

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)*

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук**

Санкт-Петербург – 2022

Диссертация выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет».

Научный руководитель:

доктор экономических наук, профессор

Пономаренко Татьяна Владимировна

Официальные оппоненты:

Уланов Владимир Леонидович

доктор экономических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», факультет мировой экономики и мировой политики, профессор.

Новикова Ольга Валентиновна

кандидат экономических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Высшая школа атомной и тепловой энергетики Института энергетики, доцент.

Ведущая организация - федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный экономический университет», г. Санкт-Петербург.

Защита диссертации состоится 21 сентября 2022 г. в 13:00 на заседании диссертационного совета Горного университета по адресу: 199106, г. Санкт-Петербург, 21-я В.О. линия, д.2, ауд. № 1163.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Горного университета и на сайте www.spmi.ru.

Автореферат разослан 21 июля 2022 г.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
диссертационного совета



ВАСИЛЬЕВ
Юрий Николаевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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., Fernadez R., Gunder F. и 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 исследования.

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 работы:

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 исследования

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 доминирование 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, 2020 г.);

- XX Всероссийская конференция-конкурс студентов и аспирантов «Актуальные проблемы недропользования» (Санкт-Петербургский горный университет, 2021 г.);

- IV Всероссийская научная конференция «Современные образовательные технологии в подготовке специалистов для минерально-сырьевого комплекса» (Санкт-Петербургский горный университет, 2021 г.);

- V Международная конференция «Менеджмент, экономика, этика, техника - МЕЕТ 2019» (Санкт-Петербургский горный университет, 2019 г.);

- VI Международная конференция «Менеджмент, экономика, этика, техника – МЕЕТ 2020» (Санкт-Петербургский горный университет, 2020 г.);

- VII Международная конференция «Менеджмент, экономика, этика, техника – МЕЕТ 2021» (Санкт-Петербургский горный университет, 2021 г.);

- XVII Международная научно-практическая конференция «Минерально-сырьевой комплекс: инженерные и экономические решения» (Белорусский национальный технический университет, 2021 г.);

- XX Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию Факультета горного дела и инженерной экологии (Белорусский национальный технический университет, 2022 г.);

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.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы работы, сформулированы цель, задачи работы и научная новизна, раскрыты теоретическая и практическая значимость исследования и изложены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен анализ и оценка современного состояния энергетического комплекса Республики Эквадор и государственного управления энергетикой, выявлены факторы, определяющие функционирование системы энергетического планирования.

Во второй главе исследованы концептуальный подход, методология и инструментарий стратегического планирования энергетического сектора, применяемый в российских и латиноамериканских условиях, выполнен анализ Национальной стратегии энергоэффективности, сравнительный анализ моделей стратегического планирования энергетического сектора, основных показателей.

В третьей главе проанализирован опыт моделирования развития энергетического сектора РЭ с применением модели LEAP, разработан методический подход к стратегическому планированию энергетического сектора в контексте энергетической устойчивости, дана экономическая оценка проектов развития производственной мощности энергетического комплекса с учетом ВИЭ, выполнена оценка энергетической устойчивости стран Андского сообщества по обоснованному автором комплексу показателей.

Основные результаты отражены в следующих защищаемых положениях:

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

Национальная стратегия развития экономики РЭ (План национальной жизни) направлена на содействие переходу РЭ от экономики, основанной на экстенсивном использовании первичных энергетических ресурсов (нефти), к постнефтяной экономике. Эта стратегия направлена на снижение бедности (из-за неудовлетворенных базовых потребностей составляет более 40 % в ряде кантонов) и устойчивое обеспечение высокого уровня качества жизни для населения. Экономика РЭ развивается, на что указывает увеличение ВВП за 10 лет на 17,4%, при этом темп прироста ВВП снижается (рисунок 1).

Снижение темпов прироста ВВП определяет необходимость поиска новых направлений роста ВВП, одним из которых является снижение энергоемкости национальной экономики, особенно важное при значительном увеличении государственного долга страны. Динамика и структура энергопотребления в РЭ по основным секторам (рисунок 2).

Отмечается тенденция к линейному росту производства электроэнергии в РЭ со средним темпом прироста 4,90% за 10 лет (рисунок 3).

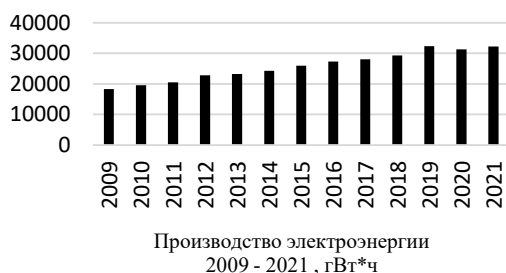


Рисунок 3 - Производство электроэнергии в РЭ, гВт*ч
Источник: MERNNR Ecuador

Технико-экономический анализ показал, что в настоящее время сектор электроэнергетики в РЭ характеризуется положительной динамикой развития – привлекаются инвестиции, реализуются крупные инвестиционные проекты, увеличивается мощность и объемы генерации. Увеличение объемов производства электрической энергии было связано со строительством ГЭС и другими проектами ВИЭ, что существенно изменило структуру энергетики. Такая тенденция является позитивной, т.к. обеспеченность нефтью в РЭ составляет около 10 лет, бензин импортируется, при этом большая добавленная стоимость может быть создана в отраслях нефтепереработки и нефтехимии.

Структура мощности по видам генерации представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Структура установленной мощности в производстве электроэнергии РЭ в 2021 г.

Показатели		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

Продолжение таблицы 1

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		8958,11	100,00

Источник: MERNNR Ecuador

Несмотря на технологические проблемы, в 2021 г. 78,52% электроэнергии выработано на ГЭС, нетрадиционные ВИЭ (биомасса, ветровая, солнечная, биогаз) имеют удельный вес менее 2%. ГЭС являются основными объектами, генерирующими электроэнергию из возобновляемых и экологически чистых источников. Однако, наряду с мощным потенциалом гидрогенерации в РЭ, который в значительной мере реализован в виде экономически эффективных проектов, следует отметить другие виды ВИЭ, среди которых биоэнергетические, геотермальные, солнечные и ветровые ресурсы (рисунок 4).

На основе проведенного анализа сделан вывод, что экономика РЭ обеспечена производимой энергией, не требуется импорт, при этом энергетический баланс недостаточно диверсифицирован.

Анализ государственного управления в энергетическом секторе РЭ показал, что основная инфраструктура производства электроэнергии и национальная сеть передачи электроэнергии находятся в ведении государственной корпорации CELEC. Электроэнергетические компании преимущественно принадлежат государству и являются бизнес-единицами государственной корпорации CNEL.

Современная энергетическая политика РЭ изменяется для открытия возможностей для частного сектора, включая генерацию на основе ВИЭ с учетом мер государственной поддержки. При этом

традиционная роль пользователя энергии трансформируется в участника децентрализованной генерации. Такое решение является инновационным, тем более, для страны с развивающейся экономикой, растущим энергопотреблением и энергогенерацией.

Национальный план по энергоэффективности РЭ на 2016–2035 годы (PLANEE) основан на международной практике, а также на опыте в период 2007-2015 гг.

В качестве важнейшего инструмента государственного регулирования проанализировано влияние субсидирования на развитие энергетического комплекса РЭ. Установлено, что в Эквадоре применяется 16 видов субсидирования, включая значительную долю субсидий в энергетическом секторе РЭ. Проблемой является недостаточное социальное выравнивание, т.к. значительный объем государственных ресурсов передается не только уязвимым социальным группам с низким и средним доходом, но и крупным компаниям.

В результате диссертационного исследования выявлены факторы влияния на энергетический сектор: потенциал гидроэнергетики и НВИЭ, производственные мощности и объемы производимой энергии из ВИЭ, доступность энергии для населения по величине среднедушевого дохода, антропогенное воздействие генерации из ВИЭ на природные экосистемы, а также государственные программы повышения энергоэффективности и использования ВИЭ.

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.

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. Стратегическое планирование представляет собой сложный механизм, включая нормативно-правовое регулирование, организационные структуры,

ресурсное обеспечение, методологию (методы, технологии и модели). Энергетический сектор является сложной системой, создающей необходимые условия для развития экономики, что определяет выбор стратегического индикативного планирования к его развитию.

Автор считает, что стратегическое индикативное планирование будет обеспечивать реализацию государственных целей в энергетике и энергетическую устойчивость как показано на рисунке 5.



Рисунок 5 - Этапы энергетического планирования
 Источник: Составлено автором

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

1. *Подготовка к энергетической диагностике энергетического комплекса.* Процесс диагностики включает в себя всесторонний анализ энергетического сектора и его подсекторов с учетом его основных компонентов, связей, сквозных эффектов и результатов. К нему относится 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.

2. *Разработка энергетической политики.* 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.

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 конкретной стратегии. Цели основаны на социальных, экономических и экологических аспектах, долгосрочны, но реализуются в краткосрочных и среднесрочных действиях.

Основные процессы стратегического планирования в энергетическом секторе включают следующие.

1. Определение долгосрочных, среднесрочных и краткосрочных целей. 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 позволяет: разработать видение будущего технологий и ключевых аспектов развития; обеспечить источники знаний; включить диалог между субъектами; содействовать созданию сетей сотрудничества; предоставлять информацию для определения и разработки технологических политик; исследовать будущее с использованием методики сценариев для определения степени неопределенности в принятии решений.

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. Мониторинг показателей — это процесс, который позволяет следить за их изменением с периодической частотой, чтобы оценить, соответствует ли производительность плановой или отклоняется. После этого формируются решения для возможного пересмотра планирования, анализа и переоценки стратегий, планов и целей. 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 *научно-обоснованные аналитические процедуры выбора моделей планирования и обоснования индикаторов для оценки.*

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.

Модели стратегического планирования используются при прогнозе потребления и предложения энергии, включают большое количество переменных, должны описывать энергетическую цепочку, от добычи источников энергии до ее конечного использования, на всех этапах производства, преобразования, распределения и хранения. При выборе модели следует учитывать некоторые критерии: простота, определяющая затраты времени для подготовки входной информации и создания сценариев; ограниченное количество экзогенных переменных; согласованность технико-экономических гипотез; возможность анализа энергетической и экологической политики; возможность оценки поведения потребителей, энергетической политики, технического прогресса и технологического замещения, факторов производства.

Автором дополнена классификация моделей по следующим признакам: по уровню равновесия, по срокам, по объектам и степени агрегирования, по типу модели, по цели применения, по способу построения моделей, по методу планирования (рисунок 6).

Для выбора модели энергетического планирования следует учитывать основные факторы (рисунок 7): географический масштаб, временной период, принцип построения модели, тип баланса.

Автором в диссертации проанализированы 10 наиболее распространенных моделей энергетического планирования из более 50 моделей, опыт применения которых исследован на примере стран Латинской Америки. На основе процедуры выбора рекомендовано применение модели стратегического планирования энергетического сектора LEAP.

Для обоснования показателей (индикаторов) в системе энергетического планирования проанализированы три группы показателей.

1. Показатели Мирового Энергетического Совета (МЭС), включающие 4 группы: энергетической безопасности, энергетического равенства, экологической устойчивости, государственного регулирования. Автором в диссертации обоснован вывод о том, что рейтинги, построенные на основе показателей МЭС, не в полной мере отражают экономическое состояние, эффективность и результативность энергетического сектора, социальную доступность и экологическое воздействие энергетики, а также усилия государства по совершенствованию управления в энергетике. Методология формирования рейтингов учитывалась при разработке методического подхода к стратегическому планированию энергетического сектора, целью которого должно быть повышение энергетической устойчивости. На этой методологической основе автором предложено применять 12 показателей.

2. Показатели, принятые в стратегическом планировании в странах Латинской Америки, включают три группы по направлениям устойчивого развития: экономические (10 показателей), социальные (5 показателей), окружающая среда (17 показателей). Они позволяют оценить различные аспекты в соответствии с концепцией устойчивого развития энергетического сектора.

3. Показатели, применяемые в российском стратегическом планировании в энергетике, основаны на построении отраслевых балансов в крупной промышленно развитой стране с масштабным энергетическим сектором и разнообразными источниками энергии, что не соответствует условиям РФ, и не полностью соответствует требованиям энергетической устойчивости.

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.

В диссертации обосновано, что для стратегического планирования энергетического сектора и оценки его результатов следует применять комплекс показателей на основе методологии МЭС, включающих 4 группы. Первый критерий энергетической безопасности включает индикаторы: процент импорта, разнообразие производства электроэнергии, запасы ископаемых ТЭР (нефти, газа и угля). Второй критерий энергетического равенства включает показатели: доступ к электроэнергии (% населения), цены на электроэнергию и цены на бензин. Третий критерий экологической устойчивости включает индикаторы: конечная энергоемкость, низкоуглеродное производство электроэнергии и выбросы CO₂ на душу населения. Четвертый критерий государственного регулирования: макроэкономическая стабильность, эффективность политики правительства, инновационный потенциал. Значения показателей определяются в балльной оценке и объединяются в показатели по группам и в единый показатель. Кроме того, автором предложено дополнить комплекс показателей оценкой потенциала, мощностей и производства энергии из ВИЭ, экологических эффектов, программ государственной поддержки и энергоэффективности. Такой подход соответствует требованиям энергетической устойчивости и позволяет сравнивать страны по результатам функционирования энергетического сектора.

Для целей экономического обоснования и выбора проектов в системе стратегического планирования энергетического сектора следует использовать модифицированный показатель системной нормированной стоимости электроэнергии (LCOE), позволяющий сравнивать удельные затраты на различные типы технологий (рисунок 8).

Показатель LCOE в диссертации был проанализирован на основе 3 методик (моделей) расчета (Министерства энергетики и изменения климата Великобритании, Управления энергетической информации США и Калифорнийской энергетической комиссии) и дополнен с учетом специфики ВИЭ. По видам генерации за период 2010-2020 гг. LCOE имеет тенденцию к заметному снижению (рисунок 8): по величине глобальной средневзвешенной LCOE ветроэлектростанции (ВЭС) на суше являются наиболее эффективными.

Модели и методики для расчета LCOE содержат различные переменные, включая инвестиционные расходы для строительства электростанции, срок эксплуатации, годовые затраты на ремонт и обслуживание, а также ряд других параметров. По мнению автора, для стратегического энергетического планирования с учетом включения в энергосистему ВИЭ, показатель LCOE следует учитывать:

1. корректное прогнозирование объемов генерации энергии, что для ВИЭ связано с непостоянным производством и осуществляется с применением статистических моделей;
2. стоимость интеграции (присоединения) источника в единую систему генерации, с учетом различных режимов эксплуатации и пиковой нагрузки;
3. затраты на снижение экологических последствий с учетом специфики источника ВИЭ (которые не учитываются в явном виде), что требует разработки методики учета затрат и сбора необходимой информации для энергетических объектов мощностью до 20 МВт;
4. обоснованный выбор нормы доходности с применением социальной ставки дисконтирования.

Дополненный расчет показателя LCOE, по мнению автора, может быть положен в основу определения направлений и вариантов субсидирования энергетики, при формировании энергетических тарифов. Кроме того, значение LCOE будет ключевым фактором для выбора организационно-финансовой схемы реализации проекта ВИЭ с учетом государственного участия.

Апробация методического подхода к стратегическому планированию энергетического сектора выполнена на примере ВЭС Виллонако (I, II - III) в Республике Эквадор. ВЭС Виллонако I построена в 2012 году, 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 (Китай), мощностью 1,5 МВт. Снижение выбросов CO₂ составляет примерно 32000 т в год. Инвестиции в проект составили 45,68 миллионов долларов США, включая затраты на присоединение, дополнительные инвестиции в комплексные и устойчивые программы развития - около 5,8 миллионов долларов США.

Выполнены инвестиционные расчеты по проекту Виллонако II - III, находящегося на прединвестиционном этапе и обосновано применение концессионного соглашения при реализации проекта.

Учитывая потенциал, значимость и перспективы использования ВИЭ, для проектов Виллонако I, II - III выполнена оценка экономической эффективности, расчет LCOE, проанализирована схема реализации проекта со смешанным финансированием из Китайского банка развития и государственного Национального фонда. 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%) (рисунок 9).

Анализ чувствительности позволяет определить, какие меры государственного регулирования направлены на снижение затрат на электроэнергию и минимизировать LCOE.

На основе обоснованного комплекса показателей для оценки энергетической устойчивости по методологии МЭС (таблица 2).

Таблица 2 - 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
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
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	0,55	0,58	0,57	0,59	0,62	0,64	0,51	0,54	0,64	-	0,52	0,54
Рейтинг (МЭС)	64	62	45	45	48	49	50	51	58	101	99	84

Источник: Составлено автором.

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 ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях из Перечня ВАК:

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

2. Решнёва, 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.

3. 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.

Публикации в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus:

4. Ponomarenko, T.. Assessment of Energy Sustainability Issues in the Andean Community: Additional Indicators and Their Interpretation / T. Ponomarenko, E. Reshneva, А. P. **Mosquera Urbano** // Energies. – 2022. – Vol. 15. – No 3. – DOI 10.3390/en15031077.

5. **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, 2020. – P. 285-292. – DOI 10.5593/sgem2020/5.2/s21.035.

Публикации в прочих изданиях:

6. **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.

7. **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.

8. **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.

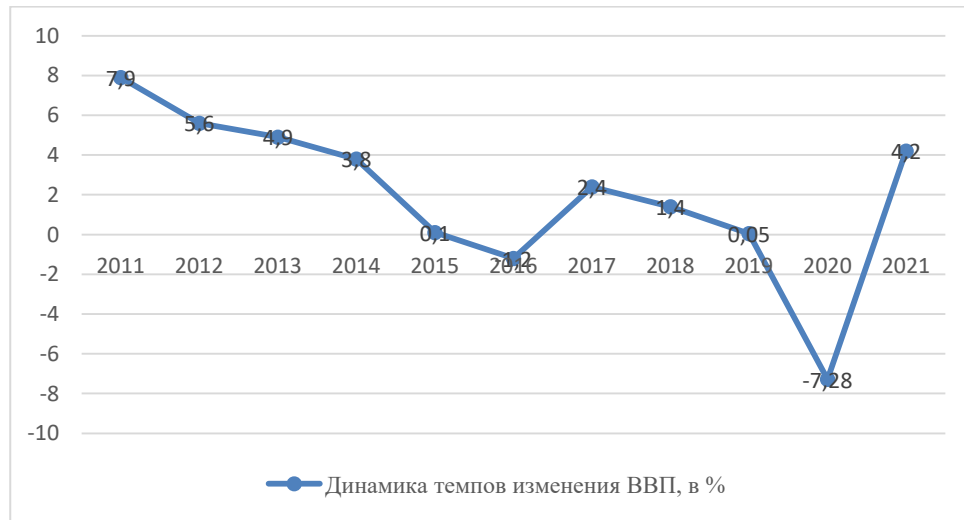


Рисунок 1 - Динамика темпов изменения ВВП Эквадора, %
Источник: Центральный банк Эквадора

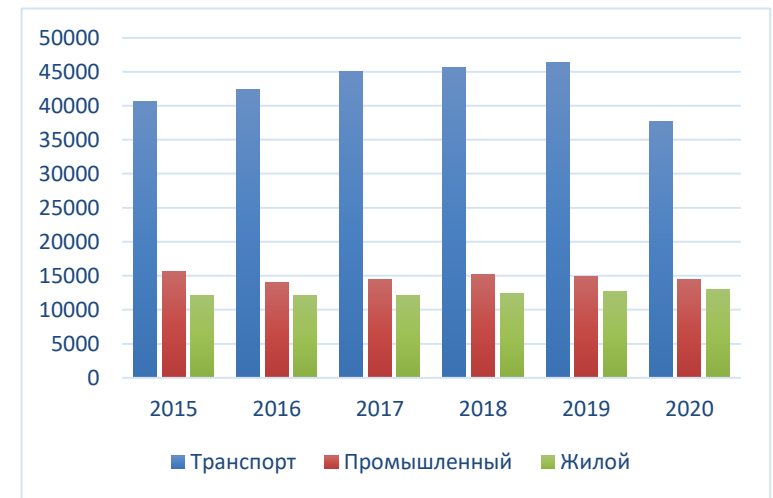


Рисунок 2 - Энергопотребление по секторам в РЭ
(Тыс. БНЭ)



Рисунок 4 - Энергетический потенциал РЭ на 2022 г. по НВИЭ
Источник: Правительство РЭ

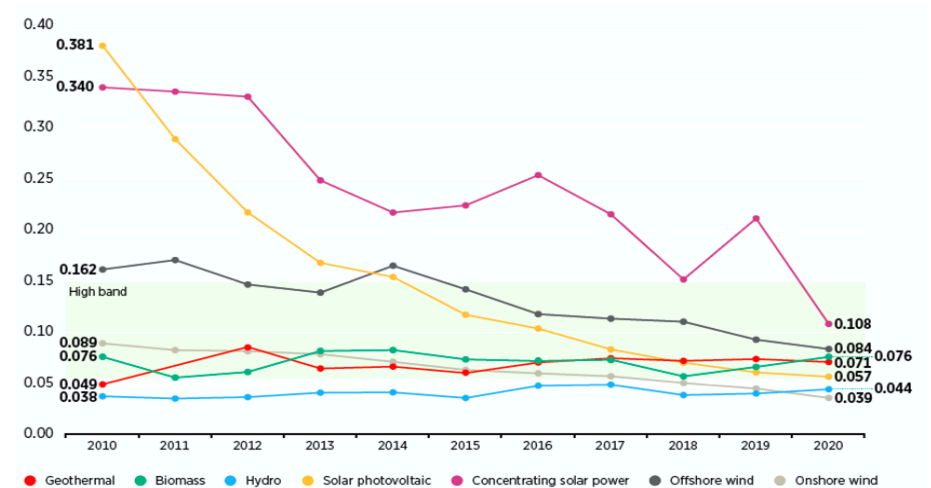


Рисунок 8 - Глобальная средневзвешенная LCOE по технологиям ВИЭ, 2010–2020 гг. в \$/кВтч

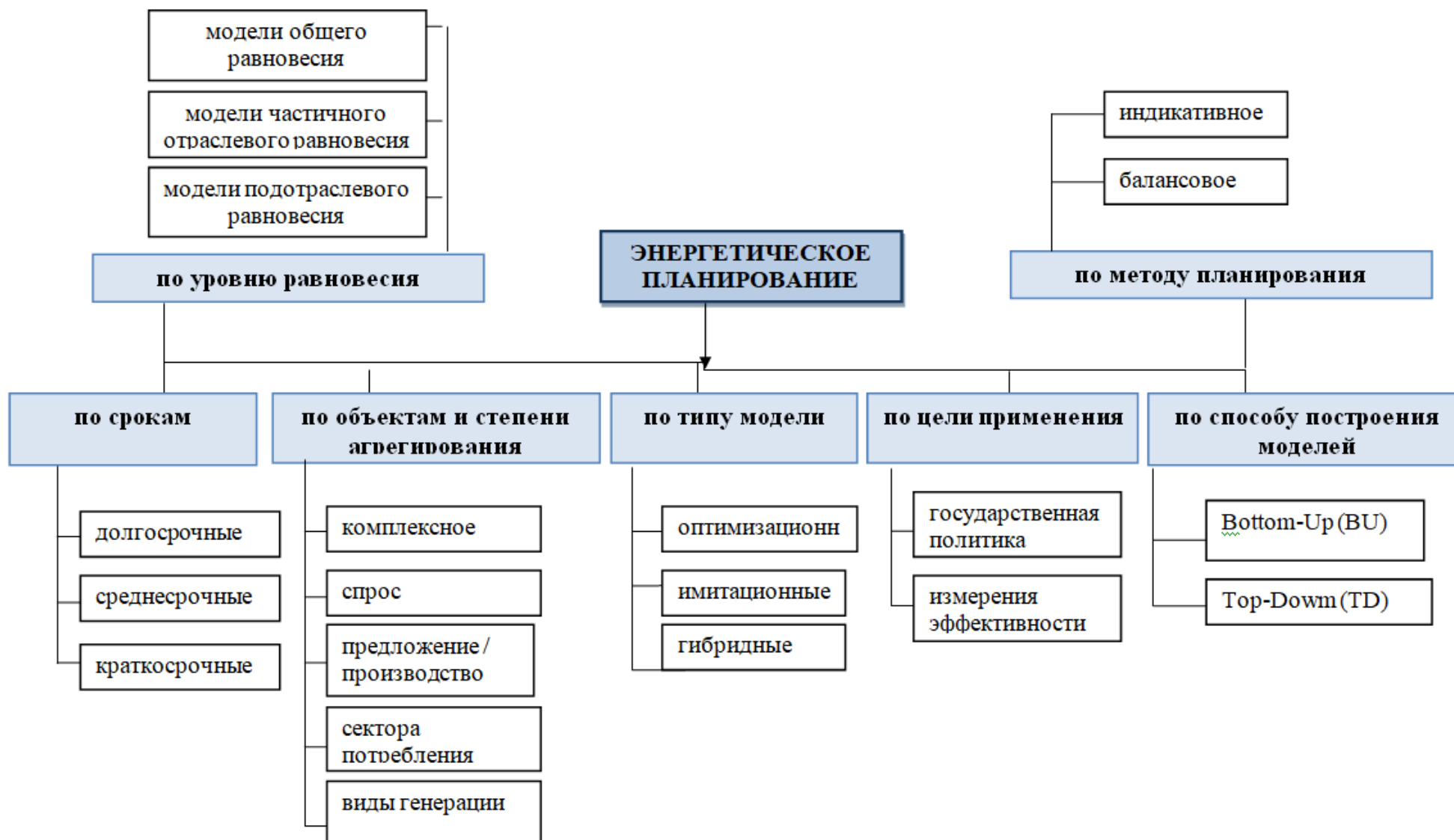


Рисунок 6 – Классификация моделей энергетического планирования

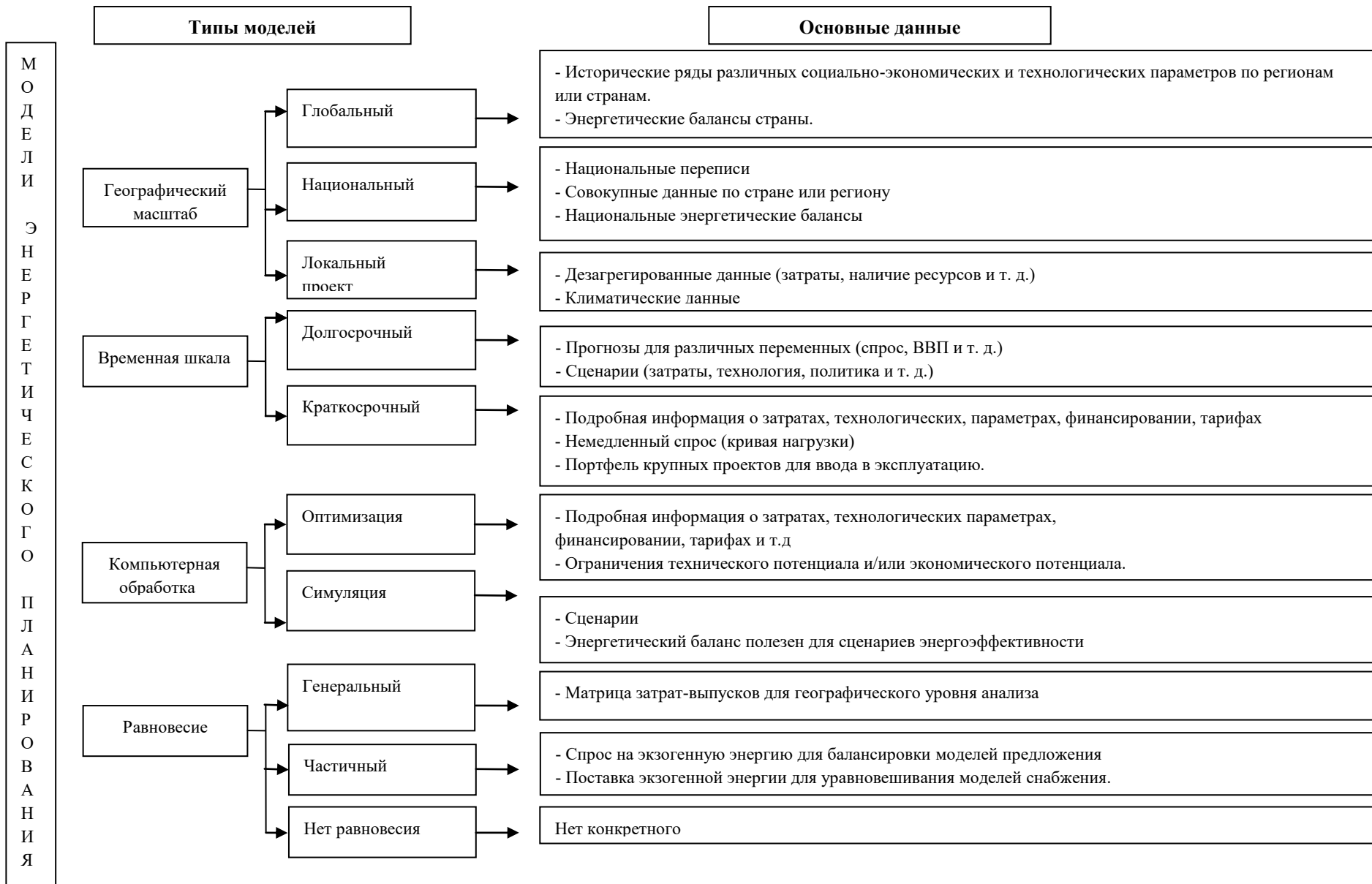


Рисунок 7 – Типы моделей и основные данные для различных типов моделей энергетического планирования
Источник: OLADE

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 млн долл.
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 9 - Расчеты показателей экономической эффективности и расчет LCOE по Виллонако I, II - III для различных условий