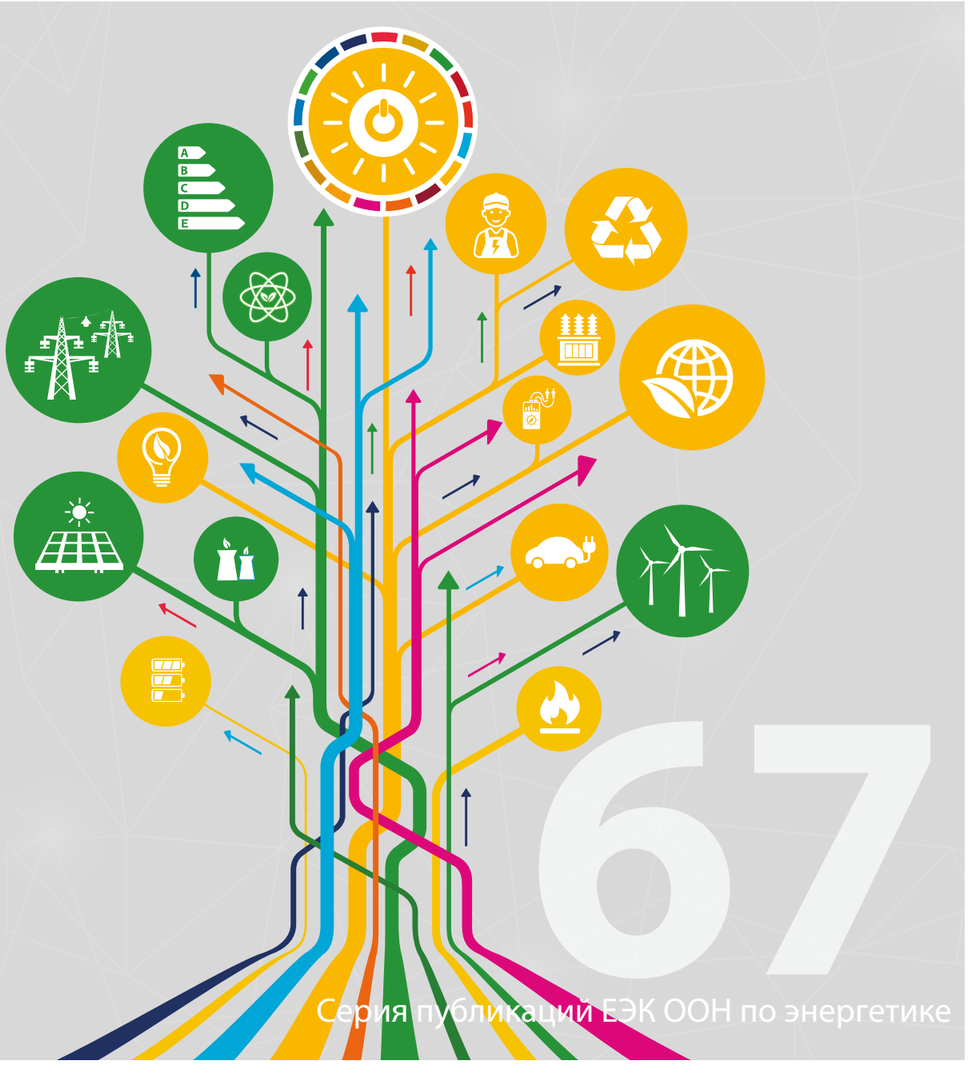
Пути перехода к устойчивой энергетике

Ускорение энергетического перехода в регионе ЕЭК ООН

Пути перехода к устойчивой энергетике
Ускорение энергетического перехода в регионе ЕЭК ООН

Энергетика является одной из движущих сил экономического развития и выполнения Повестки дня для устойчивого развития на период до 2030 года и играет огромную роль в предотвращении изменения климата. Признание той роли, которую энергетика играет в современном обществе, имеет огромное значение, однако имеется серьезная нестыковка между согласованными энергетическими и климатическими целевыми показателями и подходами, которые применяются в настоящее время для их достижения. Только международное сотрудничество и инновации позволят разработать ускоренные и более амбициозные стратегии. Необходимо разработать политику для восполнения существующих пробелов для выполнения Повестки дня на период до 2030 года. Если существующие пробелы не будут в срочном порядке устранены, потребуется все более решительные и дорогостоящие меры, направленные на недопущение экстремальных и потенциально невосполнимых социальных последствий, связанных с усилиями стран, направленными на решение проблем, связанных с изменением климата.

В настоящем докладе основное внимание уделяется исключительно устойчивой энергетике в регионе ЕЭК ООН в период до 2050 года, поскольку региональное экономическое сотрудничество является важным фактором для достижения устойчивой энергетики. Создание устойчивости энергетики является сложной политической, экономической и социальной задачей. Страны ЕЭК ООН пока не достигли согласия в отношении того, каким образом они будут коллективными усилиями добиваться создания энергетики для устойчивого развития. В свете важной роли, которую ЕЭК ООН играет в поощрении экономического сотрудничества, важно изучить последствия различных путей создания устойчивой энергетики и возможности для совместной работы стран в деле разработки и реализации политики и мер.



67

Серия публикаций ЕЭК ООН по энергетике

Information Service
United Nations Economic Commission for Europe

Palais des Nations
CH - 1211 Geneva 10, Switzerland
Telephone: +41(0)22 917 12 34
E-mail: unece_info@un.org
Website: http://www.unece.org

Printed at United Nations, Geneva – 1922116 **(R)** – – **ECE/ENERGY/131**

ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ

ЕВРОПЕЙСКАЯ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ

Пути перехода к устойчивой энергетике

Ускорение энергетического перехода в регионе ЕЭК ООН

СЕРИЯ ПУБЛИКАЦИЙ ЕЭК ООН ПО ЭНЕРГЕТИКЕ № 67

ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ
Женева, 2020 год

©2020 год, Организация Объединенных Наций
Все права защищены во всем мире

Запросы на воспроизведение фрагментов публикации или на ее фотокопирование следует направлять в Центр по проверке авторских прав на веб-сайте copyright.com.

Все остальные вопросы, касающиеся прав и разрешений, в том числе производных авторских прав, следует направлять по адресу: United Nations Publications, 405 East 42nd St, S-09FW001, New York, NY 10017, United States of America. Эл. почта: permissions@un.org; веб-сайт: https://shop.un.org.

Выводы, толкования и заключения, изложенные в настоящей публикации, принадлежат ее автору (авторам) и не обязательно отражают мнения Организации Объединенных Наций или ее должностных лиц или государств-членов.

Использованные на любой карте в этой работе определения и представленный материал не предполагают выражения какого-либо мнения со стороны Организации Объединенных Наций относительно правового статуса страны, территории, города или района, или их органов власти, или относительно делимитации их границ.

Упоминание каких-либо фирм, лицензированных процессов или коммерческих продуктов не означает их одобрения Организацией Объединенных Наций.

Настоящая публикация издана на английском и русском языках.

Публикация Организации Объединенных Наций выпущена Европейской экономической комиссией Организации Объединенных Наций.

ECE/ENERGY/131

ИЗДАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ
eISBN: 978-92-1-004541-4
ISSN: 1014-9112

ПРЕДИСЛОВИЕ

В сентябре 2015 года страны согласовали Повестку дня в области устойчивого развития на период до 2030 года, включающую 17 целей в области устойчивого развития (ЦУР). Достижение этих целей зависит как прямо, так и косвенно от обеспечения устойчивого энергоснабжения. Государства – члены ЕЭК ООН задаются вопросом о том, каким образом регион может достичь целей в области устойчивой энергетики в контексте Повестки дня на период до 2030 года; в связи с этим появляется возможность рассмотреть стратегии использования альтернативных источников энергии в регионе ЕЭК ООН. В проекте «Пути перехода к устойчивой энергетике» рассматриваются различные пути перехода к устойчивой энергетике в целях создания предпосылок для политического диалога, оценки и отслеживания осуществления обязательств в области устойчивого развития.

Существуют различные взгляды как на само понятие устойчивой энергетики, так и на способы оценки эффективности альтернативных путей достижения желаемых результатов. Каждая страна располагает собственным запасом природных ресурсов, культурным наследием, нормативно-правовой инфраструктурой. Следовательно, ее национальная энергетическая стратегия будет непременно увязана с собственными приоритетами. Поэтому разработать единую концепцию для всего региона сложно.

Комитет по устойчивой энергетике ЕЭК ООН оценил факторы, влияющие на формирование энергетических систем будущего, и изучил альтернативные взгляды на возможное развитие событий в будущем, которое будет способствовать созданию устойчивых политических и рыночных механизмов. Этот проект был разработан в целях устранения неопределенности в отношении будущего устойчивой энергетики и содействия развитию содержательного политического диалога между странами. Проект обеспечил государствам – членам ЕЭК ООН ясность относительно способов достижения устойчивых результатов в области энергетики. Он также дал возможность начать разработку механизмов раннего оповещения на случай, если регион окажется не в состоянии своевременно достичь своих целей.

Для достижения целей Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года необходимо обеспечить рациональное использование природных ресурсов, разработать устойчивые схемы производства и потребления, создать устойчивую инфраструктуру и обеспечить согласованное развитие всей системы в целом. Основным условием устойчивого развития является доступ к приемлемой по цене, надежной и устойчивой энергии. Энергетика является основой обеспечения социального и экономического благополучия, искоренения бедности, обеспечения здорового образа жизни и повышения уровня жизни. В дальнейшем этот проект сможет обеспечить необходимые стимулы к действиям, чтобы государства – члены ЕЭК ООН развивали региональное сотрудничество и работали сообща для достижения своих общих и индивидуальных целей.

Ольга Алгаерова
Исполнительный секретарь
Европейская экономическая комиссия Организации Объединенных Наций

ВЫРАЖЕНИЕ ПРИЗНАТЕЛЬНОСТИ

Реализация этого проекта проходила в течение четырех лет под эгидой Комитета по устойчивой энергетике ЕЭК ООН при непрерывной поддержке со стороны государств и экспертов. Проект является совместным мероприятием Комитета и шести его вспомогательных органов, таких как: i) Группа экспертов по возобновляемой энергетике (ГЭВЭ), ii) Группа экспертов по энергоэффективности (ГЭЭЭ), iii) Группа экспертов по газу (ГЭГ), iv) Группа экспертов по шахтному метану (ГЭШМ), v) Группа экспертов по экологически более чистым электроэнергетическим системам (ЭЧЭС), и vi) Группа экспертов по управлению ресурсами (ГЭУР). Мы выражаем большую благодарность группам экспертов, а также их председателям и координаторам: Назиру Рамазанову и Маргалите Арабидзе (ГЭВЭ), Александару Дуковски (ГЭЭЭ), Франсиско де ла Флор Гарсиа и Рафаэлю Герра Роману (ГЭГ), Раймонду Пилчеру (ГЭШМ), Барри Уортингтону (ЭЧЭС) и Джойе Фальконе (ГЭУР).

Мы выражаем глубокую благодарность членам Консультативного совета – международным экспертам высокого уровня, осуществлявшим контроль качества, предоставлявшим консультации и проводившим проверку результатов проекта: Нурзат Абдырасуловой, Феликсу Доддсу, Сигурду Хейбергу, Денису Хиксу, Элли Джонсон, Грэму Макстону, Джону Робертсу, Питеру Тэйлору, Лизе Тиншерт, Генри Вайсману и Бартошу Войсшчику.

Члены проектной группы хотели бы выразить особую признательность Александару Дуковски, Сигурду Хейбергу, Денису Хиксу, Питеру Тэйлору и Лизе Тиншерт за предоставленные материалы и поддержку проекта на всех стадиях его реализации.

Этот доклад подготовила Ива Бркич под общим руководством и при консультативной поддержке Штефани Хельд, руководителя Департамента устойчивой энергетики, а также при содействии Отдела устойчивой энергетики ЕЭК ООН.

Ведущие аналитики партнерских организаций, принимавшие участие в реализации проекта: Холгер Рогнер (Международный институт прикладного системного анализа), Бенам Закери (Международный институт прикладного системного анализа), Штефани Вальдхоф (Тихоокеанская северо-западная национальная лаборатория), Джеймс Эдмондс (Тихоокеанская северо-западная национальная лаборатория), Нильс Кемен (Институт технологии охраны окружающей среды, безопасности и энергетики им. Фраунгофера (UMSICHT)), Саша Леман (Научно-исследовательский институт по проблемам систем и инноваций им. Фраунгофера (ISI)).

ЕЭК ООН выражает благодарность Российской Федерации за предоставленную финансовую поддержку, а также Германии и Соединенным Штатам за вклад в натуральной форме в осуществление этого проекта.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ iii
ВЫРАЖЕНИЕ ПРИЗНАТЕЛЬНОСТИ iv
ГЛОССАРИЙ viii
СОКРАЩЕНИЯ xi
РЕЗЮМЕ xiii
ОСНОВОПОЛАГАЮЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПОЛИТИКИ xv
1. Введение 1
2. Концепция проекта «Пути перехода» 2
2.1 Определение устойчивой энергетики 3
2.2 Показатели устойчивой энергетики, которые могут быть включены в комплексные модели оценки климата и энергетических ресурсов 5
2.3 Сценарии политики для моделирования 7
3. Результаты моделирования сценариев перехода к устойчивой энергетике в регионе ЕЭК ООН 8
3.1 Устойчивая энергетика в регионе ЕЭК ООН в настоящее время 9
3.2 Спрос на энергию: прогнозы по региону ЕЭК ООН на период до 2050 года 10
3.3 Спрос на энергию: прогнозы по субрегионам ЕЭК ООН на период до 2050 года 12
3.4 Предложение в секторе энергетики: прогнозы по региону ЕЭК ООН на период до 2050 года 15
3.5 Предложение в секторе энергетики: прогнозы по субрегионам ЕЭК ООН на период до 2050 года 18
3.6 Прогнозы инвестиционных потребностей региона ЕЭК ООН на период до 2050 года 21
3.7 Компонент I. Результаты моделирования в плане энергетической безопасности и взаимозависимости в рамках региона 24
3.8 Компонент II. Результаты моделирования в плане энергетической и экологической устойчивости 27
3.9 Компонент III. Важность доступности энергии 28
3.10 Баланс плюсов и минусов и взаимодействие между тремя компонентами устойчивой энергетики 30
4. Решения для достижения устойчивой энергетики в регионе ЕЭК ООН 35
4.1 Обеспечение энергоэффективности в качестве основы для системной эффективности 36
4.2 Решение проблемы выбросов ПГ от использования ископаемых видов топлива 38
4.3 Ускоренное обеспечение взаимодействия между возобновляемыми источниками энергии и возобновляемым/декарбонизированным газом и газом с низким содержанием углерода 39
4.4 Смягчение социально-экономических последствий энергетического перехода 42
4.5 Расширение инвестиций в возобновляемую энергетику в субрегионах и ускорение энергетического перехода в странах с низким уровнем дохода 44
4.6 Внедрение нексусного подхода «энергия-вода-продовольствие» во всем регионе 46
4.7 Устойчивое управление ресурсами для разработки решений по аккумулированию энергии 48

5. Выводы 50
6. Приложение 51
6.1 Процесс создания сценариев 51
6.2 Концепция системы раннего оповещения 52
6.3 Увязывание основных компонентов устойчивой энергетики с Повесткой дня на период до 2030 года 53
6.4 Оценка «Устойчивой энергетики» в рамках моделей комплексной оценки 55
6.5 Краткий обзор КПЭ проекта «Пути перехода» для устойчивой энергетики 55
Справочная литература 59

Список рисунков

Рис. 1 Субрегионы, охваченные проектом «Пути перехода к устойчивой энергетике» 3
Рис. 2 Энергетика для устойчивого развития 4
Рис. 3 Подход к моделированию 6
Рис. 4 От нарративов к путям в рамках политики 8
Рис. 5 Спрос на первичные энергоресурсы в регионе ЕЭК ООН по сценариям политики 10
Рис. 6 Конечный спрос на энергию в регионе ЕЭК ООН по сценариям политики 11
Рис. 7 Конечный спрос на энергию в субрегионах ЕЭК ООН по сценариям политики 14
Рис. 8 Производство электроэнергии в регионе ЕЭК ООН по сценариям политики 16
Рис. 9 Энергогенерирующие мощности в регионе ЕЭК ООН по сценариям политики 18
Рис. 10 Производство электроэнергии в субрегионах ЕЭК ООН по сценариям политики 20
Рис. 11 Сравнение требований к инвестициям в регионе ЕЭК ООН по сценариям политики, 2020–2050 годы 22
Рис. 12 Балансы торговли энергоресурсами в субрегионах ЕЭК ООН по сценариям политики 26
Рис. 13 Выбросы CO_2 в регионе ЕЭК ООН по сценариям политики 27
Рис. 14 Энергетическая бедность в ЕС, индекс энергетической бедности в странах – членах ЕС в 2019 году 29
Рис. 15 Баланс плюсов и минусов и взаимодействие на основании энергетических и экологических показателей в регионе ЕЭК ООН по сценариям политики 33
Рис. 16 Энергетика как средство обеспечения устойчивого развития в регионе ЕЭК ООН 34
Рис. 17 Единая производственно-сбытовая цепочка добычи угля 39
Рис. 18 Взаимосвязь между возобновляемыми энергоресурсами и природным газом 40
Рис. 19 Экологические, экономические и социальные проблемы 43
Рис. 20 Генерирующие мощности в возобновляемой и невозобновляемой энергетике в разбивке по субрегионам и сценариям 45
Рис. 21 Экосистемный нексусный подход «энергия–вода–продовольствие» 47
Рис. 22 Мировой спрос на металлы 48
Рис. 23 Емкость систем хранения энергии на основе аккумуляторных батарей в некоторых странах 49
Рис. 24 Элементы системы раннего оповещения и планирования, подчеркивающие роль показателей и моделирования 52
Рис. 25 Увязывание с ЦУР при определении концепции «энергетики для устойчивого развития» 53

Список таблиц

Таблица 1 Описание и варианты сценариев 51
Таблица 2 Показатели для оценки компонента «Энергетическая безопасность» 56
Таблица 3 Показатели для оценки компонента «Энергетика для качества жизни» 56
Таблица 4 Показатели для оценки компонента «Энергетика и окружающая среда» 57

ГЛОССАРИЙ

Устойчивая энергетика

«Устойчивая энергетика» – это многоаспектное понятие, которое различные заинтересованные стороны могут истолковывать по-разному. Для целей данного проекта мы определяем понятие «устойчивая энергетика» с точки зрения трех компонентов: энергетической безопасности, качества жизни и экологической устойчивости. Каждый из данных компонентов способствует переходу к устойчивой энергетике, но ни один из них в отдельности и даже все в совокупности не отражают понятие «устойчивая энергетика» в полной мере. Эти компоненты взаимозависимы; здесь имеет место как баланс плюсов и минусов, так и взаимодействие. Эти компоненты тесно связаны с Повесткой дня в области устойчивого развития на период до 2030 года (далее Повестка дня на период до 2030 года). Энергетика является основой достижения многих, если не всех целей в области устойчивого развития (ЦУР). В свою очередь, достижение большинства не связанных с энергетикой ЦУР опирается на то определение, которое дается понятию «устойчивая энергетика». Для учета относящихся к энергетике взаимосвязей между ЦУР будет использована концепция «энергетика в интересах устойчивого развития». Каждый из трех компонентов обладает множеством характеристик. Одним из важных результатов настоящего исследования является установление конкретных параметров (количественных показателей, см. ниже) для описания состояния каждого из трех компонентов и отслеживания его динамики.

Долгосрочные цели осуществления

Долгосрочные цели осуществления (ДЦО) – это имеющие четкие ограничения целевые показатели в области устойчивой энергетики, которые поддаются измерению и безусловно гармоничны в глобальном масштабе. ДЦО отражают желаемое состояние мира в конкретный момент времени. Эти цели должны быть определены таким образом, чтобы цели, поставленные для одного региона (или периода времени), не находились в конфликте с целями для другого региона. Поставив конкретную, поддающуюся измерению цель, можно определить понятие успеха как достижение этой цели. Для целей данного проекта ограничениями будут признаны результаты деятельности в 2050 году (или в 2100 году). Примером целевого показателя является международное соглашение по ограничению глобального потепления уровнем 2 °C.

Параметры

Параметры – это поддающиеся количественному измерению показатели, согласующиеся с характеристиками компонентов устойчивой энергетики. Параметры должны поддаваться измерению в реальных условиях (например, ВВП или ВВП на душу населения) или как результаты моделирования. Параметры полезны, поскольку могут помочь в отслеживании хода достижения целей. Анализ многочисленных параметров не только дает более детальное понимание устойчивой энергетики, но и может способствовать выявлению взаимодействия (синергии) и/или баланса плюсов и минусов между различными компонентами устойчивой энергетики. Параметры были увязаны с относящимися к энергетике ЦУР, согласно рамочной концепции «энергетики в интересах устойчивого развития», представленной в качестве устойчивой энергетики. Параметры либо соответствуют показателям ЦУР, таким как доля возобновляемых источников энергии в общем объеме конечного энергопотребления, либо могут стать «прокси показателями», присваиваемыми определенным ЦУР. Таким образом, параметры помогают отслеживать ход осуществления Повестки дня на период до 2030 года (и перспективы на 2050 год).

Ключевые показатели эффективности (КПЭ)

Некоторые параметры могут иметь крайне важное значение. Их называют ключевыми показателями эффективности (КПЭ). В контексте данного проекта для большинства КПЭ были использованы желательные диапазоны для отдельных показателей. Для конкретного КПЭ может быть назначено более одного желательного диапазона, однако возможно, что в процессе моделирования придется сосредотачиваться на каждом из них в отдельности, поскольку желательные диапазоны не обязательно согласованы друг с другом (т. е. достижение одного КПЭ может как упростить, так и усложнить достижение другого). КПЭ как таковые отличаются от ДЦО, определяющих общий

целевой показатель в области устойчивой энергетики, который должен быть достигнут к 2050 году (см. приложения 6.4 и 6.5).

Сценарии

В контексте этого проекта понятие «сценарии» означает описания или образы будущего в количественном выражении (зачастую изложенные в описательной части). Количественное выражение сценариев аналогично формулированию допущений относительно будущего, а описательная часть служит основой для сценариев, поскольку представляет качественную, но внутренне непротиворечивую концепцию будущего и/или ключевых изменений и событий в будущем. Для разработки сценариев были использованы три основных элемента: допущения в количественном выражении, взаимосвязи в количественном выражении и результаты в количественном выражении.

- *Допущения в количественном выражении.* Это ключевые движущие силы будущей системы устойчивой энергетики, которые мы принимаем как данность для разработки сценариев и используем как исходные данные для моделирования. Они делятся на пять обширных категорий: i) демографические данные – численность населения и его географическое, возрастное и гендерное распределение; ii) экономические данные – изменяющееся экономическое положение в мире, например темпы роста производительности труда; iii) ресурсы – наличие и качество природных ресурсов, таких как ископаемые виды топлива, полезные ископаемые, уран, земельные ресурсы, ветер, солнечная энергия, водные ресурсы, геотермальная энергия; iv) технологии – совокупность знаний и процессов, которые могут быть использованы в целях извлечения и преобразования ресурсов для удовлетворения потребностей в энергии; v) институты и политика – формальные и неформальные правила, регулирующие и определяющие человеческие решения.
- *Взаимосвязи в количественном выражении.* Это основанное на установленных правилах взаимодействие между ключевыми компонентами энергетической системы, т. е. модельные уравнения, которые связывают движущие силы сценария (допущения) и результаты в данной модели. Эти соотношения могут быть как простыми, так и сложными. В рамках настоящего проекта взаимосвязи в количественном выражении воплощены в научно обоснованных методах и хорошо задокументированных и прошедших экспертную оценку компьютерных кодах.
- *Результаты в количественном выражении.* Это количественные показатели состояния антропогенных и природных систем, которые определяются допущениями и вытекают из модельных отношений. Примерами могут, в частности, служить такие параметры, как получение энергии, структура энергетического баланса и доли его составляющих, спрос, импорт и экспорт, землепользование, цены на продукты питания, цены на нефть, загрязнение окружающей среды, водные ресурсы и их использование в конкретном месте в конкретный период времени. Результаты зависят от допущений. При изменении допущений изменятся и результаты.

Базовый сценарий

Любой анализ начинается с ряда исходных допущений, основанных на исторических тенденциях и текущей политике. Это оценка состояния мира на данный момент. Базовый сценарий позволяет проанализировать возможности достижения миром конкретных целей в рамках текущей траектории. Это важнейшая часть любого исследования. Анализ конкретных параметров на основе результатов базового сценария может показать, что долгосрочные цели осуществления (ДЦО), такие как сокращение энергоемкости на 25% к 2050 году, по всей вероятности, будут достигнуты при наших текущих допущениях относительно темпов роста экономики и меняющихся соотношений между энергетикой и развитием экономики. Результаты базового сценария могут также показать, что при текущих допущениях и соотношениях достижение определенных ДЦО маловероятно. Базовым сценарием для проекта «Пути перехода к устойчивой энергетике» является Совместный социально-экономический путь 2 (ССП 2) (см. раздел 2.3), представляющий собой «промежуточный» путь.

Сценарии политики

Возможны два типа сценариев политики. В сценарии первого типа формулируется предложение по политике, а затем моделирование и анализ показывают, какими будут результаты. В сценарии второго типа ставится некоторая цель, а модели показывают, что необходимо будет сделать для ее достижения.

- *Анализ конкретных предложений по политике.* В сценарии первого типа можно проанализировать последствия конкретного предложения по политике, например о введении субсидии в размере 0,50 долл. США на один киловатт-час, призванной увеличить использование солнечной, ветровой и гидроэнергии. В этом случае предлагаемая политика накладывается в модели на исходные допущения базового сценария. В сценарии политики этого типа в целях углубленного понимания более обширных последствий и конечного результата, к которому приведет изменение политики, можно анализировать такие параметры, как стоимость электроэнергии, совокупные расходы правительства на субсидию, доля возобновляемых источников электроэнергии к 2040 году или общее потребление электроэнергии и ископаемых видов топлива.
- *Анализ долгосрочной цели осуществления.* В сценарии политики второго типа ДЦО выполняет в модели роль ограничителя, а допущения относительно технологии и развития определяются в базовом сценарии. В таком сценарии политики ставится некая цель – например, выход к 2050 году на 100-процентное производство электроэнергии из возобновляемых источников, – а модели определяют, что должно измениться для достижения этой цели. Можно также анализировать тот же общий набор параметров, который упоминался выше, с той лишь разницей, что модели определяют, какие усилия потребуются и какого рода изменения должны произойти для достижения этой цели.

Между этими двумя типами сценариев политики есть едва уловимое, но важное различие. В сценарии первого типа ставится вопрос: «Если я изменю X вот таким образом, насколько я приближусь к Y?». В сценарии второго типа вопрос выглядит так: «Если я хочу достичь Y, то как должен измениться X?». Крайне важно понимать, что ответы на оба типа вопросов могут быть несовместимы друг с другом. Первый тип анализа политики может дать ответ на вопрос о том, достаточно ли субсидирования возобновляемой энергогенерации в размере 0,50 долл. США на один киловатт-час для достижения к 2050 году цели 100-процентного производства электроэнергии из возобновляемых источников или нет. Это также даст директивным органам пищу для размышления о непреднамеренных последствиях принятия мер политики, таких как увеличение потребления ископаемых видов топлива в регионах, где такие меры не принимались. В анализе второго типа модель обеспечит достижение цели при наименьших совокупных экономических затратах (в контексте исходных допущений и соотношений). В данном случае важной частью анализа является выяснение того, кто и каким образом примет на себя это бремя (например, изменение цен на продукты питания или доходов от экспорта). В итоге конечную цель и приемлемые виды издержек, связанных с ее достижением, определяют директивные органы. Модели могут показать, достижима ли установленная цель в рамках этих ограничивающих факторов, но они не определяют, каким должен быть «надлежащий» уровень целевого показателя или приемлемых издержек для общества. Моделирование сценариев политики привело к разработке путей проведения политики. Подробнее об этом см. в разделе «Пути».

Пути

Пути – это альтернативные возможные траектории в рамках общего контекста сценария. С их помощью оцениваются осуществимость и последствия той или иной стратегии достижения цели, например в области устойчивой энергетики (одновременное достижение ряда целей в области устойчивости). Они также дают возможность наметить различные способы решения проблем недостаточных знаний, неопределенности, привлекают внимание к различным аспектам риска, таким как «эффект блокировки» или «незадействованные активы», и способствуют принятию ответных мер.

СОКРАЩЕНИЯ

БАЗ	базовый сценарий (ССП 2)
БРИИКС	Бразилия, Россия, Индия, Китай и Южная Африка (плюс Индонезия – для целей исследования ОЭСР)
ВЭНУВ	обеспечение высокой эффективности и низкого уровня выбросов
ГВт	гигаватт
Гт	гигатонна
ЕЭК ООН	Европейская экономическая комиссия Организации Объединенных Наций
ИВХЗ	Инициатива по обеспечению высоких характеристик зданий
ИКТ	информационно-коммуникационные технологии
КС 21	Конференция Сторон – Конференция Организации Объединенных Наций по изменению климата в 2015 году в Париже
КСЭ	концентрированная солнечная энергия
МИПСА	Международный институт прикладного системного анализа
НИОКР	научные исследования и разработки
ОНУВ	определяемые на национальном уровне вклады
ОППЭ	общий объем предложения первичной энергии
ОЭСР	Организация экономического сотрудничества и развития
П2Ц	Парижский сценарий по сдерживанию глобального потепления в пределах 2 градусов Цельсия (2 °C)
ПГ	выбросы парниковых газов
РКООН	Рамочная классификация ресурсов Организации Объединенных Наций
СПГ	сжиженный природный газ
ССП 2	Совместный социально-экономический путь 2
ТСЗНЛ	Тихоокеанская северо-западная национальная лаборатория
УХУ	улавливание и хранение углерода
ЦУР	цели в области устойчивого развития
ЧПС	чистая приведенная стоимость
ЭМ	электромобили
GCAM	Модель оценки глобальных изменений
MESSAGE	Модель альтернативных стратегий предложения энергии и их общего воздействия на окружающую среду

Используемые в модели обозначения субрегионов ЕЭК ООН:

БМУ	Беларусь, Молдова и Украина
ЗЕВ	Западная Европа
РУС	Российская Федерация
САМ	Северная Америка
ЦАЗ	Центральная Азия
ЦВЕ	Центральная и Восточная Европа
ЮКА	Южный Кавказ

РЕЗЮМЕ

Энергетика имеет решающее значение для обеспечения высокого качества жизни и является основой реализации Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года (далее Повестка на период до 2030 года). Роль энергетики в современном обществе общепризнана, но при этом все же остаются значительные расхождения между согласованными странами энергетическими и климатическими целями и реальной деятельностью стран. В связи с этим государства – члены ЕЭК ООН предложили проект, призванный помочь странам в разработке, реализации и отслеживании национальной политики в области устойчивой энергетики в целях предотвращения изменения климата и содействия устойчивому развитию, под названием «Пути перехода к устойчивой энергетике». Проект предназначен для осведомления принимающих решения лиц об эффективных политических и технологических способах обеспечения перехода к устойчивой энергетике.

Проект «Пути перехода» – вспомогательный механизм для стран, стремящихся осуществить переход к устойчивой энергетике

В рамках проекта был разработан политический механизм, помогающий странам принимать обоснованные решения по обеспечению перехода к устойчивой энергетике. Предложенный подход сочетает в себе моделирование сценариев развития энергетики с проведением диалога по вопросам политики, исследований в области технологий и разработкой концепции системы раннего оповещения для мониторинга и прогнозирования, чтобы обеспечить практическую реализацию целей в области устойчивой энергетики.

Переход к устойчивой энергетике в регионе ЕЭК ООН – миссия (не) выполнима?

Продвижение к намеченным целям в области устойчивой энергетики является сложной социальной, политической, экономической и технологической задачей. Страны ЕЭК ООН еще не пришли к согласию относительно коллективного пути к достижению устойчивой энергетики. Ведение диалога само по себе является для стран важным шагом вперед, поскольку это помогает выявить баланс плюсов и минусов, а также возможности взаимодействия между целями и целевыми показателями Повестки дня на период до 2030 года, национальными проблемами в области энергетической безопасности, вопросами повышения качества жизни и социальными аспектами, экологическими и экономическими задачами.

Как показывает анализ, нынешняя конструкция устойчивой энергетики все еще не сбалансирована, вследствие чего достижение целей устойчивой энергетики в регионе ЕЭК ООН невозможно без нахождения некоторых разумных компромиссов. Страны предпочитают принимать свои собственные решения, что неизбежно приводит к мозаичности альтернатив в регионе, при том что обычно особое внимание уделяется вопросам энергетической безопасности, а экологическим вопросам и чаяниям в отношении повышения качества жизни отводится второстепенное место.

Регион чрезмерно зависит от ископаемого топлива. В настоящее время примерно 80% всей энергии производится из разных видов ископаемого топлива. Многие страны региона используют ископаемые источники энергии, и уголь, нефть и газ по-прежнему играют важнейшую роль в обеспечении их энергетической безопасности и экономического благополучия. Средства существования огромного числа людей зависят от ископаемых источников энергии, и поэтому нельзя ожидать, что эти люди легко пожертвуют своими амбициями и образом жизни ради достижения целевого показателя 2 °C. Вместе с тем было бы несправедливо игнорировать то воздействие, которое, учитывая достигаемые в рамках Повестки дня на период до 2030 года успехи, изменение климата оказывает на население планеты.

Проблема изменения климата обсуждается уже много лет, однако мир по-прежнему движется в сторону повышения среднемировой температуры на 4–6 °C по сравнению с доиндустриальным уровнем. Климатологи предсказывают, что прирост температуры в Северном полушарии окажется вдвое выше, и поэтому последствия потепления сильнее всего скажутся на регионе ЕЭК ООН. Такой уровень повышения температуры катастрофичен и угрожает самому существованию,

поэтому необходимо срочно найти устойчивый путь развития с учетом конкурирующих интересов правительств разных стран.

Нужно прямо сейчас приступить к проведению соответствующих структурных изменений в энергетическом секторе, и по большей части осуществление этих изменений уже началось. Переход к устойчивой энергетике приведет к повышению цен на энергию, поэтому, опасаясь социальных волнений, многие страны не могут ускорить темпы перемен.

Чем дольше будут откладываться структурные и политические реформы, тем дороже они обойдутся. Обществу, в конце концов, придется заплатить полную цену. На сегодня, по нашим оценкам, страны региона ЕЭК ООН должны будут инвестировать 23,5 трлн долл. США в энергосистему до 2050 года. Изменение политики ради достижения целевого показателя 2 °C к 2050 году приведет к росту дополнительных годовых инвестиций «всего» на 200 млрд долл. США для всего региона. Хорошо спланированные и продуманные национальные стратегии могут обеспечить устойчивость энергетических систем и ограничить воздействие на цены на энергию.

Ускоренная декарбонизация энергетического сектора в сочетании с технологическими изменениями и тесным субрегиональным и региональным сотрудничеством позволит странам региона ЕЭК ООН осуществить переход к устойчивой энергетике. В целях извлечения выгод из глубокого, всеобъемлющего преобразования энергетического сектора в регионе ЕЭК ООН необходимо направить инвестиции в обширный круг технологий, включая технологии с нулевыми и отрицательными выбросами, а также во все соответствующие субрегионы. Все заинтересованные стороны в области энергетики должны объединить свои усилия и проработать все возможные решения, чтобы остановить рост выбросов парниковых газов, защитить человечество и достичь поставленных целей.

Решения для обеспечения перехода к устойчивой энергетике

⇨ Незамедлительные действия: прекратить способствовать усугублению проблемы и ограничить объем выбросов ПГ

Задача: Результаты моделирования сценариев развития энергетики указывают на отсутствие экономически рационального сценария, предусматривающего существенное сокращение потребления ископаемого топлива к 2050 году. Кроме того, принимаемые в настоящее время меры по предотвращению изменения климата недостаточно эффективны для достижения целевого показателя в 2 °C. Чтобы обеспечить достижение этого целевого показателя, страны региона ЕЭК ООН должны к 2050 году принять меры по сокращению или улавливанию по меньшей мере 90 Гт выбросов CO_2. Поскольку проблема изменения климата не имеет географических границ, и не все регионы мира находятся на одинаковом уровне экономического развития, регион ЕЭК ООН должен стать регионом с отрицательным уровнем выбросов углерода, чтобы способствовать достижению глобальной цели – созданию общества с нулевыми чистыми показателями выбросов углерода. Однако эта концепция отличается от той, что рассматривается в рамках данного проекта, и нуждается в дальнейшем осмыслении.

Предлагаемое решение: Системная эффективность должна стать основополагающей ценностью энергетической системы будущего. Улавливание выбросов ПГ, возникающих в результате использования ископаемых видов топлива в энергетической системе, необходимо для избежания негативных последствий изменения климата. Если в среднесрочной перспективе ископаемые виды топлива сохранят свои позиции в качестве источника энергии, то возникнет настоятельная необходимость в направлении крупных инвестиций в развитие технологий с низким и отрицательным уровнем выбросов углерода. В свою очередь, незамедлительное инвестирование в возобновляемые источники энергии может способствовать подготовке в субрегионах с очень ограниченной инфраструктурой возобновляемой энергетики, таких как Кавказ, Центральная Азия, Восточная и Юго-Восточная Европа, почвы для перехода к устойчивой энергетике. Обеспечение углеродной нейтральности – это первый важный этап на пути перехода к устойчивой энергетике, и в реализации данного этапа должны быть задействованы все технологии.

⇨ Действия в среднесрочной перспективе: претворять в жизнь новые стратегии и продвигать передовые технологии

Задача: Переход к использованию устойчивой энергетической системы предполагает осуществление далекоидущих изменений в социально-экономической системе и без надлежащей осторожности может привести к экономическому неравенству и маргинализации, которые, в свою очередь, чреваты социальной напряженностью и конфликтами. Регион ЕЭК ООН неоднороден по своему составу, поскольку входящие в него страны находятся на разных уровнях экономического развития. Непропорциональное распределение богатств в регионе может ограничить попытки некоторых субрегионов модернизировать свою инфраструктуру и ускорить переход к устойчивой энергетике. Этот вопрос можно будет рассмотреть подробнее на одном из последующих этапов данного проекта.

Предлагаемое решение: Переход к устойчивой энергетической системе – это долгосрочная задача, для решения которой должны быть охвачены все основные компоненты устойчивого развития, с тем чтобы никто не был забыт и была сохранена социальная сплоченность. Международным финансовым учреждениям, Организации Объединенных Наций и правительствам всех стран региона необходимо направлять адресные инвестиции в страны с низким уровнем дохода в целях ускорения перехода к устойчивой энергетике в восточных субрегионах, например на Кавказе, в Центральной Азии, Восточной и Юго-Восточной Европе. Ранее созданная в регионе инфраструктура во многих случаях подходит для повышения эффективности взаимодействия между источниками возобновляемой энергии и природного газа, а затем и для дальнейшего использования потенциала декарбонизированного газа. Кроме того, по мере ускорения темпов перехода к устойчивой энергетике возникнет необходимость в смягчении социальных и экономических последствий этого перехода для всего населения и переосмыслении социальных ценностей и вопросов повышения качества жизни.

⇨ Действия в долгосрочной перспективе: использовать потенциал устойчивой энергетики, опираясь на принципы экономики замкнутого цикла и нексусные подходы

Задача: Для революции в энергетике необходимо наличие непрерывно возрастающего объема ресурсов, обусловленное увеличивающимся спросом на электромобили, батареи и системы хранения энергии. Удовлетворение потребностей устойчивой энергетики будущего повлияет на ресурсную базу стран, на наличие важнейших сырьевых материалов и редкоземельных минералов, затраты на их добычу, а также на их стоимость.

Решение: Региону необходимо использовать потенциал устойчивой энергетики в рамках экономики замкнутого цикла и нексусного подхода. Одной из стратегических задач станет обеспечение доступности сырья, необходимого для внедрения этого подхода. На первом плане национальных стратегий должна быть практика устойчивого управления ресурсами, основанная на принципах экономики замкнутого цикла и включающая весь спектр целей и задач Повестки дня на период до 2030 года.

Ниже представлены рекомендации и основополагающие принципы политики, выработанные по итогам масштабных консультаций в сети экспертов.

ОСНОВОПОЛАГАЮЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПОЛИТИКИ

⇨ ПРЕКРАТИТЬ СПОСОБСТВОВАТЬ УСУГУБЛЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ И ОГРАНИЧИТЬ ОБЪЕМ ВЫБРОСОВ ПГ

1. **Достижение энергоэффективности как основа обеспечения системной эффективности.** Энергосбережение и энергоэффективность должны стать основными элементами энергетических систем будущего. Достижение энергоэффективности и повышение производительности в процессах производства, передачи, распределения и потребления

энергии должны рассматриваться в качестве приоритетных задач. Эти меры также обеспечивают защиту населения от вызываемого декарбонизацией повышения цен на энергию.

- **Разработка прогрессивных схем переоборудования в целях повышения энергоэффективности для жилищного сектора** и введение строгих стандартов для зданий.
- **Внедрение национальных программ и стимулирование частного сектора** к уделению приоритетного внимания задачам повышения энергопродуктивности в промышленных процессах и строительстве.
- **Разработка прогрессивных методов решения проблем мобильности в целях уменьшения углеродоемкости транспорта.** Поощрение развития новых технологий для сокращения всех видов поездок, расширение программ совместного использования транспортных средств и программ использования велосипедов.

2. **Сокращение объема выбросов CO_2 на 90 Гт к 2050 году:** Целевой показатель 2 °C и выполнение обязательств в отношении чистых нулевых выбросов могут быть достигнуты только путем сокращения выбросов углерода и применения технологий с нулевым выбросом углерода, с тем чтобы устранить существующий пробел до разработки и активного внедрения инновационных энергетических технологий нового поколения с низким, нулевым или отрицательным уровнем выбросов углерода. Необходимо ускорить темпы разработки и осуществления подобных мер.

   - **Позиционирование технологий улавливания и хранения углерода (УХУ) и обеспечения высокой эффективности и низкого уровня выбросов (ВЭНУВ), а также технологий с отрицательным уровнем выбросов углерода** наравне с другими углеродно-нейтральными технологиями производства электроэнергии (например, с использованием атомной энергии или возобновляемых источников энергии) и отказ от субсидий на производство и потребление, не способствующих углеродной эффективности.
   - **Определение и поддержка наименее затратных технологий УХУ** в различных отраслях и введение их в действие в целях накапливания опыта и наращивания потенциала.
   - **Разработка и распространение руководящих указаний по вопросам инвестиций в низкоуглеродные технологии ВЭНУВ и УХУ.**
   - **Предотвращение масштабных выбросов в результате утечек в энергетическом секторе. Разработка и распространение руководства по передовой практике в области управления метаном** (мониторинг и восстановление) в добывающих отраслях и системе использования природного газа.

⇨ ПРЕТВОРЯТЬ В ЖИЗНЬ НОВЫЕ СТРАТЕГИИ И ИСПОЛЬЗОВАТЬ ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

3. **Ускорение перехода к устойчивой энергетической системе:** Модернизация и оптимизация нынешней основанной на использовании ископаемого топлива инфраструктуры и ее интеграция с инфраструктурой возобновляемой энергетики имеет решающее значение для достижения устойчивого развития. Любое сокращение доли ископаемого топлива в энергобалансе должно регулироваться путем принятия надлежащих мер по смягчению негативных социально-экономических последствий.

   - **Безотлагательное внедрение мер по преодолению социально-экономических последствий перехода к устойчивой энергетике.** Смягчение негативных социальных последствий необходимо для осуществления перехода к устойчивой энергетике на справедливой основе. Всем заинтересованным сторонам необходимо участвовать в разработке новых бизнес-моделей и создании рабочих мест, чтобы не оставить никого в стороне и избежать оттока населения из регионов.

- **Признание существования новой парадигмы затрат для энергии из возобновляемых источников и направление инвестиций** в возобновляемую энергетику в объеме, способном, по крайней мере, удовлетворить растущий спрос на электроэнергию, особенно на Кавказе, в Центральной Азии, Восточной и Юго-Восточной Европе.
- **Решение проблемы интеграции непостоянных источников возобновляемой энергии в электро- и тепловые сети.** Использование гибких подходов к проблеме спроса и хранению энергии может также способствовать интеграции возобновляемых источников с переменным характером выработки электроэнергии. Требуется установить стандарты для оптимизации гибких энергетических систем, основанных на одновременном использовании ископаемого топлива и возобновляемых источников энергии.
- **Создание условий для трансграничной интеграции и повышения устойчивости** энергетических систем в целях обеспечения доступа к качественной энергии.

4. **Создание условий для появления новых бизнес-моделей и принятия частным сектором на себя ведущей роли в ускорении темпов глубоких преобразований в энергетических отраслях:** Необходимо провести обзор политической готовности стран к переходу к устойчивой энергетике. Для обеспечения возможности дальнейшего преобразования энергетической системы необходимо внести усовершенствования в правовые, нормативные и рыночные структурные основы. Эти улучшения должны быть прозрачными и включать применение всех технологий, способных внести вклад в осуществление перехода к устойчивой энергетике и появление новых бизнес-моделей.
    - **Противодействие использованию высокоуглеродных источников энергии путем введения экологических налогов или цен на углерод.** Эти меры, отражающие издержки и последствия изменения климата, имеют огромное значение для развития низкоуглеродной энергетической экономики и осуществления перехода к устойчивой энергетике.
    - **Пропагандирование политики коммерциализации декарбонизированных газов** (таких, как водород и биометан) как важнейшего условия дальнейшего продвижения по пути декарбонизации путем объединения секторов и секторальной интеграции.
    - **Разработка нормативно-правовой базы для больших данных и «умных» сетей и интегрированного систематического подхода** в целях поддержки перехода к устойчивой энергетике и создания возможностей для новых участников на рынке.
    - **Ускорение внедрения информационно-коммуникационных технологий (ИКТ)** (например, «умных» сетей, интернета вещей, технологий 5G для передового и интеллектуального измерения потребления, и т. д.) в целях расширения участия потребителей в функционировании энергетических рынков, а также повышения эффективности спроса и предложения и создания условий для более широкого применения непостоянных возобновляемых источников энергии.
    - **Разработка конфигурации энергетических рынков, способствующей применению инновационных, устойчивых и гибких бизнес-моделей.**
    - **Разработка нормативно-правовой базы**, стимулирующей технологические инновации и переход к устойчивой энергетике в регионе.
    - **Установление национальных целевых показателей и осуществление планов действий по обеспечению перехода к устойчивой энергетике.** В целях содействия прогнозированию прогресса и определения оптимальных путей создания устойчивой энергетики необходимо разработать региональные и национальные системы раннего оповещения.

5. **Восприятие перехода к устойчивой энергетике в качестве общей задачи:** Решение этой задачи требует непрерывных действий и наличия эффективных, подотчетных и инклюзивных учреждений на всех уровнях. Необходимо уделять особое внимание укреплению взаимовыгодной экономической взаимозависимости в целях ускорения осуществления Повестки дня на период до 2030 года посредством комплексных и нексусных решений. Для проведения диалога и обмена передовой практикой и полученным опытом лучше всего подходят нейтральные платформы, например комитеты Организации Объединенных Наций.

    - **Пропаганда эффективной интеграции энергетических рынков** вместо энергетической независимости для обеспечения энергетической безопасности.
    - **Содействие технологическому и региональному трансграничному сотрудничеству** в целях активизации обмена передовой практикой. Внедрение и дальнейшее наращивание использования низкоуглеродных технологий в рамках совместных инвестиций.
    - **Расширение объемов инвестиций в возобновляемую энергетику на Кавказе, в Центральной Азии, Российской Федерации, Юго-Восточной и Восточной Европе** с учетом того, что потенциал возобновляемой энергетики (производство электроэнергии, тепла и транспорт) в этих субрегионах по-прежнему не задействован, а объем инвестиций сокращается.
    - **Содействие развитию динамичных и интеграционных государственно-частных партнерств** и разъяснение критериев оценки устойчивости инвестиций.
    - **Ускорение перехода к устойчивой энергетике в странах с низким уровнем дохода** путем наращивания потенциала, прямого инвестирования и обмена передовой практикой.

⇨ ИСПОЛЬЗОВАТЬ ПОТЕНЦИАЛ УСТОЙЧИВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ, ОПИРАЯСЬ НА ПРИНЦИПЫ ЭКОНОМИКИ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА И НЕКСУСНЫЕ ПОДХОДЫ

6. **Содействие устойчивому управлению ресурсами:** Содействие развитию низкоуглеродной экономики замкнутого цикла является сложнейшей и важнейшей задачей, требующей масштабного международного сотрудничества. Ее не следует недооценивать, в том числе при моделировании допущений. Необходимо внедрять опыт устойчивого управления ресурсами, основанный на принципах экономики замкнутого цикла и включающий весь спектр целей и задач Повестки дня на период до 2030 года.

    - **Мониторинг разработки технологий хранения энергии, которые необходимо развивать в целях поддержки непостоянных систем возобновляемой энергетики.** Следует также изучить процесс хранения тепла в расплавленных солях, материалы с фазовым переходом и другие формы тепловой массы, технологии преобразования силы в энергию, а также другие формы химического хранения энергии.
    - **Применение технологий переработки отходов в энергию** с уделением особого внимания популяризации новых устойчивых технологий в качестве возможных вариантов для стран.
    - **Выявление субрегиональных возможностей для совместного планирования развития энергетической системы** в целях укрепления национальных и региональных сетей, повышения энергетической безопасности и обеспечения комплексного планирования ресурсов (таких, как вода, энергоресурсы и сельское хозяйство).
    - **Повышение качества жизни посредством улучшения качества воздуха в городах и загрязненных районах.** Это благо должно учитываться в анализе затрат-выгод при осуществлении инвестиций в энергетический переход.
    - **Изучение дополнительных вариантов политики в целях использования концентрированных источников энергии и атмосферного CO_2 в рамках**

экономики замкнутого цикла в качестве сырья для производства нефтехимических и неорганических материалов, поскольку для достижения целевого показателя 2 °C потребуется удалить из атмосферы большое количество CO_2.

Уроки, извлеченные в ходе реализации проекта, и дальнейшие перспективы

Этот проект является уникальной возможностью для понимания исходного состояния устойчивой энергетики в регионе. Он может послужить механизмом для крайне востребованного, информированного сотрудничества по вопросам устойчивой энергетики внутри региона ЕЭК ООН и за его пределами.

Обеспечение перехода к устойчивой энергетике – это сложная задача. Каждая страна пойдет по своему пути, обусловленному ее экономическими условиями и обеспеченностью природными ресурсами. Тем не менее всем странам, вне зависимости от выбранного ими подхода, потребуется подобная платформа для проведения общего, содержательного диалога на региональном и субрегиональном уровнях.

Вопросы региональной торговли и энергетической взаимозависимости не имеют однозначных решений, и тем важнее налаживать партнерские отношения, вступать в комплексный диалог и поддерживать более тесное сотрудничество как на субрегиональном, так и на региональном уровне. Мы должны учитывать историю преобразований энергетического сектора и использовать полученный опыт для максимального сокращения риска социальных потрясений.

1. ВВЕДЕНИЕ

Недорогая, надежная и устойчивая энергетика является ключевым элементом устойчивого развития. Она играет важнейшую роль в переходе к современному обществу. Энергия по-прежнему имеет жизненно важное значение в вопросах социального и экономического благополучия, искоренения нищеты, обеспечения здорового образа жизни и повышения качества жизни. Для создания энергетической системы будущего необходимо рационально использовать природные ресурсы, разрабатывать новаторские модели производства и потребления, а также добиваться устойчивой индустриализации, способствующей дальнейшему развитию жизнеспособной энергетической инфраструктуры, а также надлежащему согласованному планированию общесистемного развития.

Большое значение для определения международных энергетических и климатических целей на будущее имел 2015 год. В Повестке дня на период до 2030 года были сформулированы основные принципы и согласованы цели в области устойчивого развития (ЦУР). В рамках ЦУР 7 были поставлены задачи по «обеспечению чистой и недорогостоящей энергии для всех», однако эта цель не является единственной ЦУР, связанной с энергетикой. Проект Парижского соглашения об изменении климата послужил платформой для определения дальнейшей национальной энергетической политики стран в рамках глобальной повестки дня по смягчению последствий изменения климата.

В этом контексте страны региона ЕЭК ООН задаются вопросом об определении устойчивой энергетики, чтобы двигаться в правильном направлении. Однако пока не существует ни единого определения устойчивой энергетики, ни общего способа постановки задач для ее достижения. У стран нет общего понимания того, что такое устойчивая энергетика и какими могут быть пути перехода к ней. В настоящее время в национальных энергетических стратегиях, как правило, отражен ряд различных национальных приоритетов, в том числе таких, как экономический рост, экологические и климатические проблемы, доступ к энергоресурсам, энергетическая безопасность и эффективность использования ресурсов.

Таким образом, состоящий из крайне неоднородных стран регион ЕЭК ООН является прекрасным полигоном для выработки понимания того, что такое устойчивая энергетика и каким образом можно сформировать устойчивую энергетику для всех. Этот многообразный регион включает страны с высоким и низким уровнями доходов, страны, богатые энергоресурсами и обделенные ими, а также страны, находящиеся в процессе перехода к новой экономике. В регионе 80% первичного топлива составляют ископаемые виды топлива, что превращает регион ЕЭК ООН в один из крупнейших производителей выбросов парниковых газов: на него приходится примерно половина общемирового объема выбросов. Регион производит 40% мировой энергии, а потребляет 45%. Здесь размещаются важные предприятия энергетической отрасли, на него приходится почти 50% мирового объема производства, он занимает доминирующее место в мировой финансовой инфраструктуре.

Таким образом, этот регион предоставляет идеальную возможность для изучения последствий реализации различных стратегий устойчивой энергетики. Настоящий проект способствует осуществлению этого процесса посредством сочетания моделирования путей перехода к устойчивой энергетике и диалога по вопросам политики, а также разработки механизма для отслеживания выполнения обязательств в области климата и устойчивого развития.

В связи с этим Комитет по устойчивой энергетике ЕЭК ООН (Комитет) начал реализацию так называемого проекта «Пути перехода», поставив перед собой задачу оказать странам ЕЭК ООН поддержку в разработке и осуществлении национальной политики в области устойчивой энергетики. Энергетическая система региона сложно организована и может столкнуться с многими стратегическими и экзогенными проблемами, не в последнюю очередь – с быстрым развитием технологических решений.

У каждой страны есть своя отправная точка в зависимости от имеющихся ресурсов, инфраструктуры, нормативно-правовой базы, культурного и природного наследия. Следовательно, каждая страна обладает уникальным набором вариантов дальнейших действий. Странам чрезвычайно важно изучить имеющиеся у них возможности, а затем самостоятельно и сообща определить пути

возможного достижения целей в области энергетики в интересах устойчивого развития. Концепция настоящего проекта исходит из того, что ни одна страна не может разрабатывать политику в области устойчивой энергетики отдельно от других стран. Необходимо приводить эту политику в соответствие с физическими потоками энергии, международными соглашениями и трансграничными системами передачи энергии. Следует выработать единый формат отслеживания достижения политических целей, которым могли бы пользоваться все страны ЕЭК ООН и который должен способствовать осуществлению Повестки дня на период до 2030 года.

2. КОНЦЕПЦИЯ ПРОЕКТА «ПУТИ ПЕРЕХОДА»

Структура проекта

Проект был разделен на три частично пересекающиеся этапа:

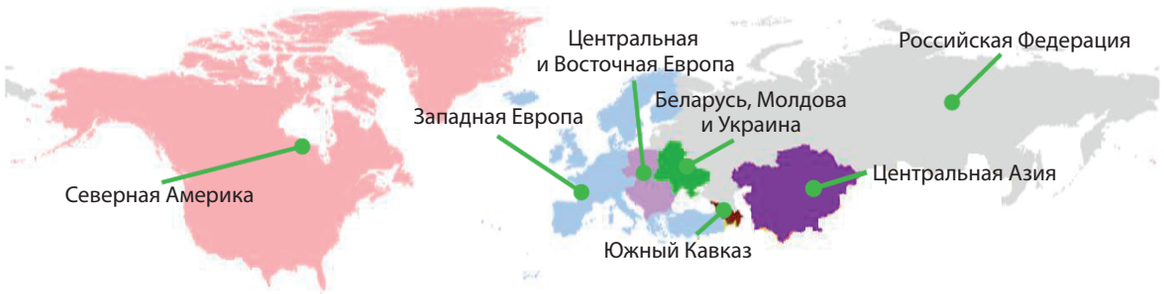
Этап I «Определение перспектив». Проведение ряда обсуждений с участием экспертов и заинтересованных сторон и определение 13 важнейших факторов, формирующих будущее энергетики (см. приложение 6.1). Выработанные в результате 13 предложений были сгруппированы по трем категориям: i) политическая и экономическая ситуация в мире; ii) технологии; и iii) энергетическая политика и развитие рынков. Среди факторов, имеющих решающее значение, эксперты выделили «уровень сотрудничества по вопросам достижения целей в области устойчивого развития» и «новейшие технологии и бизнес-модели» в качестве двух важнейших некоррелированных факторов, определяющих сценарии проекта.

Этап II «Моделирование». Разработка надежной интегрированной аналитической энергетической и климатической платформы при помощи комплексного моделирования с участием трех ведущих учреждений. В рамках платформы создана «технологическая карта» в целях информирования стран о состоянии ряда энергетических технологий и прогнозирования объема вероятных затрат. Кроме того, платформа служит площадкой для диалога по вопросам использования показателей устойчивой энергетики при моделировании «системы раннего оповещения» для целей отслеживания. Такая система раннего оповещения будет использоваться для мониторинга соответствия процесса достижения целей в области устойчивой энергетики поставленному плану и внесения необходимых корректировок для возвращения на заданный путь (см. приложение 6.2).

Этап III «Информированный диалог». Проведение ряда консультаций с участием заинтересованных сторон на региональном и субрегиональном уровнях по вопросам оценки результатов моделирования и подготовки политических рекомендаций. По итогам консультаций были выработаны рекомендации для всего региона ЕЭК ООН и для семи субрегионов[1]: i) Беларуси, Молдовы и Украины; ii) Центральной Азии; iii) Центральной и Восточной Европы; iv) Северной Америки; v) Российской Федерации; vi) Южного Кавказа; vii) Западной Европы.

[1] В настоящем докладе преимущественно представлены результаты на региональном уровне, а также некоторые ключевые показатели на уровне субрегионов. Вместе с настоящим докладом будет выпущена серия брошюр, посвященных субрегионам; эти брошюры будут размещены в электронном формате на веб-сайте проекта https://www.unece.org/energy/pathwaystose.html.

РИС. 1
Субрегионы, охваченные проектом «Пути перехода к устойчивой энергетике»[2]



Структура руководства

Комитет – межправительственной орган Системы развития Организации Объединенных Наций – и его шесть вспомогательных органов[3] обеспечивали руководство и организацию работы сети экспертов в процессе консультаций. Поддержку в осуществлении проекта оказывал независимый Консультативный совет, состоявший из международных экспертов высокого уровня (см. Выражение признательности).

2.1 Определение устойчивой энергетики

Три компонента энергетики для устойчивого развития

Существует немало различных интерпретаций понятия «устойчивая энергетика», и в настоящем проекте используется определение, признающее ключевую роль энергетики в экономическом и социальном развитии, а также ее воздействие на окружающую среду. Для целей настоящего проекта понятие «устойчивая энергетика» определяется на основе трех компонентов, охватывающих наиболее близкие к энергетике ЦУР: i) энергетическая безопасность, ii) энергетика для качества жизни, и iii) энергетика и окружающая среда (см. рис. 2). Соответствующие ЦУР согласуются с этими тремя компонентами (как показано в приложении 6.3). На рисунке показана взаимосвязь между различными аспектами устойчивой энергетики и баланс плюсов и минусов, с которым страны столкнуться, двигаясь в одном направлении.

[2] Для целей настоящего исследования Израиль как член ЕЭК ООН был включен в субрегион Западной Европы. Полный список всех стран, включенных в каждый регион, см. по адресу https://www.iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/Energy/MESSAGE-model-regions.en.html.

[3] i) Группа экспертов по возобновляемой энергетике (ГЭВЭ), ii) Группа экспертов по энергоэффективности (ГЭЭЭ), iii) Группа экспертов по газу (ГЭГ), iv) Группа экспертов по шахтному метану (ГЭШМ), v) Группа экспертов по экологически более чистым электроэнергетическим системам (ЭЧЭС), и vi) Группа экспертов по управлению ресурсами (ГЭУР).

РИС. 2
Энергетика для устойчивого развития

Энергетическая безопасность: «обеспечение энергии, необходимой для экономического развития»

Компонент энергетической безопасности связан с экономическими аспектами энергетической безопасности с национальной точки зрения. Он включает вопросы доступности энергетических поставок, в том числе импорт, экспорт и транзит. Здесь также имеют место существенные социальные, экономические, экологические и технологические факторы. Ряд стран определяют энергетическую безопасность как энергетическую независимость, тогда как другие рассматривают энергетическую безопасность в региональном контексте, уделяя первоочередное внимание взаимосвязям и торговле. Согласно новым взглядам на энергетическую безопасность, следует принимать меры для того, чтобы энергетика могла внести оптимальный вклад в социальное, экономическое и экологическое развитие страны. Для этого странам необходимо более творчески подходить к разработке своей политики, быть готовыми к изменениям и иметь возможность адаптировать свои меры реагирования и повышать устойчивость в рамках своей политики, с тем чтобы справляться с неизбежными сюрпризами. Ограничения и возможности, с которыми сталкиваются страны, все время изменяются. Новые возможности развития энергетики, например технологии получения энергии из возобновляемых источников и взаимосвязанные сети, привлекают все большее внимание. Кроме того, растет число разнообразных угроз энергетической безопасности – от политических мер борьбы с изменением климата до геополитических факторов и терроризма.

Энергетика для качества жизни: «предоставление экономически доступной энергии, которая в любое время имелась бы в наличии для всех»

Компонент «Энергетика для качества жизни» имеет целью улучшение условий жизни путем обеспечения всеобщего доступа к чистой, надежной и недорогой энергии. Эта цель предусматривает обеспечение не только физического доступа к сетям электроснабжения, но и качественного и недорогого доступа к более широкому спектру энергетических услуг. Важное значение имеют меры по установлению цен на энергетические услуги, в том числе на услуги электроснабжения, теплоснабжения, охлаждения и транспорта. Что касается биоэнергии и связанных с ней нексусных аспектов, таких как конкуренция за ресурсы для производства продовольствия, то своеобразным индикатором устойчивости энергетики, а также продовольственных систем могут стать цены на продовольствие. Проблема заключается в том, что, помимо экономической доступности, преимущества чистой энергетики в плане повышения качества жизни не отражены в используемых в настоящее время подходах к математическому моделированию и оптимизации. Кроме того, трудно сбалансировать преимущества чистой энергетики – будь то социальные или экономические – с выбранными вариантами развития энергетики.

Энергетика и окружающая среда: «сведение к минимуму влияния энергетической системы на климат, экосистемы и здоровье человека»

Третий компонент – «Энергетика и окружающая среда» – отражает компромиссы между удовлетворением растущего спроса на энергоснабжение, обеспечением здоровой окружающей среды и чистого воздуха и защитой человечества от изменения климата. Выбросы из энергетического сектора составляют 60% от общего объема выбросов парниковых газов, таким образом, в этом секторе необходимо принять меры по уменьшению углеродного следа во всей цепочке энергоснабжения и по поддержке усилий в области смягчения последствий изменения климата. Помимо мер, касающихся изменения климата и борьбы с загрязнением воздуха, компонент «Энергетика и окружающая среда» включает и нексусные темы, такие как соперничество за использование воды в энергетическом секторе, выбросы от транспортных средств и загрязнение воздуха, вызываемое производством и потреблением энергии. Согласно всем сценариям, используемым в настоящем проекте, главной экологической проблемой являются выбросы CO_2.

2.2 Показатели устойчивой энергетики, которые могут быть включены в комплексные модели оценки климата и энергетических ресурсов

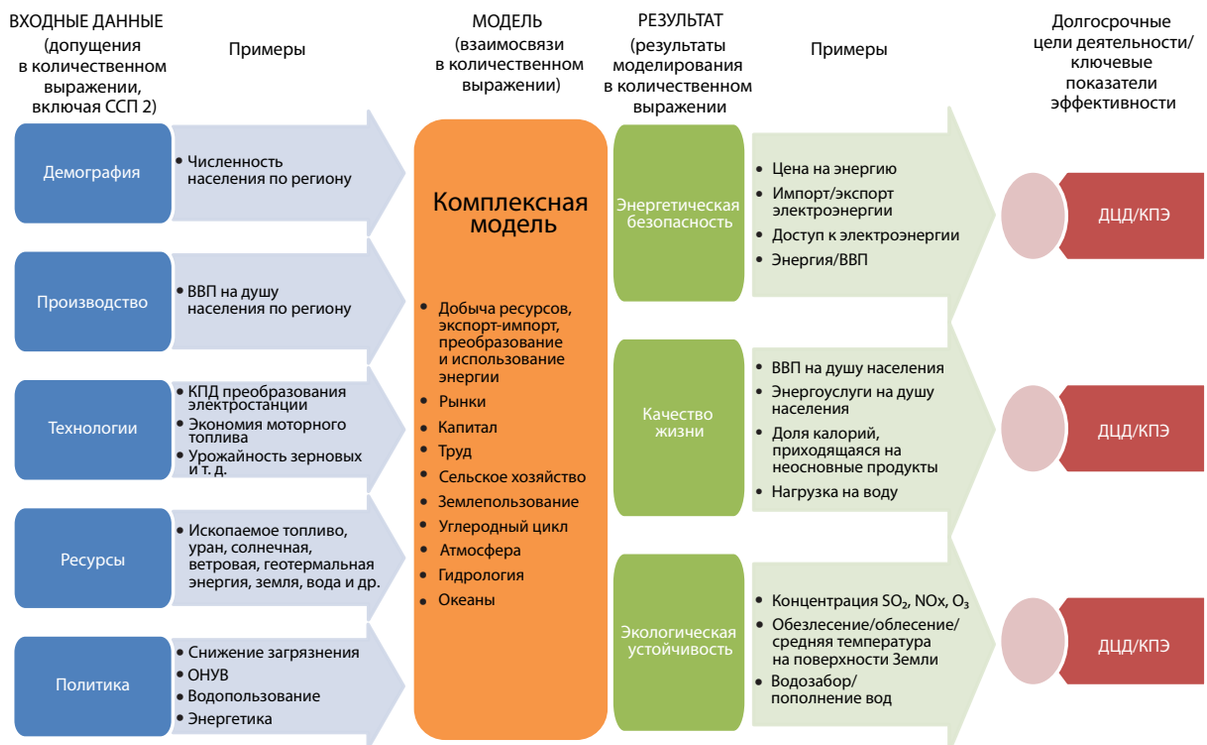
GCAM и **MESSAGE** – две комплексные модели оценки, опирающиеся на различные методики

Важным этапом деятельности ЕЭК ООН в рамках проекта является достижение договоренности о показателях для наглядного представления воздействия различных сценариев в сфере климата, технологий и политики. Для этого потребовалось определить подходящие параметры, которые могли быть включены в модели и были разработаны при участии заинтересованных сторон, а также трех учреждений, занимающихся моделированием, а именно Международного института прикладного системного анализа (МИПСА), Тихоокеанской северо-западной национальной лаборатории (ТСЗНЛ) и Института Фраунгофера.

Уникальное сочетание двух комплексных моделей оценки[4] – Модели оценки глобальных изменений (GCAM) и Модели альтернативных стратегий предложения энергии и их общего воздействия на окружающую среду (MESSAGE) – формирует уникальную методику и повышает достоверность результатов.

Благодаря этому комплексному методу удалось разработать состоящую из трех компонентов концепцию устойчивой энергетики (см. раздел 2.1). Для апробации этой концепции на компьютерной модели были необходимы количественные входные параметры и допущения, основанные на ряде социально-экономических, технологических и климатических показателей (см. приложение 6.4)[5].

РИС. 3
Подход к моделированию



[4] Модель оценки глобальных изменений (GCAM) – это равновесная модель, которая приводит рынки в равновесие путем многократных корректировок цен и циклов обратной связи. Модель альтернативных стратегий предложения энергии и их общего воздействия на окружающую среду (MESSAGE) – это оптимизационная модель, исходящая из того, что предложение должно удовлетворять заранее определенный спрос при минимальных системных издержках.

[5] Глоссарий: ССП 2 – Совместный социально-экономический путь 2; КПЭ – ключевые показатели эффективности; ДЦД – долгосрочные цели деятельности. Подробнее см. Глоссарий, который можно скачать на веб-сайте https://www.unece.org/energywelcome/areas-ofwork/pathways-to-sustainable-energy/resources.html.

2.3 Сценарии политики для моделирования

Результаты этого проекта получены по итогам изучения трех различных сценариев:

Базовый сценарий на основе Совместного социально-экономического пути 2 (ССП 2).

Отправной точкой для базового сценария является Совместный социально-экономический путь 2 (ССП 2) – «промежуточный» или «инерционный» путь. Используемые в его рамках допущения в отношении социально-экономических, рыночных и технологических факторов носят умеренный характер. ССП[6] учитывают лишь те меры по смягчению последствий изменения климата и показатели, которые уже существовали в 2010 году. ССП 2 представляет собой удобный «базовый вариант» для изучения множественных (альтернативных) путей и также является основой для деятельности Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК).

Сценарий на основе ОНУВ, исходящий из обязательств стран по ОНУВ странового уровня.

Сценарий на основе ОНУВ предполагает осуществление к 2030 году определяемых на национальном уровне вкладов (ОНУВ) в рамках Парижского соглашения и фактически бессрочное следование им в дальнейшем.

Сценарий П2Ц предполагает достижение к 2100 году целевого показателя 2 °C, установленного Парижским соглашением.

Сценарий П2Ц – это технико-экономический сценарий, согласно которому региональные сокращения CO_2, согласующиеся с ОНУВ, продолжатся и после 2030 года, что позволит не допустить повышения мировых температур более чем на 2 °C к 2100 году.

В рамках всех этих сценариев чувствительность модели к выбору технологии определяется представлением о стоимости этих технологий и сроках осуществления. Было решено изучить различия в допущениях о стоимости технологий возобновляемой энергетики (с использованием энергии ветра на суше и на море, фотоэлектрической солнечной энергии, концентрированной солнечной энергии, геотермальной энергии), УХУ и атомной энергии. В модели заложены инвестиционные и операционные расходы, в том числе расходы на исследования и разработки, государственные инвестиции и расходы на изучение технологий, а также расходы на экономические методы стимулирования ускоренного внедрения технологий.

В рамках каждого сценария изучалась чувствительность модели к технологии, чтобы определить, какое влияние альтернативные технологии могут оказать на политику.

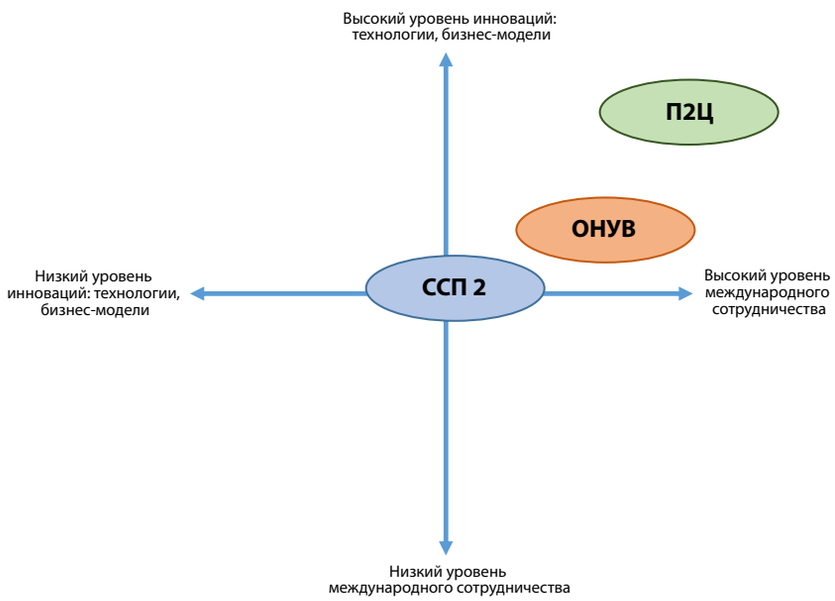
---

[6] Дополнительные сведения и более подробное описание ССП см. в разделе «Глоссарий» в Riahi K. et al (2017): The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. In: Global Environmental Change 42 (2017) 153–168.

Три сценария и колебания стоимости технологий были сгруппированы на двух осях для соответствующего сценария[7] (см. рис. 4). Инновации толковались как все виды инноваций, включая технологические и бизнес-модели. Основное внимание в рамках международного сотрудничества уделяется стремлению стран региона сотрудничать ради достижения общих целей, таких как Повестка дня на период до 2030 года и Парижское соглашение по климату.

Активное международное сотрудничество и активное внедрение инноваций являются необходимыми условиями для создания устойчивой энергетики в регионе.

РИС. 4
От нарративов к путям в рамках политики



3. РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЦЕНАРИЕВ ПЕРЕХОДА К УСТОЙЧИВОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ В РЕГИОНЕ ЕЭК ООН

В следующих разделах доклада нынешний баланс первичной энергии, конечного энергопотребления и источников энергии, используемых для производства электроэнергии в регионе ЕЭК ООН, сопоставляются с возможным будущим энергетическим балансом, исходя из трех сценариев – базового, основанного на ОНУВ и П2Ц (подробнее см. разделы 3.1–3.5). Этот анализ показывает, какие варианты технологий можно выбрать для достижения целевого показателя 2 °C в регионе.

[7] Эти две оси были определены на рабочих совещаниях заинтересованных сторон в 2016 году и показывают наиболее важные и неопределенные переменные, влияющие на будущее устойчивой энергетики (см. приложение 6.1).

3.1 Устойчивая энергетика в регионе ЕЭК ООН в настоящее время

В настоящее время в регионе ЕЭК ООН **доля ископаемых видов топлива в энергобалансе составляет около 80%**. В целях содействия достижению глобального целевого показателя 2 °C **абсолютно необходимо** снизить объемы выбросов углерода.

Прежде чем рассматривать результаты моделирования, целесообразно кратко описать нынешнюю ситуацию в регионе ЕЭК ООН. В настоящее время доля ископаемых видов топлива в энергобалансе региона ЕЭК ООН составляет примерно 80%. От ископаемых видов топлива в значительной мере зависит качество жизни во всем регионе, однако такая сильная зависимость как раз и показывает, что ключом к тому, чтобы регион ЕЭК ООН сыграл свою роль в достижении целевого показателя 2 °C, является ускоренная декарбонизация всей энергетики вкупе с техническим прогрессом.

Это – очень серьезная задача. В 2015 году на 56 стран региона приходилось 39% мирового потребления первичной энергии, при этом они производили 41% мирового ВВП. Регион произвел 40% мировых первичных энергоресурсов, на его долю пришлось 39% мировых выбросов CO_2 от сжигания ископаемых видов топлива. В среднем по региону доля ископаемых видов топлива в общем предложении первичной энергии составляет 80% (что сопоставимо со среднемировым показателем – 81%). Что же касается субрегионов, то ниже всего эта доля в Западной Европе – 71%, а выше всего в Центральной Азии – 94%.

В регионе ЕЭК ООН от ископаемых энергоносителей зависят национальный доход многих стран и источники дохода большого числа жителей. Необходимо еще раз подумать о способах адаптации нынешней инфраструктуры энергетики с использованием ископаемого топлива к новым бизнес-моделям и инновациям, чтобы обеспечить каждому желаемый уровень жизни, создать новые рабочие места, чтобы никто не был забыт.

Мир идет к тому, что среднемировая температура по сравнению с доиндустриальной эпохой повысится на 4–6 °C – это угроза поистине катастрофического масштаба, затрагивающая само существование человечества. По данным климатологии, в некоторых районах Северного полушария этот прирост температуры окажется вдвое выше. Настоятельно необходимо – а для региона ЕЭК ООН в еще большей степени – найти устойчивый баланс между конкурирующими интересами.

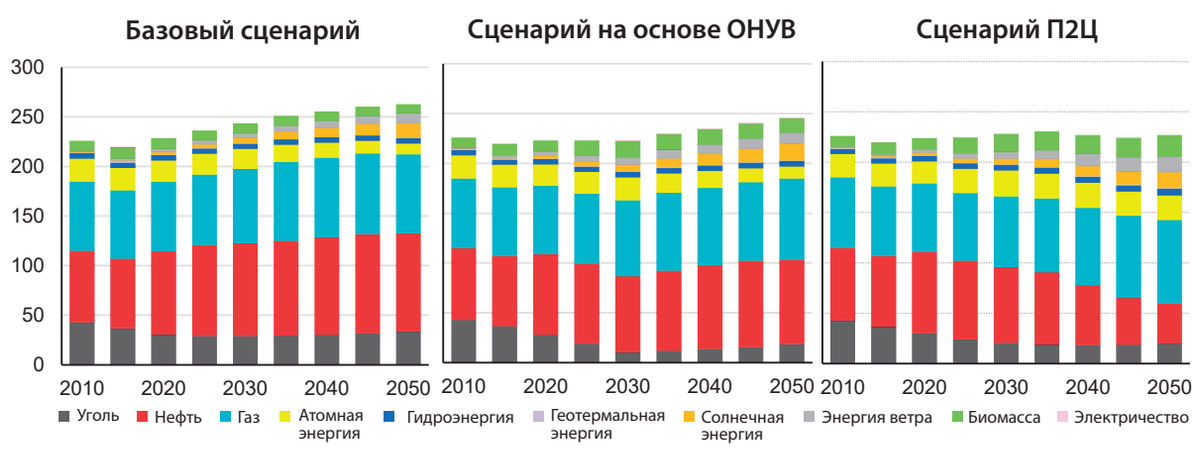
3.2 Спрос на энергию: прогнозы по региону ЕЭК ООН на период до 2050 года

Не существует рационального в экономическом плане сценария, который предусматривал бы существенное сокращение использования ископаемых энергоресурсов. В целях недопущения повышения температуры более чем на 2 °C к концу этого века необходимо в рамках любого сценария снижения масштабов изменения климата **обеспечить улавливание углеродных выбросов** и предупредить их попадание в атмосферу.

Для определения совокупного спроса на энергию в комплексных энергетических и климатических моделях применяются определенные допущения относительно темпов экономического роста и данные о тенденциях энергопотребления. В целях удовлетворения этого спроса модели предусматривают выбор наименее затратной структуры энергопотребления с учетом времени, необходимого для ввода в эксплуатацию любых новых мощностей при соблюдении любых ограничений на выбросы парниковых газов, предусмотренных сценарием политики.

Согласно рациональному в экономическом плане сценарию, обеспечивающему достижение целевого показателя 2 °C вкупе с выполнением других требований Повестки дня на период до 2030 года, к 2050 году ископаемое топливо (уголь, нефть и газ) будет все еще составлять 56% в энергобалансе региона (см. рис. 5). Это связано с тем, что альтернативные энергетические технологии либо более дорогостоящие, либо не могут быть внедрены в предусматриваемых моделью временны́х рамках. Например, хотя электроэнергию можно вырабатывать из возобновляемых источников, использование такой электроэнергии на транспорте будет проблематичным до тех пор, пока не удастся удешевить аккумуляторы и адаптировать инфраструктуру так, чтобы способствовать более широкому распространению электромобилей.

РИС. 5
Спрос на первичные энергоресурсы в регионе ЕЭК ООН по сценариям политики



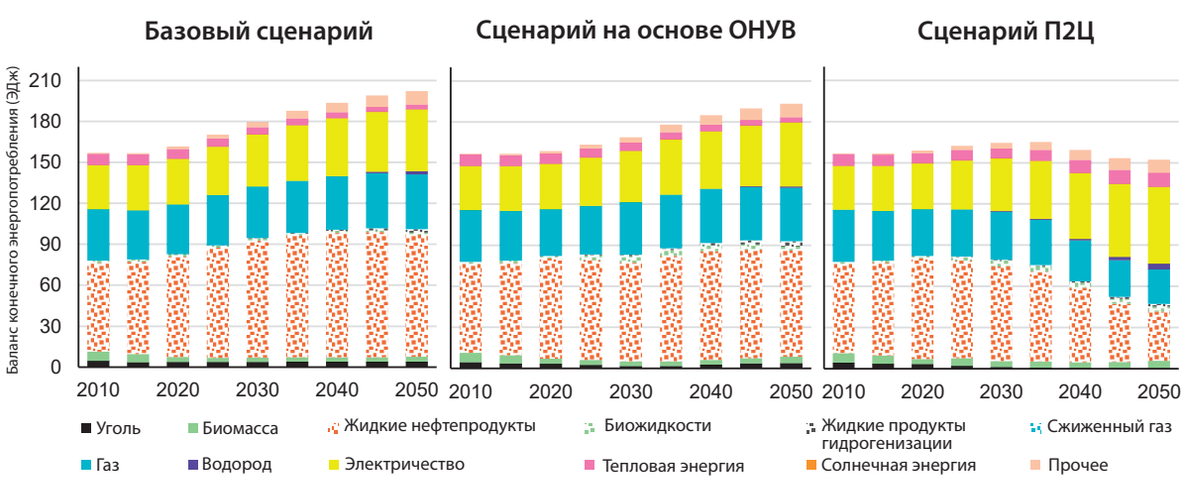
Чрезмерная зависимость региона от ископаемого топлива **делает декарбонизацию неотложной задачей**. **Технический прогресс** – основное условие **ускорения энергетического перехода и формирования устойчивой энергетики**.

Аналогично балансу первичной энергии, ископаемое топливо также играет основную роль в балансе конечного энергопотребления региона (см. рис. 6). Согласно базовому сценарию, после 2020 года совокупный конечный спрос на энергию будет расти на 0,7% в год, отражая изменение демографической ситуации. Первое место в структуре спроса занимают жидкие нефтепродукты, за которыми следуют природный газ и электроэнергия. Вплоть до 2050 года ожидается рост спроса на жидкие нефтепродукты под влиянием транспортной отрасли и для потребления, не связанного с выработкой электроэнергии.

В рамках сценария на основе ОНУВ существенного снижения конечного спроса на энергию не предполагается. К 2050 году ожидается небольшое сокращение спроса – примерно на 6%. Оно произойдет вследствие роста энергоэффективности, перехода на альтернативные виды топлива и адаптации инфраструктуры. В период с 2020 по 2050 год вырастет конечный спрос на топливо всех видов (хотя и в меньшей степени, нежели по базовому сценарию), за исключением топлива, идущего на централизованное теплоснабжение, и природного газа. Ожидается, что различные виды жидкого топлива и электроэнергия заместят газ в балансе конечного энергопотребления.

Согласно сценарию П2Ц, после незначительного первоначального роста конечный спрос на энергию будет неуклонно снижаться, что станет отражением преобразований в энергосистемах, обусловленных смягчением последствий изменения климата. Ожидается, что, в отличие от базового сценария, конечный спрос на энергию снизится примерно на 25%, в основном за счет роста энергоэффективности и снижения углеродоемкости, технического прогресса, структурных изменений и изменения образа жизни. При этом в этот период снизится потребление жидких нефтепродуктов и природного газа, тогда как производство атомной энергии в силу его незначительного углеродного следа будет находиться на стабильно высоком уровне.

РИС. 6
Конечный спрос на энергию в регионе ЕЭК ООН по сценариям политики



3.3 Спрос на энергию: прогнозы по субрегионам ЕЭК ООН на период до 2050 года

Регион ЕЭК ООН отличается сложностью структуры и большим разнообразием входящих в него стран. В его состав входят как некоторые богатейшие страны мира, так и страны сравнительно низкого уровня развития (см. рис. 1). Проведение анализа только на общерегиональном уровне не позволяет изучить различные варианты перехода к устойчивой энергетике с достаточной детализацией по странам. Соответственно, в настоящем разделе рассматривается спрос на энергию на субрегиональном уровне в соответствии с различными сценариями (см. рис. 7).

Структурные изменения в балансе конечного энергопотребления произойдут только после 2030 года, даже если будет проводиться более масштабная политика по смягчению последствий изменения климата.

В целом как по базовому сценарию, так и по сценарию П2Ц к 2030 году больших изменений в балансе конечного энергопотребления не ожидается. Предполагается, что даже при наиболее успешном сценарии смягчения последствий изменения климата, позволяющем достичь целевого показателя 2 °C, структурные изменения энергетической системы в субрегионах произойдут только после 2030 года. Ожидается, что в одних регионах эти структурные изменения будут более радикальными, чем в других.

Перевод автотранспорта на электроэнергию первыми завершат страны Северной Америки и Западной Европы, и это позволит им полностью отказаться от жидкого топлива.

Ожидается, что природный газ сохранит свой удельный вес в балансе конечного энергопотребления в субрегионах вплоть до 2050 года, тогда как роль жидких видов топлива снизится. В основном это будет связано с изменениями в транспортной отрасли и ускоренным распространением электромобилей (ЭМ), из-за чего жидкое топливо будет постепенно вытесняться электроэнергией[8]. Ожидается, что сначала эта тенденция проявится в Западной Европе (ЗЕВ) и Северной Америке (САМ), что объясняется уровнем экономического развития этих субрегионов.

Для достижения целевого показателя 2 °C, странам Южного Кавказа необходимо прежде всего **электрифицировать системы бытового отопления**.

Ожидается, что в средне- и долгосрочной перспективе объемы экспорта газа с Кавказа (ЮКА) будут расти, тогда как внутреннее его потребление снизится. Согласно базовому сценарию, на смену газу придет жидкое топливо, а согласно сценарию П2Ц – электроэнергия. Основную роль в этом процессе будет играть жилищный сектор, где, как ожидается, электричество будет использоваться для бытового отопления.

Природный газ сохранит свою роль в Российской Федерации, Центральной Азии, Беларуси, Молдове и Украине **как топливо для систем централизованного теплоснабжения**.

Если зависимость ЮКА от природного газа будет снижаться, то в Российской Федерации (РУС), Центральной Азии (ЦАЗ) и в Беларуси, Молдове и Украине (БМУ) в средне- и долгосрочной перспективе природный газ по всем сценариям будет по-прежнему играть важную роль в балансе конечного энергопотребления, что связано прежде всего с потребностями централизованного теплоснабжения. Согласно сценарию П2Ц, с 2040 года системы центрального отопления будут постепенно переводиться с газа на электричество.

[8] Подробнее о производстве электроэнергии в регионе ЕЭК ООН и его субрегионах см. разделы 3.4 и 3.5.

В среднесрочной перспективе уголь сохранит свои позиции, однако по сценарию П2Ц он будет заменяться видами топлива с более низкими или нулевыми выбросами парниковых газов, если не удастся поставить на коммерческую основу технологии использования угля с УХУ.

Хотя роль угля в балансе конечного энергопотребления незначительна, в среднесрочной перспективе он сохранит свои позиции. По сценарию П2Ц, если не удастся внедрить технологии использования угля с УХУ, то в долгосрочной перспективе уголь заменят источники энергии с более низкими выбросами CO_2, такие как природный газ и электричество. Ожидается, что эта тенденция проявится в Беларуси, Украине и Центральной и Восточной Европе (ЦВЕ), где ведущую роль будет играть Польша, а также в Центральной Азии (ЦАЗ), где такую роль сыграет Казахстан. Поскольку многие местные сообщества в этих странах крайне зависимы от угольной отрасли, ускоренное свертывание использования угля должно сопровождаться мерами политики, направленными на решение социально-экономических проблем и содействие структурным преобразованиям и *переходу на основе справедливости* (см. раздел 4.4).

Согласно сценарию П2Ц, роль водорода в декарбонизации баланса конечного энергопотребления **проявится с 2040 года**.

Наконец, в более долгосрочной перспективе под воздействием более активной политики в сфере смягчения последствий изменения климата будут разрабатываться инновационные технологии декарбонизации, например ориентированные на водород. Водород начнут применять в качестве энергоносителя во всех субрегионах с 2035 года благодаря существующей газовой инфраструктуре. Водород хорошо подходит для декарбонизации отраслей, в которых сокращение выбросов дается с наибольшими трудностями, например тяжелой промышленности и перевозок на дальние расстояния. Для этого потребуются инвестиции в новые бизнес-модели и пересмотр ныне действующих стандартов в отношении водорода, что позволит всем субрегионам начать использовать этот энергоноситель.

РИС. 7

Конечный спрос на энергию в субрегионах ЕЭК ООН по сценариям политики[9]

[9] БМУ – Беларусь, Молдова и Украина; ЦАЗ – Центральная Азия; ЦВЕ – Центральная и Восточная Европа; САМ – Северная Америка; РУС – Российская Федерация; ЮКА – Южный Кавказ; ЗЕВ – Западная Европа.

3.4 Предложение в секторе энергетики: прогнозы по региону ЕЭК ООН на период до 2050 года

В будущем производство электроэнергии будет происходить **на основе более децентрализованных и «умных» систем и потребует применения УХУ для сокращения выбросов CO_2.**

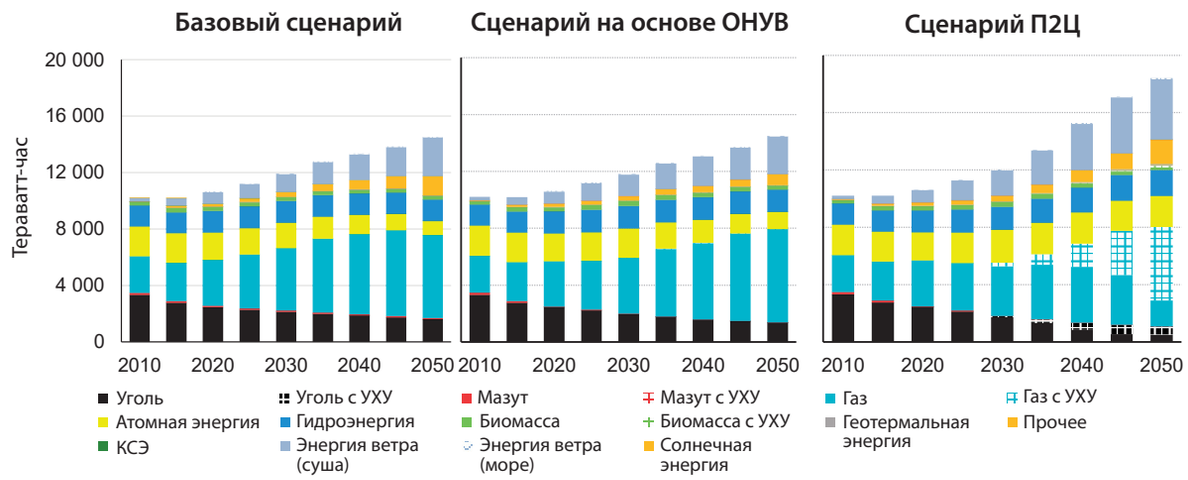
Поскольку доступность электроэнергии и использование экологически чистых видов топлива и технологий являются основными показателями для измерения хода достижения ЦУР 7, в рамках данного исследования предложения в секторе энергетики в регионе ЕЭК ООН основное внимание уделяется роли различных технологий в производстве электроэнергии.

В настоящее время основная доля электроэнергии в регионе ЕЭК ООН вырабатывается из ископаемого топлива (угля и природного газа), а последующие места занимают атомная энергетика и гидроэнергетика. Отличительной чертой традиционной системы энергоснабжения являются крупные предприятия, которые, работая только в одну сторону, обеспечивают конечных потребителей электроэнергией и теплом, произведенными в основном из ископаемого топлива.

Подобно балансу конечного энергопотребления, значительные изменения в структуре производства электроэнергии после 2030 года прогнозируются только в сценарии П2Ц. По сценарию на основе ОНУВ прогнозируется незначительное увеличение объемов производства электроэнергии, по сравнению с базовым сценарием, в основном из-за распространения электротранспорта.

Сценарий П2Ц предполагает более существенную диверсификацию и быстрое внедрение технологий с низкими объемами выбросов углерода. Вследствие прогнозируемой активной электрификации энергетической системы к 2050 году ожидается рост спроса на электроэнергию на 30%. Во-первых, после 2025 года начнется быстрый рост производства электроэнергии из возобновляемых источников, прежде всего за счет энергии ветра и солнца. Это произойдет при условии, что в те регионы, где инфраструктура возобновляемой энергетики развита пока слабо, например на Кавказ, в Центральную Азию, Восточную и Юго-Восточную Европу, будут направлены необходимые инвестиции (см. разделы 3.2 и 4.5). Во-вторых, после 2030 года начнется постепенная модернизация угольных и газовых электростанций путем внедрения технологий УХУ, причем вплоть до 2050 года их роль будет неуклонно возрастать. Ожидается, что традиционные угольные электростанции будут постепенно выводиться из эксплуатации, однако уголь сохранит определенную роль в производстве электроэнергии за счет угольных электростанций с УХУ. У газовой и угольной энергогенерации с УХУ имеются в регионе значительные перспективы, и ее ускоренное развитие может оперативно снизить объемы выбросов CO_2 от энергетических отраслей промышленности.

РИС. 8



Производство электроэнергии в регионе ЕЭК ООН по сценариям политики

Диапазон будущего портфеля генерирующих мощностей в регионе ЕЭК ООН в обязательном порядке отражает баланс энергогенерации по разным сценариям, представленным на рис. 9, и может претерпеть к 2050 году существенные структурные изменения в зависимости от того, каким образом баланс плюсов и минусов между энергетической безопасностью, охраной окружающей среды и финансированием повлияет на инвестиционные и политические решения.

Природный газ продолжит играть все более важную роль в балансе энергогенерации в регионе ЕЭК ООН.

Согласно базовому сценарию, ключевыми факторами, определяющими изменение структуры мощностей, являются спрос на электроэнергию, цены на топливном рынке, социально-политические факторы (за исключением мер по смягчению последствий изменения климата) и восприятие экономического риска. Для замены устаревших предприятий и удовлетворения растущего спроса наиболее предпочтительными являются электростанции, работающие на природном газе. Это связано прежде всего с конкурентоспособными ценами, гибкостью и более низкими инвестиционными затратами по сравнению с другими тепловыми технологиями производства электроэнергии. Соответственно, доля природного газа на рынке неуклонно растет, он удовлетворяет все виды спроса, от пиковых до базовых нагрузок. Хотя традиционным рынком для природного газа является удовлетворение спроса в период пиковых нагрузок, ввиду неуклонного роста доли непостоянных возобновляемых источников энергии (темпы роста ветровой и солнечной генерации уступают лишь газовой) газу отводится ключевая роль в поддержании баланса. Во многих регионах работающие на газе электростанции постепенно замещают выводимые из эксплуатации электростанции, работающие на угле и мазуте, а также атомные электростанции, обеспечивая покрытие базисной нагрузки.

Заметные структурные изменения. Ожидается, что на каждый гигаватт мощности электростанций, работающих на ископаемом топливе, будет приходиться 6 Гвт мощности вновь построенных низкоуглеродных электростанций, 75% которых будут использовать непостоянные возобновляемые источники энергии[10].

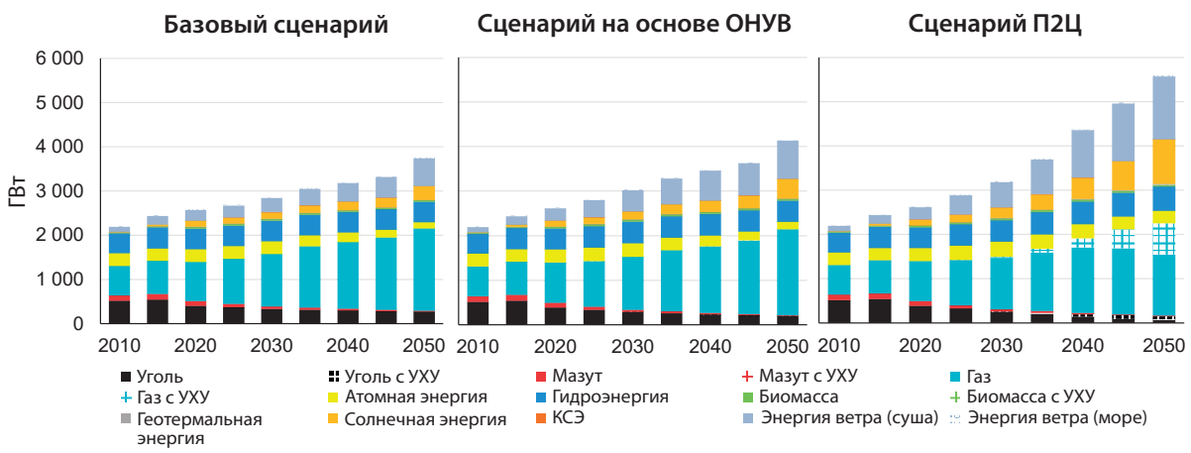
В сценарии на основе ОНУВ структура генерирующих мощностей лишь незначительно отличается от предусматриваемой базовым сценарием. Ожидается, что до 2030 года уголь и нефть будут постепенно сдавать свои позиции из-за вводимых в регионе ограничений на выбросы парниковых газов, и их будут замещать разнообразные генерирующие мощности с низким углеродным следом, в том числе использующие природный газ, атомную энергию, энергию воды, ветра и солнца. После 2030 года из-за дальнейшего сокращения выбросов в соответствии с ОНУВ продолжится замещение электростанций, работающих не только на угле и мазуте, но и на природном газе (2030–2040 годы), дополнительными мощностями, не использующими ископаемые энергоресурсы. Ожидается, что к 2050 году 25% общего объема производства электроэнергии будут обеспечивать непостоянные возобновляемые источники энергии, что приведет к «возрождению» газовой генерации после 2040 года: она будет обеспечивать выравнивание нагрузки. К 2050 году мощность угольных электростанций будет на 27% ниже, чем по базовому сценарию. Однако это не означает полного отказа от угля – в 2050 году все еще будут работать относительно новые угольные электростанции общей мощностью 200 Гвт. Кроме того, после 2040 года на рынок выйдет ограниченное количество угольных электростанций с технологией УХУ, а также электростанций с УХУ, работающих на газе и биомассе.

Эта тенденция еще очевиднее проявляется в сценарии П2Ц. Согласно сценарию П2Ц, совокупная потребность в установленной мощности составит 1 840 Гвт, что на 49% больше, нежели по базовому сценарию.

Согласно сценарию П2Ц, к 2050 году за счет возобновляемых источников будет вырабатываться 55% всей электроэнергии (3 050 Гвт). Это означает, что коэффициент замещения электростанций, работающих на ископаемом топливе, составит к 2050 году 18:1, причем причиной этого станут почти исключительно введенные политическими решениями глобальные бюджеты выбросов парниковых газов и соответствующие корректировки баланса конечного энергопотребления (повышение доли электроэнергии и, в меньшей степени, водорода – см. рис. 6 и 7). Хотя угольные электростанции по-прежнему будут играть определенную роль в производстве электроэнергии (152 Гвт к 2050 году), среди них будут преобладать станции с системами УХУ (86 Гвт). Ожидается, что системами УХУ будут оборудованы практически все новые газовые электростанции, введенные в строй после 2030 года. Ожидается, что существующая инфраструктура будет постепенно обновляться. Контролируемое диспетчерскими центрами покрытие базисных нагрузок электростанциями, работающими на угле и газе (все они будут оборудованы системами УХУ), дополнят атомные и гидроэлектростанции – мощности атомных электростанций удвоятся, по сравнению с базовым сценарием, т. е. будут несколько выше нынешних (286 Гвт).

[10] Данные по субрегионам см. в разделе 3.5. Ожидается, что интенсивность этих структурных изменений в разных субрегионах будет различаться. Лидером структурных изменений в энергетическом секторе станет Западная Европа, где проводится активная политика по развитию возобновляемой энергетики.

РИС. 9
Энергогенерирующие мощности в регионе ЕЭК ООН по сценариям политики



3.5 Предложение в секторе энергетики: прогнозы по субрегионам ЕЭК ООН на период до 2050 года

Природный газ и уголь будут и далее играть важную роль в производстве электроэнергии во всех субрегионах. **Структурные изменения начнутся только с 2030 года при проведении более жесткой политики по смягчению последствий изменений климата.**

Подобно тенденциям изменения спроса на энергию, инфраструктура энергогенерации в различных субрегионах также неодинакова. Согласно базовому сценарию, во всех субрегионах основную роль в производстве электроэнергии будет и далее играть ископаемое топливо (уголь и природный газ). Более жесткая политика по смягчению последствий изменения климата будет стимулировать диверсификацию в балансе энергогенерации (см. сценарий П2Ц). Однако если одни субрегионы будут быстрее внедрять безуглеродные технологии (ископаемое топливо с технологией УХУ, атомная энергия и возобновляемые источники энергии), то в других субрегионах, в том числе на Кавказе, в Центральной Азии и Восточной Европе, этот процесс будет идти с запозданием. В основном это обусловлено неравномерным распределением ресурсов и инвестиций внутри региона, что и далее будет серьезно осложнять энергетический переход.

Западная Европа станет лидером в производстве электроэнергии из возобновляемых источников.

Благодаря эффективным политическим стимулам ЗЕВ будет и далее занимать лидирующие позиции в производстве электроэнергии из возобновляемых источников. Согласно сценарию П2Ц, ЦАЗ и ЮКА будут двигаться в том же направлении, используя, главным образом, энергию солнца и ветра.

Уголь будет по-прежнему **играть важную роль в Центральной и Восточной Европе, Центральной Азии, а также в Беларуси, Молдове и Украине**.

В соответствии с проводимой ныне политикой в ЦВЕ, ЦАЗ и БМУ уголь будет по-прежнему играть основную роль в производстве электроэнергии вплоть до 2050 года. Это означает, что в социально-экономическом плане некоторые страны этих субрегионов, прежде всего Польша, Казахстан и Украина, в значительной мере продолжат опираться на угольную отрасль. По сценарию П2Ц в среднесрочной перспективе на смену углю в БМУ, ЦВЕ и ЦАЗ придут природный газ и технологии возобновляемой энергетики, а в долгосрочной перспективе – сочетание угля и газа с УХУ, атомной и возобновляемой энергетики.

На Южном Кавказе произойдет переход от исключительной ориентации на газ к внедрению всей совокупности безуглеродных технологий.

На Южном Кавказе основой баланса энергогенерации остается природный газ. Структурные изменения ожидаются только по сценарию П2Ц после 2040 года, когда будут внедрены газовая генерация с УХУ, атомная энергетика и вся совокупность технологий возобновляемой энергетики.

Газ и уголь будут по-прежнему играть **важную роль** в Северной Америке и Российской Федерации. **Технологии возобновляемой энергетики внедряются в Северной Америке быстрее, чем в Российской Федерации.**

Сходные тенденции, как ожидается, будут наблюдаться в Российской Федерации и Северной Америке. Даже по сценарию П2Ц основную роль в производстве электроэнергии в обоих субрегионах будут по-прежнему играть газ и отчасти уголь. Более радикальные перемены произойдут после 2035 года, когда постепенно начнут находить коммерческое применение технологии УХУ и будут модернизированы электростанции, работающие на угле и газе с УХУ. В Северной Америке идет диверсификация и все более активное внедрение технологий возобновляемой энергетики, тогда как Российская Федерация по-прежнему ориентируется на газ, теперь уже с УХУ, и лишь постепенно начинает изучать возможность внедрения некоторых вариантов технологий возобновляемой энергетики после 2040 года.

РИС. 10

Производство электроэнергии в субрегионах ЕЭК ООН по сценариям политики[11]

[11] БМУ – Беларусь, Молдова и Украина; ЦАЗ – Центральная Азия; ЦВЕ – Центральная и Восточная Европа; САМ – Северная Америка; РУС – Российская Федерация; ЮКА – Южный Кавказ; ЗЕВ – Западная Европа.

3.6 Прогнозы инвестиционных потребностей региона ЕЭК ООН на период до 2050 года

Промедление со структурными преобразованиями в энергетических отраслях **увеличит совокупные затраты на энергетический переход**.

В предыдущих разделах были проанализированы предложение и спрос в секторе энергетики в регионе как в среднесрочной, так и в долгосрочной перспективе, и рассмотрены различные варианты технологического развития, позволяющие странам достичь целевого показателя 2 °C.

Для сдерживания глобального потепления в пределах 2 °C следует уже сейчас ускорить темпы проведения необходимых структурных преобразований в энергетических отраслях региона, поскольку инвестиции в эту сферу приносят ощутимый результат лишь спустя значительный промежуток времени.

Настоящий раздел посвящен рассмотрению инвестиционных потребностей энергетических отраслей в регионе в период с 2020 по 2050 год. Методика предусматривает оценку предполагаемых затрат для осуществления капиталовложений в рамках каждого сценария вплоть до 2050 года и выбор наименее затратного варианта энергетического баланса. Во всех моделях основным фактором, определяющим выбор энергетического баланса, является уровень ограничений на выбросы парниковых газов, установленный на основании ОНУВ или – в сценарии П2Ц – на основании общего объема выбросов.

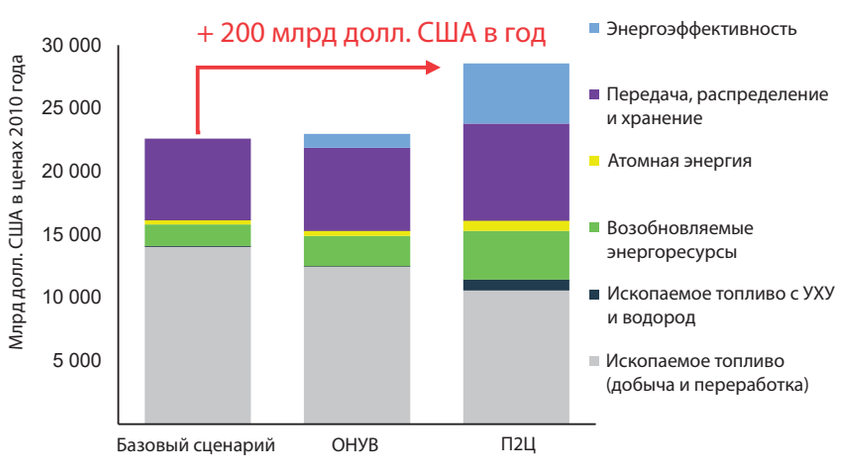
Инвестиционные затраты рассчитываются как чистая приведенная стоимость инвестиций. Это упрощает сопоставление сценариев. Подобное простое сопоставление полезно, однако имеет свои ограничения. За основу берутся «типичные» затраты, и это не позволяет уловить специфику отдельных стран. В разных странах могут применяться разные ставки учетного процента, необходимые для расчета чистой приведенной стоимости. Не являются очевидными и сроки осуществления вложений – инвестиции на долгосрочную перспективу имеют меньший вес при расчете итоговой чистой приведенной стоимости (ЧПС).

Такие факторы, как стоимость природных ресурсов и доступ к сырью, которые могут способствовать внедрению тех или иных технологий[12], не учитываются. Наконец, эти инвестиции также являются «безусловными», поскольку предполагается, что материалы, земля, природные, политические и инженерные ресурсы имеются в наличии на тот момент, когда в них появляется необходимость. На втором этапе осуществления проекта такие ограничения на доступ к ресурсам могут стать предметом более пристального изучения. Для сопоставления в абсолютных цифрах необходимо располагать очень подробными данными о сметах расходов, что выходит за рамки настоящего проекта.

В целом во всех сценариях модели оценивают инвестиционные расходы, большие по величине, но при этом составляющие лишь малую часть ВВП. В сопоставлении с тем воздействием, которое изменение климата может оказать на ВВП, эти расходы не представляются чересчур обременительными (см. вставку 1).

В настоящее время, по оценкам, мы готовы инвестировать в энергетику примерно 23,5 трлн долл. США в период до 2050 года. Объем дополнительных инвестиций, **необходимых для перехода к устойчивой энергетике** к 2050 году при достижении целевого показателя 2 °C, составит для всего региона **200 млрд долл. США в год**.

РИС. 11
Сравнение требований к инвестициям в регионе ЕЭК ООН по сценариям политики, 2020–2050 годы



Согласно базовому сценарию, в период с 2020 по 2050 год потребуются совокупные инвестиции в размере 23,5 трлн долл. США, из которых 50%, как предполагается, будут израсходованы на добычу ископаемых видов топлива. Ожидается, что среди инвестиций в выработку электроэнергии будут преобладать инвестиции в характеризующиеся самыми низкими выбросами углерода гидростанции и ветряные установки, за которыми следует атомная и солнечная энергия.

[12] Существуют возможности подробнее проанализировать стоимость природных ресурсов и доступность сырья, необходимых для внедрения и коммерческого использования новых технологий. ЕЭК ООН разработала Рамочную классификацию ресурсов Организации Объединенных Наций (РКООН), которая позволяет странам, компаниям, финансовым учреждениям и другим заинтересованным сторонам развивать устойчивую энергетику и оценивать обеспеченность природными ресурсами. В РКООН включены энергетические ресурсы, в том числе нефть и газ, возобновляемые источники энергии, ресурсы атомной энергетики, минеральное сырье, проекты по закачке CO_2 для хранения в геологические формации, а также такие ресурсы антропогенного происхождения, как продукты переработки отходов и мусора. Подробнее см. www.unece.org/energywelcome/areas-of-work/unfc-and-resource-management/about-unfc-and-sustainable-resource-management.html.

В сценарии ОНУВ в тот же период предполагаемые инвестиции несколько превышают (на 800 млрд долл. США) инвестиции, определенные согласно базовому сценарию, так как инвестиционный портфель в этом случае иной. Неуклонно реализуются меры по повышению энергоэффективности и снижению энергоемкости. Ожидается, что среди инвестиций в выработку электроэнергии будут преобладать инвестиции в ветровую и солнечную энергетику.

Согласно сценарию П2Ц, инвестиции, как ожидается, возрастут, по сравнению с базовым сценарием, на 24% до 29,2 трлн долл. США. При том, что, согласно прогнозам, на инвестиции в добычу ископаемых видов топлива будет приходиться 28% всех инвестиций, на инвестиции в энергоэффективность будет приходиться 25%. По сравнению с базовым сценарием на производство электроэнергии будет направлено почти вдвое больше капитальных инвестиций.

Разница между сценарием П2Ц и базовым сценарием составляет около 6 трлн долл. США, или 200 млрд долл. США в год, что, если распределить эту сумму на все страны – члены ЕЭК ООН и на весь временной период, представляется вполне умеренным в сравнении с тем, во что может обойтись изменение климата (см. вставку 1).

Вставка 1

Применяемая в этом проекте экономическая модель включает только оценки инвестиционных затрат в энергетических отраслях (см. рис. 10). Также существуют другие исследования, в которых рассматриваются более широкие экономические последствия изменения климата, например его воздействие на подъем уровня моря, здоровье людей, влияние жары на производительность труда, производительность сельского хозяйства, туризм и спрос на энергию (Moody's Analysis 2019). Если не принимать никаких мер сегодня, то к 2050 году мир из-за последствий изменения климата станет беднее. Более благополучные регионы имеют больше возможностей для минимизации экономических последствий изменения климата. Если, согласно прогнозам, среднее снижение реального ВВП в Северной Америке и Западной Европе составит соответственно 1,1% и 1,7%, то в Восточной Европе оно может достичь 3% (EIU 2019). Ожидается, что в регионе ЕЭК ООН в наибольшей степени пострадают более бедные страны Кавказа, Центральной Азии, а также Восточной и Юго-Восточной Европы. Снижение ВВП под воздействием изменения климата окажется гораздо более значительным, чем затраты на инвестиции в энергетические отрасли, которые были рассчитаны в рамках настоящего проекта. Необходимо проводить политику, которая обеспечивала бы комплексные экономические выгоды. Вот лишь один наглядный пример: по данным исследования ОЭСР, в 2015 году случаи преждевременной смерти в результате загрязнения воздуха обошлись странам ОЭСР и БРИИКС в 1,8 трлн долл. США. Это означает, что необходимые для достижения целевого показателя 2 °C дополнительные инвестиции пренебрежимо малы по сравнению с расходами на здравоохранение и социальное обеспечение, обусловленными загрязнением воздуха, и еще раз подчеркивает важность нексусного контекста этого проекта (источник: Roy, R. and N. Braathen, 2017).

Бремя издержек в связи с изменением климата будет для развивающихся стран более тяжким, нежели для развитых.

Издержки в связи с изменением климата будут для стран с переходным характером экономики (составляющих значительную часть членов ЕЭК ООН) более значительными. Если, согласно прогнозам, среднее снижение реального ВВП в Северной Америке и Западной Европе составит соответственно 1,1% и 1,7%, то в Восточной Европе оно прогнозируется на уровне 3% (EIU 2019).

Необходимо **во всех субрегионах осуществлять инвестиции в поддержку безуглеродных технологий** – использования углеводородных энергоресурсов с УХУ, атомной, водородной и возобновляемой энергетики.

Будущее энергетики в регионе представляется очень разным по различным сценариям, а победители и проигравшие будут во всех слоях общества. Наиболее тяжелый удар ощутят на себе отрасли, связанные с ископаемым топливом, но в то же время они крайне важны для благополучия экономики в переходный период, который продлится по меньшей мере до конца этого столетия. Соответственно, темпы энергетического перехода зависят от готовности коммунальных предприятий и сектора ископаемого топлива переходить на новые бизнес-модели и внедрять инновации.

При любом рациональном в экономическом плане сценарии в 2050 году половина энергии в регионе будет по-прежнему производиться за счет ископаемого топлива. Ископаемое топливо будет использоваться во всех субрегионах для производства электроэнергии, в системах теплоснабжения и в транспортной отрасли (см. рис. 8, 9 и 10). Соответственно, существует необходимость направлять инвестиции на развитие более широкого спектра безуглеродных технологий и во все субрегионы, создавая возможности для быстрого энергетического перехода к устойчивой энергетике.

Предсказуемость ситуации и ориентированная на будущее политика – это необходимые условия для привлечения инвестиций в инновации в энергетическом секторе. **Низкое качество управления и нестабильность снижают доверие со стороны инвесторов** в некоторых странах ЦАЗ, ЮКА, БМУ и ЦВЕ.

На Кавказе, в Центральной Азии, а также в Восточной и Юго-Восточной Европе возобновляемая энергетика только начинает свое развитие. Возможности возобновляемой энергетики пока остаются нереализованными. Существует необходимость привлекать институциональных инвесторов и создавать рамочные основы финансовых операций. В числе основных препятствий на пути развития возобновляемой энергетики в этих субрегионах постоянно упоминаются низкое качество управления, отсутствие долгосрочных целей вкупе с дефицитом технического потенциала на местах и данных о возможностях технологий возобновляемой энергетики (см. раздел 4.5).

Если достижение целевого показателя 2 °C имеет приоритет перед другими компонентами устойчивой энергетики, а именно перед обеспечением энергетической безопасности и качества жизни, то многие нынешние экономические приоритеты сдвинутся в сторону ускоренного энергетического перехода, который не сбалансирован с факторами ценовой доступности и экономической обоснованности. Очень маловероятно, что постепенно проводимые изменения позволят достичь целевого показателя, предусмотренного сценарием П2Ц.

В следующих разделах доклада анализируются соотношения между тремя компонентами устойчивой энергетики в регионе и потенциальный баланс их плюсов и минусов.

3.7 Компонент I. Результаты моделирования в плане энергетической безопасности и взаимозависимости в рамках региона

Обеспечение энергетической безопасности является для стран одной из приоритетных задач.

Обеспечение энергетической безопасности в регионе в рамках текущих глубоких преобразований требует обязательного привлечения необходимых инвестиций в энергетическую систему будущего – рациональную и прагматическую в социальном, экологическом и экономическом плане.

Укрепление взаимовыгодной экономической взаимозависимости в регионе ЕЭК ООН ускорит переход к устойчивой энергетике и осуществление Повестки дня на период до 2030 года.

Энергетическая безопасность необходима как способ обеспечения значительного вклада в связи с предложением в энергетической отрасли, преобразованием и транспортировкой энергии, а также спросом на нее в социальное, экономическое и экологическое развитие стран. Страны, считающие, что предложение в энергетической отрасли может быть обеспечено за счет энергетической независимости, готовы платить за такой подход. Другие страны считают, что энергетическая безопасность может быть обеспечена посредством диверсификации применяемых технологий, поставщиков, транзитных путей и потребителей. Большинство стран уделяют первоочередное внимание действиям на национальном уровне, хотя представляется, что глобальные и региональные решения явно будут более эффективными в том случае, если удастся сформировать культуру взаимозависимости и надежности деловых операций в энергетике.

Доверие и взаимозависимость повышают устойчивость энергетической инфраструктуры и устраняют возможные риски.

Концепции энергетической безопасности изменялись с течением времени – от надежности энергоснабжения, о которой говорили страны-импортеры, до более широкого представления об энергетической безопасности, включающего предложение, спрос и транзит. По мере все большего проникновения цифровых технологий в энергетическую систему, а также нарастания масштабов климатических катаклизмов энергетическая система подпадает под воздействие новых рисков – как антропогенного (например, атаки хакеров или террористов), так и природного (лесные пожары, ураганы, наводнения в результате подъема уровня океанов и т. д.) происхождения. Такие вновь появляющиеся риски для безопасности делают еще более неотложным решение проблемы устойчивости в плане как подготовки, так и ликвидации последствий. Доверие и взаимозависимость могут повысить устойчивость системы и обеспечить региональную энергетическую безопасность.

Экономическое благосостояние большинства стран зависит от импорта либо от экспорта топлива. Для других источником пополнения государственного бюджета является взимание платы за транзит. Многообразие потоков торговли представлено на рис. 12[13]. Некоторые субрегионы, например Западная Европа, остаются импортерами в рамках любых сценариев и в любые периоды времени. Другие, например Центральная Азия, Россия и Южный Кавказ, являются преимущественно экспортерами, и импорт энергии здесь осуществляется лишь в незначительных объемах или не происходит вовсе. Основной тенденцией в рамках базового сценария является поворот к торговле очищенными продуктами с более высокой добавленной стоимостью (например, жидким топливом в случае Южного Кавказа и Центральной Азии). Это обусловлено переходом с углеродоемкого к низкоуглеродному или безуглеродному топливу в рамках сценариев, предусматривающих ограничение выбросов парниковых газов (сценарии на основе ОНУВ и П2Ц).

[13] Примечание: залитые сплошным цветом полосы на диаграммах обозначают экспорт (правая сторона панелей); заштрихованные полосы – импорт (левая сторона). Полосы показывают реальные объемы купли-продажи в эДж как долю от общих объемов купли-продажи в регионе, т. е. относительный вес торговли различным топливным сырьем в региональных энергетических системах. Доли экспорта и импорта в пределах одной полосы составляют в совокупности 100%.

РИС. 12

Балансы торговли энергоресурсами в субрегионах ЕЭК ООН по сценариям политики[14]

[14] БМУ – Беларусь, Молдова и Украина; ЦАЗ – Центральная Азия; ЦВЕ – Центральная и Восточная Европа; САМ – Северная Америка; РУС – Российская Федерация; ЮКА – Южный Кавказ; ЗЕВ – Западная Европа.

3.8 Компонент II. Результаты моделирования в плане энергетической и экологической устойчивости

Существует **настоятельная необходимость ускорения преобразования** во избежание перехода процесса изменения климата в опасную стадию.

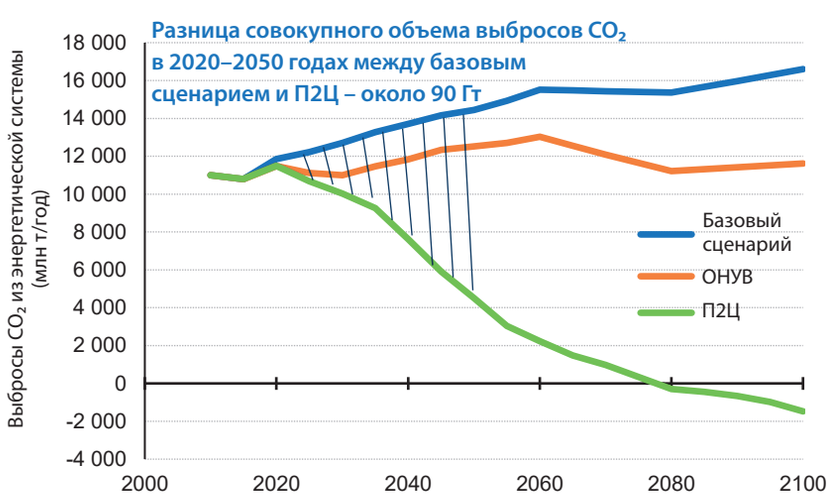
Сохраняющаяся зависимость региона от ископаемого топлива экономически обоснована, однако существенно влияет на УХУ и, соответственно, на возможность достижения целей в области устойчивой энергетики. Нынешние обязательства по смягчению изменения климата, изложенные в ОНУВ, недостаточны для достижения целевого показателя 2 °C. До 2030 года необходимо предпринять более решительные действия.

Согласно базовому сценарию, ожидается, что температура к 2100 году повысится на 4,2 °C. Предполагается, что совокупные выбросы в регионе ЕЭК составят 1 250 Гт CO_2 (2020–2100 годы). По этому сценарию ожидается, что последствия изменения климата будут весьма серьезными и, возможно, положат начало необратимым изменениям в климатической системе, средства для обуздания которых у мирового сообщества, по всей вероятности, отсутствуют.

Согласно сценарию ОНУВ, температура к 2100 году вырастет на 3,0 °C. Ожидается, что совокупные выбросы будут на 18% (225 Гт CO_2) ниже, чем по базовому сценарию (2020–2100 годы). По этому сценарию ожидается, что последствия изменения климата будут серьезными и могут положить начало необратимым изменениям в климатической системе, что повлечет за собой серьезные последствия для экономики и общества в целом.

Согласно сценарию П2Ц, температура к 2100 году увеличится на 2,1 °C. По этому сценарию ожидается, что пик выбросов будет приходиться на 2020 год. Для достижения целевого показателя «отрицательные значения» выбросов должны быть обеспечены после 2070 года. Согласно этому сценарию, изменение климата будет сводиться, например, к более экстремальным погодным условиям, масштабному ущербу для коралловых рифов и морских систем, а также к серьезным сдвигам в сельском хозяйстве.

РИС. 13
Выбросы CO_2 в регионе ЕЭК ООН по сценариям политики



К середине нынешнего столетия **в регионе ЕЭК ООН необходимо достичь отрицательного углеродного баланса** в целях компенсации выбросов в других регионах, которым, с учетом их уровня экономического развития, достижение целевого показателя 2 °C еще более затруднительно.

Любой рациональный с экономической точки зрения сценарий по-прежнему исходит из того, что к 2050 году ископаемое топливо будет составлять 50% в структуре энергоресурсов региона. Разница между базовым сценарием и сценарием П2Ц по совокупному объему выбросов CO_2 из энергетической системы в период с 2020 по 2050 год составляет приблизительно 90 Гт. Это свидетельствует о настоятельной необходимости масштабного внедрения на коммерческой основе проектов УХУ или других технологий с отрицательной эмиссией углерода.

До тех пор, пока не появятся новые технологии, УХУ будет иметь определяющее значение для успешного достижения регионом целевого показателя 2 °C и перехода к устойчивой энергетике. К 2050 году регион должен располагать мощностями для улавливания 5 Гт двуокиси углерода в год. Следует отметить, что существующий на сегодняшний день потенциал составляет десятки миллионов тонн CO_2 (Global CCS Institute 2017). Поскольку регион производит 39% глобальных выбросов CO_2 и здесь расположены самые экономически высокоразвитые страны мира, можно утверждать, что этот регион должен стать регионом с отрицательным углеродным балансом, чтобы компенсировать выбросы в странах, для которых, с учетом их уровня экономического развития, достижение углеродной нейтральности[15] является более сложной задачей.

3.9 Компонент III. Важность доступности энергии

Энергетическая бедность является серьезной проблемой для всего региона.

Во многих странах региона все еще остается необходимость решать проблему энергетической бедности. Даже в большинстве стран – членов Европейского союза (ЕС) уровень энергетической бедности в домохозяйствах с низким уровнем дохода колеблется в пределах от «умеренно высокого» до «крайне высокого» (см. рис. 14). Масштабы энергетической бедности особенно велики на юге и востоке ЕС.

[15] Под углеродной нейтральностью или чистым нулевым углеродным следом понимается обеспечение чистых нулевых выбросов CO_2 путем компенсирования выбросов углерода с помощью технологий удаления углерода, таких как насаждение или восстановление лесов, биоэнергетика с улавливанием и хранением углерода, прямое улавливание углерода в воздухе, удержание углерода в почве и т. д., или же просто путем полного прекращения выбросов углерода.

Необходимо в масштабах всего региона решать проблему **энергетической бедности**, а также **энергоэффективности, чтобы не перекладывать на население затраты на декарбонизацию**.

РИС. 14

Энергетическая бедность в ЕС, индекс энергетической бедности в странах – членах ЕС[16] в 2019 году

Источник: OpenExp 2019.

Свыше 50 млн граждан ЕС, проживающих в Центральной и Восточной Европе, не могут позволить себе потреблять энергию в количествах, достаточных для поддержания здоровья и благополучия. В наиболее уязвимом положении находятся пожилые люди, поскольку на оплату энергии им иногда приходится тратить до 30% месячной пенсии. Еще более серьезная ситуация сложилась в странах с более низким уровнем экономического развития на Кавказе, в Центральной Азии, а также в Восточной и Юго-Восточной Европе.

Плохая теплоизоляция зданий – это одна из важнейших проблем, требующих решения в этих субрегионах. Социально-экономические факторы являются основной причиной высоких уровней энергетической бедности. В странах с более эффективными системами регулирования технических норм в строительстве и более высоким ВВП на душу населения уровень энергетической бедности ниже. В целях решения проблем плохого состояния инфраструктуры необходимо принимать меры политики, и жилые здания представляются самым очевидным объектом для приложения сил.

[16] Индекс EDEPI учитывает четыре ключевых показателя: сырые дома и дома с протекающей кровлей, высокий уровень затрат домохозяйств на энергию, невозможность поддерживать тепло в домах в зимний период и невозможность поддерживать прохладу в домах летом.

Декарбонизация экономики окажет как позитивное, так и негативное воздействие на доступность энергии. Вложение средств в модернизацию жилых домов для того, чтобы сократить выбросы и суммы в счетах за энергию, – это первый шаг в борьбе с энергетической бедностью и изменением климата в регионе. Без этого дорогостоящий энергетический переход лишь увеличит финансовую нагрузку на наиболее уязвимых граждан.

Поскольку энергетический переход сопряжен с определенными издержками (см. рис. 11), он повлечет за собой появление новых проблем с ценовой доступностью энергии в регионе. Такой переход должен охватить представителей всех категорий общества и улучшить положение всего населения, чтобы никто не был забыт.

3.10 Баланс плюсов и минусов и взаимодействие между тремя компонентами устойчивой энергетики

Создание устойчивой энергетики – чрезвычайно сложная задача. Проект продемонстрировал, что, по всей вероятности, невозможно одновременно учесть в полной мере все три условия перехода к устойчивой энергетике – энергетическую безопасность, качество жизни и изменение климата. Необходимы компромиссные решения, поскольку эти три компонента постоянно конкурируют между собой, и даже есть основания говорить об определенном противостоянии, по крайней мере, между двумя целями или компонентами.

Баланс между **энергетической безопасностью и изменением климата**.

Поскольку обеспечение энергетической безопасности является для стран одной из приоритетных задач, страны, имеющие доступ к ископаемым видам топлива, будут, по всей вероятности, и далее сжигать их до тех пор, пока они будут служить опорой для их экономики. Необходимы меры политики, направленные на установление цены на углерод и создание новых бизнес-моделей, необходимых для появления решений в области безуглеродной энергетики. Таким странам нужна особая помощь со стороны международного сообщества, чтобы они могли финансировать перспективную инфраструктуру низкоуглеродной энергетики.

Баланс между **ценовой доступностью и изменением климата**.

Энергетическая бедность уже сегодня является серьезной проблемой для региона. Любой дополнительный рост стоимости энергии может стать причиной социальных волнений, которых власти постараются избежать. Необходимо разрабатывать рассчитанные на перспективу планы сдерживания роста цен на электроэнергию (неизбежного при инвестициях в новую инфраструктуру энергетики) и повышения и без того высокой стоимости жизни для некоторых слоев населения. Оперативные меры политики, по всей вероятности, смягчат негативные последствия и увеличат выгоды. Что это будет означать для региона?

По всем сценариям показатели состояния энергетики и окружающей среды в регионе будут улучшаться до 2050 года, при том что общие расходы на энергию на единицу ВВП будут устойчиво более высокими по сравнению с 2020 годом (см. рис. 15).

Показатели энергетической безопасности улучшаются по мере превращения **региона из чистого импортера энергии в ее чистого экспортера**.

Показатели энергетической безопасности в регионе будут повышаться за счет общего замедления темпов роста конечного спроса после 2030 года и превращения региона из преимущественно чистого импортера энергии в ее чистого экспортера – об этом свидетельствует и показатель «зависимости от импорта энергии», который к 2050 году должен опуститься до нуля.

Эта тенденция определяется удвоением объемов экспорта нефти при сокращении ее импорта примерно на 20%. Переход региона от чистого импорта к чистому экспорту энергии также улучшает показатель «совокупные затраты на выработку энергии в энергетических отраслях на единицу ВВП», поскольку доходы от экспорта снижают совокупные затраты и увеличивают ВВП.

Показатели состояния окружающей среды, как правило, улучшаются по мере увеличения доли возобновляемых источников в общей структуре энергоресурсов. Кроме того, повышение энергоэффективности ведет к снижению «энергоемкости» конечных потребителей, в результате чего сокращается объем выбросов CO_2 на единицу ВВП, а также в расчете на единицу произведенной электроэнергии.

Хотя процесс декарбонизации производства электроэнергии и экономики в целом постепенно идет вперед, этого не происходит в масштабах всей энергетической системы ЕЭК ООН. Углеродоемкость общего предложения первичной энергии (ОППЭ) остается практически неизменной – на уровне 2020 года. Показатели подтверждают, что декарбонизация производства электроэнергии – это самая простая задача. В отсутствие экологических стимулов можно ожидать, что объем выбросов парниковых газов в регионе будет увеличиваться по мере роста ОППЭ. Это означает, что после 2050 года выйти на целевые показатели декарбонизации, используя предусмотренные моделью технологии, будет значительно сложнее, и, возможно, потребуется изыскивать новые решения.

Показатели состояния окружающей среды будут улучшаться благодаря **развитию возобновляемой энергетики и улучшению показателей энергоемкости**.

Учитывая незначительные различия в структуре энергоресурсов между сценарием на базе ОНУВ и базовым сценарием, можно ожидать, что расхождения в их соответствующих показателях будут невелики. Очевидно, что в целом данные, представленные на лепестковой диаграмме, достаточно похожи, однако между ними есть важные различия. Во-первых, все показатели энергоемкости, в том числе углеродоемкости ОППЭ, в сценарии на базе ОНУВ последовательно ниже, чем в базовом сценарии. Во-вторых, доля возобновляемой энергии в сценарии на базе ОНУВ несколько выше, чем в базовом сценарии. В сценарии на базе ОНУВ рост расходов происходит благодаря ограничениям, предусмотренным ОНУВ, и позволяет начать преобразование энергетической системы региона более быстрыми, чем обычно, темпами.

Сценарий П2Ц показывает, что **фундаментальные преобразования энергетической системы** окажут значительное воздействие на ценовую доступность **энергии**.

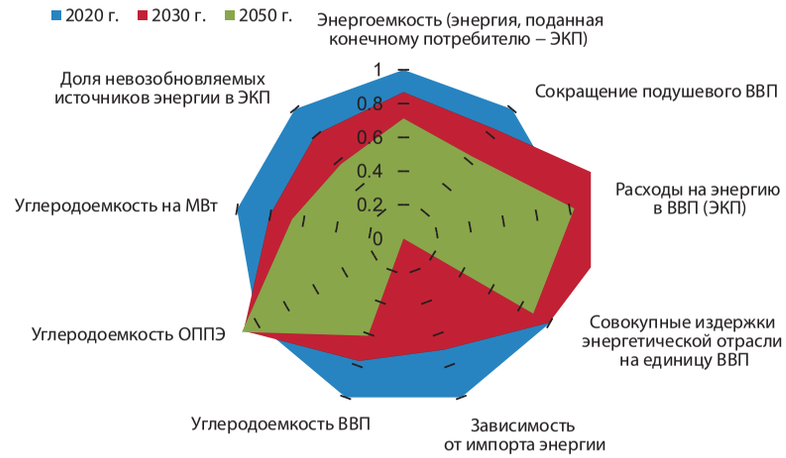
Сценарий П2Ц рисует картину гораздо более успешного достижения цели перехода к устойчивой энергетике по всему региону. Все показатели, связанные с парниковыми газами – углеродоемкость ОППЭ, производство электроэнергии и ВВП, – существенно улучшаются: к 2050 году снижение их уровня по сравнению с базовым сценарием составит от 60% (ОППЭ) до 85% (производство электроэнергии). Улучшение этих экологических показателей будет происходить вследствие роста инвестиций в меры по повышению энергоэффективности, что в итоге снизит энергоемкость на 30% и повысит до 80% долю практически безуглеродной энергии, вырабатываемой за счет возобновляемых источников энергии, а также на атомных электростанциях и электростанциях, работающих на ископаемом топливе с УХУ. До 2030 года показатели «расхода на энергию в ВВП» и «совокупные издержки энергетической отрасли на единицу ВВП» будут в основном сопоставимы с ОНУВ (лишь немного превышая их). Основные последствия проявятся в период с 2030 по 2050 год.

РИС. 15

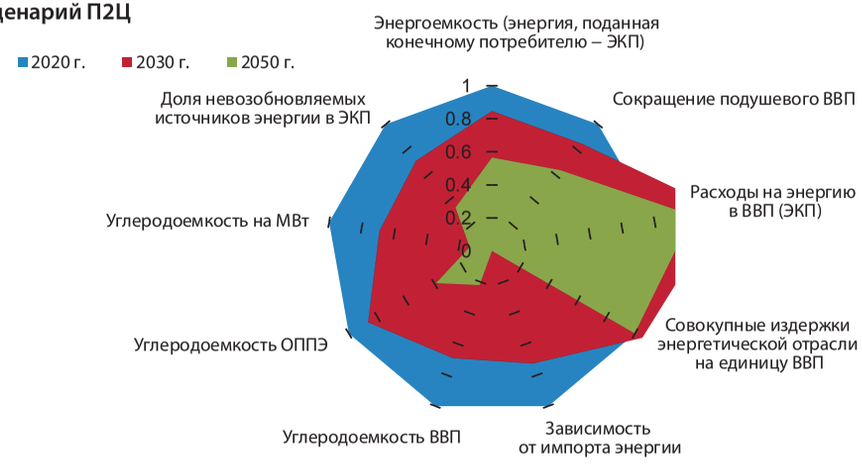
Баланс плюсов и минусов и взаимодействие на основании энергетических и экологических показателей в регионе ЕЭК ООН по сценариям политики

Базовый сценарий

Сценарий на основе ОНУВ



Сценарий П2Ц



Примечание:

- Показатели рассчитаны в соотношении с 2020 годом, и любое *повышение значения показателя даст значение меньше 1.*
- Если размер поля сокращается по сравнению с 2020 годом, это отражает улучшение показателей.

Этот анализ подтверждает, что переход к устойчивой энергетике в регионе ЕЭК ООН возможен лишь при условии проведения сбалансированной политики и применения определенных компромиссных решений. Приведенные выше данные показывают, что концепция устойчивой энергетики не сбалансирована. Основное внимание регион уделяет энергетической безопасности, тогда как экологические проблемы[17] и проблемы качества жизни отходят на второй план (см. рис. 16).

РИС. 16

Энергетика как средство обеспечения устойчивого развития в регионе ЕЭК ООН

Подобная ситуация, сложившаяся в регионе, серьезно ударит по некоторым субрегионам, где проблема бедности стоит уже сегодня. Вызывает тревогу положение дел на Кавказе, в Центральной Азии и в Восточной и Юго-Восточной Европе, однако от этого явления также не застрахованы ни Северная Америка, ни Западная Европа[18].

Устойчивая энергетика не может быть делом отдельных стран в определенных географических границах, поскольку эту проблему невозможно решать на местном уровне и в одностороннем порядке. Всем сторонам в регионе, заинтересованным в решении энергетических проблем, необходимо объединить усилия и вести поиск всех возможных способов остановить рост выбросов парниковых газов, спасти планету и перейти к устойчивой энергетике.

---

[17] Основным ограничением в модели для сценария П2Ц является целевой показатель 2 °C, достижение которого является одним из исходных условий. Он определяется как глобальный углеродный бюджет в размере 1 000 Гт эквивалента CO_2 на период с 2020 по 2100 год и служит политическим стимулом.

[18] Ценовая доступность энергии – это проблема, которая требует комплексных решений по всем субрегионам ЕЭК ООН. На следующих стадиях осуществления проекта потребуется проведение дальнейших исследований.

В следующих разделах доклада будет рассмотрена возможная роль различных технологий в решении поставленных в проекте задач.

4. РЕШЕНИЯ ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ УСТОЙЧИВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РЕГИОНЕ ЕЭК ООН

Выше мы утверждали, что зависимость региона от ископаемого топлива останется чрезмерной до 2050 года даже при самом оптимистичном сценарии смягчения последствий изменения климата (см. рис. 5, 6 и 8), и это отражается в исходных противоречиях, существующих между тремя основными компонентами устойчивой энергетики.

В результате обсуждений с заинтересованными сторонами приоритетными для региона были признаны следующие ниже возможности. Эти действия были распределены на три категории в зависимости от степени их срочности (от безотлагательных до долгосрочных), поскольку существуют определенные варианты, которые могут быть реализованы вне зависимости от экономического положения страны и состояния энергетических систем. Они также заслуживают внимания с финансовой и экономической точек зрения и касаются системной эффективности. Другие варианты рассчитаны на более длительную перспективу. К ним относятся решения, разработку планов и подготовку инфраструктуры для которых следует начать сейчас, но полностью реализованы они могут быть только в будущем и все еще требуют проведения дополнительных исследований и разработок; примером может служить инфраструктура для водородной экономики.

Незамедлительные действия: прекратить способствовать усугублению проблемы и ограничить выбросы ПГ.

Основополагающей ценностью энергетической системы будущего должна стать ее эффективность (см. раздел 4.1). Улавливание выбросов ПГ, возникающих в результате использования ископаемых видов топлива, необходимо в целях избежания негативных последствий изменения климата. Если в среднесрочной перспективе ископаемые виды топлива сохранят свои позиции в энергетическом балансе, то возникнет настоятельная необходимость в направлении значительных инвестиций в развитие технологий с низким и отрицательным уровнем выбросов углерода (см. раздел 4.2). Группы экспертов ЕЭК ООН пришли к выводу, что обеспечение углеродной нейтральности должно стать первым важным этапом на пути перехода к устойчивой энергетике, и на этом пути должны сыграть свою роль все технологии.

Действия в среднесрочной перспективе: претворять в жизнь новые стратегии и использовать передовые технологии ведущих компаний.

Учитывая ранее созданную в регионе инфраструктуру и изобилие ресурсов, возможности для повышения эффективности взаимодействия между источниками возобновляемой энергии и природным газом огромны. Уже имеющаяся инфраструктура должна подходить для разработки в регионе гибких систем, которые также повысили бы потенциал дальнейшего использования декарбонизированного газа. Кроме того, по мере ускорения энергетического перехода возникнет необходимость смягчения его социальных и экономических последствий. Переход к устойчивой энергетической системе – это долгосрочная задача, и в ходе ее решения должны быть учтены все основные компоненты устойчивого развития, с тем чтобы никто не был забыт и была сохранена социальная сплоченность. В целях ускорения энергетического перехода во всех субрегионах ЕЭК ООН международному сообществу необходимо направлять адресные инвестиции в страны с низким уровнем дохода.

Действия в долгосрочной перспективе: использовать потенциал устойчивой энергетики, опираясь на принципы экономики замкнутого цикла и нексусные подходы.

Региону необходимо использовать потенциал устойчивой энергетики в рамках экономики замкнутого цикла и нексусных подходов. Поскольку система возобновляемой энергетики в регионе ЕЭК ООН уже в значительной степени зависит от гидроэнергетики и дальнейшее внедрение решений на основе возобновляемой энергетики будет оказывать влияние на сельскохозяйственные земли, необходимо использовать нексусный подход, касающийся взаимосвязи воды, энергии и продовольствия и основанный на устойчивом управлении ресурсами. Практика устойчивого управления ресурсами, основанная на принципах экономики замкнутого цикла и включающая полный спектр Повестки дня на период до 2030 года, должна быть прописана в первых строках национальных стратегий. В целях расширения инвестиций в углеродно-нейтральные решения и ускорения перехода в странах с низким уровнем дохода необходимо укреплять партнерские отношения в рамках всего региона.

4.1 Обеспечение энергоэффективности в качестве основы для системной эффективности

Будущая энергетическая система должна быть разработана так, чтобы ее основной ценностью была эффективность.

Ведущая роль в деятельности ЕЭК ООН в области энергоэффективности принадлежит Группе экспертов по энергоэффективности. Работа этой группы на сегодняшний день доказывает, что повышение энергоэффективности является наилучшим способом сокращения выбросов углерода в регионе. Такое положение дел справедливо для всех секторов экономики, особенно для секторов строительства, производства и транспорта.

Энергоэффективность зданий

Здания являются главным средством решения проблемы устойчивости. В развитом мире здания потребляют 70% генерируемой электроэнергии и 40% первичной энергии и на них приходится 40% выбросов CO_2. Инициатива по обеспечению высоких характеристик зданий (ИВХЗ) стимулирует государства-члены к распространению и применению во всем мире рамочных руководящих принципов ЕЭК ООН по стандартам энергоэффективности зданий. ИВХЗ направлена на радикальное уменьшение глобального углеродного следа зданий и значительное улучшение здоровья и качества жизни, обеспечиваемых зданиями. Сеть международных центров передового опыта в области высокоэффективных зданий[19] оказывает помощь по ее внедрению на местах владельцам зданий, застройщикам, архитекторам, инженерам, подрядчикам и должностным лицам, отвечающим за планирование.

Промышленная энергоэффективность

Экономия энергии приносит финансовые выгоды предприятиям не только в виде стоимости сэкономленной энергии, но и в виде повышения производительности в результате оптимизации процессов. Главным вызовом на пути к повышению промышленной энергоэффективности является решение проблемы высокоэнергоемких процессов в таких отраслях, как цементная, сталелитейная, химическая промышленность. Инновации и целевые исследования и разработки могут способствовать повышению эффективности промышленности. Первостепенное значение в связи с этим имеет сотрудничество с частным сектором, и ЕЭК ООН предоставляет индустриальным корпорациям обзор инициатив в области энергоэффективности, чтобы помочь им решить, какие из них будут в наибольшей степени содействовать их усилиям по повышению энергоэффективности, предпринимаемым в интересах производства[20].

Транспортная энергоэффективность

Ключевую роль в повышении эффективности автомобильного транспорта играют обязательные стандарты топливной экономичности. Налоги на углерод оказывают лишь ограниченное влияние на стоимость мобильности. Ожидается, что стимулом для декарбонизации транспортного сектора станут изменения в предпочтениях потребителей в сочетании со скоростью внедрения инноваций и коммерциализации новых технологий, таких как электромобили, биологические виды топлива и водород. Модернизация городского транспорта может осуществляться путем надлежащего планирования инфраструктуры городов и эффективности транспорта. Одной из наиболее серьезных проблем является большегрузный транспорт, что объясняется объемом и сложностью транспортной системы.

---

[19] Подробнее о деятельности ЕЭК ООН в области энергоэффективности зданий см. по адресу http://www.unece.org/energywelcome/areas-of-work/energy-efficiency/activities/energy-efficiency-in-buildings.html.

[20] Подробнее о деятельности ЕЭК ООН в области промышленной энергоэффективности и о соответствующей целевой группе см. по адресу http://www.unece.org/energywelcome/areas-of-work/energy-efficiency/activities/energy-efficiency-in-industry-sector.html.

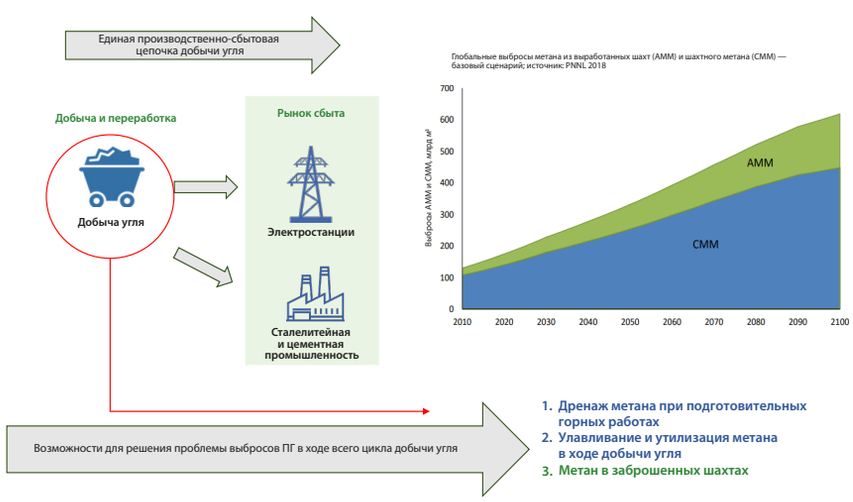
4.2 Решение проблемы выбросов ПГ от использования ископаемых видов топлива

Группа экспертов по экологически более чистым электроэнергетическим системам и Группа экспертов по шахтному метану обсудили вопрос о путях сокращения воздействия энергетических отраслей на окружающую среду. Обе группы пришли к выводу, согласно которому необходимо принять меры во всех звеньях производственно-сбытовой цепочки (см. рис. 17).

Управление выбросами метана во всех звеньях производственно-сбытовой цепочки добычи угля – от количественной оценки ресурсов метана в ходе разведки угольных месторождений до его улавливания и использования в течение всего цикла разработки месторождений – имеет крайне важное значение для преобразования неорганизованных выбросов в полезные ресурсы. Из закрытых угольных шахт также выделяются значительные объемы метана. Выбросы от одной крупной подземной угольной шахты в Соединенных Штатах составляют не менее 2 млн т CO_2-экв в год. Проекты по смягчению последствий на шахтах такого размера примерно соответствуют проектам УХУ на гидроэлектростанциях.

Выбросы ПГ, связанные с добычей угля, необходимо тщательно регулировать. Метан оказывает сильное негативное воздействие на окружающую среду и на процесс изменения климата, и эту проблему необходимо решать.

РИС. 17
Единая производственно-сбытовая цепочка добычи угля



Вставка 2

Метан является сильнодействующим ПГ с высоким потенциалом глобального потепления (ПГП). Индекс ПГП определяет степень воздействия парникового газа на глобальное потепление относительно уровня воздействия CO_2 (ПГП которого по определению равен 1). При непосредственном сравнении ПГП метана выше ПГП CO_2 в 120 раз. Если рассматривать данные за 20 лет, то ПГП метана будет превышать аналогичный показатель для CO_2 в 80 раз, а за 100-летний период это соотношение уменьшается до 36 (МГС 2017, ФСЭГ 2019). Учитывая потенциал глобального потепления метана, крайне важное значение имеет управление выбросами метана на всем пути – от скважины до горелки.

Вставка 3

При нынешних ценах на сырье УХУ – это реальный вариант декарбонизации газа, но необходимо обеспечить места для хранения углерода. Ожидается, что в регионе ЕЭК ООН эту технологию будут внедрять преимущественно в Западной Европе, Северной Америке и Российской Федерации. Экспериментальный проект УХУ в Канаде показал, что выбросы оксидов серы от электростанции снизились на 100%, выбросы углекислого газа – на 90%, выбросы оксидов азота – на 56%. Эта технология позволяет улавливать 1 млн тонн CO_2 в год, вырабатывая при этом 115 МВт электроэнергии, которой достаточно для обеспечения электричеством приблизительно 100 000 домов (Источник: World Coal Association, 2015; IEA Clean Coal Centre 2019). Была проведена работа по определению глобального потенциала УХУ в геологических формациях, однако общий потенциал региона еще требует изучения.

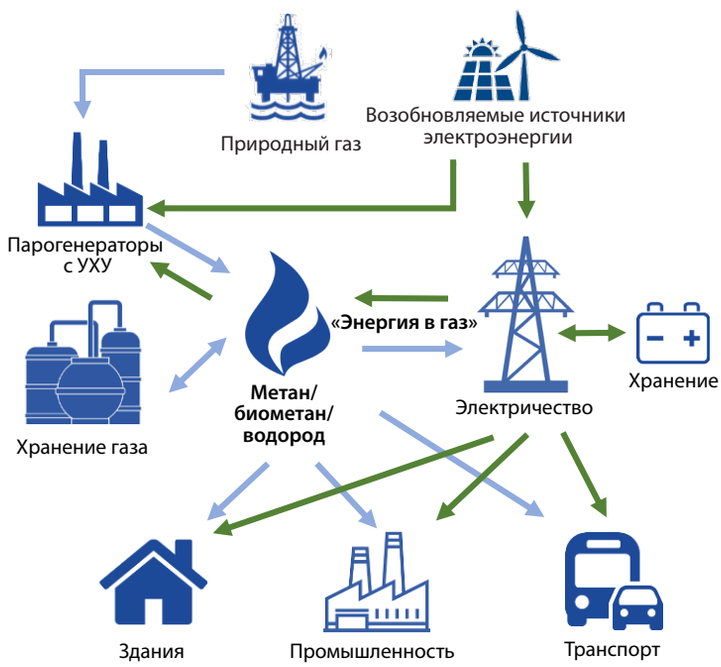
Благодаря инвестициям в экологически более чистые технологии (например, УХУ и ВЭНУВ), в среднесрочной перспективе уголь может остаться в энергетическом балансе, если страны примут такое решение.

Кроме того, инвестиции в технологии с низким и отрицательным уровнем эмиссии углерода, такие как УХУ и ВЭНУВ, имеют решающее значение для достижения целей устойчивой энергетики и особенно для противодействия изменению климата. Это требование относится ко всем источникам ископаемого топлива (нефть, газ и чистый уголь), поскольку в этом столетии зависимость региона от них сохранится (см. рис. 5, 6 и 8).

4.3 Ускоренное обеспечение взаимодействия между возобновляемыми источниками энергии и возобновляемым/декарбонизированным газом и газом с низким содержанием углерода

Доля газа в энергетическом балансе региона ЕЭК ООН будет оставаться значительной (см. рис. 6 и 7), и он может сыграть свою роль в борьбе с изменением климата. В целом взаимодействие между возобновляемыми энергоресурсами и природным газом может быть использовано для ускорения развития возобновляемой энергетики в регионе ЕЭК ООН. В целях выработки решений для ограничения выбросов ПГ в энергетике и обеспечения появления безуглеродных технологий Группа экспертов по газу и Группа экспертов по возобновляемой энергетике рассмотрели вопрос о синергетических связях между традиционными и развивающимися энергетическими отраслями.

РИС. 18
Взаимосвязь между возобновляемыми энергоресурсами и природным газом



Государства – члены ЕЭК ООН стремятся **развивать гибкие системы**, которые сделали бы возможным **декарбонизированное производство электроэнергии**.

В силу гибкости и невысоких капитальных и эксплуатационных затрат природный газ является конкурентоспособным резервным источником энергии, необходимым для устойчивого подключения возобновляемых источников энергии к общей сети. Цепочка поставок газа может оперативно реагировать на изменения в предложении энергии и спросе на нее благодаря быстрой реакции газовых генераторов, доступности газа из газохранилищ и сжиженного природного газа (СПГ) и эксплуатационной гибкости газопроводов. Существующая газовая инфраструктура может обеспечить переход к экономике с низким уровнем выбросов, поскольку она способна обеспечить высокий потенциал в плане эффективных с точки зрения затрат хранения и транспортировки.

Необходимо регулировать выбросы метана, связанные с природным газом.

Выбросы ПГ на протяжении жизненного цикла электростанции, работающей на газе, на 40% ниже по сравнению с электростанциями, работающими на мазуте, и на 50% ниже по сравнению с электростанциями, работающими на угле. Перевод электроэнергетики с угля на природный газ может обеспечить снижение углеродоемкости энергии, получаемой из ископаемых видов топлива, и улучшить качество воздуха. Выбросы метана, связанные с возрастающей ролью природного газа, необходимо тщательно регулировать. Для более эффективного планирования регулирования выбросов необходимо проведение мероприятий по картированию выбросов метана в целях отслеживания, подсчета и смягчения выбросов метана во всех звеньях газовой производственно-сбытовой цепочки (см. вставку 2). Сокращение выбросов метана дает возможность обеспечить устойчивое энергетическое будущее, в котором в обозримом будущем природный газ может продолжать играть в регионе определенную роль (см. рис. 7).

В среднесрочной и долгосрочной перспективе у **природного газа хорошее будущее, если** промышленность примет энергетический переход **и в партнерстве с предприятиями возобновляемой энергетики будет производить безуглеродную продукцию (например, водород), одновременно используя технологию УХУ**.

В рамках взаимосвязи газа и возобновляемой энергии наиболее важным возможным вкладом со стороны газа является так называемый зеленый либо голубой газ[21], который в значительной степени или полностью декарбонизирован. По мнению Группы экспертов, современная энергетическая система может опираться на комбинацию электронов (электроэнергия) и молекул (газ), поскольку более тесное объединение и взаимосвязь газовой и электрической моделей позволят ускорить и углубить энергетический переход.

Регион ЕЭК ООН все активнее стремится **развивать гибкие системы, которые повысили бы потенциал декарбонизированных газов**.

Проекты по декарбонизации, такие как преобразование избыточной энергии в газ, хранение энергии и возобновляемые, декарбонизированные и низкоуглеродные газы (например, зеленый/голубой водород и биометан), могут уменьшить экологический след энергетического сектора. Технологии преобразования избыточной энергии, которые могут использоваться для производства водорода и последующего преобразования водорода в углеводороды, такие как синтетический метан и метанол, могут сыграть важную роль в глубокой декарбонизации энергетической системы. Возобновляемые или декарбонизированные газы, такие как водород, получаемый с использованием возобновляемых источников энергии, и биометан или биогаз, могут использоваться для выработки энергии в рамках поэтапного отказа от использования природного газа, а также могут сыграть существенную роль в декарбонизации тех отраслей, электрификация которых затруднена, таких как воздушный, водный и грузовой автомобильный транспорт (см. рис. 18).

[21] Голубой водород получают из природного газа или из остаточных промышленных газов путем паровой конвекции метана, разделяя его на водород (H_2) и диоксид углерода (CO_2). Затем CO_2 улавливается с использованием технологии УХУ. Зеленый водород получают путем электролиза воды (H_2O). Используя электроэнергию, полученную из возобновляемых источников, воду (H_2O) разделяют на составляющие ее элементы – водород (H_2) и кислород (O_2).

Необходимо разработать **нормативно-правовую базу, способствующую возникновению прорывных технологий**.

Несмотря на потенциальную возможность роста водородной энергетики и модернизации всей производственно-сбытовой цепочки декарбонизированных газов, эта перспективная отрасль промышленности продолжает сталкиваться с проблемами законодательного и структурного характера. Производственно-сбытовая цепочка декарбонизированных газов находится на этапе становления и ориентирована на экспериментальные проекты. По-прежнему отсутствует единый стандарт передачи водорода по газопроводам. Например, в Нидерландах разрешена транспортировка газа с содержанием водорода до 12%, в Германии – до 10%, а в Бельгии – не более 0,1%. По мнению сторонников водородной экономики, безопасной для трубопроводов природного газа является транспортировка в составе газовой смеси 18–20% водорода (UNECE 2019). Кроме того, реализации и дальнейшей коммерциализации препятствуют соображения общественной приемлемости и воспринимаемой безопасности. Следует отметить, что в настоящее время ЕЭК ООН ведет работу по специальной оценке потенциальной роли декарбонизированных газов в достижении целей устойчивой энергетики.

4.4 Смягчение социально-экономических последствий энергетического перехода

Любое сокращение доли ископаемого топлива в энергобалансе **должно** регулироваться путем принятия надлежащих мер по **смягчению негативных социально-экономических последствий**.

Модернизация и оптимизация существующей инфраструктуры, основанной на ископаемых видах топлива, имеет важное значение для обеспечения устойчивого развития, однако ее нельзя осуществлять быстро во избежание социальных потрясений. Зависимость многих районов и отраслей от ископаемых видов топлива будет сохраняться, в связи с чем любое постепенное свертывание производства должно тщательно регулироваться. Использование земель для получения энергии из возобновляемых источников и социальные изменения, направленные на сокращение выбросов ПГ, также окажут влияние практически на всех и являются еще одним фактором, который необходимо учитывать.

Группа экспертов по шахтному метану изучила концепцию *справедливого перехода* и его возможные последствия для региона ЕЭК ООН. Эксперты отметили наличие экологических, экономических и социальных проблем, связанных с постепенным прекращением использования устаревшей и изношенной инфраструктуры, основанной на ископаемых видах топлива. Эти проблемы необходимо учитывать при планировании энергетического перехода в регионе ЕЭК ООН (см. рис. 19).

РИС. 19
Экологические, экономические и социальные проблемы

Социальные аспекты жизни местных сообществ, зависимых от видов деятельности, связанных с ископаемыми энергоресурсами, и региональная социально-экономическая инфраструктура нуждаются в тщательном регулировании в рамках устойчивой долгосрочной государственной политики. В регионе ЕЭК ООН существуют районы, такие как Верхняя Силезия в Польше, Лаузиц в Германии или Караганда в Казахстане, которые по-прежнему зависят от угольной промышленности. Угольные шахты и разрезы, электростанции, металлургические заводы, производственные и транспортные предприятия на протяжении десятилетий были объединены в тесно взаимосвязанную экономическую структуру. Таким образом, любое ускоренное прекращение использования угля должно сопровождаться заблаговременным принятием мер, способствующих структурному переходу угольной отрасли и охватывающих как связанные с ней, так и вспомогательные отрасли. Применяемый подход призван сбалансировать те области политики, между которыми нередко возникают противоречия, и требует долгосрочного планирования во избежание опустения регионов и социальных волнений.

Вставка 4

На сегодняшний день на электростанциях, работающих на лигните, и в угольной промышленности Германии заняты около 18 500 человек. Еще 4 000–8 000 сотрудников заняты на угольных электростанциях. Германия твердо привержена выводу из эксплуатации своих угольных электростанций. Согласно базовому сценарию (без дополнительных мер в области климатической политики), ожидается, что к 2030 году численность работников сократится примерно до 14 500 человек. Согласно сценариям ускоренного смягчения последствий изменения климата, численность персонала может снизиться приблизительно до 8 000 человек. К 2038 году регионы, где в настоящее время продолжается добыча лигнита, получат до 26 млрд евро для обеспечения глубоких структурных изменений. Ожидается, что экономическое развитие, которое последует за процессом энергетического перехода, позволит создать новые рабочие места, что компенсирует сокращение занятости, вызванное постепенным отказом от использования угля. В последние годы было создано около 100 000 рабочих мест, связанных с источниками возобновляемой энергии. Постепенный отказ от использования угля может способствовать привлечению необходимых инвестиций в возобновляемую энергетику, технологии хранения энергии, управление энергопотреблением и повышение энергоэффективности. Этот прогрессивный инновационный подход создаст новые возможности для будущих поколений и позволит им оставаться в регионе и строить там свою жизнь (источник: German Institute for Economic Research, Wuppertal Institute, Ecologic Institute, 2019).

4.5 Расширение инвестиций в возобновляемую энергетику в субрегионах и ускорение энергетического перехода в странах с низким уровнем дохода

Конкурентоспособность возобновляемой энергетики значительно увеличивается, однако **во многих субрегионах ЕЭК ООН потенциал возобновляемой энергетики по-прежнему не задействован**.

Возобновляемая энергетика является одним из ключевых элементов преобразования энергетической системы. Конкурентоспособность возобновляемой энергетики существенно увеличилась. Однако, несмотря на общий рост мощности объектов возобновляемой энергетики в регионе, во многих субрегионах потенциал возобновляемой энергетики по-прежнему не задействован. Группа экспертов ЕЭК ООН по возобновляемой энергетике изучила возможности ускоренного внедрения возобновляемой энергетики на Кавказе, в Центральной Азии, Восточной и Юго-Восточной Европе, поскольку эти субрегионы были определены как наиболее сложные для развития рынков возобновляемых источников энергии (UNECE & REN21 2017).

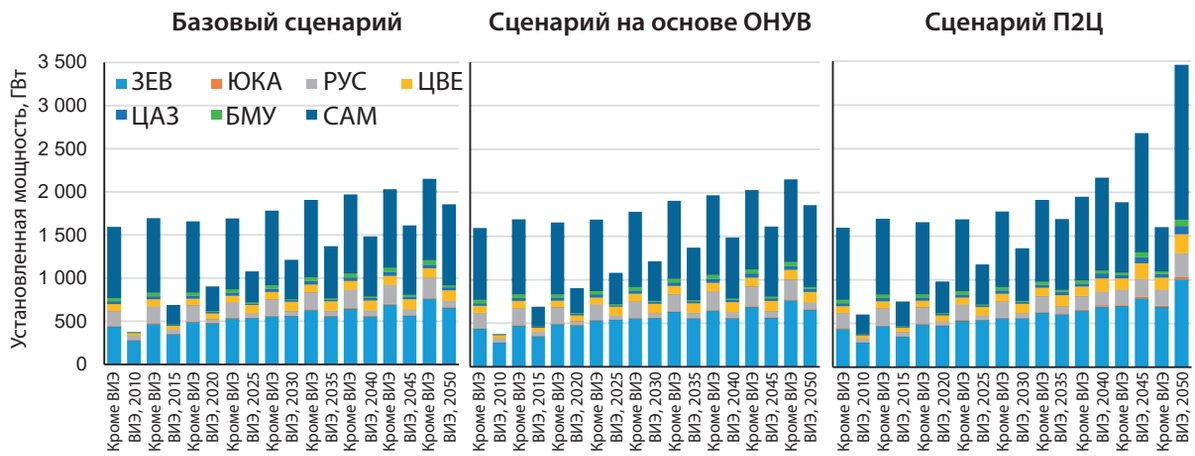
В 2015 году установленная генерирующая мощность возобновляемых источников энергии в регионе ЕЭК ООН составляла около 869 ГВт (388 ГВт обеспечивали крупные гидроэлектростанции), что соответствует почти половине (49%) установленной генерирующей мощности возобновляемых источников энергии во всем мире.

Следует отметить, что доля возобновляемой энергетики в энергобалансе всего региона ЕЭК значительно различается. Если на Европу и Северную Америку приходится 23% и 16% всех генерирующих мощностей на основе возобновляемых источников энергии, то на Кавказ, Центральную Азию и Российскую Федерацию, вместе взятые, только 4% (см. рис. 20).

В восточных субрегионах, особенно в Российской Федерации, Грузии, Кыргызстане и Туркменистане, значительную долю производства электроэнергии по-прежнему обеспечивает гидроэнергетика. Во всех субрегионах расширяется использование энергии солнца, преимущественно за счет оборудования, импортируемого из Китая. Казахстан начал инвестировать в собственное производство солнечных фотоэлектрических установок. В регионе имеется большой ветроэнергетический потенциал, крупнейшие источники энергии ветра находятся в Российской Федерации, Беларуси, Украине и Сербии (UNECE & REN21 2017).

РИС. 20

Генерирующие мощности в возобновляемой и невозобновляемой энергетике в разбивке по субрегионам и сценариям



Несмотря на имеющийся во всем регионе огромный природный потенциал для внедрения возобновляемых энергетических технологий, инфраструктура возобновляемой энергетики в восточных субрегионах ограничена вследствие дефицита инвестиций. В 2015 году на долю Кавказа, Центральной Азии, Российской Федерации и Восточной и Юго-Восточной Европы приходилась крайне малая часть (0,2%) общемирового объема инвестиций в возобновляемую энергетику. Эта доля снизилась даже по сравнению с 2014 годом, когда она составляла 0,5% (UNECE & REN21 2017). Международные доноры и банки развития являются важным источником заемных средств и грантов на проекты в области возобновляемой энергетики, однако масштабы этой деятельности достаточно скромные.

Появляются **новые бизнес-модели**, основанные на использовании возобновляемых источников энергии, повышении энергоэффективности и усилении контроля со стороны потребителей, что приводит к возникновению **подхода «снизу вверх»** к ускорению энергетического перехода.

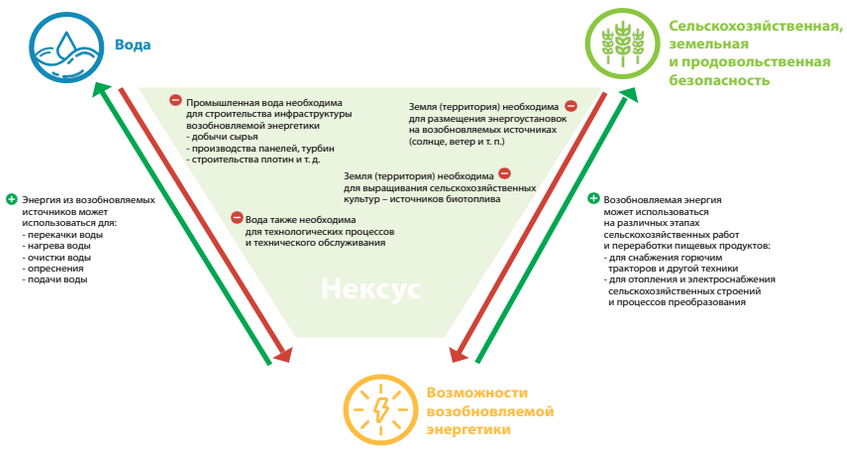
Существует потребность в новых бизнес-моделях, которые сделали бы возможным появление подходов «снизу вверх» и ускорили бы энергетический переход в регионе. В результате продолжающегося внедрения инноваций и цифровизации энергетической системы формируется новое поколение потребителей. Потребители все чаще интересуются солнечными батареями, идет внедрение и иных домашних и коммунальных энергоустановок, использующих другие источники возобновляемой энергии. Современные потребители ценят контроль – эти так называемые «производители–потребители» ценят как процесс производства, так и процесс потребления энергии. Поскольку кривая затрат на возобновляемую энергетику идет вниз и разрабатываются более надежные способы накопления энергии, такие как аккумуляторные батареи, потребители постепенно занимают центральное положение. ЕЭК ООН планирует приступить к дальнейшему изучению возможностей, которые инновации и цифровизация открывают для глубокого энергетического перехода в регионе. Эта работа будет вестись под эгидой Группы экспертов по вопросам энергоэффективности, Группы экспертов по экологически более чистым электроэнергетическим системам и Группы экспертов по возобновляемой энергетике.

4.6 Внедрение нексусного подхода «энергия-вода-продовольствие» во всем регионе

Возобновляемую энергетику в регионе ЕЭК ООН составляет преимущественно гидроэнергетика. Увеличение мощностей возобновляемой энергетики в регионе за счет энергии ветра и солнца (см. рис. 8 и 9) повлияет на землепользование. Увеличение спроса на землю может оказать негативное влияние на сельское хозяйство и предложение в области продовольствия, что отразится на ценах на продукты питания. В целях избежания такого развития событий необходимо использовать комплексный нексусный подход «энергия–вода–продовольствие», основанный на устойчивом управлении ресурсами. Задача состоит в содействии, координации и интеграции планирования и устойчивого управления взаимосвязанными ресурсами в различных отраслях.

Технологии возобновляемой энергетики могли бы способствовать поиску **баланса плюсов и минусов между водой, энергией и производством продовольствия**, что принесло бы значительные выгоды во всех трех областях.

РИС. 21
Экосистемный нексусный подход «энергия–вода–продовольствие»



Источник: UNECE 2017a.

Комплексное управление природными ресурсами, такими как энергия, сырьевые материалы и водные ресурсы, позволит повысить эффективность, уменьшить воздействие на окружающую среду и ликвидировать отходы. Распределенный характер многих технологий возобновляемой энергетики позволяет предлагать комплексные решения, повышающие надежность во всех этих трех сферах. При использовании комплексного подхода технологии возобновляемой энергетики смогут предоставлять энергетические услуги путем устойчивого использования имеющихся ресурсов. Например, в трансграничных речных бассейнах в Юго-Восточной Европе, на Кавказе и в Центральной Азии прибрежные страны не только активно развивают гидроэнергетику, но при этом имеют также возможность использовать энергию солнца, ветра и геотермальную энергию. Нексусный подход «энергия–вода–продовольствие» направлен на развитие более устойчивой возобновляемой энергетики за счет использования синергии, повышения эффективности, сокращения потребности в компромиссных решениях и совершенствования управления во всех отраслях.

Вставка 5

ЕЭК ООН содействует трансграничному сотрудничеству как в развитии энергетики, так и в рационализации водопользования. Повышение доли возобновляемой энергетики в регионе может способствовать сокращению потребности в воде для производства электроэнергии, повышению надежности водоснабжения путем улучшения положения в области доступности, ценовой доступности и безопасности, а также достижению целей в области продовольственной безопасности. Одним из основных препятствий к эффективному использованию всех имеющихся возможностей для освоения возобновляемых источников энергии в прибрежных странах является недостаточная межотраслевая координация. Эта проблема существует как на национальном, так и на субрегиональном уровне в энергетике, землепользовании и планировании использования водных ресурсов (UNECE 2017).

Нексусный подход «энергия-вода-продовольствие», объединяющий безопасность, доступность и экономичность основных ресурсов, является основой устойчивого управления ресурсами в рамках Повестки дня на период до 2030 года. Рамочная классификация ресурсов Организации Объединенных Наций (РКООН) – это инструмент, разрушающий «барьеры» и естественным образом связывающий целевые задачи и реализацию проекта. Энергетические и водные ресурсы неразрывно связаны и взаимозависимы. Содействие комплексному управлению и мониторингу закладывает существенную основу для устойчивого развития. Рамочная классификация ресурсов Организации Объединенных Наций (РКООН) может поддержать этот процесс, предоставляя согласованные данные и информацию об энергетических и водных ресурсах.

Вставка 6

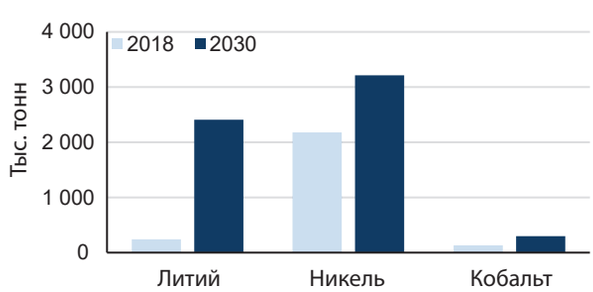
В 2018 году началось осуществление проекта ЕЭК ООН «Комплексное управление энергетическими и водными ресурсами в поддержку устойчивого развития в странах Юго-Восточной Европы и Центральной Азии» при участии Боснии и Герцеговины, Казахстана, Кыргызстана и Сербии. В рамках РКООН разработаны руководящие указания по управлению социальными и экологическими аспектами на протяжении всего цикла освоения природных ресурсов. Распространяемый РКООН передовой опыт позволяет глубоко изучить подходы, которые могут помочь превратить проблемы в возможности.

4.7 Устойчивое управление ресурсами для разработки решений по аккумулированию энергии

Устойчивая практика управления ресурсами, основанная на принципах экономики замкнутого цикла и включающая полный спектр Повестки дня на период до 2030 года, должна быть прописана в первых строках национальных стратегий.

Удовлетворение потребностей энергетически устойчивого будущего обернется последствиями для ресурсной базы стран, а также скажется на наличии, стоимости и цене критически важных сырьевых материалов и редкоземельных минералов. Для производства энергии, например для батарей и технологий возобновляемой энергетики, сегодня требуется более 80 элементов периодической таблицы, в том числе литий, кобальт и никель (см. рис. 22). Добыча этих важнейших материалов и минералов в производственных целях станет серьезной проблемой. Уже сейчас происходит изменение геополитических отношений, поскольку эти материалы находятся в ограниченном количестве стран.

РИС. 22
Мировой спрос на металлы

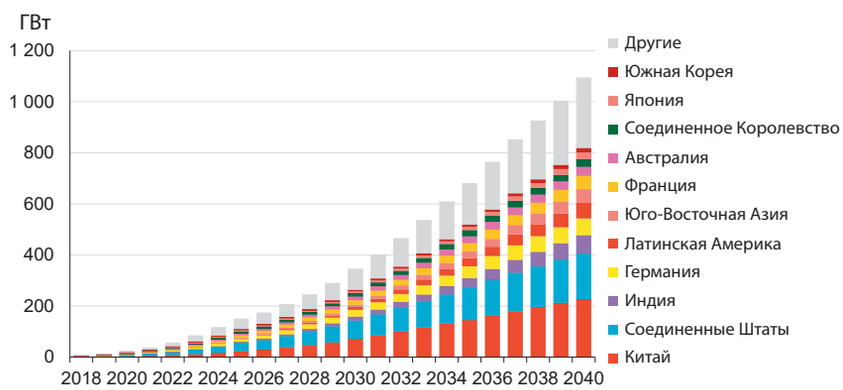


Источник: WEF, Global Battery Alliance 2019.

Ожидается, что с ростом эффективности и стоимостной конкурентоспособности аккумуляторных батарей спрос на эти технологии будет расти в геометрической прогрессии (см. рис. 23). По данным агентства Bloomberg NEF, в период с 2010 по 2018 год средняя стоимость батареи снизилась на 85% и достигла 176 долл. США за кВт/ч. Ожидается, что в течение следующего десятилетия цена продолжит снижаться и достигнет 94 долл. США за кВт/ч к 2024 году и 62 долл. США за кВт/ч к 2030 году (Bloomberg NEF 2019a). Сложно сказать, насколько реалистичен такой экспоненциальный тренд. Тем не менее электрификация энергосистемы продолжается, и разработка батарей является ключевым компонентом электрифицированного будущего. В настоящее время наша модель не предусматривает масштабного учета этого аспекта, и данный вопрос требует дальнейшей проработки на следующих этапах проекта.

РИС. 23

Емкость систем хранения энергии на основе аккумуляторных батарей в некоторых странах



Источник: BloombergNEF 2019b.

«Если XX век был веком двигателя внутреннего сгорания, то XXI век принадлежит аккумуляторам».

Аккумуляторные батареи имеют ограниченный срок службы, и со временем их емкость уменьшается. Важно найти решения, позволяющие продлить срок их службы путем перепрофилирования. Например, можно повторно использовать аккумуляторы электромобилей в электроэнергетике, особенно с учетом того, что многообразие конструкций затрудняет их демонтаж для утилизации. Когда емкость батареи оказывается исчерпана полностью, то возникает необходимость поиска решений, ограничивающих их воздействие на окружающую среду. Уменьшить спрос на материалы и их стоимость, а также повысить ресурсную безопасность могут альтернативные технологии, инновации, приемлемые международные стандарты и внедрение принципов экономики замкнутого цикла. Это область, которая потребует дополнительного анализа на фоне продвижения региона по пути широкомасштабной электрификации. Наиболее компетентными для рассмотрения данной проблемы в рамках ЕЭК ООН являются Группа экспертов по управлению ресурсами и Группа экспертов по экологически более чистым электроэнергетическим системам.

5. ВЫВОДЫ

Достижение целей устойчивой энергетики является сложной социальной, политической, экономической и технологической задачей. Хотя страны ЕЭК ООН не пришли к согласию относительно вариантов коллективного достижения целей энергетики в интересах устойчивого развития, результаты моделирования показывают, что каждой стране следует идти своим путем, исходя из своих экономических возможностей и природных ресурсов. Эффективность этого процесса можно намного повысить за счет международного сотрудничества и инноваций, которые способны обеспечить появление более оперативных и масштабных стратегий.

Диалог, который страны ведут после формирования политики и процесса моделирования, уже стал для них важным шагом вперед. Он высветил компромиссы и непредвиденные последствия в сложной системе, включающей цели и задачи Повестки дня на период до 2030 года, национальные проблемы в области энергетики, качество жизни и социальные аспекты в сочетании с экологическими и экономическими стратегиями. Кроме того, он показал важную роль ЕЭК ООН как региональной комиссии в объединении усилий заинтересованных сторон.

Моделирование показывает, что, по прогнозам, нынешние ОНУВ приведут к некомфортно высокому уровню глобального потепления. Для ограничения глобального потепления до 2 °C региону ЕЭК ООН необходимо уменьшить свою зависимость от ископаемых видов топлива с более чем 80% примерно до 50% и сократить выбросы CO_2 или обеспечить их улавливание в объеме не менее 90 Гт к 2050 году. С учетом предусмотренных моделью технологий и соответствующих сроков этот переход необходимо начинать немедленно.

Стратегии, требующиеся для продвижения по пути перехода к устойчивой энергетике, включают незамедлительное принятие мер по повышению энергоэффективности, ограничению выбросов ПГ посредством сокращения использования ископаемых видов топлива и одновременного внедрения технологий улавливания углерода, а также осуществление инвестиций в возобновляемую и низкоуглеродную энергетику в тех субрегионах, где ощущается особая нехватка инфраструктуры возобновляемой энергетики, например на Кавказе, в Центральной Азии, Южной и Юго-Восточной Европе.

Вплоть до 2050 года масштаб перехода будет значительным и, чтобы избежать серьезного воздействия на климат, мировому сообществу придется заплатить за этот переход весомую цену. Согласно опубликованным исследованиям, эта цена не представляется неподъемной и, по всей вероятности, окажется гораздо менее существенной, чем воздействие изменения климата на ВВП. Поскольку энергетический переход сопряжен с соответствующими затратами, он создаст во всем регионе новые проблемы в плане ценовой доступности энергии. Этот переход должен охватить и перенести в новую реальность людей из всех слоев общества, чтобы никто не был забыт.

После 2050 года потребуются новые энергетические технологии с нулевым или отрицательным выбросом углерода, которые необходимо разработать. Как показало моделирование, не существует экономически рационального сценария, по которому зависимость региона ЕЭК ООН от ископаемого топлива окажется ниже 50% к 2050 году. Это связано с тем, что, в отличие от электроэнергетики, при нынешнем уровне технологий очень трудно заменить возобновляемой энергией горючее для транспорта и тяжелой промышленности.

Вне зависимости от используемого подхода странам понадобится механизм для проведения общего, информированного диалога на региональном и субрегиональном уровнях. Необходимы партнерские отношения, всеобъемлющий диалог и тесное сотрудничество как на субрегиональном, так и на региональном уровне. Этот проект является хорошим средством для столь необходимого осознанного сотрудничества в области устойчивой энергетики, для которого требуется надежный источник общедоступных актуальных знаний, единый набор информации и прогнозов, интерпретируемый широким кругом заинтересованных сторон и экспертов.

6. ПРИЛОЖЕНИЕ

6.1 Процесс создания сценариев

Таблица 1
Описание и варианты сценариев

Группа	Характеристики		
	№	Название	Переменные (варианты)
Глобальная политическая и экономическая ситуация	1	Степень сотрудничества в области ЦУР	Низкая
			Высокая
	2	Руководящая роль ключевых стран (США, Китай, ЕС, другие)	Руководящая роль всех или многих
			Недостаточность руководящей роли
	3	Стоимость/доступность энергии	Высокая стоимость и низкая доступность
			Низкая стоимость и высокая доступность
	4	Нексусный подход «продовольствие, вода, энергия и земельные ресурсы»	Изобилие всех ресурсов
			Дефицит некоторых или всех ресурсов
Технологические разработки	5	Передовые технологии и бизнес-модели	Низкотехнологичные усовершенствования, стандартная бизнес-модель
			Передовые технологии и сервисная бизнес-модель
	6	Воздействие информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и развитие сетей	Развитие «умных» сетей
			Примитивные и ограниченные сети
	7	Аккумулирование энергии	Недорогие и широко распространенные решения
			Дорогостоящие и характерные для конкретного региона
	8	Улавливание и хранение углерода (УХУ) доступно по конкурентоспособной цене	Способно конкурировать с ценой на углерод
			Неконкурентоспособно
	9	Широкий спектр конкурентоспособных низкоуглеродных технологий	Доступны единичные технологии
			Доступно большое количество технологий (возобновляемая энергетика, ядерная энергетика, УХУ)
Разработка политики в области энергетики	10	Эффективные цены на углерод	6 долл. США за тонну
			Более 300 долл. США за тонну
	11	Налоги/субсидии	Поддержка обычной энергетики
			Поддержка низкоуглеродной энергетики
	12	Осведомленность о множественных преимуществах энергоэффективности	Разобщенность политики в области энергоэффективности и энергетики
			Комплексная политика в области энергоэффективности и энергетики
	13	Свободные или регулируемые рынки	Свободные рынки
			Жестко регулируемые рынки

6.2 Концепция системы раннего оповещения

В рамках концепции системы раннего оповещения[22] особое внимание уделяется важным аспектам системы раннего оповещения и планирования, в том числе специфическим для адаптивных политических путей к достижению целей устойчивой энергетики. Для этого необходим итеративный процесс (см. рис. 24).

Политика в области устойчивой энергетики оказывает влияние на мировую экономику и окружающую среду, а не только на регион ЕЭК ООН. Эти глобальные изменения можно отследить и включить в модель, делая тем самым процесс регионального мониторинга более объективным и актуальным. Любые отклонения могут привести к пересмотру первоначальных целевых показателей и корректировке целей в сфере устойчивой энергетики. Целевые показатели устойчивой энергетики и обновленные исходные допущения могут затем быть использованы для моделирования адаптивных путей к достижению этих целевых показателей. Полученные в результате моделирования наработки могут затем быть использованы для содействия разработке политики путем предоставления наиболее свежей информации.

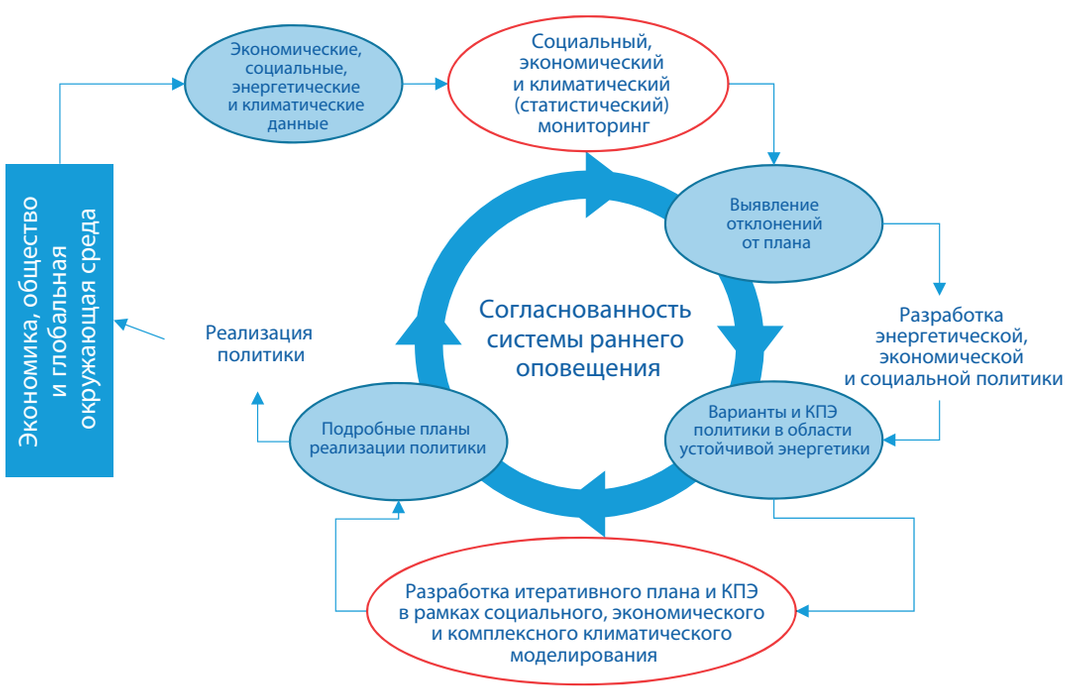
При соответствующей организации этот процесс может стать итеративным. Предполагается, что этот процесс необходимо будет повторять каждые несколько лет в целях обеспечения достаточного периода времени для получения заметных результатов и внесения изменений в глобальную систему в результате принятых политических мер.

Общая концепция способствует использованию сценариев, чтобы продемонстрировать, как и при помощи каких методов и показателей можно заранее и гарантированно выявить непредвиденные и нежелательные события.

Кроме того, этот подход позволяет лучше понять возможные причины нежелательных явлений, позволяя принимать оперативные меры в соответствующих областях.

РИС. 24

Элементы системы раннего оповещения и планирования, подчеркивающие роль показателей и моделирования



[22] Полная версия документа «Концепции системы раннего оповещения» размещена на веб-сайте проекта «Пути перехода к устойчивой энергетике» https://www.unece.org/energy/pathwaystose.html.

6.3 Увязывание основных компонентов устойчивой энергетики с Повесткой дня на период до 2030 года

Достигнутые недавно международные соглашения в интересах устойчивого будущего, в частности связанные с энергетикой ЦУР и последующие обязательства, принятые в рамках КС 21, состоявшейся в декабре 2015 года, обеспечивают важный контекст для проекта. Согласно Повестке дня на период до 2030 года, страны должны продолжать предусмотренную их национальными программами согласованную и ускоренную деятельность в области устойчивой энергетики в целях увязывания растущей мировой потребности в энергетических услугах со смягчением воздействия разработки и использования энергетических ресурсов. Актуальное для директивных органов определение «устойчивой энергетики» должно быть увязано с этими важнейшими международными соглашениями.

На рис. 25 показано, как ЦУР могут помочь в определении понятия «Энергетика для устойчивого развития». Он дает представление о связи всех ЦУР с энергетикой. Непосредственные связи собраны в центре диаграммы. Косвенные связи распределены по ее периметру. На рис. 25 также показано, как ЦУР соотносятся с тремя основными компонентами устойчивой энергетики, подробное описание которых см. выше.

РИС. 25
Увязывание с ЦУР при определении концепции «энергетики для устойчивого развития»

В рамках компонента **«Энергетика и окружающая среда»** особое значение, помимо ЦУР 7, имеют еще три ЦУР: ЦУР 6 «Чистая вода и санитария», ЦУР 12 «Рациональные модели потребления и производства» и ЦУР 13 «Борьба с изменением климата».

- Связь **ЦУР 6** с энергетикой обусловлена значительным количеством воды, которое потребляет энергетическая отрасль, например в процессе выработки электроэнергии на ГЭС или при использовании воды для охлаждения в процессе производства тепловой энергии. Конкуренция за водные ресурсы приводит к появлению нексуса, требующего комплексного водно-энергетического подхода, который в некоторых случаях выходит за пределы национальных границ.
- **ЦУР 7** представляет собой *непосредственно* цель в области энергетики из всех 17 ЦУР. Она ориентирована на «обеспечение доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех». Согласно поставленным относительно этой цели задачам, необходимо: увеличить долю энергии из возобновляемых источников, удвоить глобальный показатель повышения энергоэффективности, продвигать более чистые технологии использования ископаемого топлива и обеспечить всеобщий доступ к недорогому, надежному и современному энергоснабжению. Кроме того, в рамках задач предусмотрена активизация международного сотрудничества и поощрение инвестиций в исследования и технологии и инфраструктуру в области экологически чистой энергетики.
- **ЦУР 12** ориентирована на повышение значимости экономики замкнутого цикла. Энергетическая отрасль играет решающую роль в достижении целей, связанных с эффективностью использования ресурсов. Устойчивое использование энергии является важным аспектом как ЦУР 12, так и ЦУР 7. ЦУР 12 также включает поэтапный отказ от субсидий на ископаемые виды топлива, деформирующих энергетический рынок. Это отрицательно скажется на экономике производства энергии на основе ископаемого топлива и, следовательно, уменьшит воздействие на окружающую среду за счет снижения выбросов парниковых газов. Еще одним связующим моментом является осведомленность и применение мер по энергосбережению и повышению энергоэффективности.
- **ЦУР 13** обеспечивает связь с национальными обязательствами по смягчению последствий изменения климата – так называемыми «определяемыми на национальном уровне вкладами» (ОНУВ), – которые необходимо будет выполнить до 2030 года. ОНУВ являются центральной частью Парижского соглашения о совместных усилиях по удержанию глобального потепления на уровне значительно ниже 2 °C. На долю энергетической отрасли приходится около двух третей всех выбросов парниковых газов, следовательно, это крайне важная отрасль, которую необходимо включать в любую деятельность по смягчению последствий изменения климата и адаптации к ним.

В рамках компонента **«Энергетическая безопасность»** особо значимыми с точки зрения энергетики являются ЦУР 8 «Достойная работа и экономический рост», ЦУР 9 «Промышленность, инновации и инфраструктура», ЦУР 11 «Устойчивые города и населенные пункты» и ЦУР 12 «Рациональные модели потребления и производства».

- Связь **ЦУР 8 и 12** с энергетической безопасностью обусловлена тем, что энергия является важнейшим фактором экономического роста, а ЦУР 12 требует перехода к более устойчивой модели экономического роста на основе совершенствования энергетической отрасли. Необходимо устранить связь между экономическим ростом, с одной стороны, и спросом на энергию и ухудшением состояния окружающей среды – с другой. Ключевые целевые области включают уменьшение экологического следа энергетической отрасли, повышение эффективности использования ресурсов и потребления в энергетической производственно-сбытовой цепочке и улучшение показателей энергоемкости во всех отраслях экономики.

- **ЦУР 9** охватывает энергетику, энергоемкие отрасли промышленности, энергетические инновации и всю энергетическую инфраструктуру. Для достижения ЦУР 9 необходимы энергетический переход к жизнеспособным и устойчивым энергетической инфраструктуре и использованию ресурсов, а также развитие, распространение и локальная адаптация энергетических технологий.
- К **ЦУР 11** относятся переход и развитие устойчивой и жизнеспособной городской энергетической инфраструктуры, устойчивое электроснабжение городов, городских и сельских районов, а также электрификация транспорта и разработка экологически чистых видов горючего для транспорта. Еще одним важным аспектом является энергоэффективность зданий.

В рамках компонента **«Энергетика для качества жизни»** особо значимыми с точки зрения энергетики являются ЦУР 2 «Ликвидация голода», ЦУР 7 «Недорогая и чистая энергия», ЦУР 11 «Устойчивые города и населенные пункты» и ЦУР 17 «Партнерства».

- **ЦУР 2** связана с энергетическим сектором через нексус «продовольствие-вода-энергия» ввиду конкуренции за ресурсы с продовольственным сектором. Аграрный сектор является активным потребителем как воды, так и энергии. Может возникать конкуренция за ресурсы между биоэнергией и производством продовольствия, как в случае с кукурузой.
- Связи **ЦУР 7, 11** и **12** аналогичны приведенным в отношении двух предыдущих компонентов.

6.4 Оценка «Устойчивой энергетики» в рамках моделей комплексной оценки

Одним из ключевых компонентов проекта является численное моделирование сценариев климатического воздействия, развития технологий и сценариев политики. Для этого была использована комбинация методов моделирования «снизу вверх» и «сверху вниз». Для моделирования различных социально-экономических, технологических и климатических показателей необходимо введение данных относительно параметров и допущений в цифровом виде. Кроме того, чтобы установить конкретные цели в области устойчивой энергетики до 2050 года, в модели были включены числовые ограничители[23].

Разработка числовых входов, относящихся к разработке политики в области устойчивой энергетики, является нетривиальной задачей. Используемые модели обладают большим количеством исходных и выходных параметров с возможностью их выбора. Сложности также возникают с введением новых параметров, еще не включенных в наборы данных.

Цель проекта заключалась в определении набора наиболее значимых показателей, которые наилучшим образом отражают представленное выше определение устойчивой энергетики. В рамках проекта они могут использоваться в качестве ключевых показателей эффективности (КПЭ). Список КПЭ был разработан после расширенных консультаций с заинтересованными сторонами.

6.5 Краткий обзор КПЭ проекта «Пути перехода» для устойчивой энергетики

В таблице ниже приведены КПЭ, которые можно моделировать и затем использовать для представления и анализа моделируемых сценариев.

[23] Пояснения по терминологии см. в глоссарии.

Таблица 2
Показатели для оценки компонента «Энергетическая безопасность»

Обозначение	Наименование	Измерение в рамках модели	Интерпретация и анализ/ связь с ЦУР
ES-M1	**Энергетическая самообеспеченность: чистый импорт**	Чистый импорт в каждом субрегионе и регионе ЕЭК ООН в целом	Относится к ЦУР 8 и 9. Интерпретируется в контексте регионального сотрудничества и взаимодействия.
ES-M2	**Энергоэффективность**	Энергоемкость: единицы энергии на единицу ВВП (Дж/долл. США по ППС) Показатель улучшения энергоемкости (% СПУГ) Эффективность преобразования	Относится к выполнению задачи ЦУР 7.3, а именно к 2030 году удвоить глобальный показатель повышения энергоэффективности. Энергоемкость является показателем для ЦУР 7.3. Интерпретируется в контексте как термодинамической эффективности преобразования, так и энергоэффективности экономики.
ES-M3	**Потребности в инвестициях для достижения устойчивости энергетики**	Инвестиции в энергетику от ВВП (% ВВП)	Относится к ЦУР 7.A и ЦУР 13.A. Интерпретируется в контексте последствий и приемлемости для финансирования.
ES-M4	**Разнообразие предложения: энергетический баланс в энергетике и электроэнергетике**	Доля различных видов топлива в общем конечном потреблении энергии (ОКПЭ) и общем предложении первичной энергии (ОППЭ) и электроэнергии (в %)	Относится к задаче ЦУР 7.2 «значительно увеличить долю энергии из возобновляемых источников в мировом энергетическом балансе». Интерпретируется в контексте диверсификации источников предложения, доли в поставках энергии низкоуглеродного/ископаемого топлива и т. д.

Таблица 3
Показатели для оценки компонента «Энергетика для качества жизни»

Обозначение	Наименование	Измерение в рамках модели	Интерпретация и анализ/ связь с ЦУР
QL-M1	**Доступ к энергетическим услугам**	Энергетические/ электроэнергетические услуги на душу населения (скорректированные с учетом эффективности энергопотребления) (Дж/на душу населения/год)	Относится к задаче ЦУР 7.1: к 2030 году обеспечить всеобщий доступ, и ЦУР 1.
QL-M2	**Экономическая доступность энергии**	Общие расходы энергии на единицу ВВП на душу населения	Относится к ЦУР 1 и ЦУР 7. Интерпретируется в контексте энергетической бедности и доходов домашних хозяйств, израсходованных на энергию.
QL-M3	**Продовольственная безопасность**	Доля калорий, приходящихся на неосновные продукты (в %) *(только модель GCAM)*	Относится к задаче ЦУР 2.4 (устойчивое сельское хозяйство), задаче ЦУР 2.3 (сокращение потерь продовольствия) и задаче ЦУР 13.1 (воздействие изменения климата). Интерпретируется с акцентом на взаимосвязи между устойчивым генерированием биоэнергии (твердой биомассы) и производством продовольствия.

Таблица 4
Показатели для оценки компонента «Энергетика и окружающая среда»

Обозначение	Наименование	Измерение в рамках модели	Интерпретация и анализ/ связь с ЦУР
EE-M1	**Объем выбросов ПГ в энергетическом секторе**	Общие глобальные выбросы ПГ энергетического сектора в Мт экв. CO_2/год	Относится к ЦУР 13.
EE-M2	**Загрязняющие воздух выбросы в энергетике**	Выбросы в энергетическом секторе диоксида серы (SO_2), оксидов азота (NO_x), дисперсного вещества ($PM_{2,5}$); в ppm или мкг/м^3	Относятся к ЦУР 3.9.1.
EE-M3	**Эффективность водопользования и нагрузка на водные ресурсы, создаваемая энергетическим сектором**	Использование воды в электроэнергетике для охлаждения (л/кВт-ч) Водопользование, связанное с добычей энергетических ресурсов (абсолютное потребление в литрах на ГДж или л/ГДж)	Относится к задачам ЦУР 6.4.1 «существенно повысить эффективность водопользования» и ЦУР 6.4.2, связанной с решением проблемы «значительного сокращения числа людей, страдающих от нехватки воды». Интерпретируется в контексте водопользования в энергетическом секторе: выработка электроэнергии и водопотребление в отраслях, добывающих энергетические ресурсы.

Эти КПЭ рассматривались в качестве выходных параметров, и их отслеживание осуществлялось в целях определения воздействия политики в рамках сценария. Кроме того, некоторые из них использовались в качестве заданных значений (ограничений модели), и в этом случае модель использовала их как значения целевого показателя, исходя из которых оценивалось функционирование других выходных параметров.

Присвоение заданных значений может осуществляться в отношении следующих КПЭ:

Выбросы парниковых газов в энергетическом секторе

Принимая во внимание Парижское соглашение КС 21, сценарии политики в рамках проекта направлены на ограничение глобального потепления максимум до 2 °C. Значение целевого показателя, или ограничения для модели, ограничивает совокупные общие глобальные выбросы парниковых газов в энергетической отрасли за оставшуюся часть XXI века, с тем чтобы повышение температуры было ниже его максимального предела, установленного на уровне 2 °C. Помимо этого сценария «От Парижа до 2 °C», также существуют базовый сценарий, основанный на ССП 2[24] и сценарий ОНУВ, в рамках которого рассматриваются результаты без введения ограничений в пределах 2 °C. Эти сценарии помогают оценить разрыв между существующей политикой и целями в области устойчивой энергетики, согласованными в рамках проекта.

[24] Исходные допущения основаны на совместных социально-экономических путях (ССП). Преимущество использования ССП заключается в том, что они были разработаны международным исследовательским сообществом, включая МИПСА и ТС3НЛ, посредством ряда итераций в целях получения пяти сценарных нарративов, описывающих альтернативные социально-экономические изменения и вероятные основные глобальные изменения. ССП используются для анализа обратных связей между изменением климата и социально-экономическими факторами, а также в целях разработки сценариев для использования научно-исследовательским сообществом. ССП включает качественные нарративы и количественные элементы. Для разработки проектных сценариев будут использоваться основные социально-экономические допущения, принятые в ССП 2 и в соответствующих наборах данных. ССП 2 будет принят в проекте «Пути» за базовый сценарий («сценарий без учета политики»). Он представляет собой «промежуточный путь». Подробное описание ССП см. в Riahi K. et al (2017): The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. In: Global Environmental Change 42 (2017) 153–168.

Загрязняющие воздух выбросы в энергетике

Выбросы в энергетическом и транспортном секторах, включая в том числе диоксид серы (SO_2), оксиды азота (NO_x), дисперсное вещество ($PM_{2,5}$) и другие. Были включены в модель в качестве ограничителей.

Экономическая доступность энергии

В соответствии с задачей ЦУР 7.1, к 2030 году необходимо обеспечить всеобщий доступ к электроснабжению. Поскольку в регионе ЕЭК ООН официально обеспечен 100-процентный доступ к электроснабжению, данный показатель оценивает доступность энергетических услуг. Был установлен желаемый целевой показатель, согласно которому расходы на энергию должны составлять не более 10% от располагаемого дохода. Этот показатель не является ограничителем, который может использоваться для приближения модели к решению, в связи с чем рассчитать его можно только в сочетании с другими результатами моделирования.

СПРАВОЧНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Bauer, N. et al. (2017), "Shared Socio-Economic Pathways of the Energy Sector – Qualifying the Narratives", Global Environmental Change, No. 42, pages 316-330, http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.07.006

Bloomberg New Energy Finance (2019a), "A Behind the Scenes Take on Lithium-ion Battery Prices", https://about.bnef.com/blog/behind-scenes-take-lithium-ion-battery-prices/

Bloomberg New Energy Finance (2019b), "Energy Storage Investments Boom As Battery Costs Halve in the Next Decade", https://about.bnef.com/blog/energy-storage-investments-boom-battery-costs-halve-next-decade/

Consoli, Christopher and N.Wildgust (2017), "Current Status of Global Storage Resources". In Energy Procedia, Volume 114, pages 4623-4628, https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.1866

Economist Intelligence Unit (EIU) (2019), "Resilience to Climate Change?", file:///G:/Energy/Energy%20Committee/Projects/Pathways%20to%20Sustainable%20Energy/Content,%20Publications/BIG%20REPORT%202019/FINAL%20REPORT/Resilience-to-climate-change.pdf

Fricko, O. et al. (2016), "The marker quantification of the Shared Socioeconomic Pathways 2: A middle-of-the-road scenario for the 21st century", Global Environmental Change, http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.06.004

Gas Exporting Countries Forum (GECF) (2019), "Role of Natural Gas in Meeting Sustainability and Climate Challenges", https://www.gecf.org/_resources/files/publications/gecf_role_natural_gas_global_climate_agenda.pdf

German Institute for Economic Research, Wuppertal Institute, Ecologic Institute (eds.) (2019), "Phasing out Coal in the German Energy Sector. Interdependencies, Challenges and Potential Solutions", https://www.ecologic.eu/sites/files/publication/2019/3537-kohlereader_englisch-final.pdf

Global CCS Institute (2017): "The Global Status of CCS 2017", https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2018/12/2017-Global-Status-Report.pdf

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2011), "Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation", https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/SRREN_Full_Report-1.pdf

International Energy Agency (2015): "Energy Policies Beyond IEA Countries: Caspian and Black Sea Regions", www.oecd.org/publications/energy-policies-beyond-iea-countries-caspian-and-black-sea-regions-2015-9789264228719-en.htm

International Energy Agency (2018): "Market Report Series: Energy Efficiency", https://webstore.iea.org/market-report-series-energy-efficiency-2018

International Gas Union (IGU) (2017), "The Natural Gas Industry Methane Emissions Challenge", https://www.igu.org/publication/263919/31

OpenExp (2019), "European Energy Poverty Index: Assessing Europe's Energy Inequality" based on DG Energy ad-hoc data collection, https://www.openexp.eu/european-energy-poverty-index-eepi

Roy, R. and N. Braathen (2017), «The Rising Cost of Ambient Air Pollution thus far in the 21st Century: Results from the BRIICS and the OECD Countries», OECD Environment Working Papers, No. 124, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/d1b2b844-en

United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) (2017a), "Deployment of Renewable Energy: The Water-Energy-Food-Ecosystem Nexus Approach to Support the Sustainable Development Goals", http://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/water/publications/WAT_NONE_7_Deployment/060617_v3_FINAL_Deployment_of_renewable_energy-_The_water-energy-food-ecosystems_nexus_approach_to_support_the_SDGs_complete_LR_map-manually-corrected.pdf

United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) (2017b): "Global Tracking Framework: UNECE Progress in Sustainable Energy", https://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/images/CSE/publications/Global_Tracking_Framework_-_UNECE_Progress_in_Sustainable_Energy.pdf

United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) and Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN 21) (2017), "UNECE Renewable Energy Status Report", https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/REN21_UNECE_Renewable_Energy_Status_Report_2017_Report_FINAL.pdf

United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) (2019), "How natural gas can support the uptake of renewable energy", UNECE, Sustainable Energy Division

World Coal Association (2015), "SaskPower's Boundary Dam CCS project", https://www.worldcoal.org/saskpowers-boundary-dam-ccs-project-proof-coal-part-future

World Economic Forum, Global Battery Alliance (2019), "A Vision for a Sustainable Battery Value Chain in 2030", http://www3.weforum.org/docs/WEF_A_Vision_for_a_Sustainable_Battery_Value_Chain_in_2030_Report.pdf