.9)$$

где v – Средняя скорость ветра (м/с),

k – Параметр формы (безразмерный),

C – Параметр масштаба (м/с).

Распределение Рэля является частным случаем закона Вейбулла, когда параметр формы k равен 2. В этом случае функция плотности вероятности $f(v)$ будет иметь вид (формула 3.10) [35]:

$$f(v) = \frac{\pi}{2} * \frac{\pi}{\bar{v}^2} * e^{\left[-\frac{\pi(v)}{4(\bar{v})}\right]} \quad (3.10)$$

где v - скорость ветра,

\bar{v} - средняя скорость ветра.

Функция Рэля обычно используется в районах, где скорость ветра превышает 4,5 м/с, для более низких скоростей этот метод ненадежен, его не следует применять для скоростей, не превышающих 3,5 м/с [37].

Таким образом, объемы производства электроэнергии при расчете LCOE оцениваются с применением функции Вейбулла.

Стоимость интеграции источника в единую систему генерации, с учетом различных режимов эксплуатации и пиковой нагрузки

«Очевидно различное влияние на энергосистему со стороны энерготехнологий разных типов: работающих в базовой или пиковой нагрузке, контролируемых или не контролируемых диспетчером; расположения энергоблока, особенностей его подключения к энергосети (рядом с энергоузлом или удаленное). На практике «ценность» и вклад разных генерирующих технологий в рамках конкретной энергосистемы и для конкретных потребителей принципиально различаются, энерготехнологии не являются взаимозаменяемыми» [52]. Имеются особенности при принятии решений по инвестированию [52] в сооружение (или приобретение) электростанций трех типов в зависимости от их приведенной (дисконтированной) стоимости и загрузки: базовой, полупиковой и пиковой (при росте спроса на электроэнергию).

«Особое значение получила концепция энергетической безопасности отдельной энергосистемы, которую кратко можно определить как наличие адекватного уровня генерирующих мощностей, их гибкости и возможности балансирования для эффективного удовлетворения спроса энергопотребителей» [52]. Зависимость системной LCOE от объемов производимой электроэнергии определена в [52] в следующем виде: обычно затраты на интеграцию растут с увеличением энерговыработки и могут быть даже отрицательными при небольшой энерговыработке. Пересечение растущей системной LCOE и средней LCOE для традиционной электростанции дает точку равновесной энерговыработки на ВИЭ.

Поэтому для оценки недиспетчеризируемых видов энергетики LCOE может быть заменена на методику оценки нормированных альтернативных затрат (levelized avoided cost of electricity, LACE). Основное преимущество методики – возможность обоснования инвестиций в электростанции, работающие на ВИЭ, которые невозможно прогнозировать диспетчеру энергосистемы и которые требуется резервировать (например, крупные солнечные или

ветряные электростанции). «Показатель LACE представляет собой потенциальную выручку владельца электростанции от продажи электроэнергии и мощности вместо замещаемой электростанции» [52] (формула 3.11).

$$LACE = \frac{\sum_{t=1}^Y (MC_{Гt} \cdot ЧН_t) + (ПМ \cdot ФМ)}{ЕОВ}, \quad (3.11)$$

где $LACE$ – нормированные альтернативные затраты на электроэнергию, USD / МВт·ч;

t – период времени;

Y – количество временных периодов в году (как правило, для целей планирования мощности выделяют 9 периодов: 3 времени года (весна/осень, зима и лето) и 3 вида нагрузки (базовая, пиковая, полупиковая). Суммируются все виды временных периодов за расчетный год);

МЦГ – маржинальная цена генерации, стоимость электровыработки при определенной нагрузке для удовлетворения спроса в конкретный период времени. Цена обычно определяется переменными затратами самого дорогого энергоблока, генерирующего электроэнергию, который в данный момент должен удовлетворить возросший в энергосистеме спрос (переменные затраты включают стоимость топлива и переменные затраты на обслуживание и эксплуатацию энергоблока);

ЧН – часы нагрузки, количество часов в конкретном периоде времени, в течение которого энергоблок выдает мощность в энергосистему (это количество сопоставимо с показателем КИУМ, используемым для расчета LCOE);

ПМ – плата за мощность, стоимость для энергосистемы по обеспечению маржинального резерва по надежности; определяется как оплата, которая требуется для того, чтобы включить проект в систему для обеспечения требований по резерву по надежности;

ФМ – фактическая мощность, способность энергоблока обеспечить резерв по надежности для системы. Для диспетчеризируемых энергоблоков вся номинальная мощность может участвовать в обеспечении надежности рынка мощности (фактическая мощность составляет от 1 до 100 %). Для так называемых «неустойчивых» ВИЭ (на которых невозможно гарантировать стабильную энерговыработку) фактическая мощность снижается и рассчитывается как функция, зависящая от доступности ВИЭ в течение периодов пиковой нагрузки и оценочной вероятности простоев электростанции на ВИЭ (по причине отсутствия, например, ветра или солнца) в конкретном регионе;

ЕОВ – ежегодная ожидаемая выработка в часах, количество часов в году, в течение которых электростанция предположительно должна работать. Для диспетчеризируемых типов электростанций (топливных) расчет производится на основании ежегодного показателя КИУМ, а для недиспетчеризируемых ВИЭ – на основании доступности соответствующего ВИЭ.

«Для всесторонней оценки потенциальных проектов сооружения электростанций можно сравнивать их показатели LACE и LCOE, что позволяет сопоставить затраты и выручку по конкретному проекту и сделать вывод о его экономической целесообразности. Случай равенства LCOE и LACE получил название «равновесия энергосистемы» (grid parity) [34]. Такое равенство может быть легко нарушено из-за изменения многочисленных факторов, которые учитываются в расчете (от стоимости топлива до государственной политики субсидирования различных энерготехнологий)» [52]. Кроме того, оценка LACE сложнее, чем LCOE, так как требует наличия информации об энергосистеме в целом, включая результаты моделирования ее работы без анализируемого потенциального проекта сооружения электростанции. Поэтому основное применение показателя – сравнение между собой различных неустойчивых ВИЭ.

Оценка затрат на экологические последствия

ОВОС начинается с определения/установления исходного уровня состояния и условий окружающей среды, с описания климата, почвы, гидрологии, ландшафта, флоры, фауны, населенных пунктов и социально-экологических показателей района. При квалификации и оценке различных выявленных воздействий на окружающую среду в оценке рассматриваются степень, интенсивность и продолжительность для измерения величины, а также обратимость, место и время для измерения важности этих различных воздействий.

По экологическим показателям энергетики сразу 5 крупных и малых стран Латинской Америки находятся в списке лидеров, однако, при невысоких выбросах углекислого газа при гидрогенерации, на ГЭС с водохранилищами происходят значительные выбросы метана, являющегося парниковым газом.

Для ВЭС наиболее значимым экологическим фактором является шум из-за движения лопастей ветряных турбин. Современные турбины «практически бесшумны», а на расстоянии более 200 м шум турбин и шум ветра неразличимы. Исследование [136] выявило два потенциальных источника шума в месте расположения турбин: механический шум, создаваемый движением системы передачи и генерации; аэродинамический шум, создаваемый потоком ветра над лопастями турбин и за ними. Смертность птиц является одной из общих экологических проблем и очевидным воздействием ветряных электростанций.

В ОВОС определяются виды деятельности, связанные с эксплуатацией и обслуживанием ВЭС, которые оказывают воздействие на окружающую среду, экологические факторы, а также (потенциальные) воздействия от эксплуатации и технического обслуживания ветровой электростанции. В ОВОС указано, что деятельность, вызывающая негативное воздействие в результате эксплуатации и технического обслуживания ветровой электростанции (в порядке важности):

1. Строительство новых объектов (например, дорог, турбинных площадок)

2. Генерация шума
3. Перемещение большого количества земли/почвы
4. Образование твердых, жидких и опасных отходов
5. Обслуживание и уборка построенных сооружений
6. Обслуживание основных работ или объектов
7. Перевозка строительных/инертных материалов
8. Адаптация и размещение новых структур

Деятельность, оказывающая положительное влияние: контроль и надзор, техническое обслуживание и эксплуатация ВЭС, подстанции и линии электропередач, защита склона, ремонтные работы.

К негативным воздействиям на окружающую среду, которые будут возникать в результате эксплуатации и обслуживания ветропарка, имеющим высокую степень воздействия/наиболее серьезным/наносящим ущерб, относятся: повышение уровня шума (обязательно присущего эксплуатации ветропарка), ущерб для здоровья рабочих и местного населения (из-за профессиональных рисков или несчастных случаев, а также вероятность несчастных случаев для жителей из-за электрических рисков, которым они могут подвергаться), и несчастные случаи на производстве.

Одним из положительных воздействий на окружающую среду с высокой степенью распространенности является получение дохода для местной экономики. Что касается птиц, то в разделе о воздействии ОВОС говорится, что воздействие на птиц оценивается как очень небольшое, поскольку ВЭС расположена в месте, где плотность/популяция птиц не очень высока, воздействие на птиц трудно измерить из-за их высокой подвижности. В целом это приводит к тому, что воздействию «нарушения среды обитания диких животных» присваивается низкая степень распространенности. Стоимостная оценка экологических затрат и результатов требует дополнительных исследований в зависимости от вида ВИЭ.

Оценка нормы дисконтирования в проектах ВЭС и LCOE

Для определения экономической целесообразности долгосрочных энергетических проектов и целей энергетического планирования выбор нормы дисконта особенно важен. Социальная ставка дисконтирования (TSD) является фундаментальным параметром, представляя собой альтернативную стоимость использования ресурсов с течением времени и позволяя сравнивать доходы и расходы (чистые денежные потоки), прогнозируемые в разные периоды. В этом контексте слишком высокий TSD может означать отказ от социально желательных проектов; и наоборот, слишком низкий может привести к расходованию ресурсов на экономически неэффективные проекты [38]. Выбор ставки дисконтирования является предметом интенсивных дискуссий в экономической и финансовой литературе, особенно в

отношении подхода к эффективным методологиям и стратегиям, гарантирующим оптимизацию использования ресурсов и устойчивое социальное развитие. На сегодняшний день нет единого мнения о том, как измерять и устанавливать адекватную социальную ставку дисконтирования [31].

Однако в связи с растущим общественным спросом на административную прозрачность и интенсивными дебатами о внешних эффектах проектов, выражающихся в загрязнении и его воздействии на окружающую среду, различные страны обязались пересмотреть используемые параметры экономической оценки. Не являются исключением и экономики стран Латинской Америки и Карибского бассейна (например, Чили, Колумбии и Коста-Рики). Заметные достижения региона в плане экономического развития и доступа к внешнему финансированию вызывают необходимость переоценки TSD как инструмента анализа эффективности инвестиций в интересах общества и межпоколенческой справедливости [74].

Существует три широко применяемых подхода к определению TSD: метод межвременной социальной нормы предпочтения, метод социальной альтернативной стоимости капитала и комбинированный средневзвешенный подход или подход Харбергера [112]. Однако традиционные методы, основанные на модели с постоянной ставкой дисконтирования, неэффективны при попытке оценить проекты с высоким компонентом внешних факторов, не поглощаемым рынком, или проекты с межпоколенческими эффектами — или с очень долгосрочными эффектами - например, связанные с транспортной инфраструктурой, строительством дорог или переработкой отходов. Поиск параметров, совместимых с социальными предпочтениями, требует учета эффектов, которые распространяются социально и экономически на будущие поколения, которые не вмешиваются в инвестиционное решение. Ставки, применяемые в настоящее время в различных развивающихся странах, например в Эквадоре, не учитывают различные технические критерии оценки и предполагают относительно высокий уровень дисконта, который характеризует предпочтение использования ресурсов в краткосрочные периоды и быстро обесценивает экономические выгоды, которые будут получены в отдаленном будущем [102].

Хотя постоянный TSD облегчает моделирование и интерпретацию экономических потоков, обширная эмпирическая и экспериментальная литература [31] выявляет множественные аномалии предпочтений с течением времени, которые благоприятствуют режиму снижения ставок дисконтирования.

В Соединенном Королевстве, например, в стандартном методе дисконтирования долгосрочных потоков (свыше 30 лет) используются коэффициенты снижения в диапазоне от 3,5% до 1,0% [54]. С другой стороны, Делакамара [76] рекомендует использовать социальную ставку дисконтирования, учитывающую социальные предпочтения с течением времени. В

Эквадоре, как и в других странах Латинской Америки, используется фиксированная учетная ставка, обычно 12%. Эта ставка не возникает в результате оценки индивидуальных или социальных предпочтений во времени, а скорее, наоборот, представляет собой административную ставку, предложенную как международными организациями (например, Межамериканским банком развития (IDB) и Всемирным банком) и национальными плановыми учреждениями. В Эквадоре Национальный секретариат по планированию и развитию (SENPLADES) оценивает примерно 140 проектов в год с использованием TSD, и ни в одном из этих случаев не делается различий в отношении того, является ли период выполнения краткосрочным или долгосрочным.

Некоторые исследователи делают оценки TSD, различая четыре периода оценки по времени: ближайшее будущее (1-5 лет), среднесрочное будущее (6-20 лет), отдаленное будущее (21-50 лет) и будущее очень отдаленное (51-100 лет).

Результаты предполагают для условий Эквадора использование ставки 11 % для ближайшего будущего, 4 % для среднесрочного будущего, 3 % для отдаленного будущего и 2 % для очень отдаленного будущего. Поэтому для расчета LCOE в целях стратегического планирования могут рассматриваться периоды среднесрочного будущего (4 %) и отдаленного будущего (3 %) с учетом сроков полезного использования энергетического оборудования.

После обоснованного расчета с учетом внесенных корректировок, корректный прогнозный расчет показателя LCOE, по мнению автора, может быть положен в основу определения направлений и вариантов субсидирования энергетического сектора, при формировании энергетических тарифов. Кроме того, прогнозное значение LCOE будет ключевым фактором для выбора организационно-финансовой схемы реализации проекта с учетом государственного регулирования.

3.3 Экономическая оценка проектов и программ развития производственной мощности энергетического комплекса с учетом возобновляемых источников энергии

Специфика проектов ВИЭ включает следующие факторы:

1. *Оценка объема производимой электроэнергии.*

Имеет особую сложность для проектов ВИЭ, т.к. изучение ветрового ресурса проводится через метеорологические станции, при этом скорость ветра изменяется непрерывно, поэтому ее необходимо описывать статистически. Использование статистики - лучший способ моделировать системы ветрогенерации, что позволяет иметь критерий, очень близкий к реальному годовому производству энергии, который может быть достигнут в будущем районе, где расположена ветровая электростанция.

2. *Коэффициент использования установленной мощности (КИУМ).*

Коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) в электроэнергетике - это отношение произведённой за период электроэнергии к максимально возможной выработке за тот же период (если генерирующий объект работает на полной мощности круглосуточно, без остановок).

Выработку электроэнергии ветряной турбиной нельзя регулировать, поэтому КИУМ ветроэнергетики зависит от характеристик самого агрегата и его местоположения. Ветроэнергетика США, например, устойчиво демонстрирует высокий коэффициент установленной мощности - более 30%. Дело в том, что в центральных штатах, где расположено большинство объектов ветроэнергетики, замечательные ветровые ресурсы, а качество проектирования объектов постоянно совершенствуется [2]. В 2014 КИУМ составил 34% для отрасли в целом, в 2015 снизился до 32,5% по причине безветренной погоды, а в 2016 вернулся к показателю четырнадцатого года.

3. Срок полезного использования ВЭС

Ожидания в отношении срока полезного использования ветровых проектов варьируются, но со временем постоянно увеличиваются - от типичного значения ~20 лет в начале 2000-х и ранее до ~25 лет к середине 2010-х, а затем до ~30 лет в настоящее время (рисунок 3.9) [190].

4. *Стоимость интеграции источника в единую систему генерации, с учетом влияния на энергосистему со стороны энерготехнологий разных типов: работающих в базовой или пиковой нагрузке, контролируемых или не контролируемых диспетчером; расположения и особенностей подключения энергоблоков к энергосети (рядом с энергоузлом или удаленное).*

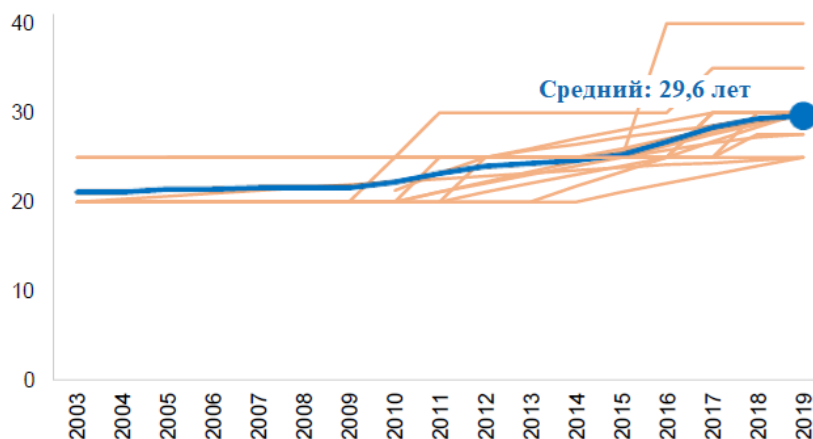


Рисунок 3.9 - Сроки полезного использования ВЭС

Источник [190].

5. *Стоимость интеграции источника в единую систему генерации, с учетом влияния на энергосистему со стороны энерготехнологий разных типов: работающих в базовой*

или пиковой нагрузке, контролируемых или не контролируемых диспетчером; расположения и особенностей подключения энергоблоков к энергосети (рядом с энергоузлом или удаленное).

6. *Затраты на экологические последствия с учетом специфики источника ВИЭ* (которые не учитываются в явном виде), что требует разработки методики учета таких затрат и сбора необходимой информации для объектов мощностью до 20 МВт.

Апробация методического подхода к стратегическому планированию энергетического сектора выполнено на примере ВЭС Виллонако в провинции Лоха в Республике Эквадор. Строительство объекта началось в августе 2011 года, это первая в мире ВЭС со среднегодовой скоростью ветра 12,7 м/с на высоте 2700 метров над уровнем моря. ВЭС состоит из 11 генераторов производства компании Gold Wind из Китая, типа GW70/1500, мощностью 1,5 МВт. ВЭС снижает выбросы CO₂ примерно на 32 тысячи тонн в год. Инвестиции составили 45,68 миллионов долларов США, инвестиции в комплексные и устойчивые программы развития - около 5,8 миллионов долларов США [128].

Учитывая значимость и перспективы ветрогенерации, для целей оценки возможности его включения в энергетическую систему, далее проанализирован проект ВЭС в Республике Эквадор. Для проекта Виллонако выполнена оценка экономической эффективности, включая общепринятые показатели (ЧДД, ВНД), дополнительный расчет LCOE, выполнены расчеты и проанализирована схема реализации проекта со смешанным финансированием из Китайского банка развития и государственного Национального фонда.

Для оценки экономической эффективности ВЭС Виллонако 1 автором была собрана информация по следующим параметрам: установленная мощность (МВт); сумма инвестиций; стоимость эксплуатации и технического обслуживания (ЭиТО); срок эксплуатации станции (25 лет); срок строительства (18-24 месяцев); амортизация рассчитана исходя из срока полезного использования [128]; срок погашения кредита; срок выплаты процентов по кредиту; проценты за кредит; норма дисконта, применяемая в проектах с государственной поддержкой; подоходный налог (налог на прибыль): 0 % в течение 5 лет, далее 22%. В таблице 3.12 представлена структура инвестиций в ВЭ.

Таблица 3.12 - Структура инвестиций в ВЭС.

Вид инвестиций	%	Стоимость, долл. США
Ветряные турбины	80	36 550 312,00
Проектирование, а также лицензии	1	456 878,90
Инжиниринг	5	284 394,50
Строительство объектов общего назначения	5	284 394,50
Строительство специализированных объектов	9	111 910,10
Итого	100	45687890,00

Источник: Corporación eléctrica del Ecuador CELEC EP – GENSUR [116]

Выручка от продажи энергии определяется с учетом государственных тарифов и выкупа

государством всей электроэнергии. Тариф определяется как половина регулируемого TMR 0,0913 \$/кВтч [89], значение принято до конца 20-летнего срока полезного использования ВЭС. В Таблице 3.13 представлены технико-экономические показатели (ТЭП) ВЭС Виллонако.

Таблица 3.13 – Техничко-экономические показатели ВЭС Виллонако

Характеристики работы ВЭС	
Мощность номинальная (МВт)	16,5
Мощность одной турбины МВт	1,5
Число турбин	11
Орография, а также доступность	Хорошо
Линия связи	Виллонако
Операционные расходы и обслуживание	2 - 3% от общей суммы инвестиций
Налоги	22% с 5-го года

Источник: Corporación eléctrica del Ecuador CELEC EP – GENSUR [116]

Структура инвестиций в сумме \$45687890,00 включает инвестиции РЭ в размере 20% и 80% инвестиций частных китайских инвесторов, полученных в форме кредита в EDCF (Китайского банка развития). Основной долг, финансируемый EDCF, будет возвращен в течение 12 лет и проценты по кредиту - 8 лет, процентная ставка составляет 5% годовых. Норма дисконта по проекту составит 12% как социальная учетная ставка при оценке инвестиционных проектов SENPLADES [89].

В таблице 3.14 представлены объемы производимой энергии на Виллонако по функциям Вейбулла и Рэля. Разработчикам турбин нужна информация для оптимизации конструкции турбин, а также для минимизации затрат на выработку электроэнергии.

Таблица 3.14 - Объемы производства энергии на ВЭС Виллонако в соответствии с распределением Вейбулла и Рэля.

Распределение Вейбулла	
Ежегодное производство	88484,9 МВтч
Эквивалентные часы ветра	5362
КИУМ	61,21%
Распределение Рэля	
Ежегодное производство	69181,8 МВтч
Эквивалентные часы ветра	4204,8
КИУМ	48%

Источник: [79].

Расчеты в соответствии с распределением Вейбулла являются более реалистичными, так как прогнозные объемы в большей степени соответствуют фактической годовой выработке энергии 2015 года. В некоторых источниках было показано, что КИУМ электростанции Виллонако [116] составляет 53 %.

Исходные данные для расчета денежного потока и оценки экономической эффективности ВЭС Виллонако представлены в таблице 3.15.

Таблица 3.15 - Исходные данные ВЭС Виллонако

Параметры	Значение
Процентная ставка по кредиту (%)	5
Инфляция (%)	3,67
Социальная учетная ставка (%)	12
Налог на прибыль (%)	22 с 5-го года
Инвестиции	\$45 687890,00
Собственные (%)	20
Собственные инвестиции (Доллар США)	9 137 578,00
Внешние (%)	80
Внешние инвестиции (Доллар США)	36 550 312,00
Период начисления процентов (годы)	12
Период возврата долга (лет)	8

Источник: Corporación eléctrica del Ecuador CELEC EP – GENSUR [116]

Расчеты автора показали, что согласно распределению Вейбулла и с 12% нормой дисконта, ЧДД по проекту ВЭС Виллонако I составит 15,60 млн. долларов США; согласно распределению Рэля ЧДД и с 12% нормой дисконта составит 3,40 млн. долларов США. Критической точкой, при которой стоимость произведенного кВтч остается неубыточной, составляет 0,0659 \$/кВтч по распределению Вейбулла. Тогда LCOE по проекту составляет 0,0659 \$/кВтч при норме дисконта 12 %. Это значение превышает глобальную средневзвешенную LCOE, однако следует учитывать величину нормы дисконта для корректного сопоставления.

В таблице 3.16 показаны затраты на единицу энергии, выраженные в долларах за кВтч, при норме дисконта 12%, по типам ветряных турбин.

Таблица 3.16 - Стоимость LCOE по типу ветряной турбины

	2008	2009	2010
Ветряная турбина	LCOE USD/кВтч	LCOE USD/кВтч	LCOE USD/кВтч
Goldwind 70/1500	0,0599	0,0622	0,0601
Vestas 100/1800	0,0561	0,0570	0,0579
Dongfang V90/3000	0,0570	0,0573	0,0561

Источник: Corporación eléctrica del Ecuador CELEC EP – GENSUR [116]

Vestas продолжает оставаться ведущим поставщиком в 2019 году, на долю которого приходится 18% всех ветряных турбин, установленных в 2019 году, благодаря своей глобальной стратегии диверсификации с установками в более чем 40 странах. Siemens Gamesa Renewable Energy поднялась на одну позицию и заняла второе место: в 2019 году поставщик удвоил свою морскую ветроустановку и расширил географию своего присутствия. Goldwind опустилась на одну позицию и заняла третье место несмотря на то, что в 2019 году компания увеличила свои ежегодные установки на 19 процентов благодаря ажиотажу установок на своем

внутреннем рынке, в Китае. Лучшие поставщики ветряных турбин на мировом рынке в 2019 году [119]: Vestas – 18.0%, Siemens Gamesa Renewable Energy – 15.7%, Goldwind – 13.2 %, GE Renewable Energy – 11.6%, ENVISION – 8.6%. Лучшие поставщики наземных ветряных турбин на мировом рынке в 2019 году: Vestas (20.10%), Goldwind (13.61%), Siemens Gamesa Renewable Energy (12.97%), GE Renewable Energy (12.45%), Envision (8.55%).

ВЭС Виллонако имеет годовой чистый объем производства энергии 59,57 ГВтч/год, что составляет потребление более 170 000 человек.

Для планируемых проектов электростанций Виллонако II и III (рисунок 3.10) выполнены оценки экономической эффективности, включая общепринятые показатели (ЧДД, ВНД, ИД, срок окупаемости), расчет LCOE, представлен сравнительный анализ конкурентоспособности ВЭС в РЭ с аналогами по этим показателям, расчеты бюджетного эффекта.

Виллонако II и III в настоящее время являются наиболее важными проектами в области ветроэнергетики, продвигаемыми в Эквадоре, и штат Экватория отдал им приоритет в плане выработки чистой энергии за счет нетрадиционных возобновляемых ресурсов.

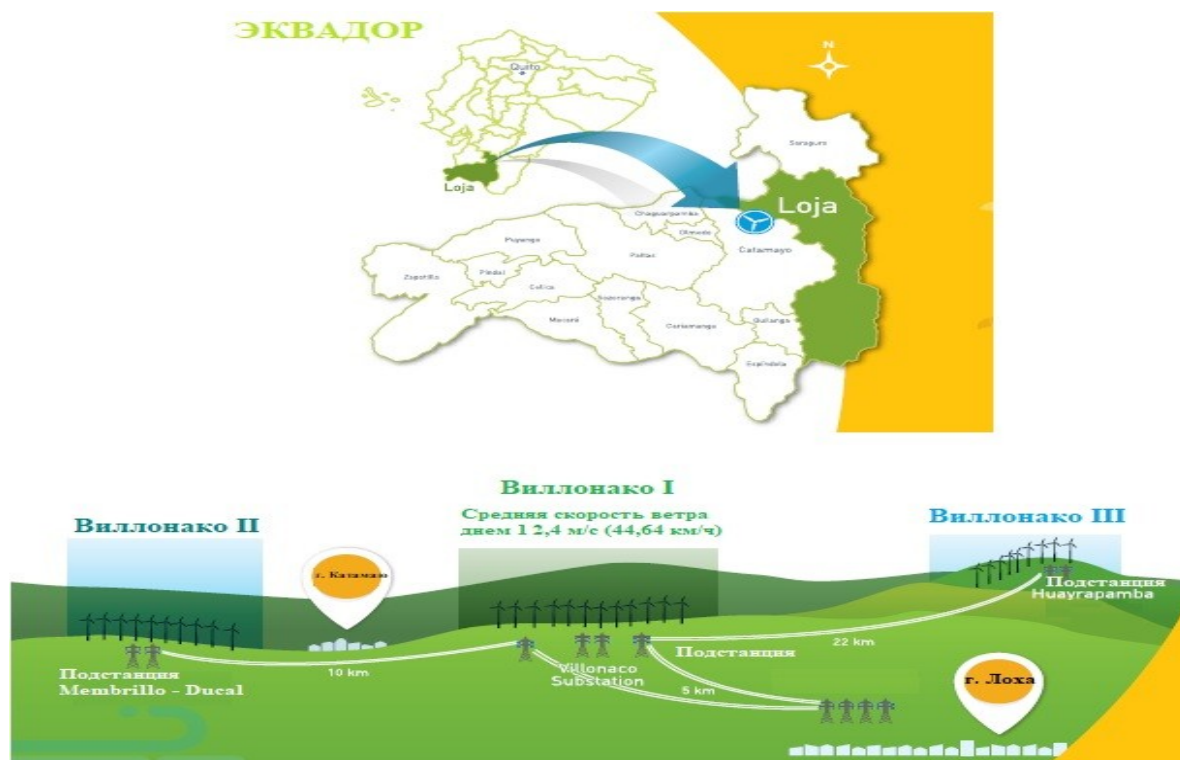


Рисунок 3.10 - Расположение проектов Виллонако I, II - III.

Источник: Ministerio de energía y recursos naturales no renovables 2020 [116]

ВЭС Виллонако II и III обеспечат минимальную полезную мощность 110 МВт. Правительство страны поощряет частные инвестиции для реализации этих проектов посредством концессионного соглашения по проектам Виллонако II и III в течение 25 лет, включая этап строительства.

Объемы генерации энергии от ВЭС оценивались по распределению Вейбулла и Рэля,

стоимость интеграции и затраты на снижение экологических последствий учитывались в величине инвестиций, социальная норма дисконта принималась в соответствии с нормативным регулированием в РЭ (12%) и исследованиями автора (5%). LCOE определялась из условия безубыточности производства электроэнергии за срок реализации проекта, расчет бюджетного эффекта выполнен по недисконтированной сумме налога на прибыль (рисунок 3.11).

Распределение Вейбулла: Ежегодное производство МВт/ч - 88,485 Эквивалентные часы ветра - 5362 КИУМ - 61%	Данные ВЭС Виллонако I: Установленная мощность (МВт) - 16,5 Капитальные вложения (млн \$) - 45,7 Фиксированные эксплуатационные расходы (\$ млн) - 1,4 Выработка чистой энергии (млн./кВт*ч) - 88,5 Количество ветроэнергетических установок (шт) - 11 Тариф на электроэнергию (\$./кВт*час) - 0,0913
Коэффициент дисконтирования 12%	Коэффициент дисконтирования 5%
Результаты:	Результаты:
ЧДД - 15,06 млн долл.	ЧДД - 34,90 млн долл.
ЧД - 73,08 млн долл.	ЧД - 73,08 млн долл.
ИД - 1,34	ИД - 1,76
Бюджетный эффект - 4,41 млн долл.	Бюджетный эффект - 9,83
Результаты с LCOE (\$./кВт*час) - \$ 0,0659	Результаты с LCOE (\$./кВт*час) - \$ 0,0569
Бюджетный эффект - 2,38 млн долл.	Бюджетный эффект - 3,70 млн долл.
Распределение Рэля: Ежегодное производство МВт/ч - 69,1818 Эквивалентные часы ветра - 4204,8 КИУМ - 48%	Данные ВЭС Виллонако I: Установленная мощность (МВт) - 16,5 Капитальные вложения (млн \$) - 45,7 Фиксированные эксплуатационные расходы (\$ млн) - 1,4 Выработка чистой энергии (млн./кВт*ч) - 69,2 Количество ветроэнергетических установок (шт) - 11 Тариф на электроэнергию (\$./кВт*час) - 0,0913
Коэффициент дисконтирования 12%	Коэффициент дисконтирования 5%
Результаты:	Результаты:
ЧДД - 3,40 млн долл.	ЧДД - 14,70 млн долл.
ЧД - 39,52 млн долл.	ЧД - 39,52 млн долл.
ИД - 1,07	ИД - 1,32
Бюджетный эффект - 2,82 млн долл.	Бюджетный эффект - 6,28 млн долл.
Результаты с LCOE (\$./кВт*час) - \$ 0,0841	Результаты с LCOE (\$./кВт*час) - \$ 0,0728
Бюджетный эффект - 2,38 млн долл.	Бюджетный эффект - 3,70 млн долл.
Параметры Виллонако II и III : Процентная ставка по кредиту (%) - 5 Инфляция (%) - 3,67 Социальная учетная ставка (%) - 12 Налог на прибыль (%) - 22 с 5-го года Инвестиции - \$200 Млн.	Данные ВЭС Установленная мощность (МВт) - 110 Капитальные вложения (млн.) - 200 Фиксированные эксплуатационные расходы (\$) - 6,0 Выработка чистой энергии (млн./кВт*ч) - 385 Тариф на электроэнергию (\$./кВт*час) - 0,0913
Результаты:	Результаты с LCOE (\$./кВт*час) - 0,661
ЧДД - 66,10 млн. долл.	ЧД - 131,20 млн. долл.
ЧД - 315,92 млн. долл.	Бюджетный эффект - 10,36 млн. долл.
ИД - 1,33	
Бюджетный эффект - 19,14 млн. долл.	

Рисунок 3.11 – Показатели экономической эффективности проектов Виллонако I, II - III
Источник: Составлено автором

Анализ полученных показателей экономической эффективности проекта Виллонако I показал целесообразность и возможность ее строительства и эксплуатации, при этом даже при лучших параметрах оценки значение LCOE превышает глобальное средневзвешенное значение (рисунок 3.14). Анализ чувствительности позволяет определить, какие меры государственного регулирования направлены на снижение затрат на электроэнергию в данном проекте и минимизировать LCOE. Выполнены инвестиционные расчеты по проекту Виллонако 2-3, находящегося на прединвестиционном этапе и обосновано применение концессионного соглашения при реализации проекта.

Экологические последствия оценивались по ОВОС. Из-за постоянно сильно ветреного климата в этом районе основным производимым шумом всегда будет фоновый шум, создаваемый самим ветром. Полевой мониторинг шума был проведен в рамках оценки для определения степени соответствия уровням эквивалентного звукового давления (NPS eq), установленным как допустимые в правовых нормах Эквадора. Средние результаты этого мониторинга были ниже диапазона 50 дБ (децибел), в пределах допустимого законом диапазона шума для жилого района. В ОВОС для проекта Виллонако были указаны все 29 видов птиц, зарегистрированных как живущие в этой области, а также их состояние сохранности.

Социокультурное воздействие проекта Виллонако проявляется в следующем. Сельские приходы Сукре и Сан-Себастьян испытывают наибольшее непосредственное влияние ветряной электростанции, а также являются наиболее густонаселенными населенными пунктами, включенными в зону влияния, с населением 69441 и 55035 человек соответственно. Также отмечается, что важный социальный показатель – бедность из-за неудовлетворенных базовых потребностей (НБН) – составляет 43,59% на уровне кантонов. Этот показатель не сравнивается с национальными показателями, но кажется важным, что более 40% людей в районе, где расположен Вильонако, бедны из-за того, что их основные потребности не удовлетворены. Этот показатель также делает более значимым тот факт, что Gensur не выполняет многие/предположительно большинство проектов развития, обещанных жителям района, находящегося в зоне влияния проекта. В этом разделе ОВОС также обсуждаются экономика, образовательные и основные услуги и социальные организации в этом районе. В нем конкретно указано, что все в зоне влияния имеют доступ к электричеству в своих домах.

Таблица 3.17 - Воздействие на окружающую среду эксплуатации и технического обслуживания ветряной электростанции Вильонако I.

Экологический компонент	Отрицательные последствия	Оценка	Рейтинг
Земля/Почвы	Нарушение устойчивости почвы	18	Низкий
	Изменение качества почвы	54	Умеренный
	Изменение в землепользовании и деятельности	18	Низкий
Вода	Изменение качества воды	63	Умеренный

Продолжение таблицы 3.17

Экологический компонент	Отрицательные последствия	Оценка	Рейтинг
Воздуха	Повышенный уровень шума	117	Высокий
	Повышенное ионизирующее излучение (электрические и магнитные поля)	18	Низкий
Пейзаж	Изменение природного, городского и сельского ландшафта	54	Умеренный
Флора	Потеря видов растений	63	Умеренный
Фауна	Нарушение мест обитания диких животных	45	Низкий
Социально-экономический и культурный	Недостатки в здоровье работающих	126	Высокий
	Несчастные случаи на производстве	126	Высокий
	Ограничение на пользование основными услугами (свет, электричество)	36	Низкий
	Изменение благосостояния местных жителей	36	Низкий
Положительные последствия			
Земля/Почвы	Устойчивость почвы	18	Низкий
Воздуха	Сокращение выбросов CO ₂	32	Низкий
Флора	Восстановление растительности и природной среды	64	Умеренный
Социально-экономический и культурный	Сокращение потребления ископаемого топлива	55	Умеренный
	Улучшение предоставления основных услуг (электричество, канализация, водоснабжение и питьевая вода, дороги)	100	Умеренный
	Создание доходов для местной экономики	364	Высокий
	Улучшение качества жизни	50	Низкий

Источник: составлено автором по данным [136]

3.4. Обоснование показателей и оценка энергетической устойчивости в странах Андского сообщества

Показатели стратегического энергетического планирования должны, как было ранее показано, соответствовать требованиям энергетической устойчивости. Комплекс показателей МЭС соответствует требованиям устойчивости, но не учитывает специфику энергетических секторов с высокой долей гидрогенерации, потенциалом ВИЭ различных видов, что не позволяет в полной мере учесть современные мировые «зеленые» тренды. Поэтому автором обоснован комплекс показателей энергетической устойчивости, включая следующие этапы:

1. Обоснованы показатели для расчета индексов энергетической устойчивости в странах Андского сообщества и выполнены расчеты показателей в балльной оценке;
2. Объяснено распределение стран Андского сообщества в мировом рейтинге индекса энергетической устойчивости МЭС;
3. Выполнено сравнение индексов энергетической устойчивости МЭС (буквенных значений) и полученных результатов индексов энергетической устойчивости в балльной оценке;
4. Выявлены влияющие факторы на состояние и развитие энергетического сектора стран Андского сообщества, характеризующие энергетическую независимость, энергетическую

доступность, экологическую устойчивость и страновой контекст.

Обоснование построено на основе энергетической трилеммы и индекса энергетической устойчивости МЭС, с учетом специфики энергетических секторов стран Андского сообщества автором диссертационной работы предложены 12 индикаторов (показателей) по всем четырем направлениям МЭС: энергетическая безопасность, энергетическое равенство, экологическая устойчивость и государственное регулирование.

Первый критерий энергетической безопасности включает индикаторы: процент импорта, диверсификация источников производства электроэнергии, запасы источников энергии (нефти, газа и угля). Процент (доля) импорта показывает, в какой мере страны зависят от импорта первичных энергоресурсов, что приводит к зависимости от условий поставщиков и необходимости достаточных финансовых ресурсов. Диверсификация источников производства электроэнергии показывает, сколько первичных ресурсов использует (или может использовать) страна для генерации электроэнергии, что увеличивает надежность генерации и бесперебойного обеспечения электроэнергией. Запасы источников энергии включают запасы нефти, газа и угля, что характеризует, на сколько лет обеспечены страны Андского сообщества основными видами ископаемого топлива. Следует отметить, что, в дополнение к методологии МЭС, автором предложено учитывать и оценивать запасы угля, так как в ближайшей перспективе ожидается развитие экологически чистых и эффективных технологий использования угля.

Второй критерий энергетического равенства должен отражать следующие показатели: доступ к электричеству (% населения), цены на электроэнергию и цены на бензин. На доступность электроэнергии влияют экономические, энергетические и технические факторы.

Поэтому доступ к электричеству (% населения) является базовым показателем для энергетики и показывает, какой процент жителей страны имеет доступ к источникам энергии, что остается актуальным для стран Латинской Америки. Традиционный показатель цены на электроэнергию (доллар/Квт-час) должен дополняться показателем цены на бензин (доллар/л). Это обусловлено растущим спросом на автомобили в Латинской Америке и на основное топливо – бензин [43].

Третий критерий экологической устойчивости включает индикаторы: конечная энергоемкость, низкоуглеродное производство электроэнергии и выбросы CO₂ на душу населения. Энергоемкость характеризует энергетическую эффективность национального производства (долл/КВт-час). Производство электроэнергии с низким уровнем выбросов углерода - современный тренд в энергетике, определяющий экологический, экономический и социальный прогресс. Выбросы CO₂ на душу населения - базовый показатель экологической устойчивости, с одной стороны, и экономического развития - с другой, связан с включенностью стран Латинской Америки в мировые тренды декарбонизации.

Четвертый критерий государственного регулирования включает показатели: макроэкономическая стабильность, эффективность деятельности правительства, инновационный потенциал. Макроэкономическая стабильность характеризуется экономическим развитием, эффективностью государственной политики и состоянием экономической безопасности страны, отражает создание государством условий инвестиционной привлекательности, что важно для стран Латинской Америки в связи с недостатком собственных инвестиций, доходом ниже среднего на душу населения [141]. Эффективность деятельности правительства связана с применяемыми в странах инструментами регулирования, которые обеспечивают реализацию принятых решений, снижают риски, формируют ресурсы для реализации энергетических стратегий и способствуют УР энергетического сектора страны.

Институциональная составляющая обеспечивает разработку норм и стандартов; совершенствование нормативно-правовой базы; информационно-аналитическое взаимодействие; координацию действий в области экономических отношений; уровень инновационного потенциала; возможности потребительского сектора; качество менеджмента.

Для первого критерия в качестве дополнительных показателей должны учитываться величины гидрopotенциала, мощности и производства гидроэнергии. Дополнительным показателем по второму критерию может быть количество энергии, приобретаемой на заработную плату, что может быть критически важно для стран с низким и средним уровнем дохода. Оценка выбросов для ГЭС может производиться по выбросам метана, которая будет дополнять выбросы ключевого парникового газа – CO₂. Для развивающихся стран с низким и средним уровнем дохода важнейшее значение имеют субсидии и дотации, которые можно оценить как количественно, так и качественно в составе дополнительных показателей.

Составлены таблицы исходных данных по 12 показателям по 4 группам индикаторов. Информационной базой для выбора или расчета показателей для 4 стран Андского сообщества, а также выбора максимальных и минимальных значений по всем странам Латинской Америки являются источники [194].

Для обеспечения сопоставимости значений показателей в различных единицах измерения, значения определяются в баллах по формулам 3.12 и 3.13

$$\text{Пром.зн макс.} = \frac{\text{Факт.зн.} - \text{min.зн.}}{\text{max.зн.} - \text{min.зн.}} \quad (3.12)$$

$$\text{Пром.зн.мин.} = \frac{\text{max.зн.} - \text{факт.зн.}}{\text{max.зн.} - \text{min.зн.}} \quad (3.13)$$

где max. зн. - наибольшее значение показателя по всем странам Латинской Америки;
факт. зн. - фактическое значение показателя в рассматриваемой стране;

min. зн. - наименьшее значение показателя по всем странам Латинской Америки.

Весы всех показателей, образующих индикатор, приняты равными, за исключением показателя «запасы источников энергии», который формируется из 3 показателей с одинаковыми весами.

Далее определены суммарные значения индикаторов энергетической устойчивости по странам с учетом следующих весов: первый-третий индикаторы по 0,3, четвертый – 0,1, составлены сводные таблицы с итоговыми значениями по всем индикаторам.

Полученные значения показателей сравниваются со значениями индикаторов энергетической устойчивости МЭС, выявляются отклонения и факторы, оказывающие влияние на значения показателей, даются интерпретации полученных результатов.

В таблицах 3.18, 3.19, 3.20 представлены исходные данные для расчета выбранных показателей в балльной оценке по всем критериям энергетической устойчивости.

В таблице 3.18 представлены исходные данные и показатели энергетической безопасности.

Таблица 3.18 - Основные показатели критерия «Энергетическая безопасность» в странах Андского сообщества (в абсолютном измерении)

Показатели	Страна	Ед. изм.	2017	2018	2019
Доля импорта нефтепродуктов	Эквадор	%	51	50	54
	Колумбия	%	12	6	9
	Перу	%	58	59	46
	Боливия	%	19	21	26
	Maximum	%	Grenada (138)	Dominican R. (135)	Panama (134)
	Minimum	%	Colombia (12)	Colombia (6)	Colombia (9)
Диверсификация источников электроэнергии	Эквадор	Количество	5	5	5
	Колумбия	Количество	5	5	5
	Перу	Количество	5	5	5
Диверсификация источников электроэнергии	Боливия	Количество	5	5	5
	Maximum	Количество	Argentina (8)	Argentina (8)	Argentina (8)
	Minimum	Количество	Haiti (3)	Haiti (3)	Haiti (3)
Запасы источников энергии: нефть	Эквадор	годы	16	9	7
	Колумбия	годы	5	5	6
	Перу	годы	29	29	28
	Боливия	годы	12	11	11
	Максимум	годы	Venezuela (282)	Venezuela (282)	Venezuela (282)
	Минимум	годы	Costa Rica (0)	Costa Rica (0)	Costa Rica (0)
Запасы источников энергии: газ	Эквадор	годы	3	5	3
	Колумбия	годы	9	9	6
	Перу	годы	19	20	16
	Боливия	годы	15	17	15
	Максимум	годы	Bolivia (15)	Bolivia (17)	Bolivia(15)
	Минимум	годы	Belice (0)	Belice (0)	Belice (0)

Продолжение таблицы 3.18

Показатели	Страна	Ед. изм.	2017	2018	2019
Запасы источников энергии: уголь	Эквадор	годы	0	0	0
	Колумбия	годы	67	71	70
	Перу	годы	28	36	40
	Боливия	годы	0	0	0
	Максимум	годы	Colombia (67)	Colombia (71)	Colombia (70)
	Минимум	годы	Ecuador (0)	Ecuador (0)	Ecuador (0)

Источник: Составлено автором на основе данных [194].

Несмотря на то, что в странах наблюдается энергетический баланс, импорт энергии присутствует: минимум в Колумбии, максимум в Перу и Эквадоре. Диверсификация первичных источников энергии одинакова и представлена ресурсами нефти, газа, гидро-, солнечной и ветровой энергии. Запасы нефти и газа имеются во всех странах, запасов угля нет в Эквадоре и Боливии.

В таблице 3.19 выполнены расчеты по критерию в балльной оценке.

Таблица 3.19 - Основные показатели критерия «Энергетическая безопасность» в странах Андского сообщества (балльная оценка)

Показатели	Страна	Ед. изм.	2017	2018	2019
Доля импорта нефтепродуктов (0,33)	Эквадор	Баллы	0,69	0,65	0,64
	Эквадор	Баллы	1,00	1,00	1,00
	Колумбия	Баллы	0,63	0,59	0,70
	Перу	Баллы	0,94	0,88	0,86
Диверсификация источников электроэнергии (0,33)	Эквадор	Баллы	0,40	0,40	0,40
	Колумбия	Баллы	0,40	0,40	0,40
	Перу	Баллы	0,40	0,40	0,40
	Боливия	Баллы	0,40	0,40	0,40
Запасы источников энергии: нефть (0,11)	Эквадор	Баллы	0,06	0,03	0,02
	Колумбия	Баллы	0,02	0,01	0,02
	Перу	Баллы	0,10	0,10	0,10
	Боливия	Баллы	0,04	0,04	0,04
Запасы источников энергии: газ (0,11)	Эквадор	Баллы	0,16	0,25	0,19
	Колумбия	Баллы	0,47	0,45	0,38
	Перу	Баллы	1,00	1,00	1,00
	Боливия	Баллы	0,79	0,85	0,94
Запасы источников энергии: уголь (0,11)	Эквадор	Баллы	0,00	0,00	0,00
	Колумбия	Баллы	1,00	1,00	1,00
	Перу	Баллы	0,42	0,51	0,57
	Боливия	Баллы	0,00	0,00	0,00

Источник: Составлено автором [156].

В таблице 3.20 представлены исходные данные и показатели, характеризующие энергетическое равенство.

Таблица 3.20 - Основные показатели критерия «Энергетическое равенство» в странах Андского сообщества (в абсолютном измерении)

Показатели	Страна	Ед. изм.	2017	2018	2019
Доступность энергии (% населения)	Эквадор	%	99,20	98,70	100,00
	Колумбия	%	98,50	98,50	99,70
	Перу	%	94,80	95,20	98,34
	Боливия	%	91,80	92,80	96,30
	Максимум	%	Chile 100	Chile 100	Ecuador 100
	Минимум	%	Cuba 83	Nicaragua 88	Bolivia 96,30
Цены на электроэнергию	Эквадор	Долл./кВтч	0.10	0.09	0.09
	Колумбия	Долл./кВтч	0.13	0.13	0.12
	Перу	Долл./кВтч	0.14	0.13	0.13
	Боливия	Долл./кВтч	0.09	0.11	0.10
	Максимум	Долл./кВтч	Brasil 0,22	Chile 0,26	Mexico 0,25
	Минимум	Долл./кВтч	Cuba 0,03	Cuba 0,04	Cuba 0,06
Цены на бензин	Эквадор	Долл./Литр	0.52	0.53	0.55
	Колумбия	Долл./Литр	0.85	0.80	0.75
	Перу	Долл./Литр	0.90	0.92	0.90
	Боливия	Долл./Литр	0.55	0.54	0.54
	Максимум	Долл./Литр	Chile 0,92	Costa Rica 0,95	Costa Rica 0,93
	Минимум	Долл./Литр	Ecuador 0,52	Ecuador 0,53	Cuba 0,49

Источник: Составлено автором на основе данных [194].

В таблице 3.21 представлены показатели в балльной оценке.

Таблица 3.21 - Основные показатели критерия «Энергетическое равенство» в странах Андского сообщества (балльная оценка)

Показатели	Страна	Ед. изм.	2017	2018	2019
Доступность энергии (% населения) (0,33)	Эквадор	Баллы	0,95	0,89	1
	Колумбия	Баллы	0,91	0,86	0,96
	Перу	Баллы	0,69	0,6	0,79
	Боливия	Баллы	0,52	0,4	0,58
Цены на электроэнергию (0,33)	Эквадор	Баллы	0,63	0,77	0,84
	Колумбия	Баллы	0,47	0,59	0,68
	Перу	Баллы	0,42	0,59	0,63
	Боливия	Баллы	0,68	0,68	0,79
Цены на бензин (0,33)	Эквадор	Баллы	0,98	1	0,86
	Колумбия	Баллы	0,17	0,35	0,41
	Перу	Баллы	0,05	0,07	0,69
	Боливия	Баллы	0,92	0,98	0,89

Источник: Составлено автором [156].

Анализ энергетического равенства показал, что доступ к электричеству в странах

достаточно высок, менее всего - в Перу и Боливии. Цены за электричество в странах Андского сообщества примерно одинаковые и имели тенденцию к снижению в 2019 году. Минимальные цены на бензин зарегистрированы в Эквадоре и Боливии.

В таблице 3.22 представлены исходные данные для определения экологической устойчивости по выбранным показателям.

Таблица 3.22 - Основные показатели критерия «Экологическая устойчивость» в странах Андского сообщества (в абсолютном измерении)

Показатели	Страна	Ед. изм.	2017	2018	2019
Конечная энергоёмкость	Эквадор	МДж /ВВП в постоянных ценах по ППС в 2011 г.	3,34	3,41	3,62
	Колумбия	МДж /ВВП в постоянных ценах по ППС в 2011 г.	2,42	2,34	2,26
	Перу	МДж /ВВП в постоянных ценах по ППС в 2011 г.	2,46	2,78	2,79
	Боливия	МДж /ВВП в постоянных ценах по ППС в 2011 г.	5,15	5,17	4,95
	Максимум	МДж /ВВП в постоянных ценах по ППС в 2011 г.	Haiti (10,09)	Haiti (9,95)	Haiti (10,11)
	Минимум	МДж /ВВП в постоянных ценах по ППС в 2011 г.	Panama (2,27)	Panama (2,27)	Panama (2,17)
Низкоуглеродное производство электроэнергии	Эквадор	ТераВт-часы	16	20	21
	Колумбия	ТераВт-часы	50	62	61
	Перу	ТераВт-часы	26	31	33
	Боливия	ТераВт-часы	2	2	3
	Максимум	ТераВт-часы	Brasil (478)	Brasil 507	Brasil 526
	Минимум	ТераВт-часы	Haiti (0,09)	Haiti (0,09)	Haiti (0,09)
Выбросы CO ₂ на душу населения	Эквадор	Тонн CO ₂ на душу населения	2,39	2,48	2,38
	Колумбия	Тонн CO ₂ на душу населения	1,58	1,58	1,74
	Перу	Тонн CO ₂ на душу населения	1,68	1,71	1,71
	Боливия	Тонн CO ₂ на душу населения	2,15	2,15	2,15
	Максимум	Тонн CO ₂ на душу населения	Trinidad Y Tobago 24,7	2 Trinidad Y Tobago 3,76	Trinidad Y Tobago 23,81
	Минимум	Тонн CO ₂ на душу населения	Haiti 0,32	Haiti 0,33	Haiti,32

Источник: Составлено автором на основе данных [194].

Высокое значение показателя энергоёмкости имеет Боливия, достаточно низкие значения у Колумбии и Перу. Лучшие показатели низкоуглеродного производства электроэнергии среди

стран Андского сообщества - в Колумбии, самые слабые показатели зарегистрированы в Боливии. Самые низкие значения выбросы CO₂ на душу населения из рассматриваемых стран в Колумбии и Перу, а худшее значение в Эквадоре.

В таблице 3.23 выполнены расчеты в балльной оценке:

Таблица 3.23 - Основные показатели критерия «Экологическая устойчивость» в странах Андского сообщества (балльная оценка).

Показатели	Страна	Ед. изм.	2017	2018	2019
Конечная энергоемкость (0,33)	Эквадор	Баллы	0,86	0,85	0,82
	Колумбия	Баллы	0,98	0,99	0,99
	Перу	Баллы	0,97	0,93	0,92
	Боливия	Баллы	0,63	0,62	0,64
Низкоуглеродное производство электроэнергии (0,33)	Эквадор	Баллы	0,03	0,04	0,04
	Колумбия	Баллы	0,1	0,12	0,11
	Перу	Баллы	0,05	0,06	0,062
	Боливия	Баллы	0,004	0,004	0,004
Выбросы CO ₂ на душу населения (0,33)	Эквадор	Баллы	0,91	0,91	0,91
	Колумбия	Баллы	0,95	0,95	0,94
	Перу	Баллы	0,94	0,94	0,94
	Боливия	Баллы	0,92	0,92	0,92

Источник: Составлено автором [156].

В таблице 3.24 представлены показатели, характеризующие страновой контекст:

Таблица 3.24 - Основные показатели критерия «Страновой контекст» в странах Андского сообщества (в абсолютном измерении)

Показатели	Страна	Ед. изм.	2017	2018	2019
Макроэкономическая стабильность	Эквадор	Место в рейтинге	91/137	87/140	92/141
	Колумбия	Место в рейтинге	62/137	56/140	43/141
	Перу	Место в рейтинге	37/137	1/140	1/141
	Боливия	Место в рейтинге	82/137	84/140	88/141
	Maximum Latam	Место в рейтинге	Chile (1)	Chile (1)	Chile (1)
	Minimum Latam	Место в рейтинге	Venezuela (137)	Venezuela (140)	Venezuela (141)
Эффективность правительства	Эквадор	Значение по шкале -2.15 до 2.15	-0,32	-0,26	-0,4
	Колумбия	Значение по шкале -2.15 до 2.15	-0,07	-0,09	0,07
	Перу	Значение по шкале -2.15 до 2.15	-0,13	-0,25	-0,07
	Боливия	Значение по шкале -2.15 до 2.15	-0,38	-0,32	-0,7
	Максимум	2,15	Chile (0,84)	Chile (1,08)	Chile (1,06)
	Минимум	-2,15	Haiti (-2,07)	Haiti (-1,91)	Haiti (-2,02)

Продолжение таблицы 3.24

Показатели	Страна	Ед. изм.	2017	2018	2019
Инновационный потенциал	Эквадор	Место в рейтинге	111/137	88/140	88/141
	Колумбия	Место в рейтинге	73/137	73/140	77/141
	Перу	Место в рейтинге	113/137	89/140	90/141
	Боливия	Место в рейтинге	X	122/140	124/141
	Максимум	Место в рейтинге	Mexico (50)	Mexico (56)	Mexico (52)
	Минимум	Место в рейтинге	Haiti (138)	Haiti (137)	Haiti (139)

Источник: Составлено автором на основе данных [194].

Лучшее место в рейтинге по макроэкономической стабильности по выбранным показателям из рассматриваемых стран у Перу и Колумбии, а худшая позиция – у Эквадора.

Это указывает на необходимость повышения эффективности государственного управления, создание стимулов для инвестиционной привлекательности, в том числе, в энергетической сфере. Лучшая позиция по эффективности государственного управления – у Колумбии, в остальных рассматриваемых странах наблюдается тенденция к улучшению в 2019 г.

В таблице 3.25 выполнены расчеты в балльной оценке:

Таблица 3.25 - Основные показатели критерия «Страновой контекст» в странах Андского сообщества (балльная оценка)

Показатели	Страна	Ед. изм.	2017	2018	2019
Макроэкономическая стабильность (0,33)	Эквадор	Баллы	0,33	0,38	0,35
	Колумбия	Баллы	0,55	0,6	0,7
	Перу	Баллы	0,73	1	1
	Боливия	Баллы	0,41	0,4	0,37
Эффективность правительства (0,33)	Эквадор	Баллы	0,45	0,43	0,4
	Колумбия	Баллы	0,48	0,47	0,51
	Перу	Баллы	0,46	0,44	0,48
	Боливия	Баллы	0,41	0,42	0,33
Инновационный потенциал (0,33)	Эквадор	Баллы	0,3	0,64	0,58
	Колумбия	Баллы	0,73	0,79	0,71
	Перу	Баллы	0,27	0,59	0,56
	Боливия	Баллы	X	0,19	0,17

Источник: Составлено автором [156].

Инновационный потенциал в странах Андского сообщества развит слабо (страны занимают места в рейтинге от 50 и далее). Наилучшие позиции сохраняет на протяжении рассматриваемого периода – Колумбия, а наихудшие – Боливия.

В таблице 3.26 представлена апробация предложенного подхода к обоснованию показателей энергетической устойчивости, определены балльные оценки стран Андского сообщества по 4 группам показателей энергетической устойчивости, показаны средние

значения и места в рейтингах.

Таблица 3.26 - Оценка энергетической устойчивости стран Андского сообщества по обоснованным показателям

Показатели / Страны	Эквадор			Колумбия			Перу			Боливия		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Годы	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Энергетическая безопасность	0,26	0,27	0,25	0,58	0,57	0,56	0,51	0,52	0,55	0,43	0,43	0,45
Энергетическое равенство	0,85	0,89	0,9	0,52	0,6	0,68	0,39	0,42	0,7	0,71	0,69	0,75
Годы	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Экологическая устойчивость	0,6	0,6	0,59	0,68	0,69	0,68	0,65	0,64	0,64	0,52	0,51	0,52
Страновой контекст»	0,36	0,48	0,44	0,59	0,62	0,64	0,49	0,68	0,68	-	0,34	0,29
Среднее	0,549	0,576	0,566	0,593	0,62	0,64	0,514	0,542	0,635	-	0,523	0,545
Рейтинг	64	62	45	45	48	49	50	51	58	101	99	84

Источник: Составлено автором [156].

При этом, в первой группе показателей гидроэнергетические ресурсы не учитываются.

При соответствующем учете оценки по уровню энергетической безопасности существенно увеличились. Производство гидроэнергии учитывалось только при определении показателя диверсификации энергии. Еще одним фактором низкой оценки является импорт нефтепродуктов, действительно, до настоящего времени играющий важную роль для Эквадора в связи со сложившейся структурой энергетического сектора. Если бы оценивались экспортно-импортные возможности электроэнергии в Эквадоре, то оценка была бы существенно выше (превышение производства над потреблением в Эквадоре составляет 20 %). Скачкообразный рост показателя по Методике МЭС связан с существенным увеличением гидрогенерации в 2019 году[156].

Вторая группа показателей характеризует энергетическую устойчивость стран со стороны социальной составляющей, поэтому используются показатели обеспеченности населения энергией, тарифы на электроэнергию и цены на бензин как ключевой нефтепродукт.

Изменение структуры производства энергии в сторону гидрогенерации обусловит снижение себестоимости энергии и тарифа. По нашему мнению, данные показатели могут быть дополнены оценкой доступности энергии по количеству энергии в натуральном измерении, которое способно купить население на среднюю заработную плату. Для развивающихся стран с низким уровнем дохода, в отличие от развитых стран, этот показатель является важнейшим.

Так, в странах Андского сообщества на среднюю заработную плату можно приобрести от 753 kWh (Боливия) до 1290-1381 (остальные страны). При этом в европейских странах эта величина составляет: в Лихтенштейне 31 307 кВт*ч, в Норвегии – 19 689 кВт*ч, во Франции -

13 031 кВт*ч. [192].

По третьей группе показателей все страны получили достаточно высокие значения. Это также объясняется выбором показателей, которые отражают энергоемкость, эмиссию CO₂ и производство низкоуглеродной энергии. Следует отметить, что при гидрогенерации выбросы CO₂ не являются самым значимым источником загрязнения. При этом важно учитывать, что гидрогенерация на крупных ГЭС оказывает очень существенное антропогенное воздействие на речные системы, приводит к переносу русла рек, затоплению территорий, нарушению природохозяйственной системы. Однако, это влияние в показателях не учитывается в связи со сложностью комплексной оценки. При применении соответствующих методик и учете суммарная оценка была бы снижена.

По четвертой группе показателей низкие значения Эквадора могут быть объяснены оценкой показателей по мировым рейтингам, характеризующим показатели макроэкономической стабильности, эффективности правительства, инновационного потенциала. По нашему мнению, оценка странового контекста в энергетике должна быть дополнена учетом государственного регулирования непосредственно в энергетической сфере. К таким вопросам относятся возможности привлечения капитала, участие государства в межгосударственных взаимодействиях с участием развитых стран, разработка и реализация приоритетов государства в области ВИЭ, в частности, малых ГЭС, ВЭС, СЭС. В настоящее время Эквадор участвует в строительстве 8 крупных ГЭС, но некоторые страны с мощной энергетикой (Бразилия, например), постепенно переходят к малым ГЭС. Кроме того, наличие потенциала ветро- и солнечной генерации позволяет проектировать и строить ВЭС и СЭС. Как было показано в 1 главе и параграфе 3.3, такие проекты приняты к реализации. Если бы подобные аспекты были учтены, оценка была бы более высокой.

3.5 Выводы по главе 3

1. Проанализирован опыт моделирования развития энергетического сектора РЭ с применением модели LEAP, которая является одной из наиболее известных при моделировании энергетических систем для развивающихся стран. LEAP – это интегрированный инструмент моделирования, поддерживающий различные приложения. В программе моделируется спрос со стороны конечных потребителей с учетом макроэкономических факторов. В прогнозах предложения применяется оптимизационное моделирование.

2. Разработан методический подход к стратегическому планированию энергетического сектора в контексте энергетической устойчивости, основанный на стратегическом индикативном планировании и применении системного анализа, и включающий обоснованную последовательность этапов, научно-обоснованную процедуру выбора модели энергетического планирования и обоснованный комплекс индикаторов.

3. Доказано, что индикаторы в методическом подходе должны отвечать следующим требованиям: обеспечивать достижение целей стратегического планирования энергетического сектора в государственном управлении; соответствовать целям устойчивого развития и быть гармонизированными с ними, в соответствии с Энергетической трилеммой.

4. Предложено в комплекс показателей стратегического планирования включить нормированную стоимость электроэнергии (LCOE), позволяющую последовательно сравнивать затраты на различные типы технологий (солнечная, ветровая и другие) и оценивать экономическую эффективность энергетического сектора. Уточненный показатель LCOE для оценки проектов ВИЭ должен учитывать непостоянство генерации энергии источниками ВИЭ, затраты на подключение к энергетической системе, экологические последствия, и рассчитываться с учетом социальной нормы дисконта.

5. Выявлена специфика проектов ВИЭ, которая включает оценку объема производимой электроэнергии, определение и расчет КИУМ по ГЭС и ВЭС, срок полезного использования ВЭС, стоимость интеграции источника в единую систему генерации, затраты на экологические последствия с учетом специфики источника ВИЭ.

6. Апробирован разработанный методический подход к стратегическому планированию энергетического сектора и обосновано включение проектов в энергетический сектор РЭ. Выполнена оценка экономической эффективности проектов строительства ВЭС Виллонако 1 и 2 с учетом специфики объектов ВЭС. Оценка объемов производимой энергии оценивалась с применением статистических функций Вейбулла и Рэля, обосновано применение социальной нормы дисконта, выполнены расчеты нормированной стоимости электроэнергии с различными допущениями, определены величины бюджетного эффекта, выполнены расчеты по различным финансовым схемам реализации проектов.

7. Обоснован комплекс показателей оценки энергетической устойчивости с учетом ВИЭ и показано, что рейтинги энергетической устойчивости МЭС имеют недостаточную информационную значимость. Показано, что распределение стран в рейтингах (на примере стран-аутсайдеров – стран Андского сообщества) не отражает экономическое состояние и результаты энергетического сектора, социальную доступность и экологическое воздействие энергетики, а также усилия государства по совершенствованию управления в энергетике.

8. Выявлены факторы влияния на энергетический сектор стран Андского сообщества, к которым относятся: потенциал ВИЭ, уровень гидрогенерации, доступность энергии для населения по величине среднедушевого дохода, антропогенное воздействие гидрогенерации и НВИЭ на природные экосистемы, а также государственные программы в области ВИЭ и НВИЭ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой предлагается новое решение актуальной научной задачи – разработки методического подхода к стратегическому планированию развития энергетического сектора, направленного на эффективное использование ВИЭ и рост энергетической устойчивости.

Выполненные исследования позволяют сделать следующие выводы и рекомендации:

- выявленные особенности энергетического сектора стран с дефицитом ТЭР и потенциалом ВИЭ включают рост объемов потребления и генерации энергии, доминирование гидрогенерации, повышение экономической эффективности использования ТЭР и ВИЭ, субсидирование в энергетике, что должно учитываться при стратегическом планировании энергетического сектора;

- разработанный методический подход к стратегическому планированию энергетического сектора стран с дефицитом ТЭР и потенциалом ВИЭ, основанный на системном подходе к стратегическому индикативному планированию, объединяет обоснованную последовательность этапов, комплекс индикаторов, процедуру выбора моделей планирования;

- предложенная научно-обоснованная аналитическая процедура выбора модели стратегического планирования энергетического сектора включает цели инструментов энергетического планирования (моделей); классификацию моделей в соответствии с их направленностью, масштабом, сроками, уровнем равновесия, целям, способу построения, методу планирования; анализ характеристик и опыта применения моделей в странах Латинской Америки; сравнительный анализ признаков моделей;

- важнейшим технико-экономическим показателем, используемым для стратегического планирования энергетического сектора с ВИЭ является модифицированный показатель системной нормированной стоимости электроэнергии (LCOE), дополнительно учитывающий переменную мощность ВИЭ, затраты на интеграцию источников в ЭС и внешние экологические издержки, рассчитанный с применением социальной ставки дисконтирования, может использоваться для определения субсидированного тарифа и стимулировать внедрение ВИЭ;

- обоснованный комплекс дополнительных показателей оценки энергетической устойчивости характеризует потенциал, производственные мощности и производство энергии из ВИЭ, экологические эффекты по видам ВИЭ, программы государственной поддержки ВИЭ и энергоэффективности, что будет стимулировать применение ВИЭ и улучшать структуру энергетического баланса.

Исследование может получить продолжение при уточнении мер и инструментов

государственного регулирования и государственной поддержки энергетического сектора, совершенствовании системы субсидирования, а также обосновании условий и параметров финансирования при организационном обеспечении проектов ВИЭ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аблаев, И. М. Основы государственного регулирования экономики региона. / И. М. Аблаев // Казань: ТАУ. – 2007. – 543 с
2. Безруких, П. П. О балансах производства электроэнергии в мире и России / П. П. Безруких, П. П. м. Безруких, С. М. Карабанов. – DOI 10.24160/1993-6982-2020-4-21-28. // Вестник Московского энергетического института. Вестник МЭИ. – 2020. – № 4. – С. 21-28.
3. Восканян, Е. Новый этап четвертого энергетического перехода. Энергетика и промышленность России. / Е. Восканян // Будущее энергетики. Спецвыпуск. – 2019. – №18. – С. 374.
4. Елисеева, О. А. Исследование перспектив и анализ рисков развития газовой отрасли России / О. А. Елисеева, А. С. Лукьянов, А. Э. Тарасов // Известия Российской академии наук. Энергетика. – 2010. – № 4. – С. 119–132.
5. Ермаков, С. М. Метод Монте–Карло и смежные вопросы / С. М. Ермаков. – 2–е издание, переработанное и дополненное. – Москва: Академический научно–издательский, производственно–полиграфический и книгораспространительский центр РАН "Издательство "Наука". – 1975. – 472 с.
6. Кабир, Л. С. Государственная поддержка " зеленых " инвестиций и рыночное " зеленое " финансирование: зарубежный опыт. / Л.С. Кабир // Инноватика и экспертиза: научные труды. – 2019. – № 1. – С. 97–108.
7. Кондраков, О. В. Повышение энергетической безопасности на основе экономически устойчивого развития топливно–энергетического комплекса: автореферат дис. доктора экономических наук: 08.00.05 / Кондраков О.В. – Курск. – 2020. – 47 с. – URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01010242691> (дата обращения: 30.05.2020).
8. Карлик, А.Е. Рискоориентированная технология информационного обеспечения в условиях цифровой экономики: управление рисками в электроэнергетике / М.Б. Игнатьев, А.Е. Карлик, Б.Л. Кукор [и др.] // Экономические науки. 0 2018. - № 161. – С.21-29.
9. Кононов, Ю. Д. Анализ методов и моделей, используемых при оценке вариантов долгосрочного развития ТЭК / Ю. Д. Кононов, Д. Ю. Кононов // Энергетическая политика. – 2018. – № 3. – С. 61-68.
10. Кононов, Ю.Д. Пути повышения обоснованности долгосрочных прогнозов развития ТЭК. / Ю.Д. Кононов // Новосибирск: Наука. – 2015. – 147 с.
11. Красильщиков, В.А. Латинская Америка прощание с зависимостью/ В.А. Красильщиков. // Мировая экономика и международные отношения. – 2015. – № 2. – С. 85–94.
12. Ксавьер, М.Г. Ключевые аспекты и последствия леворадикального правления Р.

Корреа в Эквадоре / М.Г. Ксавьер // Ибероамериканские тетради. – 2019. – № (3). – С.22–25. – URL: <https://doi.org/10.46272/2409-3416-2019-3-22-25>

13. Кузнецов, Ю.А. Определение оптимальной структуры энергетического баланса с использованием вычислительных машин / Ю.А. Кузнецов, Л.А. Мелентьев, А. Меренков, А.С. Некрасов // Теплоэнергетика. – 1962. – №5.

14. Ларин, Е.А. История Латинской Америки: Вторая половина XX века./ Е.А. Ларин. // М.: Наука. – 2004. – С.499.

15. Лобанова, Е. В. Виды перекрестного субсидирования в электроэнергетике России / Е. В. Лобанова, Б. Н. Мошкин // Достижения вузовской науки. – 2015. – № 16. – С. 144-148.

16. Макаров, А.А. Модельно-информационная система для исследования перспектив развития энергетики России (SCANNER). / А.А. Макаров // Управление развитием крупномасштабных систем. М.: Физматлит. – 2012. – С.102–184.

17. Макаров, А.А. Вопросы прогнозирования развития топливно-энергетического комплекса / Под ред. А.А. Макарова // СЭИ. – 1976. – 216 с.

18. Макаров, А.А. Достижения и проблемы системных исследований развития энергетики / А. А. Макаров // Системные исследования в энергетике: методология и результаты. – Москва: АО «Издательский дом МЭИ». – 2018. – С. 13–27.

19. Макаров, А.А. Системные исследования развития энергетики: курс лекций / А. А. Макаров. //– Москва: Издательский дом МЭИ. – 2015. – 280 с. – ISBN 978-5-383-00899-7.

20. Макаров, А.А. Математическая модель для планирования развития топливно-энергетического хозяйства СССР / А. А. Макаров // Известия АН СССР. Энергетика и транспорт. – 1964. – №3. – 20 с.

21. Макаров, А.А. Методы исследования и оптимизации энергетического хозяйства. / А.А. Макаров, Л.А. Мелентьев // Новосибирск: Наука. – 1973. – 274 с.

22. Макаров, А.А. Народнохозяйственные последствия роста цен энергоносителей /А.А. Макаров, В.А. Малахов, Д.В. Шапот // ТЭК. – 2001. – № 2.

23. Мастепанов, А.М. The Energy Trilemma Index как оценка энергетической безопасности. / А. М Мастепанов, Б. Н. Чигарев. – DOI: 10.46920/2409-5516_2020_8150_66 // Энергетическая политика. – 2020. – № 8 (150). – Р.66–83.

24. Мелентьев, Л.А. Оптимизация развития и управления больших систем энергетики. / Л.А. Мелентьев // М.: Высшая школа. – 1982. – 319 с.

25. Методические положения оптимизации развития топливно-энергетического комплекса. // Утв. Госпланом СССР. М.: Наука. – 1975. – 88 с.

26. Методические рекомендации по технико-экономическому обоснованию проектных решений в энергетике при неоднозначности исходной информации. АН СССР. М.: –

1987. – 74 с.

27. Министерство энергетики и невозобновляемых природных ресурсов Республики Эквадор «MERNNR» - инвестиционный портфель. – 2022. – URL: <https://www.recursosyenergia.gob.ec/> (дата обращения 21.02.2022)

28. Миркин, Я. Анатомия цены на нефть: она только на треть зависит от спроса и предложения / Я.Миркин // URL: <http://www.forbes.ru/ekonomika-column/rynki/74807> (дата обращения 15.09.2020).

29. **Москера А.**, Оценка социально-экономической эффективности использования гидроресурсов в энергогенерации / **А. Москера**, Т.В. Пономаренко// - XVII Международная научно-практическая конференция «Минерально-сырьевой комплекс: инженерные и экономические решения», посвященная 100-летию БНТУ. Минск, 2021 – С. 73-75

30. **Москера Урбано А.П.** Применение модели LEAP для прогнозирования развития энергетического сектора Республики Эквадор / **А.П. Москера Урбано**, Т.В. Пономаренко //Сборник материалов XX Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию Факультета горного дела и инженерной экологии Белорусского национального технического университета. Минск, 2022. – С. 18-20

31. **Москера, У. А. П.** Модель управления основными средствами в энергетическом секторе с применением процессного подхода / **У. А. П. Москера**, Т. В. Пономаренко // Синергия науки и практики в контексте инновационных прорывов в развитии экономики и общества: национальный и международные аспекты : Сборник научных статей по итогам Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 09–10 декабря 2019 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный экономический университет. – 2019. – С. 258-262.

32. Нариманов, Б. А. Возобновляемые источники энергии, вопросы устойчивости и смягчения последствий изменения климата. / Б. А. Нариманов, Ф. Ф Арзикулов// Universum: технические науки. – 2020. – № 10–3 (79). – С.66–70.

33. Национальный институт статистики и переписей Республики Эквадор «INEC» – URL: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas>. (дата обращения 09.06.2022).

34. Низамутдинова, Н. С. Краткий обзор методик оценки эффективности технологий ВИЭ в электроэнергетике / Н. С. Низамутдинова, О. С. Пташкина-Гирина // Приоритетные направления развития энергетики в АПК : Сборник статей по материалам II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Курган, 22 февраля 2018 года / Под общей редакцией С.Ф. Сухановой. – Курган: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева. –2018. – С. 109-113.

35. Обухов, С. Г. Сравнительный анализ методов оценки параметров распределения

Вейбулла для повышения точности прогнозирования ветроэнергетического потенциала / С. Г. Обухов, Д. Ю. Давыдов. – DOI 10.34286/1995-4646-2019-68-5-7-15. // Международный технико-экономический журнал. – 2019. – № 5. – С. 7-15.

36. ООН Повестка дня на XXI век. Конференцией по окружающей среде и развитию, Рио-де-Жанейро. 3–14 июня 1992 года – URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/agenda21_ch35.shtml (дата обращения 03.09.2019)

37. Платонов, В. Г. Экспериментальное изучение поведения морской плавучей ветровой электростанции на интенсивном волнении. / В. Г. Платонов, М. С. Труб // Труды ЦНИИ им. акад. АН Крылова. – 2009. – № 48. – С. 59-64.

38. Пономаренко, Т.В. Стратегическое планирование развития энергетического сектора стран с дефицитом энергоресурсов в контексте энергетической устойчивости / Т. В. Пономаренко, **П. М. У. Александр**, Д. Фатима, Д. Д. Хребтович // Экономика и предпринимательство. – 2022. – № 3(140). – С. 615-625. – DOI: 10.34925/EIP.2022.140.03.112.

39. Предпринимательское право: современный взгляд: Монография / Отв. ред. С. А. Карелина, П. Г. Лахно, И. С. Шиткина – М.: Юстицинформ, 2019. – 600 с. ISBN 978–5–7205–1535–5

40. Прохоров В. Н. Реализация задач государственного стратегического планирования на основе математического инструментария – как важнейший фактор повышения эффективности государственного управления и обеспечения национальной безопасности России / В. Н. Прохоров, О. О. Смирнова // Наука, техника и образование. – 2015. – № 9 (15). – С. 40–43.

41. Путилов, А. В. Коммерциализация технологий и промышленные инновации / А. В. Путилов, Ю. В. Черняховская. – Москва: Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ". – 2014. – 388 с. – ISBN 978-5-7262-2009-3.

42. Решнева, Е. А. Многокритериальный анализ направлений стратегического развития энергетического сектора / Е. А. Решнева, Т. В. Пономаренко, **А. П. Москера Урбано** // Вестник евразийской науки. – 2020. – Т. 12. – № 2. – С. 63.

43. Решнева, Е. Проблемы энергетического сектора развивающихся экономик / Е. Решнева, **А. Москера**, Т. В. Пономаренко // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2019. – № 12(130). – С. 68.

44. Симонян, Р. Г. Теория развития малого аграрного бизнеса, кредитование как инструмент его государственного регулирования. / Р. Г. Симонян // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. – С.444.

45. Смирнова, О. О. Контуры трансформации стратегического планирования в

России: от документов к стратегическому управлению / О. О. Смирнова. // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). – 2020. – Т. 11. – № 2. – С. 148–161.

46. Смирнова, О. О. Основы стратегического планирования Российской Федерации / О. О. Смирнова. / – Москва: ООО Издательский дом "Наука". – 2013. – 302 с. – ISBN 978-5-9902337-9-9.

47. Смирнова, О. О. Стратегическое индикативное планирование: принципы и возможности применения. / О.О. Смирнова. – DOI: 10.26310/2071–3010.2020.260.6.002 // Инновации. – 2020. – №6. – С. 17.

48. Российская Федерация. Законы. О стратегическом планировании в Российской Федерации: Федеральный закон №172–ФЗ от 28 июня 2014 г. (последняя редакция) : [принят Государственной Думой 20 июня 2014 года : одобрен Советом Федерации 25 июня 2014 года]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_164841/?ysclid=15c473cm1q445272979

49. Федосова, Ю. В. Коммерческий атом или хиты и трюки атомного бизнеса / Ю. В. Федосова ; Ю. В. Федосова // – Санкт-Петербург: Конструкт. – 2008. – 208 с. – ISBN 5-9900047-3-7.

50. Центральный банк Республики Эквадор «BCE» – URL: <https://www.bce.ec/> (дата обращения 01.06.2020).

51. Хуажева, А. Ш. Исследование проблем функционирования региональных энергетических систем в условиях ограниченности собственных энергетических ресурсов / А. Ш. Хуажева, К. Н. Киржинова // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 5: Экономика. – 2011. – № 4. – С. 117–124.

52. Черняховская, Ю. В. Эволюция методологических подходов к оценке стоимости электроэнергии. Анализ зарубежного опыта / Ю. В. Черняховская. – DOI 10.17588/2072-2672.2016.4.056-068 // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2016. – № 4. – С. 56-68.

53. Шевченко, Н.А. Научно–инновационный потенциал современного энергетического сектора мировой экономики / Н. А. Шевченко // Национальный исследовательский Томский государственный университет. – 2009. – №328. – С. 147–150.

54. Шихирин, В. В. Что следует понимать под эффективной нормой дисконтирования будущего дохода при оценке ИС? / В. В. Шихирин // Вопросы оценки. – 2003. – № 2. – С. 28-32.

55. Alvarado, E. Subsidios regresivos o transferencias progresivas: Una evaluación ex-ante de los efectos de eficiencia y equidad en el caso del subsidio al gas para el Ecuador. / E. Alvarado // Analítika: revista de análisis estadístico. – 2018. – № 16. – P. 7-42.

56. Albarracín, L. R. El cambio climático y el desarrollo energético sostenible en América Latina y el Caribe al amparo del Acuerdo deParís y de la Agenda 2030. / L. R. Albarracín //

Documentos de trabajo (Fundación Carolina): Segunda época. – 2019, – № 15, – P. 1.

57. Alizadeh, B. A dynamic model for coordination of generation and transmission expansion planning in power systems. / B. Alizadeh, S. Jadid. – DOI: 10.1016/j.ijepes.2014.10.007 // International Journal of Electrical Power & Energy Systems. – 2015. – vol. 65. – P. 408-418.

58. Altintas, K. An extended GRA method integrated with fuzzy AHP to construct a multidimensional index for ranking overall energy sustainability performances. / K. Altintas. - DOI: doi.org/10.3390/su12041602 // Sustainability. – 2020. – vol.12. – № 4. – P. 1602.

59. Arconel Estadística anual y multianual del sector eléctrico ecuatoriano 2021 «MERNNR» – URL: <https://www.controlrecursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/04/Estadistica2021.pdf> (дата обращения 13.04.2022).

60. Arriaga, M. Long-term renewable energy planning model for remote communities. / M. Arriaga, C. A. Caizares, M. Kazenari // IEEE Transactions on Sustainable Energy. – 2015. – vol. 7. – № 1. – P. 221-231.

61. Arroyo, M. The role of renewable energies for the sustainable energy governance and environmental policies for the mitigation of climate change in Ecuador. /M. Arroyo, J. Luis. DOI:10.3390/en13153883 // Energies. – 2020. – vol. 13. – N.15. – P.3883.

62. Barragán, A. La generación de energía eléctrica para el desarrollo industrial en el Ecuador a partir del uso de las energías renovables. /A. Barragán, A. Cedeno// Universidad Ciencia y Tecnología. – 2020. – vol. 24. – N.104. – P. 36–46.

63. BCE Banco central del Ecuador- Информация о государственных расходах и общем государственном бюджете. URL: <https://www.bce.fin.ec/> (дата обращения 23.10.2021).

64. Bello, G. Las disposiciones legales que desarrollan los preceptos constitucionales sobre la inversión privada extranjera en el Ecuador./G.Bello. – DOI: 10.32719/26312484 // Foro, Revista de Derecho. – 2012. – N. 17. – P.31–61.

65. Berjawi, A. An evaluation framework for future integrated energy systems: A whole energy systems approach. / A. Berjawi. – DOI: 10.1016/j.rser.2021.111163 // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2021. – vol. 145. – P. 111163.

66. Bianchi, E. H. Metodologia para la construccion de escenarios. / E.H. Bianchi. - DOI:10.30972/crn.26263791 // Buenos Aires. – P.18.

67. Blazquez, J. On some economic principles of the energy transition. / J. Blazquez, R. Fuentes, B. Manzano. – DOI: 10.1016/j.enpol.2020.111807 // Energy Policy. – 2020. – vol. 147. – P. 111807.

68. Böhringer, C. The synthesis of bottom-up and top-down in energy policy modeling. / C. Böhringer // Energy economics. – 1998. – vol. 20. – №3. – P. 233-248.

69. Borba, B. Plug-in hybrid electric vehicles as a way to maximize the integration of

variable renewable energy in power systems: The case of wind generation in northeastern Brazil. / B.S. Borba, A. Szklo, R. Schaeffer. – DOI: 10.1016/j.energy.2011.11.008 // *Energy*. – 2012. – vol. 37. – № 1. – P.469-481.

70. Bouille, D. H. Economía de la energía. /D.H. Bouille // Instituto de la energía, Fundación Bariloche, San Carlos de Bariloche, Argentina. IDEE/FB. –2004. – P.287.

71. Bruck, M. Levelized Cost of Energy (LCOE) model for wind farms that include Power Purchase Agreements (PPAs). / M. Bruck, P. Sandborn, N. Goudarzi // *Renewable Energy*. – 2018. – vol. 122. – P. 131-139.

72. Cabascango, V.E.Q. Automatic Control System for Thermal State of Reverberatory Furnaces in Production of Nickel Alloys. / V.Y. Bazhin, S.A. Martynov // *Metallurgist*, 2022, p. 1-13. – DOI: 10.1007/s11015-022-01304-3

73. Calderón, A. Los desafíos del Ecuador para el cambio estructural con inclusión social / A. Calderón // *Cepal*. – 2016. – P. 251.

74. Campos, J. Time goes by: recent developments on the theory and practice of the discount rate. / J. Campos // Washington, DC: Technical Note of Inter-American Development Bank. – 2015. – P. 56.

75. Carpio, C. Análisis de Intensidad Energética para los Sectores de Uso Final de la Economía Ecuatoriana. / C. Carpio // *Cuestiones Económicas*. – 2017. – vol. 27. – № 2. – P.29.

76. Castillo, J.G. La tasa social de descuento en la evaluación de proyectos de inversión: una aplicación para el Ecuador. / J.G. Castillo, D. Zhangallimbay // *Revista de la CEPAL*. – 2021. – 2022. – No. 134, – P. 77.

77. Castillo, T. Panorama Energético de América Latina y El Caribe 2020 / T. Castillo, F. García, L. Mosquera, T. Rivadeneira, A. Schuschny, K. Segura, M. Yujato // *Círculo Publicitario: Quito, Ecuador*. – 2020. – 353 p. – URL: <http://www.olade.org/publicaciones/panorama-energetico-de-america-latina-y-el-caribe-2020/> (дата обращения 01.09.2020).

78. Castillo, T. Panorama Energético de América Latina y el Caribe 2018. /T. Castillo // Informe. Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). Quito. – 2018. – P. 405 – URL: <http://www.olade.org/publicaciones/panorama-energeticode-america-latina-y-el-caribe-2018/> (дата обращения 18.05.2020).

79. Centeno, J. Los diferentes costos que tiene la energía eléctrica en el Ecuador considerando los cambios de la estructura actual. / J. Centeno, A. Molina, G. Castillo – DOI: 10.33936/riemat.v3i2.1628 // *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT*. – 2018. – vol. 3. – № 2. – P. 29–36.

80. Cepal, N. U. Estudio Económico de América Latina y el Caribe 2021: dinámica laboral y políticas de empleo para una recuperación sostenible e inclusiva más allá de la crisis del COVID–19

/ N.U. Cepal // CEPAL. – 2021. – P.136.

81. Cepal, N. U., Energía y desarrollo sustentable en América Latina y el Caribe: guía para la formulación de políticas energéticas. / N.U. Cepal// Cepal. – 2003. – P. 30–36.

82. Chumo, E. Eficiencia energética en función del desarrollo del plan maestro de electrificación (pme) en Ecuador. /E. Chumo; N. Vélez; G. Mera // Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT. – 2018. – vol. 3. – № 2. – P.1–12.

83. Chuqui, E. Análisis de intangibles en la Empresa Pública Estratégica Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP. 2019. / E. Chuqui // Tesis. Universidad de cuenca. – 2019. – P.34.

84. Cipoletta, G. Financiamiento de la infraestructura para la integración regional: Alternativas para América del Sur./ G. Cipoletta // Cepal. – 2015. – P.82.

85. Comello, S. Levelized cost of electricity calculator: a user guide. / S. Comello, G. Glenk, S. Reichelstein // Sustainable Energy Initiative. – 2017. – P.15.

86. Connolly, D. A review of computer tools for analysing the integration of renewable energy into various energy systems. / D. Connolly. – DOI: 10.1016/j.apenergy.2009.09.026 // Applied energy. – 2010. – vol. 87. – №4. – P. 1059-1082.

87. Constitucion de la republica del Ecuador Decreto Legislativo 0 Registro Oficial 449 de 20–oct.–2008 Ultima modificación: 01–ago.–2018 Estado: Reformado. – URL: <https://wipolex.wipo.int/ru/legislation/details/17138>

88. Costa, T.S. Technical evaluation of a PV-diesel hybrid system with energy storage: Case study in the Tapajós-Arapiuns Extractive Reserve, Amazon, Brazil. / T.S. Costa, M.G. Villalva. – DOI: doi:10.3390/en13112969 // Energies. – 2020. – vol. 13. – № 11. – P. 2969.

89. Cuenca, J. Statistical Analysis of Villonaco Wind Farm Annual Energy Production. / J. Cuenca. M. Valdiviezo-Condolo // Sustainability, Energy and City: Proceedings of CSECity. – 2021. – 2022. – vol. 379. – P. 1.

90. Debnath, K. B. Challenges and gaps for energy planning models in the developing-world context. /K. B. Debnath, M. Mourshed // Nature Energy. – 2018. – vol. 3. – № 3. – P. 172-184.

91. Delgado, N. D. Agenda Nacional de Energía 2016–2040. / N. D. Delgado, V. B. Dávalos // Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. – 2016. – P.16-18.

92. Developing world: national energy strategies. /S. Gaylord, K. Hancock. – DOI: 10.4337/9781781007907.00020 // En International Handbook of Energy Security. Edward Elgar Publishing. – 2013.

93. Di Sbroiavacca, N. El Modelo LEAP, principales características y especificación para la perspectiva energética. / N. Di Sbroiavacca // Fundación Bariloche. Bariloche. – 2014. – P.107

94. Diaz, N. Las bases del cambio de la matriz productiva en Ecuador (2006–2016). / N. Diaz, M. Duran, L. Mora // Revista Universidad y Sociedad. – 2019. – vol. 11. № 4. – P. 377-384.

95. Escobar, L. El cambio de la matriz energética en el Ecuador y su incidencia en el desarrollo social y económico de la población. / L. Escobar// Mikarimin. Revista Científica Multidisciplinaria. – 2017. – vol. 3. – № 2. – P. 25-36.
96. Escribano, G. Ecuador y los subsidios a los combustibles. / G. Escribano // Real Instituto Elcano. – 2019. – P.1–9.
97. Espinoza, D. Análisis económico de la eliminación del subsidio de la gasolina súper en el Ecuador. / D. Espinoza, C. Viteri // Revista Espacios. – 2019. – vol. 40. – № 8. – P.1-12.
98. Espinoza, D. Análisis económico de la eliminación del subsidio de la gasolina súper en el Ecuador. / D. Espinoza, C. Viteri // Revista Espacio. – 2019. – vol. 40. – № 8. – P.1-12/
99. Espinoza, S. Escenarios de prospectiva energética para Ecuador 2050. /S. Espinoza, V. Guyanlema, P. Ramirez, G. Fernández // INER Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables. Quito. – 2016. – P.124.
100. Fleiter, T. Barriers to energy efficiency in industrial bottom-up energy demand models- A review. /T. Fleiter, E. Worrell, W. Eichhammer. – DOI: 10.1016/j.rser.2011.03.025 // Renewable and sustainable energy reviews. – 2011. –vol. 15. – № 6. – P. 3099-3111.
101. Fontalvo, J. Prospectiva de Autogeneración en el Ecuador mediante uso de Modelo LEAP. / J. Fontalvo, P. Ramírez, J. Constante // Revista Técnica" energía". –2018. – vol. 15. – №1. – P.51-61
102. Frederick, S. Time discounting and time preference: A critical review. / S. Frederick, G. Loewenstein, T. O'donoghue //Journal of economic literature. – 2002. – vol. 40. – № 2. – P. 351-401.
103. Frei, C. Dynamic formulation of a top-down and bottom-up merging energy policy model. / C. Frei, P. Haldi, G. Sarlos // Energy Policy, 2003, vol. 31, no 10, p. 1017-1031. – DOI: 10.1016/S0301-4215(02)00170-2
104. Fu, F. The dynamic role of energy security, energy equity and environmental sustainability in the dilemma of emission reduction and economic growth. / F. Fu. – DOI: 10.1016/j.jenvman.2020.111828 // Journal of Environmental Management. – 2021. – vol. 280.– P. 111828.
105. Fuss, S. Renewables and climate change mitigation: Irreversible energy investment under uncertainty and portfolio effects. / S. Fuss. – DOI: 10.1016/j.enpol.2010.06.061 // Energy Policy. – 2012. – vol. 40. – P. 59-68.
106. Gielen, D. The role of renewable energy in the global energy transformation. / D. Gielen. – DOI: 10.1016/j.esr.2019.01.006 // Energy Strategy Reviews. – 2019. – vol. 24. – p. 38–50.
107. Gilman, P. Solar advisor model user guide for version 2.0. /P. Gilman. – DOI: 10.2172/937349 // National Renewable Energy Lab. (NREL), Golden, CO (United States). – 2008. – P.133.

108. Greene, D. Measuring energy sustainability. /D. Greene // Oak Ridge National Lab. (ORNL), Oak Ridge, TN (United States). – 2009. – URL: <https://mitpress.universitypressscholarship.com/view/10.7551/mitpress/9780262013581.001.0001/ups-o-9780262013581-chapter-20>
109. Gritsevskiy, A. Modeling uncertainty of induced technological change. / A. Gritsevskiy, N. Nakićenovi. – DOI: 10.1016/S0301-4215(00)00082-3 // Energy policy. – 2000. – vol. 28. – № 13. – P. 907-921.
110. Guayanlema, V. Análisis de indicadores de desempeño energético del Ecuador / V. Guayanlema // Enerlac. – 2017. – vol. 1. № 2. – P.121–139.
111. Gunnarsdóttir, I. Review of indicators for sustainable energy development. / I. Gunnarsdóttir. – DOI: 10.1016/j.rser.2020.110294// Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2020. – vol. 133. – P. 110294.
112. Harberger, A. On measuring the social opportunity cost of labour. En Project Evaluation. Palgrave Macmillan, London. – 1972. – P. 157-183.
113. Hernández, F. Fuentes energéticas renovables en Ecuador. Perspectivas a futuro. / F. Hernández // Polo del Conocimiento: Revista científico–profesional. – 2022. – vol. 7 – № 3. – P. 3.
114. Hoballah, A. Objetivo 12–Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles: un requisito esencial para el desarrollo sostenible. / A. Hoballah, S. Averous, // Naciones Unidas. Recuperado el. – 2015. – vol. 5. – P.3.
115. Huertas, F. Planificar para gobernar: el método PES. Entrevista a Carlos Matus. San Justo, Buenos Aires: Universidad Nacional de La Matanza. – 2006. – 24 p.
116. Icaza, D. Production of Energy in the Villonaco Wind Farm in Ecuador. / D. Icaza // En 2018 World Engineering Education Forum–Global Engineering Deans Council (WEEF–GEDC). IEEE. – 2018. – P. 1–7.
117. Irena. Renewable Power Generation Costs in 2020; International Renewable Energy Agency: Abu Dhabi, United Arab Emirates. – 2021. ISBN 978-92-9260-348-9.
118. Jacobsen, H. K. Integrating the bottom-up and top-down approach to energy–economy modelling: the case of Denmark. / H.K. Jacobsen – DOI: 10.1016/S0140-9883(98)00002-4 // Energy Economics. – 1998. – vol. 20. №.4. – P.443-461.
119. Jensen, J. Wind turbine blade recycling: Experiences, challenges and possibilities in a circular economy. / K. Skelton, J. P. Jensen. – DOI: 10.1016/j.rser.2018.08.041 // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2018. – vol. 97. – P. 165-176.
120. Joskow, P. Incentive regulation for electric utilities. / P.L. Joskow, R. Schmalensee // Yale J. on Reg. – 1986. –vol. 4. – P. 1.
121. Khatib, H. Review of OECD study into “Projected costs of generating electricity—2010

Edition". / H. Khatib // *Energy Policy*. – 2010. – vol. 38. – № 10. – P. 5403-5408.

122. Khoshnava, S. et al. Green efforts to link the economy and infrastructure strategies in the context of sustainable development. / S. Khoshnava. – DOI: 10.1016/j.energy.2019.116759 // *Energy*. – 2020. – vol. 193. – P. 116759.

123. Klaassen, G. Internalizing externalities of electricity generation: An analysis with Message-macro. / G. Klaassen, K. Riahi. – DOI: 10.1016/j.enpol.2006.03.007 // *Energy Policy*. – 2007. – vol. 35. – № 2. – P. 815-827.

124. Koopmans, C. Bridging the energy efficiency gap: using bottom-up information in a top-down energy demand model. / C.C. Koopmans, D.W. Te Velde // *Energy economics*, 2001, vol. 23, no 1, p. 57-75. – DOI: 10.1016/S0140-9883(00)00054-2

125. Kreuzer, F. Wilmsmeier, G. Eficiencia energética y movilidad en América Latina y el Caribe: Una hoja de ruta para la sostenibilidad. / F. Kreuzer, G. Wilmsmeier // *Olade*. – 2014. – P.305.

126. Lopez, G. Pathway to a fully sustainable energy system for Bolivia across power, heat, and transport sectors by 2050. / G. Lopez. – DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.126195 // *Journal of Cleaner Production*. – 2021. – vol. 293. – P. 126195.

127. Makhova, L. A. Economic challenges and problems related to natural resources management as a consequence of human capital accumulation. / A. A. Lapinskas, M. M. Haykin // *Utopía y praxis latinoamericana: revista internacional de filosofía iberoamericana y teoría social*. – 2019. – № 5. – P. 138–143.

128. Maldonado-Correa, J. Wind power forecasting for the Villonaco wind farm. / J. Maldonado-Correa. – DOI: 10.1177/0309524X20968817 // *Wind Engineering*. – 2021. – vol. 45. – № 5. – P. 1145-1159.

129. Mangla, S. K. A step to clean energy-Sustainability in energy system management in an emerging economy context. / S.K. Mangla. – DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.118462 // *Journal of Cleaner Production*. – 2020. – vol. 242. – P. 118462.

130. Marinina, O. Recycling of coal fly ash as an example of an efficient circular economy: a stakeholder approach. / O. Marinina. – DOI: 10.3390/en14123597 // *Energies*. – 2021. – vol. 14. – № 12. – P. 3597.

131. Marti, L. Sustainable energy development analysis: Energy Trilemma. / L. Marti, R. Puertas. – DOI: 10.1016/j.stae.2022.100007 // *Sustainable Technology and Entrepreneurship*. – 2022. – vol. 1. – № 1. – P. 100007.

132. Medina, H.R.B. Análisis del Balance Energético del Ecuador a través de Dinámica de Sistemas. / H.R.B. Medina // *Compendium: Cuadernos de Economía y Administración*. – 2016. – vol. 2. – № 4. – P. 61-78.

133. Мемор, Энергетический баланс Республики Эквадор 2020 – Министерство

энергетики и невозобновляемых ресурсов – URL: <https://www.rekursosyenergia.gob.ec/5900-2/> (дата обращения 12.09.2020).

134. Messner, S. Message–Macro: linking an energy supply model with a macroeconomic module and solving it iteratively. / S. Messner, L. Schrattenholzer. – DOI: 10.1016/S0360-5442(99)00063-8 // Energy. – 2000. – vol. 25. – №3. – P. 267-282.

135. Ministerio de Energía de Ecuador. Expansión de la Generación; Ministerio de Energía de Ecuador: Quito, Ecuador. – 2020. – Chapter 4. – P. 138–197. – URL: <https://www.rekursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/4.-Expansion-de-lageneracion.pdf> (дата обращения 09.08.2021).

136. Case Study on the Energy, Environmental and Social Impacts of Chinese Investment in Clean Energy in Ecuador - Stephanie Hince - Boston University. – 2020 P. 51

137. Ministerio de Energía de Ecuador. Expansión de la Generación; Ministerio de Energía de Ecuador: Quito, Ecuador. – 2020. – №4. – P.138–197. – URL: <https://www.rekursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/4.-EXPANSION-DE-LAGENERACION>. (дата обращения 09.08.2021).

138. Miranda, A. Análisis del Plan Nacional de Eficiencia Energética en el Ecuador. / A. Miranda // Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT. – 2020. – vol. 5 – № 1 – P. 28–34.

139. Moret, S. Characterization of input uncertainties in strategic energy planning models. / Moret S.// Applied energy. – 2017. – vol. 202. – P. 597-617.

140. **Mosquera Urbano A.P.** Assessment of Energy Sustainability Issues in the Andean Community: Additional Indicators and Their Interpretation / T. Ponomarenko, E. Reshneva, **A. P. Mosquera Urbano** // Energies. – 2022. – Vol. 15. – No 3. – DOI 10.3390/en15031077.

141. **Mosquera Urbano, A. P.** Improving energy efficiency in the Republic of Ecuador / **A. P. Mosquera Urbano**, T. V. Ponomarenko.// 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020, Albena, 18–24 августа 2020 года. – Sofia: Общество с ограниченной ответственностью СТЕФ92 Технолоджи. – 2020. – P. 285-292. – DOI 10.5593/sgem2020/5.2/s21.035

142. Naranjo S., Costo comparativo por kilovatio de los últimos proyectos hidroeléctricos en Ecuador. / S. Naranjo, D. Punina; J. Del Castillo // Revista InGenio. – 2022. – vol. 5. – № 1. P. 22–34.

143. Nasibov, V. Comparative analysis of trend of change of Azerbaijan's energy sector functioning stability at the current development stage. / V. Nasibov, R. Alizade. – DOI: 10.1051/e3sconf/202017801050 // En E3S Web of Conferences. EDP Sciences. – 2020. – P. 01050.

144. Neff, B. Estimated Cost of New Utility-scale Generation in California: 2018 Update: Staff Report. California Energy Commission. – 2019. – P.96.

145. Ochoa, J. La Comunidad Andina: un paradigma de integraci3n econ3mica. / J. Ochoa, M. Morales, S. Pay3n // REICE: Revista Electr3nica de Investigaci3n en Ciencias Econ3micas. – 2014. – vol. 2. – N. 3. – P.1–27.
146. Uianov, V.L., Simonov, K. When oilfield service companies enter developing economies: a new model for efficiency // Journal of Business Strategy. – 2020. – Vol.41. - №. 5. – P. 57-66.
147. Olabi, A. Energy quadrilemma and the future of renewable energy / A. Olabi. – DOI: 10.1016/j.energy.2016.07.14 // Energy. – 2016. – vol.108. – P.1–6.
148. Olade Organizaci3n Latinoamericana de Energ3a. Manual de Planificaci3n Energ3tica. – 2017. – URL: <https://www.olade.org/publicaciones/manual-de-planificacion-energetica-2017/> (data obrasheniya 19.01.2020).
149. Olarte, A. La eficiencia energ3tica, Desafios y oportunidades en Ecuador. / A. Olarte. DOI: 10.23857/dc.v8i2.2714 // Dominio de las Ciencias. – 2022. – vol. 8. – N 2. – P.8.
150. Oluchowska Trampczynska, K. M. C3mo desarrollar ciudades m3s resilientes: un manual para l3deres de los gobiernos locales. / K. M. Oluchowska Trampczynska // Edici3n adaptada al contexto de las Am3ricas. – 2014. – 52 p.
151. Orejuela, V. Response of residential electricity demand against price signals in Ecuador. /V. Orejuela, A. Aguila // En Proceedings of the 2015 IEEE Thirty Fifth Central American and Panama Convention. – 2015. – P.373–378.
152. Pawel, I. The cost of storage–how to calculate the levelized cost of stored energy (LCOE) and applications to renewable energy generation. /I. Pawel. – DOI:10.1016/j.egypro.2014.01.159 // Energy Procedia. – 2014. – vol. 46. – P. 68-77.
153. Pinargote, D. La generaci3n distribuida y su regulaci3n en el Ecuador. / D. Pinargote. – DOI: 10.34140/bjbv3n3–001 // Brazilian Journal of Business. – 2021, – № 3. – P. 3.
154. Pindyck, R. Microeconomia. /R. Pindyck, D. Rubinfeld // Prentice Hall – Br. – 2006. sexta edici3n, ISBN 85-7605-018-8.
155. Pistonesi, H. The contribution of biofuels to the sustainability of development in Latin America and the Caribbean. / H. Pistonesi // Cepal. – 2008. – 82 p.
156. Ponomarenko, T. Sustainable development of the energy sector in a country deficient in mineral resources: the case of the Republic of Moldova./ T. Ponomarenko, E. Resniova, // Sustainability, 2021, vol. 13, №6, C. 3261. – DOI: 10.3390/su13063261
157. Porfir'ev, B. N Al'ternativnaya energetika i social'no orientirovannaya ekonomika. / B.N. Porfir'ev, S.A. Roginko // St.–Peterbg. Gos. Univ. – 2016. – vol. 3. – P. 4 –19.
158. Proyecci3n de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), Colombia 1998-2010. / F. Gonz3lez, H. Rodr3guez //Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, F3sicas

y Naturales. – 1999. – vol. 23. – №89. –P. 497-506.

159. Ramos, M. La Eficiencia Energética: Una Estrategia Para la Economía Doméstica en Ecuador. / M. Ramos, A. Bautista–. //Dominio de las Ciencias. – 2022. – vol. 8. – N. 2. – P.1334–1246. – URL: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i2.2708>

160. Rivela, B. Líneas estratégicas de acción en el sector transporte para la mitigación del cambio climático en Ecuador. LÍNEASUR 7. – 2014. –P. 90.

161. Rodríguez, M. A brief approach of microgrids implementation in Ecuador: A review. / M. Rodríguez. – DOI: 10.1007/978-3-030-72208-1_12 // En International Conference on Intelligent Information Technology. Springer, Cham. – 2020. – P. 149–163.

162. Rothkopf, M. H. An economic model of world energy 1900–2020. / M. H. Rothkopf // Long Range Planning. – 1973. – vol. 6. – № 2. – P. 43-51.

163. Salazar, G. Análisis de la evolución de la demanda eléctrica en el Ecuador considerando el ingreso de proyectos de eficiencia energética. /G. Salazar, B. Panchi // Revista Politécnica. – 2014. – vol. 33. – № 1. – P.10.

164. Sandoval, A. La responsabilidad objetiva del estado frente al consumidor y sus limitaciones: la generación, distribución y suministro de energía como servicio público de calidad / A. Sandoval // Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. – 2021. – P.43.

165. Schaeffer, R. Future electric power technology choices of Brazil: a possible conflict between local pollution and global climate change. /R. Schaeffer, A. Szklo // Energy Policy. – 2001. – vol. 29. – № 5. – P.355-369.

166. Shin, H. Environmental and economic assessment of landfill gas electricity generation in Korea using LEAP model. / H. Shin. – DOI: 10.1016/j.enpol.2007.05.004 // Energy policy. – 2005. – vol. 33. – №.10. – P. 1261-1270.

167. Sims, R. Carbon emission and mitigation cost comparisons between fossil fuel, nuclear and renewable energy resources for electricity generation. / R. Sims, H. Rogner, K. Gregory. – DOI: 10.1016/S0301-4215(02)00192-1 // Energy policy. – 2003. –vol. 31. – № 13. – P. 1315-1326.

168. Soria, R. Biogás: Una Alternativa para la Expansión de Generación Eléctrica en El Ecuador. / R. Soria, P. Carvajal. – DOI: 10.37116/Revistaenergia.V9.N1.2013.131 // Revista Técnica" energía". – 2013. – vol. 9. – №.1. – P. 38-45.

169. Šprajc, P. Energy security in decision making and governance Methodological analysis of energy trilemma index. / P. Šprajc, M. Bjegović, B. Vasić. – DOI: 10.1016/j.rser.2019.109341 // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2019. – vol. 114. – P. 109341.

170. Strojkov, G.A. Perspektivy i obshchestvennyye effekty proektov sekvestracii i ispol'zovaniya uglekislogo gaza. / G.A. Strojkov, A.A. Il'inova, N.V. Romasheva, // Zap. Gorn. Inst. – 2020. – №244. – P. 493–502.

171. Suarez, J. A. The state and prospects of renewable energy in Cuba. / J.A. Suarez. – DOI: 10.1080/15567249.2015.1007434 // *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*. – 2016. – vol. 11. – № 2. – P. 111-117.
172. Talayero Navales, A.P. Energía eólica (Serie Energías renovables). / A.P. Talayero Navales, E. Telmo Martínez // *Prensas de la Universidad de Zaragoza*. – 2011. – P.85.
173. Tcvetkov, P. The changing role of CO2 in the transition to a circular economy: Review of carbon sequestration projects. / P. Tcvetkov, A. Cherepovitsyn; S. Fedoseev. – DOI: 10.3390/su11205834 // *Sustainability*. – 2019. – vol. 11. – № 20. – P.5834.
174. Teräväinen, T. Negotiating water and technology—Competing expectations and confronting knowledges in the case of the Coca Codo Sinclair in Ecuador. / T. Teräväinen. – DOI:10.3390/w11030411 // *Water*. – 2019. – vol. 11. – N. 3. – P.411.
175. U.S. Energy Information Administration (2014). The National Energy Modeling System: An Overview / U.S. Energy Information Administration. – URL: <http://www.eia.gov/oiaf/aeo/verview/> – (дата обращения 05.10.2020).
176. Ullah, A. Renewable energy: Is it a global challenge or opportunity? Focusing on different income level countries through Panel Smooth Transition Regression Model. /A. Ullah. – DOI: 10.1016/j.renene.2021.05.132 // *Renewable Energy*. – 2021. – vol. 177. – P.689–699.
177. Urdaneta, M. Plan de uso Eficiente de la Energía Eléctrica en el Eje Residencial, Comercial y Público en el Ecuador. /M. Urdaneta// *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*. – 2020. – № E25. – P.16–30.
178. Van Beuzekom, I. A review of multi-energy system planning and optimization tools for sustainable urban development. / I. Van Beuzekom, M. Gibescu, J.G. Slootweg. – DOI: 10.1109/PTC.2015.7232360 // *2015 IEEE Eindhoven PowerTech*. – 2015. – P.1-7.
179. Van Vuuren, D. P., Comparison of top-down and bottom-up estimates of sectoral and regional greenhouse gas emission reduction potentials. /D.P. Van Vuuren. – DOI: 10.1016/j.enpol.2009.07.024 // *Energy policy*. – 2009. – vol. 37. – №.12. – P.5125-5139.
180. Vasilev, Y. Promoting Public Awareness of Carbon Capture and Storage Technologies in the Russian Federation: A System of Educational Activities. /Y. Vasilev. – DOI: doi.org/10.3390/en14051408 // *Energies*. – 2021. – vol. 14. – № 5. – P.1408.
181. Vásquez, P. Propuesta metodológica para gestionar la Transferencia de Conocimiento individual a la organización, caso: CENACE. / P. Vásquez, M. Nieto, J. Cepeda. – DOI: 10.37116/Revistaenergia.V16.N2.2020.365 // *Revista Técnica" energía"*. – 2020. – vol. 16. – N.2. – P.177–187.
182. Ventosa, P. Subsidios a los combustibles fósiles en Ecuador: Diagnóstico y opciones para su progresiva reducción. /P. Ventosa // *Revibec–Revista iberoamericana de economía ecológica/* –

2018. – P. 87–106.

183. Livshits S.A., Yudina N.A., Novikova O.V., Katz D.B., Nagornov V.N. Determination of the conditions of spontaneous combustion of a rheologically complex medium inside the continuous infinite cylinder in convective heat transfer case // E3S Web of Conferences. - 2019. - P. 01034.

184. Villacres, K. Reformas económicas y su incidencia en el crecimiento del Ecuador, periodo 1980–2017. / K. Villacres // Revista Mapa. – 2020. – vol. 4. –№ 18. – P.12.

185. Vogt-Schilb, A. Marginal abatement cost curves and the optimal timing of mitigation measures. / A. Vogt-Schilb, S. Hallegatte. – DOI: 10.1016/j.enpol.2013.11.045// Energy Policy. – 2014. – vol.66. – P. 645-653.

186. WEC Trilemma: Country Profile Ecuador. – URL: <https://trilemma.worldenergy.org/#!/country-profile?country=Ecuador&year=2020>

187. WEC Trilemma: Country Profile–Bolivia. – URL: <https://trilemma.worldenergy.org/#!/country-profile?country=Bolivia&year=2020> (дата обращения 15.08.2020).

188. WEC Trilemma: Country Profile–Columbia. – URL: <https://trilemma.worldenergy.org/#!/country-profile?country=Colombia&year=2020> (дата обращения 05.07.2020).

189. WEC Trilemma: Country Profile–Peru. – URL: <https://trilemma.worldenergy.org/#!/country-profile?country=Peru&year=2020> (дата обращения 08.07.2020).

190. Wisner, R. H. Benchmarking anticipated wind project lifetimes: Results from a survey of US wind industry professionals. / M. Bolinger, H.R. Wisner // Lawrence Berkeley National Lab. (LBNL), Berkeley, CA (United States). – 2019.

191. World Energy Council. London. – URL: <https://www.worldenergy.org/> (дата обращения: 17.09.2021).

192. World Energy Council. World Energy Trilemma Index 2019 Full Report. – URL: <https://www.worldenergy.org/publications/entry/world-energy-trilemma-index-2019> (дата обращения: 24.03.2020).

193. World Energy Council. World Energy Trilemma Index 2020 Full Report. – URL: <https://www.worldenergy.org/publications/entry/world-energy-trilemma-index-2020> (дата обращения 05.04.2021).

194. World Energy Trilemma Index 2021. URL: <https://www.worldenergy.org/publications/entry/world-energy-trilemma-index-2021> (дата обращения: 16.11.2021)

195. Zafeiratou, E. Sustainable island power system–Scenario analysis for Crete under the energy trilemma index. / E. Zafeiratou, C. Spataru. – DOI: 10.1016/j.scs.2018.05.054 // Sustainable Cities and Society. – 2018. – vol. 41. – P.378–391.

196. Zeljko, M. Applications of Wien Automatic System Planning (WASP) Model to Non-

Standard Power System Expansion Problems. /M. Zeljko. – DOI: 10.3390/en13061392 // Energies. – 2020. – vol.13. – № 6. – P. 1392.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Индикаторы, применяемые в стратегическом планировании энергетического сектора в странах ЛАК

Таблица А.1 - Индикаторы, применяемые в стратегическом планировании энергетического сектора в странах Латинской Америки

Показатели	Ед изм	Формулы	Определение
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ			
ЕСО1- Энергопотребление на душу населения	кВт ч/чел.	$\frac{ОТЕР}{РТМА};$ $\frac{СТФЕ}{РТМА};$ $\frac{СТЕ}{РТМА}.$ <p>где ОТЕР - общее предложение первичной энергии; СТФЕ - общее конечное потребление энергии; СТЕ - общее потребление электроэнергии; РТМА - общая численность населения страны (на середину текущего года)</p>	Измерение уровня потребления энергии на душу населения и отражение модели использования энергии и совокупной энергоемкости общества.
ЕСО2- Энергопотребление на единицу валового внутреннего продукта	кВт ч /долл. США	$\frac{ОТЕР}{РТМА};$ $\frac{СТФЕ}{РТМА};$ $\frac{СТЕ}{РТМА}.$ <p>где ОТЕР - общее предложение первичной энергии; СТФЕ - общее конечное потребление энергии; СТЕ - общее потребление электроэнергии; РТМА - общая численность населения страны (на середину текущего года)</p>	Отражение тенденции использования энергии по отношению к ВВП и указывает на общую связь использования энергии с экономическим развитием.
ЕСО3- Энергоемкость промышленного сектора	т.н.э/долл. США	$IEI_i = (EFC_i / PIB_i)$ <p>где IEI_i - промышленная энергоемкость за период i; EFC_i - конечное потребление энергии в промышленном секторе в период i; PIB_i - валовой внутренний продукт в период i.</p>	Использование энергии на единицу добавленной стоимости в промышленном секторе.
ЕСО4- Энергоемкость коммерческого сектора	т.н.э/долл. США	$IECC_i = (EFC_i / PIB_i)$ <p>где $IECC_i$ - коммерческая энергоемкость за период i; EFC_i - конечное потребление энергии в промышленном секторе в период i; PIB_i - валовой внутренний продукт в период i.</p>	Мера общей энергоемкости в коммерческом секторе.

Продолжение таблицы А.1

Показатели	Ед изм	Формулы	Определение
ЕСО5- Энергоемкость транспортного сектора	т.н.э/т.км т.н.э /пасс.км	$IETC_i = (EFTC_i / \text{Тонны перевезенных грузов-км})$ $IETP_i = (EFTP_i / \text{Количество пассажиров-км})$ <p>где $IETC_i$ - удельное потребление в секторе грузовых перевозок за период i (т.н.э./т-км) $IETP_i$ - удельное потребление в секторе пассажирских перевозок за период i (тнэ/пасс.-км); $EFTC_i$ - конечное потребление энергии в секторе грузовых перевозок в период i (т.н.э.); $EFTP_i$ - конечное потребление энергии в секторе пассажирских перевозок в период i (т.н.э.).</p>	Расход энергии на единицу перевезенного грузового километра и на единицу пройденного пассажиро-километра.
ЕСО6- Энергетическая самообеспеченность	%	$ЕСО6 = IMPE / OTE * 100$ <p>где $IMPE$ - импорт энергии OTE – все энерго предложение</p>	Связь импорта энергии ($IMPE$) с общим энерго предложение (OTE) страны.
ЕСО7- Устойчивость к внешним изменениям	%	$ЕСО7 = EXPE / PIB * 100$ <p>где $EXPE$ – экспорт энергии PIB – валовой внутренний продукт</p>	Связь экспорта энергии ($EXPE$) с валовым внутренним продуктом ($ВВП$) страны.
ЕСО8-Запас критических видов топлива для удовлетворения соответствующего потребления	дни, месяцы, годы	$ЕСО8 = RNCC / CDCC$ $ЕСО8 = RNCC / CMCC$ $ЕСО8 = RNCC / CACC$ <p>где $RNCC$ – наличия национальных резервов важнейших видов топлива $CDCC$ – ежедневное потребление важнейших видов т. $CMCC$ – ежемесячное потребление важнейших видов т. $CACC$ – годовое потребление важнейших видов т.</p>	Измерение наличия национальных резервов важнейших видов топлива ($RNCC$), таких как нефть, по отношению к потреблению соответствующего топлива.
ЕСО9-Отношения между запасами энергии и производством энергии	годы	$ЕСО9 = RCE / PE$ <p>где RCE - проверенные запасы энергии; PE - производство энергии.</p>	Отношение между оставшимися запасами энергии в течение одного года и производством энергии в этом году.

Продолжение таблицы А.1

Показатели	Ед изм	Формулы	Определение
ЕСО10- Эффективность преобразования и распределения энергии	%	$ЕСО10 = PBE / ECF * 100$ $ЕСО10 = CTE / OTE * 100$ $ЕСО10 = CFG / OTG * 100$ <p>где PBE - валовое производство электроэнергии; ECF - энергия ископаемого топлива; CTE - общее конечное потребление электроэнергии; OTE - общее предложение электроэнергии; CTG - конечное потребление газа OTG - общее предложение газа.</p>	Эффективность преобразования и распределения энергии, в том числе эффективность производства электроэнергии с использованием ископаемого топлива, эффективность переработки нефти, потери, возникающие при передаче и распределение электроэнергии, а также потери при передаче и распределении газа.
СОЦИАЛЬНЫЕ			
SOC1- Доступность электроэнергии	%	$PHSEi = (NHSEi / NTHi) * 100$ <p>где PHSEi - процент домохозяйств, не имеющих доступа к электричеству за период i (%); NHSEi - количество домохозяйств без электричества за период i (ГВтч); NTHi - общее количество домохозяйств в период i (ГВтч).</p>	Процент домохозяйств или населения, не имеющих доступа к электроэнергии из сети.
SOC2- Доля расходов на топливо и электроэнергию в доходах домохозяйств	%	$PIHi = (IGCEi / ITi) * 100$ <p>где PIHi - доля располагаемого дохода домохозяйства, израсходованных на топливо и электроэнергию за период i (%); IGCEi - средний расход домохозяйства на топливо и электроэнергию, за период i (долл. США); ITi - средний общий доход домохозяйства в период i (долл. США)</p>	Участие в располагаемом доходе домохозяйств, расходуемый на топливо и электроэнергию (в среднем и для 20% населения с самым низким доходом).
SOC3- Энергопотребление домохозяйств по группам дохода	Энергия: (т.н.э.) в год / на домохозяйство Электричество: (кВтч) в год / на домохозяйство	SOC3 = Энергия Топливо / домохозяйства в группе доходов SOC3 = Потребляемая электроэнергия / домохозяйства той же группы доходов	Отражение меры неравенства в использовании энергии и ее доступности. Показатель позволяет оценить количество потребляемой населением электроэнергии и топлива в зависимости от уровня их доходов.

Продолжение таблицы А.1

Показатели	Ед изм	Формулы	Определение
SOC4- Смертность от несчастных случаев в энергетике к количеству выработанной энергии	Количество смертельных случаев к количеству топлива или электроэнергии, производимой ежегодно.	$SOC4 = \text{количество погибших} / \text{произведенная энергия}$	Количество смертельных случаев в деятельности, связанной с цепочкой производства и потребления энергии, в разбивке по произведенной энергии. Показатель используется для оценки риска для здоровья человека, связанного с энергетическими системами и, в частности, с различными цепочками производства топлива и энергии.
SOC5- Обеспечение основных потребностей в энергии	Килограмм нефтяного эквивалента (кер) / на человека. кг.н.э./чел.	$SOC5 = CEUR / POB$ где CEUR – полезное энергопотребление жилых помещений POB – население	Отношение полезного энергопотребления жилых помещений (CEUR) к населению (POB), особенно ориентированное на малообеспеченное население.
ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА			
AMB1- Относительная чистота использования энергии	Тонн CO ₂ /на т.н.э.	$AMB1 = CO_2 / CFT$ где CO ₂ – выбросы CO ₂ в энергетическом секторе CFT - общее конечное потребление энергии.	Связывает выбросы CO ₂ в энергетическом секторе с общим конечным потреблением энергии (CFT).
AMB2- Выбросы парниковых газов от производства и использования энергии, на душу населения и на единицу ВВП	Годовые выбросы парниковые газы в тоннах / на душу населения или в долл США.	$AMB2 = GEI / POB$ где GEI (парниковые газы) – тон. POB (население) – мил.	Измеряет общие выбросы основных парниковых газов в результате производства и использования энергии, которые оказывают непосредственное влияние на изменение климата.

Продолжение таблицы А.1

Показатели	Ед изм	Формулы	Определение
АМВ3- Использование возобновляемых источников энергии	%	$АМВ3 = PFR / ОТЕ * 100$ где PFR – производство энергии за счет использования возобновляемых источников энергии. ОТЕ – общее предложение энергии	Отношение между общей суммой производства возобновляемых источников энергии (PFR) по отношению к общему предложению энергии (ОТЕ).
АМВ4- Концентрации загрязненного воздуха в городах	мк/м ³ мг/м ³	Концентрация загрязненного воздуха на м ³ в городах.	Измеряет концентрацию загрязнителей воздуха, таких как озон, окись углерода, частицы (PM10, PM2, PM5, общее количество взвешенных частиц, черный дым), двуокись серы, двуокись азота, бензол и свинец, это представляет интерес для общественного здравоохранения в городских районах.
АМВ5-Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от энергосистем.	т/м ³	Выбросы загрязняющих веществ рассчитываются с помощью коэффициента выбросов, представляющего собой репрезентативную величину, которая связывает количество загрязнителя, выброшенного в атмосферу, с деятельностью, связанной с выбросом этого загрязнителя.	Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от всех видов деятельности, связанных с энергетикой, включая производство и транспортировку электроэнергии.
АМВ6-Сбросы загрязняющих веществ в жидкие стоки энергосистем	кг/л	Типичные требования к контролю: - Поток - рН - Общий органический углерод (ТОС) - Нефтяные углеводороды - Твердые вещества во взвешенном состоянии - Аммиак и общий азот - Хлориды и сульфиды - Фенолы и сульфиды - Металлы	Сбросы загрязняющих веществ, присутствующие в жидких стоках всех видов деятельности, связанных с энергетикой, например сброс охлаждающей воды, которые могут повышать температуру водного потока. Целью этого показателя является контроль сброса вредных загрязняющих веществ от энергетических компаний, горнодобывающей и нефтедобывающей промышленности, особенно угля, в реки, озера и морскую воду.

Продолжение таблицы А.1

Показатели	Ед изм	Формулы	Определение
АМВ7- Скорость обезлесения, связанная с использованием энергии	%	$AMB7=TDUMC=TDD*(PMAL/TFAT)$ где TDUMC - уровень обезлесения, связанный с использованием древесины в качестве топлива; TDD - общий уровень обезлесения; PMAL - среднегодовое производство дров; TFAT - общий годовой объем рубок леса.	Лесная площадь определяется землей, которая покрыта кронами деревьев, по крайней мере, на 10% площади. Кроме того, лесные площади, которые являются продуктом плантации или посева, отличаются от тех, которые соответствуют естественным лесам.
АМВ8- Взаимосвязь между образованием твердых отходов и вырабатываемой энергией	тон./ед.эн.	$AMB8 = \text{количество отходов/ энергии, произведенных в процессе, в результате которого образуются отходы.}$	Определение количества и вида твердых отходов.
АМВ9- Отношение надлежащим образом утилизированных твердых отходов к общему количеству образующихся твердых отходов.	%	$AMB9 = \frac{\text{Общее количество должным образом утилизированных отходов}}{\text{Общее количество энергетических отходов}}$	Оценка степени удаления твердых отходов в энергетическом секторе. Определение твердых отходов энергетического сектора соответствует определению показателя АМВ8.
АМВ10-Отношение твердых радиоактивных отходов к единицам произведенной энергии	ЕJ — эксаджоул и (10 ¹⁸ джоулей).	Количество радиоактивных отходов / произведенная энергия м3/ТВтч; тМР/ТВтч; м3/т.н.э.; тМР/теп; м3/ЕJ; тМП/ЕJ	Учет количества различных потоков радиоактивных отходов, возникающих в результате ядерного топливного цикла, в частности, и других топливных циклов на единицу произведенной энергии.

Продолжение таблицы А.1

Показатели	Ед изм	Формулы	Определение
АМВ11-Отношение твердых радиоактивных отходов, ожидающих захоронения, к общему количеству образующихся твердых радиоактивных отходов	мЗ	$АМВ11 = \frac{\text{Количество радиоактивных отходов, ожидающих захоронения}}{\text{Количество радиоактивных отходов}}$	Отражение процентную долю радиоактивных отходов, которые ожидают захоронения, по отношению к радиоактивным отходам, существующим в данный момент времени для любого энергетического топливного цикла.
АМВ12-Выбросы парниковых газов на единицу произведенной электроэнергии	тон. в. г./ ГВт час.	$АМВ12 = \frac{GEIEE}{PREE}$ <p>где АМВ12 - выбросы парниковых газов на единицу выработки электроэнергии (тонн/ГВтч). GEIEE - выбросы парниковых газов при производстве электроэнергии (тонны) PREE - общее производство электроэнергии (ГВтч)</p>	Отношение общего объема выбросов парниковых газов, производимых электроэнергетическим сектором / к общему производству электроэнергии.

Источник: [148]

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Расчеты показателей экономической эффективности и расчет LCOE по проектам ВЭС Виллонако I, II - III для различных условий.

Распределение Вейбулла:

Ежегодное производство МВт/ч - 88,485

Эквивалентные часы ветра - 5362

КИУМ - 61%

Данные ВЭС Виллонако I:

Установленная мощность (МВт) - 16,5

Капитальные вложения (млн.) - 45,7

Фиксированные эксплуатационные расходы (\$.) - 1,4 млн. долл.

Выработка чистой энергии (млн./кВт*ч) - 88,5

Количество ветроэнергетических установок (шт) – 11

Коэффициент дисконтирования 12%

Тариф на электроэнергию (\$./кВт*час) - 0,0913

Таблица Б.1 - Расчеты показателей экономической эффективности Виллонако I при распределении Вейбулла и норме дисконта 12 %

Показатели, млн. долл.	Эксплуатационный период																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Объем инвестиций	-45,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Кредит	45,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Выручка	0	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08
Эксплуатационные затраты	0	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Амортизация	0	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83
Прибыль до налогообложения	-	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88
Налог на прибыль	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07
Чистая прибыль	-	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81
Амортизация	-	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83
Выплата кредита	-	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Денежный доход	-	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	5,63	5,63	5,63	5,63	5,63	5,63	5,63	5,63	5,63	5,63	5,63
Коэф-т дисконтир-ия (12%)	1,00	0,80	0,71	0,64	0,57	0,51	0,45	0,40	0,36	0,32	0,29	0,26	0,23	0,20	0,18	0,16	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09	0,08	0,07	
Чистые дисконтир. ден. потоки	-	1,6	1,2	1,1	1,0	0,9	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	1,3	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5	0,4
Кумулятивный ЧДД (12%)	-	1,6	2,8	3,9	4,9	5,8	6,0	6,2	6,4	6,6	6,7	6,9	7,0	8,3	9,4	10,5	11,4	12,2	12,9	13,6	14,2	14,7	15,2	15,6

Результаты: ЧДД – 15,06 млн. долл.; ЧД – 73,08 млн. долл.; ИД – 1,34; Бюджетный эффект – 4,41 млн. долл.

Распределение Вейбулла:

Ежегодное производство МВт/ч - 88,485

Эквивалентные часы ветра - 5362

КИУМ - 61%

Данные ВЭС Виллонако I:

Установленная мощность (МВт) - 16,5

Капитальные вложения (млн.) - 45,7

Фиксированные эксплуатационные расходы (\$.) - 1,4 млн. долл.

Выработка чистой энергии (млн./кВт*ч) - 88,5

Количество ветроэнергетических установок (шт) – 11

Коэффициент дисконтирования 5%

Тариф на электроэнергию (\$./кВт*час) - 0,0913

Таблица Б.2 - Расчеты показателей экономической эффективности Виллонако I при распределении Вейбулла и норме дисконта 5 %

Показатели, млн. долл.	эксплуатационный период																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Объем инвестиций	-45,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Кредит	45,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Выручка	-	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08
Эксплуатационные затраты	-	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Амортизация	-	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83
Прибыль до налогообложения	-	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88
Налог на прибыль	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07
Чистая прибыль	-	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81
Амортизация	-	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83
Выплата кредита	-	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Денежный доход	-	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	5,63	5,63	5,63	5,63	5,63	5,63	5,63	5,63	5,63	5,63	5,63
Коэф-т дисконтир- ия (5%)	1,00	0,95	0,91	0,86	0,82	0,78	0,75	0,71	0,68	0,64	0,61	0,58	0,56	0,53	0,51	0,48	0,46	0,44	0,42	0,40	0,38	0,36	0,34	0,33
Чистые дисконтир. ден. потоки	-	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	3,0	2,8	2,7	2,6	2,5	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8
Кумулятивный ЧДД (5%)	-	1,5	2,9	4,2	5,5	6,7	7,1	7,4	7,7	8,0	8,3	8,6	8,9	11,9	14,7	17,4	20,0	22,5	24,8	27,0	29,2	31,2	33,1	34,9

Результаты: ЧДД – 34,90 млн. долл.; ЧД – 73,08 млн. долл.; ИД – 1,76; Бюджетный эффект – 9,83 млн. долл.

Распределение Вейбулла:

Ежегодное производство МВт/ч - 88,485

Эквивалентные часы ветра - 5362

КИУМ - 61%

Данные ВЭС Виллонако I:

Установленная мощность (МВт) - 16,5

Капитальные вложения (млн.) - 45,7

Фиксированные эксплуатационные расходы (\$.) - 1,4 млн. долл.

Выработка чистой энергии (млн./кВт*ч) - 88,5

Количество ветроэнергетических установок (шт) – 11

Коэффициент дисконтирования 12%

Таблица Б.3 - Расчеты показателя LCOE по Виллонако I для распределения вейбулла и коэффициент дисконтирования 12%.

Показатели, млн. долл.	эксплуатационный период																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Объем инвестиций	-45,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Кредит	45,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Выручка	-	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83	5,83
Эксплуатационные затраты	-	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Амортизация	-	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83
Прибыль до налогообложения	-	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63
Налог на прибыль	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58
Чистая прибыль	-	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05
Амортизация	-	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83
Выплата кредита	-	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Денежный доход	-	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70	-1,28	-1,28	-1,28	-1,28	-1,28	-1,28	-1,28	3,88	3,88	3,88	3,88	3,88	3,88	3,88	3,88	3,88	3,88	3,88
Коэф-т дисконтир-ия (12%)	1,00	0,80	0,71	0,64	0,57	0,51	0,45	0,40	0,36	0,32	0,29	0,26	0,23	0,20	0,18	0,16	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06
Чистые дисконтир. ден. потоки	-	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,4	-0,6	-0,6	-0,5	-0,5	-0,4	-0,4	-0,3	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3
Кумулятивный ЧДД (12%)	-	-0,7	-1,3	-1,7	-2,2	-2,6	-3,2	-3,8	-4,3	-4,8	-5,2	-5,6	-5,9	-5,0	-4,2	-3,5	-2,9	-2,3	-1,8	-1,3	-0,9	-0,6	-0,3	0,0

Результаты: LCOE - 0,0659(\$./кВт*час);

Распределение Вейбулла:

Ежегодное производство МВт/ч - 88,485

Эквивалентные часы ветра - 5362

КИУМ - 61%

Данные ВЭС Виллонако I:

Установленная мощность (МВт) - 16,5

Капитальные вложения (млн.) - 45,7

Фиксированные эксплуатационные расходы (\$) - 1,4

Выработка чистой энергии (млн./кВт*ч) - 88,5

Количество ветроэнергетических установок (шт) – 11

Коэффициент дисконтирования 5%

LCOE - \$0,0569

Таблица Б.4 - Расчеты показателя LCOE по Виллонако I для распределения вейбулла и коэффициент дисконтирования 5%.

Показатели, млн. долл.	эксплуатационный период																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Срок полезного использования ВЭС	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Объем инвестиций	-45,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Кредит	45,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Выручка	-	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08	8,08
Эксплуатационные затраты	-	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Амортизация	-	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83
Прибыль до налогообложения	-	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88
Налог на прибыль	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07
Чистая прибыль	-	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81
Амортизация	-	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83
Выплата кредита	-	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Денежный доход	-	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	5,63	5,63	5,63	5,63	5,63	5,63	5,63	5,63	5,63	5,63	5,63
Коэф-т дисконтир-ия (5%)	1	0,95	0,91	0,86	0,82	0,78	0,75	0,71	0,68	0,64	0,61	0,58	0,56	0,53	0,51	0,48	0,46	0,44	0,42	0,40	0,38	0,36	0,34	0,33
Чистые дисконтир. ден. потоки	-	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	3,0	2,8	2,7	2,6	2,5	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8
Кумулятивный ЧДД (5%)	-	1,5	2,9	4,2	5,5	6,7	7,1	7,4	7,7	8,0	8,3	8,6	8,9	11,9	14,7	17,4	20,0	22,5	24,8	27,0	29,2	31,2	33,1	34,9

Результаты: LCOE - \$0,0569 (\$./кВт*час)

Распределение Рэля:

Ежегодное производство МВт/ч - - 69,1818

Эквивалентные часы ветра - 4204,8

КИУМ - 48%

Данные ВЭС Виллонако I:

Установленная мощность (МВт) - 16,5

Капитальные вложения (млн.) - 45,7

Фиксированные эксплуатационные расходы (\$) - 1,4 млн. долл.

Выработка чистой энергии (млн./кВт*ч) - 69,2

Количество ветроэнергетических установок (шт) – 11

Коэффициент дисконтирования 12%

Тариф на электроэнергию (\$./кВт*час) - 0,0913

Таблица Б.5 - Расчеты показателей экономической эффективности Виллонако I при распределении Рэля и норме дисконта 12 %

Показатели, млн. долл.	эксплуатационный период																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Объем инвестиций	-45,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Кредит	45,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Выручка	-	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32
Эксплуатационные затраты	-	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Амортизация	-	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83
Прибыль до налогообложения	-	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12
Налог на прибыль	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69
Чистая прибыль	-	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43
Амортизация	-	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83
Выплата кредита	-	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16											
Денежный доход	-	-0,21	-0,21	-0,21	-0,21	-0,21	-0,90	-0,90	-0,90	-0,90	-0,90	-0,90	-0,90	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26
Коэф-т дисконтирования (12%)	1	0,89	0,80	0,71	0,64	0,57	0,51	0,45	0,40	0,36	0,32	0,29	0,26	0,23	0,20	0,18	0,16	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09	0,08	0,07
Чистые дисконтир. ден. потоки	-	-0,2	-0,2	-0,2	-0,1	-0,1	-0,5	-0,4	-0,4	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3
Кумулятивный ЧДД (12%)	-	-0,2	-0,4	-0,5	-0,6	-0,8	-1,2	-1,6	-2,0	-2,3	-2,6	-2,9	-3,1	-2,1	-1,2	-0,5	0,2	0,9	1,4	1,9	2,3	2,7	3,1	3,4

Результаты: ЧДД – 3,40 млн. долл.; ЧД – 39,52 млн. долл.; ИД – 1,07; Бюджетный эффект – 2,82 млн. долл

Распределение Рэля:

Ежегодное производство МВт/ч - 69,1818
 Эквивалентные часы ветра - 4204,8
 КИУМ - 48%

Данные ВЭС Виллонако I:

Установленная мощность (МВт) - 16,5
 Капитальные вложения (млн.) - 45,7
 Фиксированные эксплуатационные расходы (\$.) - 1,4 млн. долл.
 Выработка чистой энергии (млн./кВт*ч) - 69,2
 Количество ветроэнергетических установок (шт) – 11
 Коэффициент дисконтирования 5%
 Тариф на электроэнергию (\$./кВт*час) - 0,0913

Таблица Б.6 - Расчеты показателей экономической эффективности Виллонако I при распределении Рэля и норме дисконта 5 %

Показатели, млн. долл.	эксплуатационный период																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Объем инвестиций	45,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Кредит	45,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Выручка	-	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32	6,32
Эксплуатационные затраты	-	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Амортизация	-	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83
Прибыль до налогообложения	-	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12
Налог на прибыль	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69
Чистая прибыль	-	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43
Амортизация	-	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83
Выплата кредита	-	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16											
Денежный доход	-	-0,21	-0,21	-0,21	-0,21	-0,21	-0,90	-0,90	-0,90	-0,90	-0,90	-0,90	-0,90	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26
Коэф-т дисконтирования (5%)	1	0,95	0,91	0,86	0,82	0,78	0,75	0,71	0,68	0,64	0,61	0,58	0,56	0,53	0,51	0,48	0,46	0,44	0,42	0,40	0,38	0,36	0,34	0,33
Чистые дискон тир. ден. потоки	-	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,7	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,5	-0,5	2,3	2,2	2,0	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,5	1,4
Кумулятивный ЧДД (5%)	-	-0,2	-0,4	-0,6	-0,7	-0,9	-1,6	-2,2	-2,8	-3,4	-4,0	-4,5	-5,0	-2,7	-0,6	1,5	3,4	5,3	7,1	8,7	10,4	11,9	13,3	14,7

Результаты: ЧДД – 14,70 млн. долл.; ЧД – 39,52 млн. долл.; ИД – 1,32; Бюджетный эффект – 6,28 млн. долл.

Распределение Рэля:

Ежегодное производство МВт/ч -
- 69,1818

Эквивалентные часы ветра -
4204,8

КИУМ - 48%

Данные ВЭС Виллонако I:

Установленная мощность (МВт) - 16,5

Капитальные вложения (млн.) - 45,7

Фиксированные эксплуатационные расходы (\$.) - 1,4 млн. долл.

Выработка чистой энергии (млн./кВт*ч) - 69,2

Количество ветроэнергетических установок (шт) – 11

Коэффициент дисконтирования 12%

LCOE – \$0,0841

Таблица Б.7 - Расчеты показателя LCOE по Виллонако I для распределения Рэля и коэффициент дисконтирования 12%.

Показатели, млн. долл.	эксплуатационный период																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Объем инвестиций	45,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Кредит	45,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Выручка	-	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82	5,82
Эксплуатационные затраты	-	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Амортизация	-	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83
Прибыль до налогообложения	-	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62
Налог на прибыль	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58
Чистая прибыль	-	2,62	2,62	2,62	2,62	2,62	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04
Амортизация	-	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83
Выплата кредита	-	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Денежный доход	-	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	3,87	3,87	3,87	3,87	3,87	3,87	3,87	3,87	3,87	3,87	3,87
Коэф-т дискон тир- ия (12%)	1	0,89	0,80	0,71	0,64	0,57	0,51	0,45	0,40	0,36	0,32	0,29	0,26	0,23	0,20	0,18	0,16	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09	0,08	0,07
Чистые дискон тир. ден. потоки	-	-0,6	-0,6	-0,5	-0,5	-0,4	-0,7	-0,6	-0,5	-0,5	-0,4	-0,4	-0,3	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3
Кумулятивный ЧДД (12%)	-	-0,6	-1,2	-1,7	-2,2	-2,6	-3,2	-3,8	-4,3	-4,8	-5,2	-5,6	-5,9	-5,0	-4,2	-3,5	-2,9	-2,3	-1,8	-1,3	-0,9	-0,6	-0,3	0,0

Результаты: LCOE - \$0,0841 (\$./кВт*час)

Распределение Рэля:

Ежегодное производство МВт/ч - 69,1818

Эквивалентные часы ветра - 4204,8

КИУМ - 48%

Данные ВЭС Виллонако I:

Установленная мощность (МВт) - 16,5

Капитальные вложения (млн.) - 45,7

Фиксированные эксплуатационные расходы (\$.) - 1,4 млн. долл.

Выработка чистой энергии (млн./кВт*ч) - 69,2

Количество ветроэнергетических установок (шт) – 11

Коэффициент дисконтирования 5%

LCOE – 0,0728

Таблица Б.8 - Расчеты показателя LCOE по Виллонако I для распределения Рэля и коэффициент дисконтирования 5%.

Показатели, млн. долл.	эксплуатационный период																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Объем инвестиций	45,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Кредит	-45,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Выручка	-	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04
Эксплуатационные затраты	-	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Амортизация	-	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83
Прибыль до налогообложения	-	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84
Налог на прибыль	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Чистая прибыль	-	1,84	1,84	1,84	1,84	1,84	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43
Амортизация	-	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83
Выплата кредита	-	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	5,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Денежный доход	-	-1,49	-1,49	-1,49	-1,49	-1,49	-1,89	-1,89	-1,89	-1,89	-1,89	-1,89	-1,89	3,26	3,26	3,26	3,26	3,26	3,26	3,26	3,26	3,26	3,26	3,26
Коэф-т дисконтирования (5%)	1	0,95	0,91	0,86	0,82	0,78	0,75	0,71	0,68	0,64	0,61	0,58	0,56	0,53	0,51	0,48	0,46	0,44	0,42	0,40	0,38	0,36	0,34	0,33
Чистые дисконтир. ден. потоки	-	-1,4	-1,4	-1,3	-1,2	-1,2	-1,4	-1,3	-1,3	-1,2	-1,2	-1,1	-1,1	1,7	1,6	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1
Кумулятивный ЧДД (5%)	-	-1,4	-2,8	-4,1	-5,3	-6,5	-7,9	-9,2	-10,5	-11,7	-12,9	-14,0	-15,0	-13,3	-11,7	-10,1	-8,6	-7,2	-5,8	-4,5	-3,3	-2,1	-1,0	0,0

Результаты: LCOE - \$0,0728 (\$./кВт*час)

Параметры Виллонако II - III :

Процентная ставка по кредиту (%) – 5

Инфляция (%) – 3,67

Социальная учетная ставка (%) – 12

Налог на прибыль (%) - 22 с 5-го года

Инвестиции - \$200 Млн.

Данные ВЭС

Установленная мощность (МВт) - 110

Капитальные вложения (млн.) - 200

Фиксированные эксплуатационные расходы (\$) – 6,0 млн. долл.

Выработка чистой энергии (млн./кВт*ч) – 385

Тариф на электроэнергию (\$./кВт*час) - 0,0913

Таблица Б.9 - Расчеты показателей экономической эффективности Виллонако II-III.

Показатели, млн. долл.	эксплуатационный период																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Объем инвестиций	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Кредит	-200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Выручка	-	35,15	35,15	35,15	35,15	35,15	35,15	35,15	35,15	35,15	35,15	35,15	35,15	35,15	35,15	35,15	35,15	35,15	35,15	35,15	35,15	35,15	35,15	35,15
Эксплуатационные затраты	-	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Амортизация	-	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Прибыль до налогообложения	-	21,15	21,15	21,15	21,15	21,15	21,15	21,15	21,15	21,15	21,15	21,15	21,15	21,15	21,15	21,15	21,15	21,15	21,15	21,15	21,15	21,15	21,15	21,15
Налог на прибыль	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65
Чистая прибыль	-	21,15	21,15	21,15	21,15	21,15	16,50	16,50	16,50	16,50	16,50	16,50	16,50	16,50	16,50	16,50	16,50	16,50	16,50	16,50	16,50	16,50	16,50	16,50
Амортизация	-	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Выплата кредита К ПЛАТЕЖ	-	22,57	22,57	22,57	22,57	22,57	22,57	22,57	22,57	22,57	22,57	22,57	22,57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Денежный доход	-	6,59	6,59	6,59	6,59	6,59	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93	1,93	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5
Коэф-т дисконтирования (12%)	1	0,89	0,80	0,71	0,64	0,57	0,51	0,45	0,40	0,36	0,32	0,29	0,26	0,23	0,20	0,18	0,16	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09	0,08	0,07
Чистые дисконтир. ден. потоки	-	5,9	5,2	4,7	4,2	3,7	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	5,6	5,0	4,5	4,0	3,6	3,2	2,8	2,5	2,3	2,0	1,8
Кумулятивный ЧДД (12%)	-	5,9	11,1	15,8	20,0	23,7	24,7	25,6	26,4	27,1	27,7	28,2	28,7	34,4	39,4	43,8	47,8	51,4	54,6	57,4	60,0	62,2	64,3	66,1

Результаты: ЧДД – 66,10 млн. долл.; ЧД – 315,92 млн. долл.; ИД – 1,33; Бюджетный эффект – 19,14 млн. долл.

Параметры Виллонако II - III :

Процентная ставка по кредиту (%) – 5
 Инфляция (%) – 3,67
 Социальная учетная ставка (%) – 12
 Налог на прибыль (%) - 22 с 5-го года
 Инвестиции - \$200 Млн.

Данные ВЭС

Установленная мощность (МВт) - 110
 Капитальные вложения (млн.) - 200
 Фиксированные эксплуатационные расходы (\$) – 6,0
 Выработка чистой энергии (млн./кВт*ч) – 385
 LCOE – \$0,661

Таблица Б.10 - Расчет показателя LCOE по Виллонако II – III.

Показатели, млн. долл.	эксплуатационный период																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Срок полезного использования ВЭС	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Объем инвестиций	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Кредит	-200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Выручка	-	25,45	25,45	25,45	25,45	25,45	25,45	25,45	25,45	25,45	25,45	25,45	25,45	25,45	25,45	25,45	25,45	25,45	25,45	25,45	25,45	25,45	25,45	25,45
Эксплуатационные затраты	-	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Амортизация	-	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Прибыль до налогообложения	-	11,45	11,45	11,45	11,45	11,45	11,45	11,45	11,45	11,45	11,45	11,45	11,45	11,45	11,45	11,45	11,45	11,45	11,45	11,45	11,45	11,45	11,45	11,45
Налог на прибыль	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52	2,52
Чистая прибыль	-	11,45	11,45	11,45	11,45	11,45	8,93	8,93	8,93	8,93	8,93	8,93	8,93	8,93	8,93	8,93	8,93	8,93	8,93	8,93	8,93	8,93	8,93	8,93
Амортизация	-	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Выплата кредита К ПЛАТЕЖ	-	22,57	22,57	22,57	22,57	22,57	22,57	22,57	22,57	22,57	22,57	22,57	22,57											
Денежный доход	-	-3,12	-3,12	-3,12	-3,12	-3,12	-5,64	-5,64	-5,64	-5,64	-5,64	-5,64	-5,64	16,93	16,93	16,93	16,93	16,93	16,93	16,93	16,93	16,93	16,93	16,93
Коэф-т дисконтирования (12%)	1	0,89	0,80	0,71	0,64	0,57	0,51	0,45	0,40	0,36	0,32	0,29	0,26	0,23	0,20	0,18	0,16	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09	0,08	0,07
Чистые дисконтир. ден. потоки	-	-2,8	-2,5	-2,2	-2,0	-1,8	-2,9	-2,5	-2,3	-2,0	-1,8	-1,6	-1,4	3,9	3,5	3,1	2,8	2,5	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2
Кумулятивный ЧДД (12%)	-	-2,8	-5,3	-7,5	-9,5	-11,2	-14,1	-16,6	-18,9	-20,9	-22,8	-24,4	-25,8	-21,9	-18,5	-15,4	-12,6	-10,2	-8,0	-6,0	-4,2	-2,7	-1,3	0,0

Результаты: LCOE - \$0,0661 (\$./кВт*час

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Акт о внедрении результатов кандидатской диссертации

Утверждаю

Заместитель директора
ФГАУ «НИИ «ЦЭПП»

д.т.н.

Т.В. Гусева

«17» июня 2022 г.

АКТ

о внедрении результатов кандидатской диссертации

Москера Урбано Александра Патрисио на тему:

«Стратегическое планирование развития энергетического сектора
Республики Эквадор в контексте энергетической устойчивости»
по научной специальности 08.00.05 - Экономика и управление народным
хозяйством (экономика, организация и управление предприятиями,
отраслями, комплексами - промышленность)

Комиссия Научно-технического совета ФГАУ «НИИ «ЦЭПП» в составе:

Председатель – Т.В. Гусева

Члены комиссии: д.т.н. П.В. Росляков, к.э.н. М.Ю. Егоров, А.А. Пятница
составили настоящий акт о том, что результаты диссертации Москера Урбано
Александра Патрисио на тему: «Стратегическое планирование развития
энергетического сектора Республики Эквадор в контексте энергетической
устойчивости», представленной на соискание ученой степени кандидата
экономических наук по специальности 08.00.05 – Экономика и управление
народным хозяйством (экономика, организация и управление предприятиями,
отраслями, комплексами – промышленность), внедрены в 2022 году в научной
деятельности «Научно-исследовательский институт «Центр экологической
промышленной политики» (ФГАУ «НИИ «ЦЭПП»), в том числе в рамках
выполнения научно-исследовательской работы по теме «Научное обоснование
применения наилучших доступных технологий при реализации принципов
экономики замкнутого цикла».

Внедрены следующие результаты:

- методический подход к стратегическому планированию энергетического сектора, учитывающий факторы доминирования гидрогенерации, повышения экономической эффективности использования ископаемых ТЭР и ВИЭ, субсидирование в энергетике;

- методика выбора в качестве технико-экономического показателя для стратегического планирования энергетического сектора по подсекторам и видам генерации уточненного показателя системной нормированной стоимости электроэнергии, учитывающего затраты на интеграцию источников в энергетическую систему, внешние экологические издержки, социальную ставку дисконтирования, величина которого может использоваться для определения субсидированного тарифа;

- комплекс дополнительных показателей энергетической устойчивости, позволяющий выполнять сравнительный анализ с учетом специфики стран с дефицитом ископаемых ТЭР и потенциалом ВИЭ, в состав которого включаются потенциал, мощности и производство энергии из ВИЭ, экологические эффекты по видам генерации, программы государственной поддержки ВИЭ и энергоэффективности.

Использование указанных результатов позволяет:

- улучшить стратегическое планирование энергетического сектора в условиях доминирования гидрогенерации, повышения экономической эффективности использования ископаемых ТЭР и ВИЭ, субсидирования в энергетике;

- обосновать выбор инвестиционных проектов и программ при внедрении возобновляемых источников, обеспечить количественное сравнение различных способов генерации электроэнергии, величину субсидированного тарифа с учетом затрат на интеграцию источников в энергетическую систему, внешних экологических издержек, социальной ставки дисконтирования при стратегическом планировании энергетического сектора по подсекторам и видам генерации;

- обеспечить количественный сравнительный анализ показателей энергетических секторов с учетом специфики стран с дефицитом ископаемых ТЭР и потенциалом ВИЭ на основе комплекса дополнительных показателей. Результаты внедрялись при выполнении научно-исследовательской работы по теме «Научное обоснование применения наилучших доступных технологий при реализации принципов экономики замкнутого цикла».

Председатель комиссии

Заместитель директора ФГАУ «НИИ «ЦЭПП»,
заместитель председателя НТС,

д.т.н.



Т.В. Гусева

Члены комиссии:

Член НТС, д.т.н., проф.

П.В. Росляков

Член НТС, к.э.н.



М.Ю. Егоров

Ученый секретарь НТС



А.А. Пятница