

РЕГИОНАЛЬНЫЙ ТРЕНИНГ ПО КОМПЛЕКСНОМУ АНАЛИЗУ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГЕТИКИ И КЛИМАТА НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ

г. Алматы, 24-27 сентября 2024

Рокко Де Мильо,
Эксперт по моделированию энергетического сектора, SECCA

Введение

Учебные занятия для страновых «подразделений по моделированию»

Рабочий поток / Задачи	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Моделирование энергетических систем						
Создание местных "подразделений по моделированию"						
Вводная встреча (удаленная)						
Подготовка к учебным заданиям						
Региональный семинар/тренинг 1						
Региональный семинар/тренинг 2						
Региональный семинар/тренинг 3						
Постоянный диалог и совместная работа						

К концу занятий слушатели будут разбираться в теоретических основах комплексного интегрированного анализа энергетики и климата, смогут критически анализировать исследования и отчеты на основе моделей и формулировать комментарии, а также смогут систематизировать данные и ключевые факторы для проведения простых национальных и региональных упражнений по моделированию

Учебные занятия для страновых «подразделений по моделированию»

			Перед семинаром	Семинар1	Дом. задан.	Семинар2	Дом. задан.	Семинар3	Дом. задан.	Итого
Имя	Должность	Кол-во дней			до		до		до	
XYZ	Младший эксперт по странам - X	В домашних+ полевых условиях		4	5	3	5	4	4	25

Конкретные задачи, которые будут решаться, включают:

- поддержка сбора и анализа энергетических (и неэнергетических) данных для количественного анализа на основе моделей;
- поддержка сбора и интерпретации национальной политики и факторов, связанных с энергетикой и климатом (для разработки сюжетных линий исследований);
- поддержка в подготовке отчетных материалов и презентаций;
- ведение общих папок (или аналогичных совместных хранилищ), где хранятся и систематизируются интересующие материалы (наборы данных, документы, разработки);
- предоставление обратной связи и идей для будущего развития инструментов (на следующем этапе, если потребуется)
- работа под руководством руководителя проекта SECCA и в тесном сотрудничестве с экспертами SECCA

Повестка дня (гибкая)

День 1

9:30 – 12:30:

- Знакомство / установление контакта
- Проект SECCA - страновые подразделения по моделированию

12:30 – 13:30 *Перерыв на обед*

13:30 – 16:30:

- Введение в анализ энергетических и климатических систем
- Введение в моделирование энергетических и климатических систем
- Обсуждение, вопросы и ответы и подведение итогов

представить предложение SECCA (подход, план работы, сфера охвата)

День 2

9:30 – 12:30:

- Эталонная энергетическая система
- Основные входы/выходы

12:30 – 13:30 *Перерыв на обед*

13:30 – 16:30:

- Пример модели: Демонстрационная модель
- Обсуждение, вопросы и ответы и подведение итогов

понять логику, лежащую в основе модельного анализа энергетических и климатических систем

практиковать базовые навыки и принципы анализа на основе моделей

День 3

9:30 – 12:30:

- Анализ на основе модели: демонстрация
- Анализ на основе модели: демонстрация

12:30 – 13:30 *Перерыв на обед*

13:30 – 16:30:

- Упражнение под руководством преподавателя и домашнее задание (презентация задания)
- Обсуждение, вопросы и ответы и подведение итогов

Учебные занятия для страновых «подразделений по моделированию»

Каковы ваши важнейшие стратегические вопросы в области энергетики и климата?
Проект SECCA может помочь вам сформулировать и исследовать их

Нестандартное мышление

Принятие решений на основе фактических данных

Условия для диалога/
сотрудничества/
прозрачности

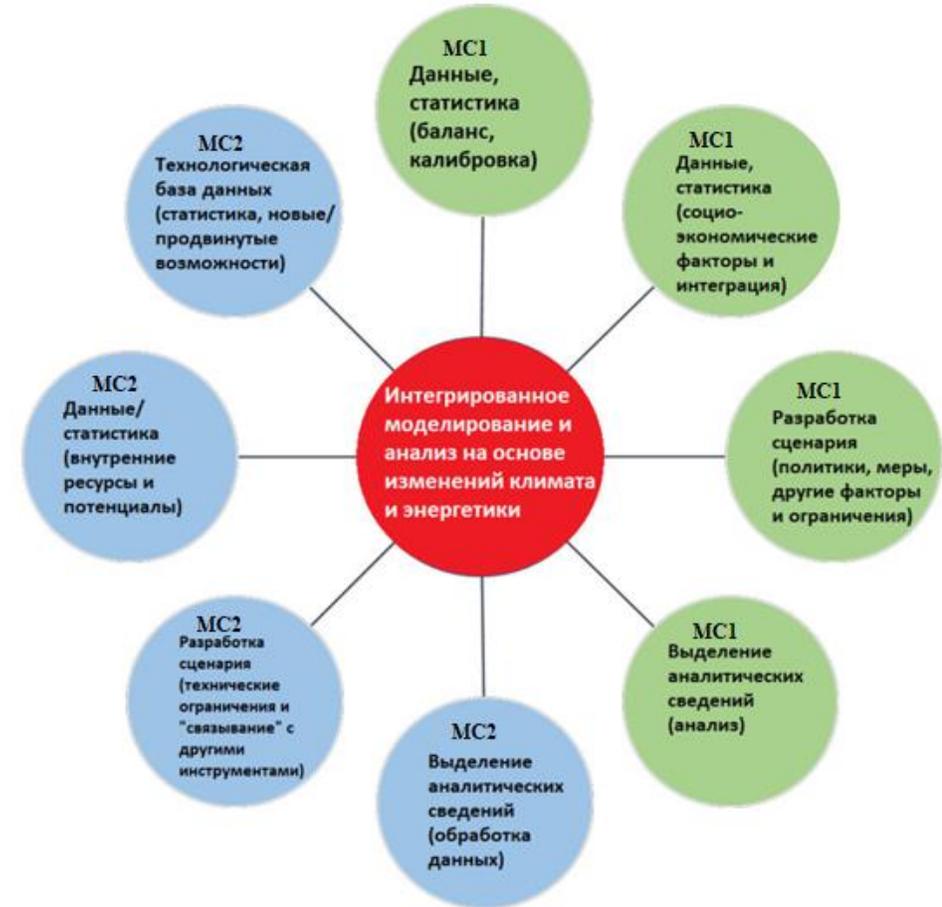
Меж- и транс-дисциплинарность



Моделирование – это не только «моделирование»

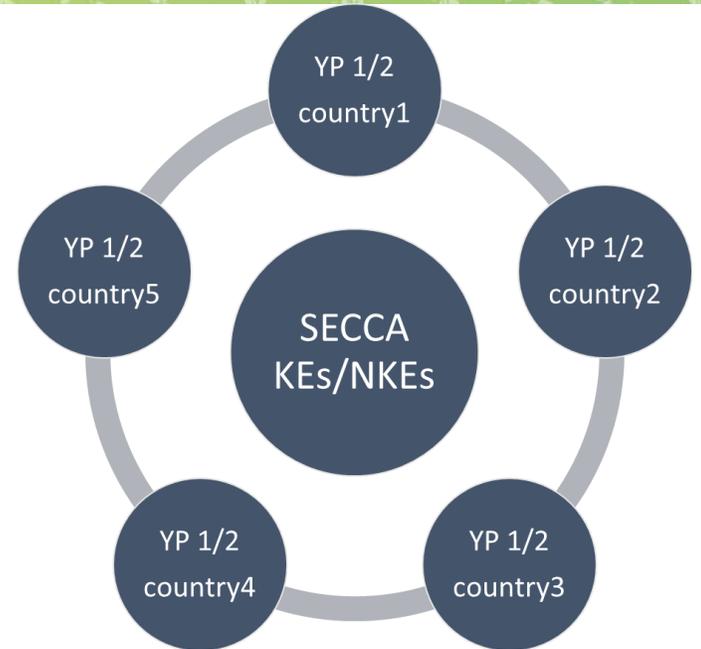
Существует множество способов, подходов и методов (моделирования) для изучения эволюции ключевых показателей эффективности в области энергетики и климата с течением времени. Но, несмотря на различия, все они опираются на несколько фундаментальных основ и принципов, таких как:

- *понимание и интерпретация сложности систем реального мира;*
- *сбор, понимание, систематизация и использование данных (количественный анализ);*
- *анализ политических инструментов, позволяющих повернуть систему к желаемому состоянию.*



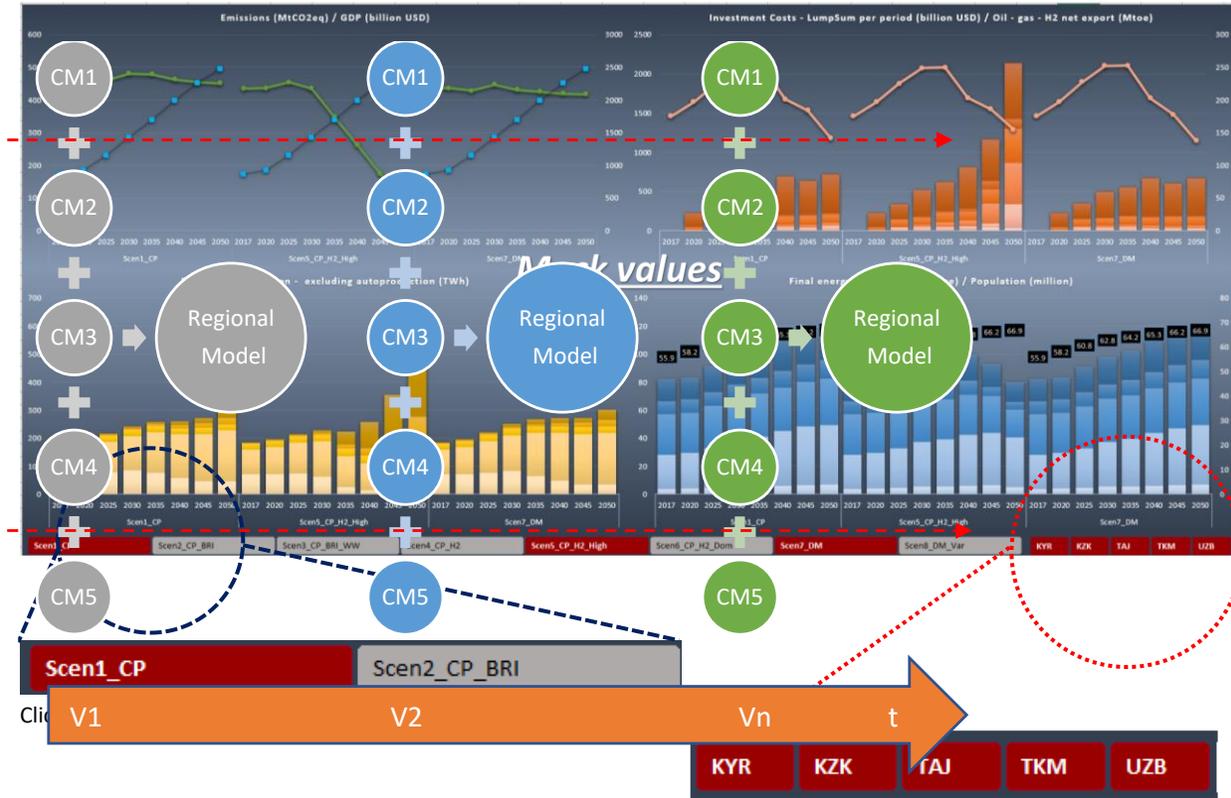
Страновые «подразделения по моделированию»

- создание долговременного прочного моста между деятельностью проекта SECCA и местными лицами, принимающими решения;
- совершенствование местного системного мышления и принятия решений, основанных на знаниях (управляемых данными), в энергетическом и климатическом секторах;
- получение практических результатов, выходящих за рамки срока действия проекта SECCA.



«Образ мышления» даже более важен, чем «инструменты»

Национальный и региональный анализ (координация/сотрудничество)



Click and view (country-specific KPIs)

Страновые репозитории (проект SECCA) – Создание учетной записи на github

Current repository: SECCA---Workshop-material
Current branch: main
Fetch origin: Last fetched just now

Changes: No branches to compare

History: Update README.md (Rocco De Miglio, 3 minutes ago)

Update README.md (Rocco De Miglio, 4 minutes ago)

Initial commit (Rocco De Miglio, 11 minutes ago)

1 changed file: README.md

```
@@ -1,2 +1,2 @@
1 - # SECCA - Workshop-material
2 - Data Repository (per country)
1 + # SECCA - Workshops - material
2 + Data and PaMs Repository (per country)
```

Current repository: SECCA---Workshop-material
Current branch: main
Fetch origin: Last fetched 2 minutes ago

Changes: No branches to compare

History: Update README.md (Rocco De Miglio, 4 minutes ago)

Update README.md (Rocco De Miglio, 5 minutes ago)

Initial commit (Rocco De Miglio, 12 minutes ago)

1 changed file: README.md

Context menu options: Create alias, Copy repo name, Copy repo path, View on GitHub, Open in Command Prompt, Show in Explorer, Open in Atom, Remove...

Name	Date modified	Type	Size
Kazakhstan	30/08/2024 16:50	File folder	
Kyrgyzstan	30/08/2024 16:50	File folder	
Tajikistan	30/08/2024 16:51	File folder	
Turkmenistan	30/08/2024 16:50	File folder	
Uzbekistan	30/08/2024 16:50	File folder	
.gitattributes	30/08/2024 16:50	GITATTRIBUTES File	1 KB
README	30/08/2024 16:58	MD File	1 KB

<https://docs.github.com/en/get-started/start-your-journey/creating-an-account-on-github>

<https://desktop.github.com/download/>

Анализ на основе моделей – Основы

Энергетические сценарии в сравнении с лицами, принимающими решения

Трудность: разрыв между «теорией и практикой»

Цель: поделиться некоторыми элементами/опытом для дальнейшего рассмотрения и обсуждения

Послание: Отсутствие (стандартной/уникальной) методологии разработки сценариев на основе моделей *КРОМЕ* некоторых «слабых» практик



Теория принятия решений

Теория принятия решений – это совокупность количественных методов, используемых для обоснования принятия решений на индивидуальном и популяционном уровнях.

Задействованные дисциплины: анализ рисков, анализ затрат и выгод и экономической эффективности, оптимизация/ имитационное моделирование, а также поведенческая теория принятия решений, микроэкономика, статистический анализ, когнитивная и социальная психология, информатика и наука о данных, ...

Исследование операций (область математики) фокусируется на практических приложениях, оно пересекается с другими дисциплинами, включая организацию производства и оперативное управление.

Нормативные модели рекомендуют людям, как им следует делать «**выбор**», или описательные модели, изображающие, как они на самом деле делают «**выбор**».

Поддержка принятия решений на основе моделей

Что мы делаем

Исследования

~~Предположения~~

Что мы получаем

Аналитические
сведения

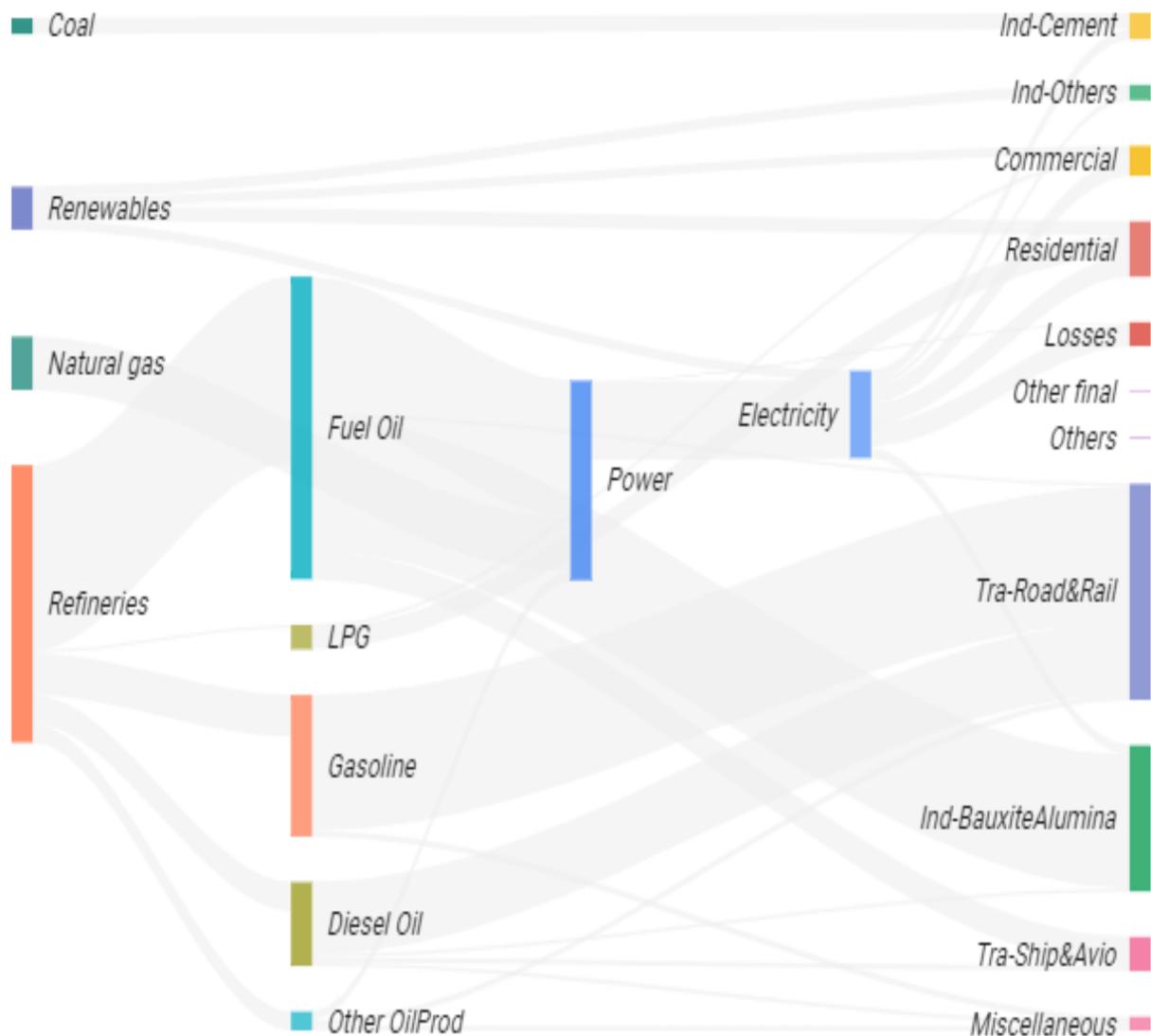
~~Прогнозы~~

К чему мы стремимся

Знания

~~“Истина”~~

В чем заключается трудность?



Основные вопросы

Возможные действия

Преобладание нефтепродуктов в системе

Диверсификация ассортимента

Зависимость от импорта (сырьевые и вторичные товары)

Снижение воздействия (финансового и снабженческого)

Низкая доля возобновляемых источников энергии в общем объеме поставок первичной энергии (вклад возобновляемых источников энергии в производство электроэнергии составляет около 10%)

Использование внутренних возобновляемых ресурсов

Транспорт и промышленность являются основными секторами энергопотребления

Отраслевые преобразования и передовые технологии

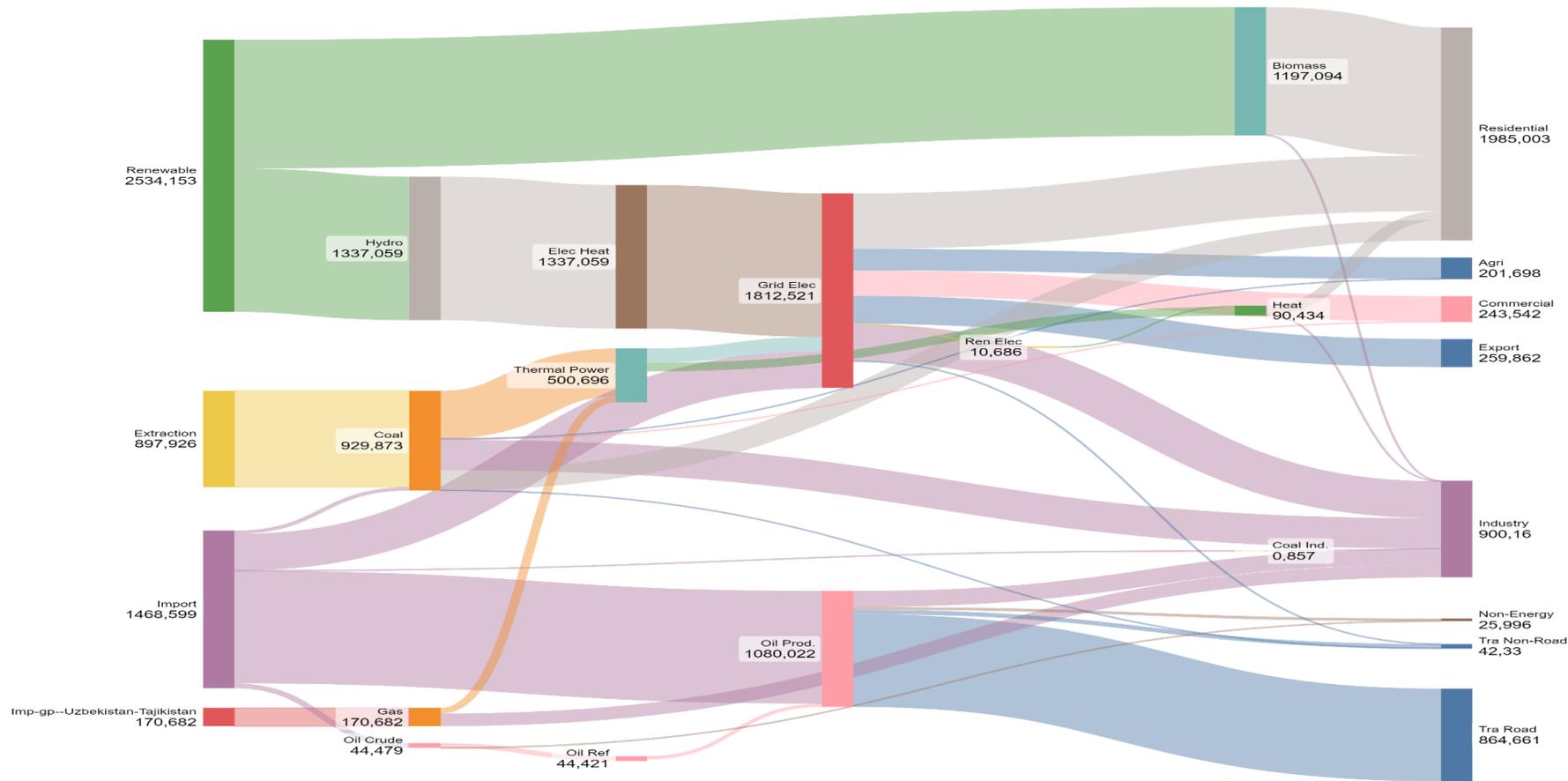
Значительные потери электроэнергии на НИОКР (даже превышающие потребление электроэнергии домашними хозяйствами)

Реконструкция сети и децентрализованная генерация электроэнергии

Использование твердой биомассы для приготовления пищи (угольные печи)

Обеспечение доступной и устойчивой энергетики для всех и улучшение качества воздуха

Пример: Диаграмма Сэнки – 2019 (тыс. т н.э.) – Таджикистан



[Ссылка](#)

Пример: Диаграмма Сэнки – 2019 (тыс. т н.э.) – Таджикистан

Table 2.1 - Targets for coal production in Tajikistan until 2040 (compilation of data from various strategic documents) and actual coal production in 2015 and 2020, million tonnes

Source	2015	2020	2025	2030	2040
National Development Strategy of the Republic of Tajikistan, Industrial Scenario, 2016	1.0 (fact)	4.1 (target)	6.9 (target)	10.4 (target)	-
National Development Strategy of the Republic of Tajikistan, Industrial-Innovative Scenario, 2016	1.0 (fact)	5.3 (target)	10.3 (target)	15.1 (target)	-
Concept for the development of the coal industry, 2019	-	-	-	10.4 (target)	15.0 (target)
Accelerated Industrialisation Programme of the Republic of Tajikistan 2020-2025, 2020	-	2.1 (target)	2.4 (target)	-	-
National statistics	1.0 (fact)	2.0 (fact)	-	-	-

Sources: National Development Strategy of the Republic of Tajikistan until 2030, Tajikistan Coal Sector Development Concept until 2040, Accelerated Industrialisation Programme of the Republic of Tajikistan 2020-2025, data provided by the national consultant

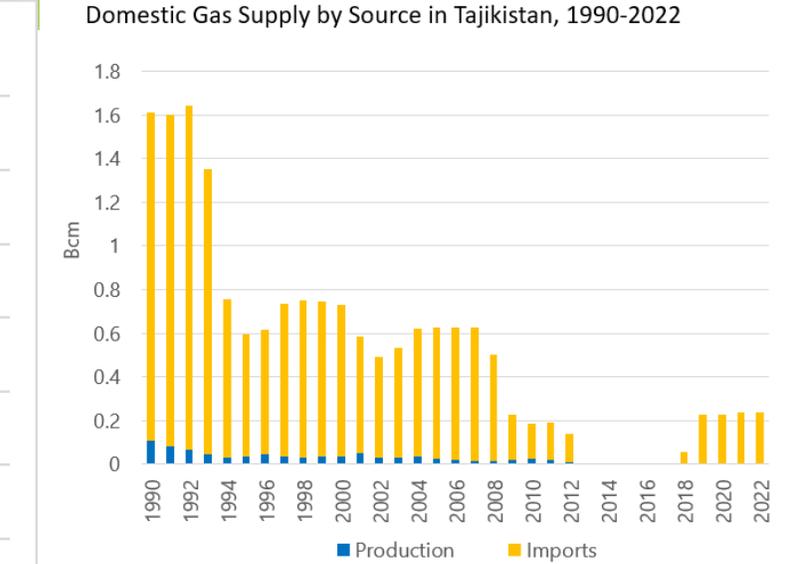
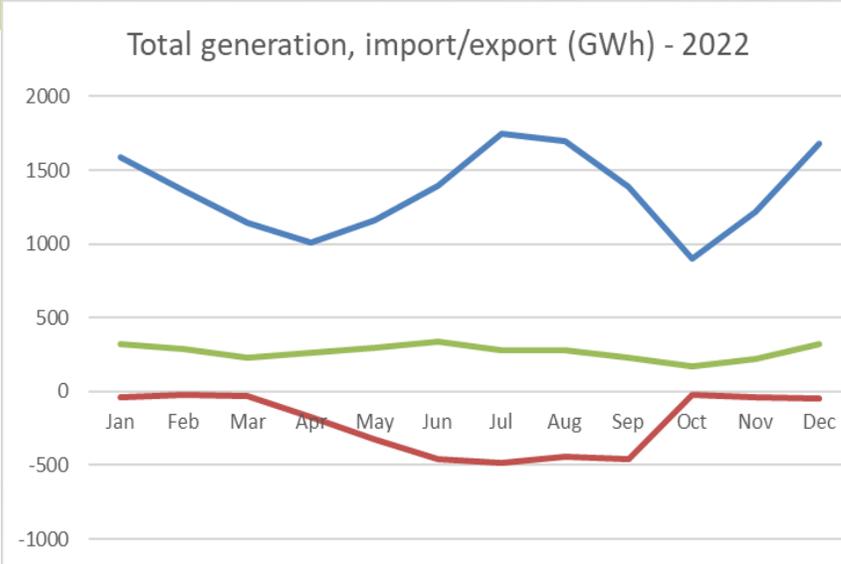
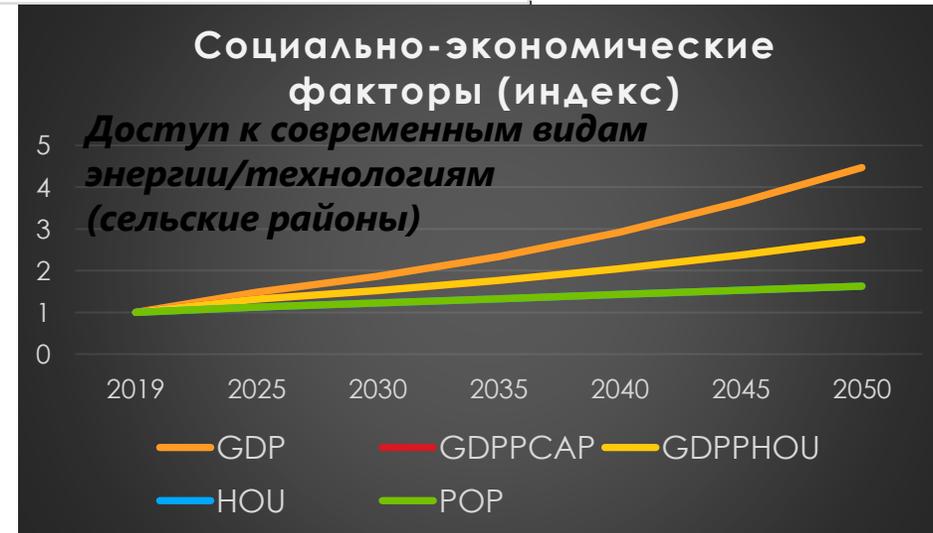


Figure 3: GHG Emissions of the Republic of Tajikistan by scenario



Цикл разработки/реализации политики

- Мониторинг показателей эффективности и ожидаемых выгод
- Оценка и отчетность, например, ПГ, ЦУР

- Проведение пилотных проектов и обобщение передового опыта
- Сравнение с другими схемами
- Согласование и внедрение механизмов реализации с партнерами и регулирующими органами
- Внедрение механизмов мониторинга, оценки и отчетности по политике



Для того чтобы иметь возможность должным образом оценить эти стратегические цели и приступить к процессу разработки политики, лицо, принимающее решения, должно задействовать целый ряд навыков и знаний.

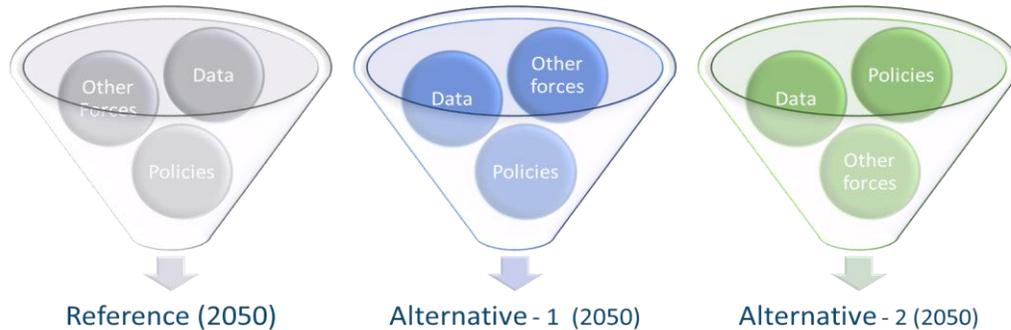
Разработка политики требует участия представителей всех аналитических профессий (статистиков, экономистов, исследователей операционной деятельности и социальных проблем), инженеров, технических специалистов в области энергетики и консультантов по вопросам политики.



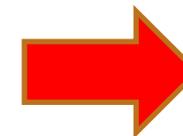
Моделирование при разработке политики – ключевое слово: интеграция

Почему лица, принимающие решения, нуждаются в моделях или используют их?

- Отражение и интерпретация сложного реального мира в понятной (полезной для конкретной сферы применения) форме.
- Структурированная организация большого количества данных и информации (принятие решений на основе фактических данных и данных).
- Коллективное изучение различных предположений и вариантов в рамках одной и той же (последовательной) структуры и компромиссов.

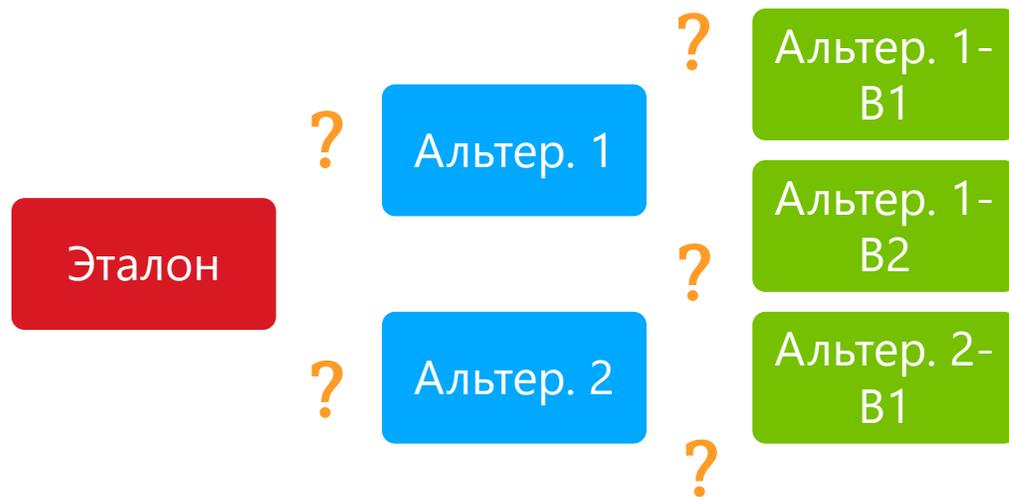


Множественные исследования: обучение путем изучения / обучение путем сравнения



«надежная» стратегия

Сценарии изменения климата и энергетики на основе моделей



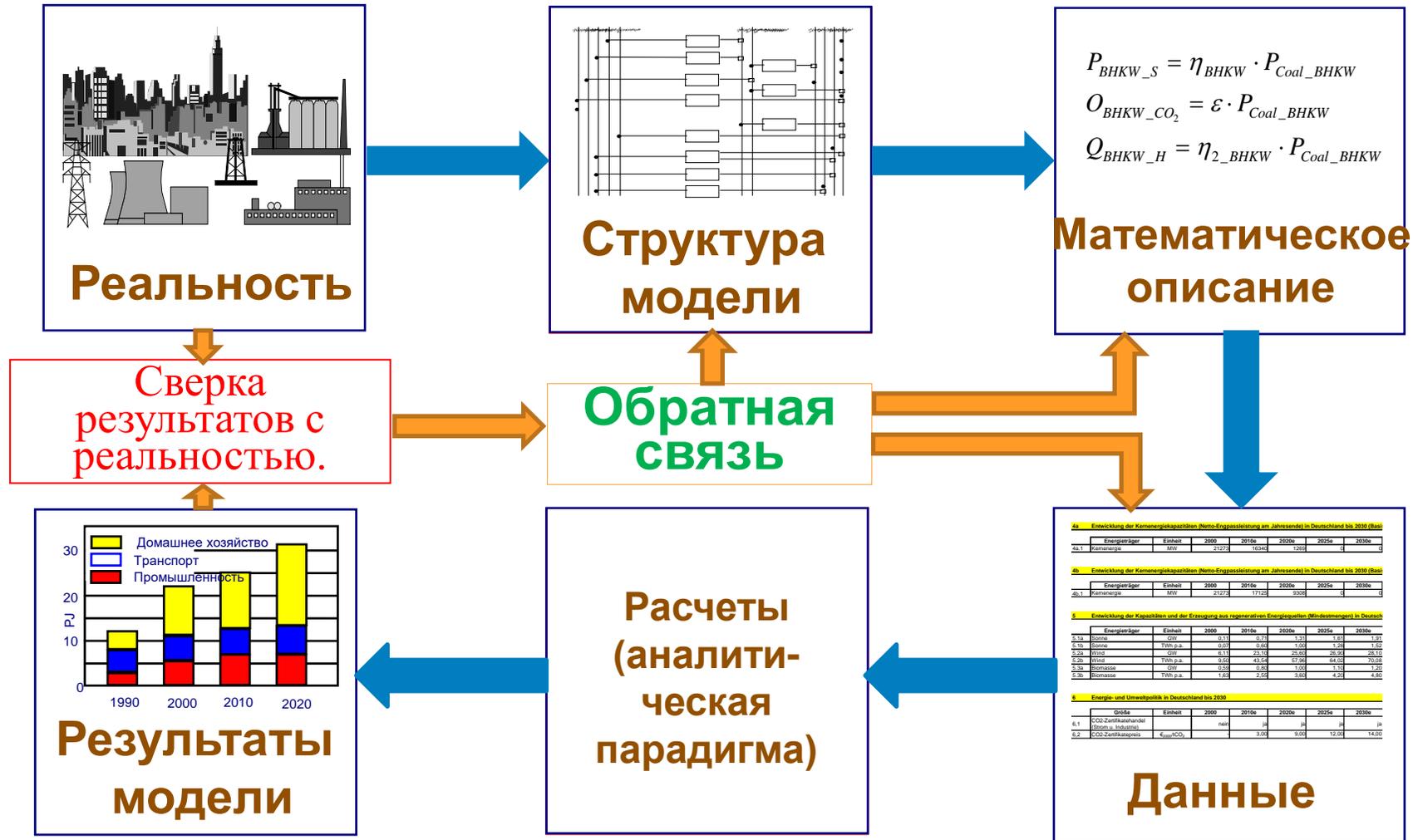
Энергетические сценарии служат **точками сравнения** для оценки чувствительности и множественных результатов

Множественные исследования: обучение путем изучения / обучение путем сравнения

- Комплексный анализ: основан на целостном подходе, который **одновременно** рассматривает как можно больше точек зрения или аспектов динамики энергетики и климата и принимает во внимание сквозной характер и **взаимодействие** между этими аспектами.

В контексте этого анализа мы можем более конкретно остановиться на пяти аспектах Энергетического союза (*Декарбонизация, Энергоэффективность, Энергетическая безопасность, Внутренний энергетический рынок, Исследования, инновации и конкурентоспособность*).

Моделирование энергетической системы – итерационный процесс



Не только моделирование

Комплексный анализ энергетики и климата

- Анализ данных и статистика
- Оценка технологии
- Экономический анализ
- Разработка политики (и моделирование)
- Анализ результатов, ключевых показателей эффективности и визуализация
- Анализ неопределенности
- Сравнение с другими исследованиями
- ...

Совместная оценка потребностей/приоритетов в рамках данного технического содействия
(на уровне страны и региона)



Слабые стороны / Актуальные темы

Страновой / Мультирегиональный ЦА

Необходимость комплексного анализа (в сравнении с отдельными/отраслевыми анализами)

“Watergy”

(интеграция водных ресурсов и энергетики)

Международные фонды (например, инициатива “Пояс и путь”)

Энергетическая безопасность

Рынок H2 (вход/выход)

Продвижение H2 для внутреннего использования

Риски (Трансграничное углеродное регулирование)

Меры по повышению энергоэффективности

Интеграция с анализом энергосистем (возобновляемые источники энергии)

Тарифы (субсидии на энергоносители)

Передовые технологии

Региональная интеграция – сотрудничество
Сделки / Торговые схемы

Варианты/неопределенности (цены, технологии, целевые показатели)

Принципы анализа и управления – U4RIA

Энергетическое моделирование для поддержки политики (EMoPS) – это больше, чем просто аналитическая деятельность

Цели **U4RIA** содержат набор руководящих принципов и передовой практики:

Убунту: данная «концепция» описывает набор тесно связанных между собой систем ценностей африканского происхождения банту, которые *подчеркивают взаимосвязь людей с окружающим их социальным и физическим миром* → сообщества должны быть вовлечены.

Возможность извлечения: должно быть легко находить данные и получать к ним доступ (хотя часто это бывает сложно...).

Возможность повторного использования: модель должна быть «многогранной».

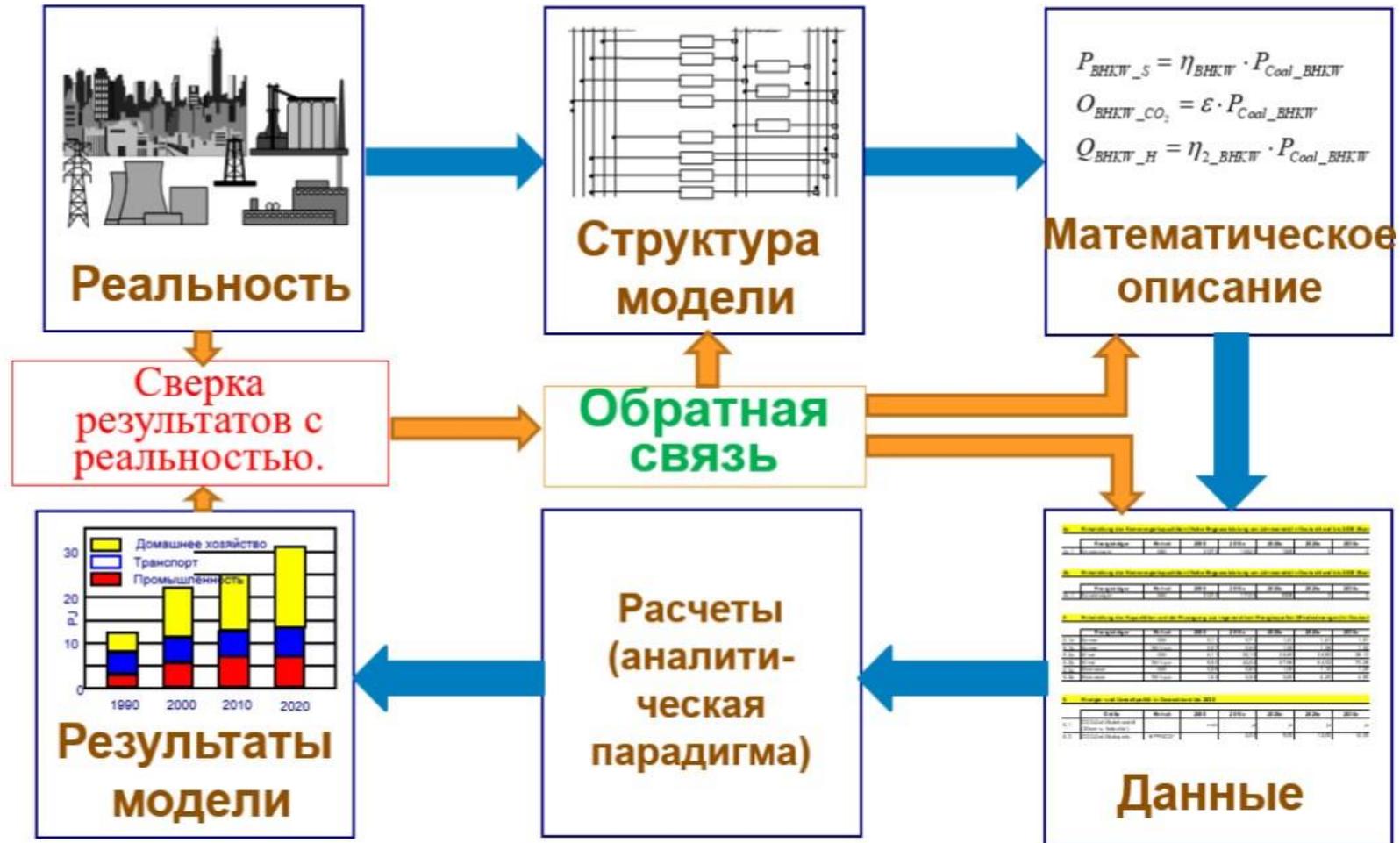
Повторяемость: она должна быть повторяемой и удобной для пользователя.

Возможность реконструкции: расширяет описанную выше концепцию; следует включить инструкции о том, как (повторно) построить модель.

Совместимость: позволяет проверять результаты сценариев с помощью других моделей или подходов, а также их совместимость с подсектором или более широкую интеграцию с другими моделями для поддержки политики.

Аудитопригодность: позволяет проверять и оценивать результаты систематическим и надежным образом. (Аудитопригодность – это «факт ответственности за то, что вы делаете, и способность обосновать это или степень, в которой это происходит»).

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ)



Эталонная энергетическая система – ВИЭ

Пользователь создает энергетическую систему как сеть процессов и товаров с полностью настраиваемым уровнем детализации. Слева в сети показаны запасы ресурсов, справа – потребности конечного пользователя, а между ними – различные пути преобразования.

Технологии (также называемые процессами) являются узлами в сети ВИЭ

Могут представлять собой физические устройства: электростанции, транспортные средства, холодильники, линии электропередачи, а также источники ресурсов.

Также это могут быть “фиктивные” процессы, используемые для изменения названий товаров, отслеживания товаров в целях анализа сценариев, объединения товаров или иного изменения топологии сети.

Товары связывают процессы в топологии модели

Товар производится с помощью некоторого процесса (ов) и/или потребляется с помощью другого процесса (ов).

Может представлять:

Энергоносители, такие как топливо и электричество/тепловая энергия;

Энергетические услуги, такие как освещение или отопление помещений;

Другие, включая: материалы, денежные потоки и выбросы.

Потоки – это связующие звенья между процессами и товарами

Потоки привязаны к определенному процессу и используются для отслеживания одного входа или одного выхода этого процесса.

Например, электроэнергия, вырабатываемая ветряной турбиной типа А в период p , временной отрезок s , в регионе r , представляет собой товарный поток.

Эта информация о топологии позволяет создать систему ВИЭ.

Энергетический баланс может быть использован в качестве отправной точки для разработки ВИЭ. Двумя ключевыми этапами являются: определение источников энергии и ключевых технологий. → **СЕМИНАР 2**

Энергетический баланс – некоторые определения

Первичная энергия – это энергия, встречающаяся в природе до того, как она подвергнется какой-либо трансформации (сырая нефть, уголь, газ, биомасса, атомная энергия, ветер, солнце).

Вторичная энергия – это энергия, полученная в результате химических или физических процессов преобразования (очищенное топливо, например бензин, электричество, полученное на угольной электростанции).

Конечная энергия – это энергия в том виде, в каком она продается конечным потребителям (электричество, очищенные виды топлива, такие как бензин, газ для отопления зданий).

Полезная энергия – это энергия после преобразования потребителем, доступная для использования (тепло в доме, свет, механическая работа).

Энергетические услуги – это то, чего на самом деле хочет потребитель: теплый дом, транспорт из пункта А в пункт Б, промышленные товары и т.д.

ktoe	EU28	2016	Total all products	Solid fuels	Oil (total)	Gas	Total Renewables	Wastes (non ren.)	Nuclear heat	Derived heat	Electricity
+ Primary production	#_100100	755,389	131,850	74,354	107,238	210,708	14,537	216,703			
+ Primary production receipt	#_100110	9,397		9,397							
+ From other sources (Recovered products)	#_100200	4,522	404	3,818	300						
+ Recycled products	#_100210	1,044		1,044							
+ Imports	#_100300	1,483,219	134,902	941,564	357,102	16,395	385			6	32,865
+ Stock changes	#_100400	21,263	11,807	3,423	5,944	89	0				
- Exports	#_100500	579,508	38,239	411,746	87,613	10,574	29			5	31,301
- Bunkers	#_100600	44,152		44,151	1						
- Direct use	#_100112	10,559		10,559							
Gross inland consumption	#_100900	1,640,615	240,724	567,142	382,969	216,618	14,893	216,703	1	1,564	
Transformation input	#_101000	1,294,958	224,492	654,689	125,132	61,875	11,027	216,703	768	272	
+ Conventional Thermal Power Stations	#_101001	358,478	165,433	12,820	114,576	54,977	9,905			768	
+ Nuclear Power Stations	#_101002	216,703						216,703			
+ Coke-ovens	#_101004	36,597	36,215	355	27						
+ Blast-furnaces	#_101006	12,918	12,918								
+ Gas works	#_101007	695	674		21						
+ Refineries	#_101008	640,308		640,308							
+ District heating plants	#_101009	21,015	3,544	963	8,654	6,459	1,122				272
+ Patent fuel plants	#_101010	219	142	77							
+ BKB / PB Plants	#_101011	4,385	4,385								
+ Coal Liquefaction Plants	#_101012	901	901								
+ For Blended Natural Gas	#_101013	391		162		230					
+ Charcoal production plants (transformation)	#_101015	209				209					
+ Gas-to-Liquids (GTL) Plants (transformation)	#_101016										
+ Non-specified Transformation Input	#_101020	2,138	279	4	1,855						
Transformation output	#_101100	963,032	31,378	640,125	20,223	62				59,192	212,054
+ Conventional Thermal Power Stations	#_101101	181,172								41,319	139,854
+ Nuclear power stations	#_101102	72,303								103	72,200
+ Coke-ovens	#_101104	34,193	27,365		6,828						
+ Blast-furnaces	#_101106	12,918			12,918						
+ Gas works	#_101107	477			477						
+ Refineries	#_101108	640,125		640,125							
+ Patent Fuel Plants	#_101110	173	173								
+ BKB / PB Plants	#_101111	3,840	3,840								
+ Charcoal production plants	#_101115	62				62					
+ District Heating Plants	#_101109	17,770								17,770	
Exchanges and transfers, returns	#_101200	2,969		2,969		-65,240					65,240
Consumption of the energy branch	#_101300	80,128	636	33,402	19,028	654	87			4,913	21,408
Distribution losses	#_101400	26,372	35	53	3,093	24				5,554	17,612
Available for Final Consumption	#_101500	1,205,158	46,938	522,093	255,939	88,886	3,780			47,957	239,565
Final non-energy consumption	#_101600	97,773	1,763	82,480	13,530						
Final energy consumption	#_101700	1,107,818	45,338	437,131	245,284	88,949	3,780			47,932	239,405
+ Industry	#_101800	276,823	33,774	27,513	86,242	22,542	3,524			16,112	87,115
+ Transport	#_101900	367,272	12	344,648	3,284	13,840					5,488
+ Other Sectors	#_102000	463,723	11,552	64,969	155,758	52,567	256			31,820	146,801
+ Services	#_102035	150,043	923	15,668	46,281	4,889	255			9,274	72,754
+ Residential	#_102010	284,832	9,507	33,139	105,175	45,369				22,148	69,494
+ Agriculture / Forestry	#_102030	24,079	1,082	12,992	3,426	2,132	1			252	4,194
+ Fishing	#_102020	1,426		1,236	2	46					142

От НЭБ к технологиям

Национальный энергетический баланс является основным источником для описания потоков и технологий в энергетической модели



Разбивка баланса и калибровка системы за базовый год в соответствии с подходом «снизу вверх»

BALANCE	Commodity 1	Commodity 2	Commodity 3	Commodity 4	Commodity 5	Commodity 6
item 1	X 1,1	X 1,2	X 1,3	X 1,4	X 1,5	X 1,6
item 2	X 2,1	X 2,2	X 2,3	X 2,4	X 2,5	X 2,6
item 3	X 3,1	X 3,2	X 3,3	X 3,4	X 3,5	X 3,6
item 4	X 4,1	X 4,2	X 4,3	X 4,4	X 4,5	X 4,6
item 5	X 5,1	X 5,2	X 5,3	X 5,4	X 5,5	X 5,6
item 6	X 6,1	X 6,2	X 6,3	X 6,4	X 6,5	X 6,6

Service	Commodity 1	Commodity 2	Commodity 3	Commodity 4	Commodity 5	Commodity 6
item A,1	=30%*X 1,1	=50%*X 1,2	=10%*X 1,3	=0%*X 1,4	=30%*X 1,5	=20%*X 1,6
item B,1	=40%*X 1,1	=20%*X 1,2	=40%*X 1,3	=70%*X 1,4	=40%*X 1,5	=20%*X 1,6
item C,1	=30%*X 1,1	=70%*X 1,2	=50%*X 1,3	=30%*X 1,4	=30%*X 1,5	=60%*X 1,6
item A,2	=10%*X 2,1	=25%*X 2,2	=10%*X 2,3	=20%*X 2,4	=35%*X 2,5	=50%*X 2,6
item B,2	=60%*X 2,1	=55%*X 2,2	=60%*X 2,3	=40%*X 2,4	=35%*X 2,5	=15%*X 2,6
item C,2	=30%*X 2,1	=20%*X 2,2	=30%*X 2,3	=40%*X 2,4	=30%*X 2,5	=35%*X 2,6

Коэффициенты преобразования (энергия)

General conversion factors for energy

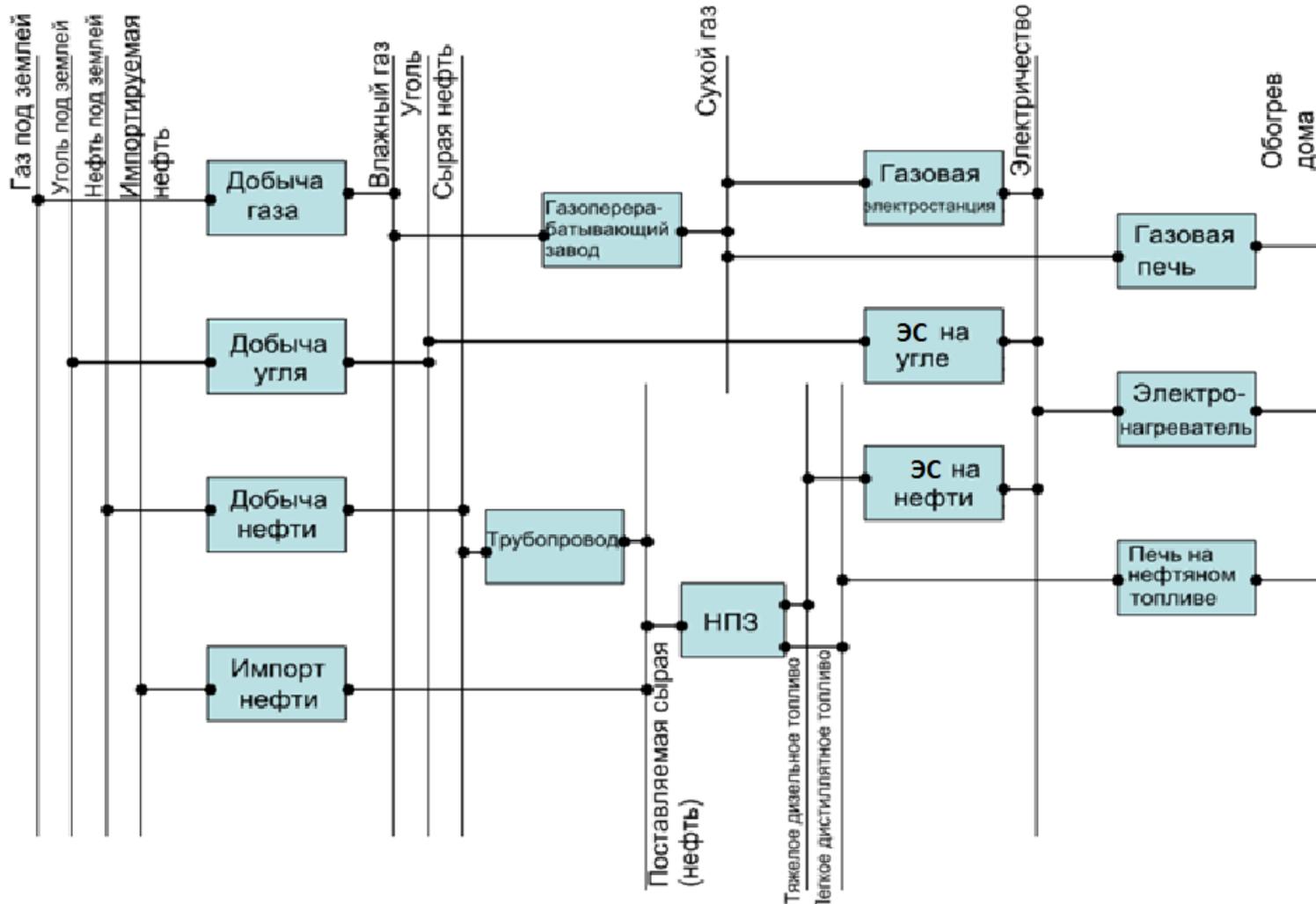
Unit abbreviations

To:	TJ	Gcal	Mtoe	MBtu	GWh
From:	multiply by:				
TJ	1	2.388×10^2	2.388×10^{-5}	9.478×10^2	2.778×10^{-1}
Gcal	4.187×10^{-3}	1	1.000×10^{-7}	3.968	1.163×10^{-3}
Mtoe	4.187×10^4	1.000×10^7	1	3.968×10^7	1.163×10^4
MBtu	1.055×10^{-3}	2.520×10^{-1}	2.520×10^{-8}	1	2.931×10^{-4}
GWh	3.600	8.598×10^2	8.598×10^{-5}	3.412×10^3	1

bcm	billion cubic metres	MBtu	million British thermal units
Gcal	gigacalorie	Mt	million tonnes
GCV	gross calorific value	Mtoe	million tonnes of oil equivalent
GW	gigawatt	MWh	megawatt hour
GWh	gigawatt hour	PPP	purchasing power parity
kb/cd	thousand barrels per calendar day	t	metric ton = tonne = 1 000 kg
kcal	kilocalorie	TJ	terajoule
kg	kilogramme	toe	tonne of oil equivalent = 10^7 kcal
kJ	kilojoule	TWh	terawatt hour
kWh	kilowatt hour	USD	United States dollar

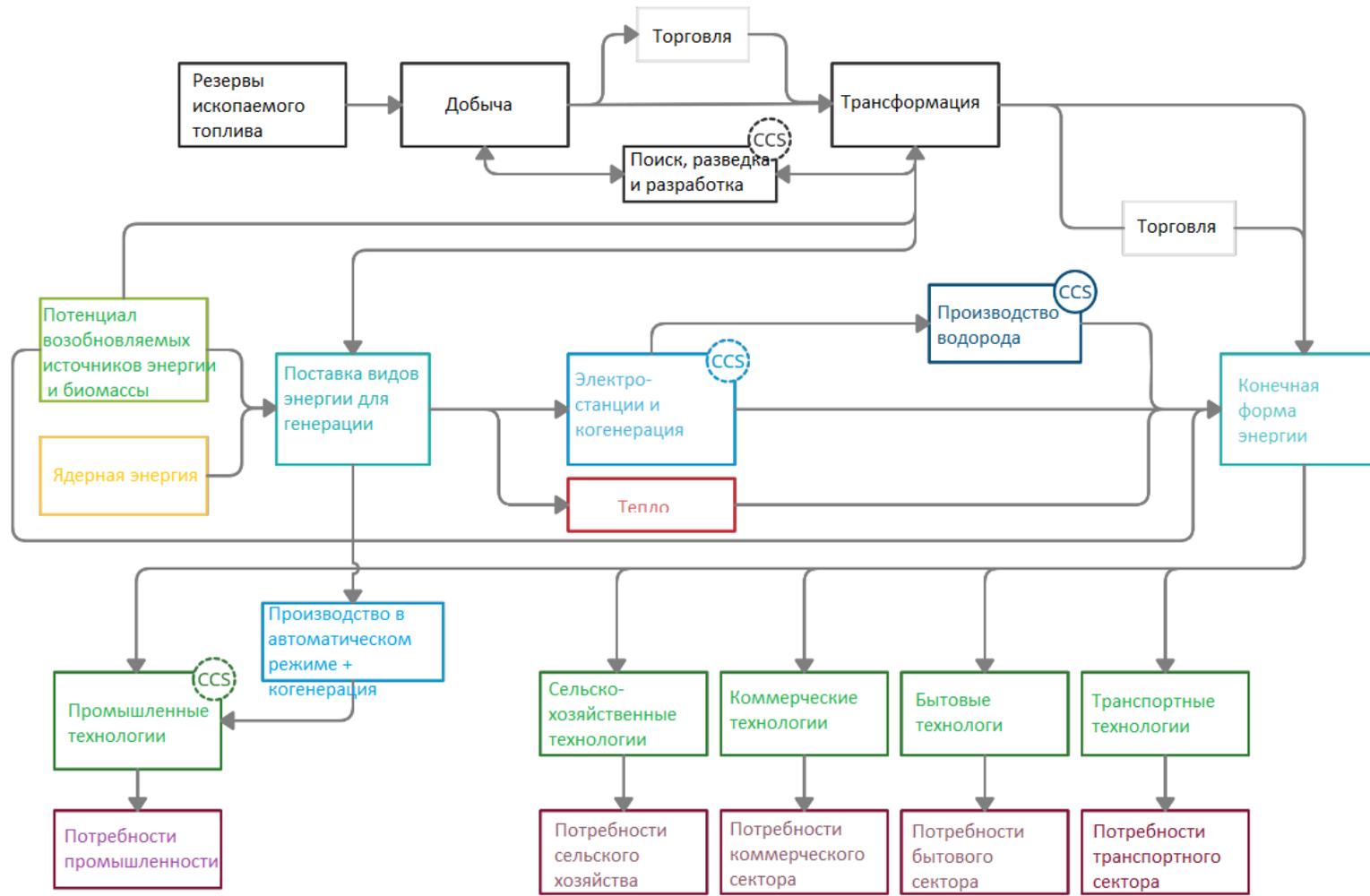
<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/unit-converter>

Эталонная энергетическая система – ВИЭ – Примеры (1)



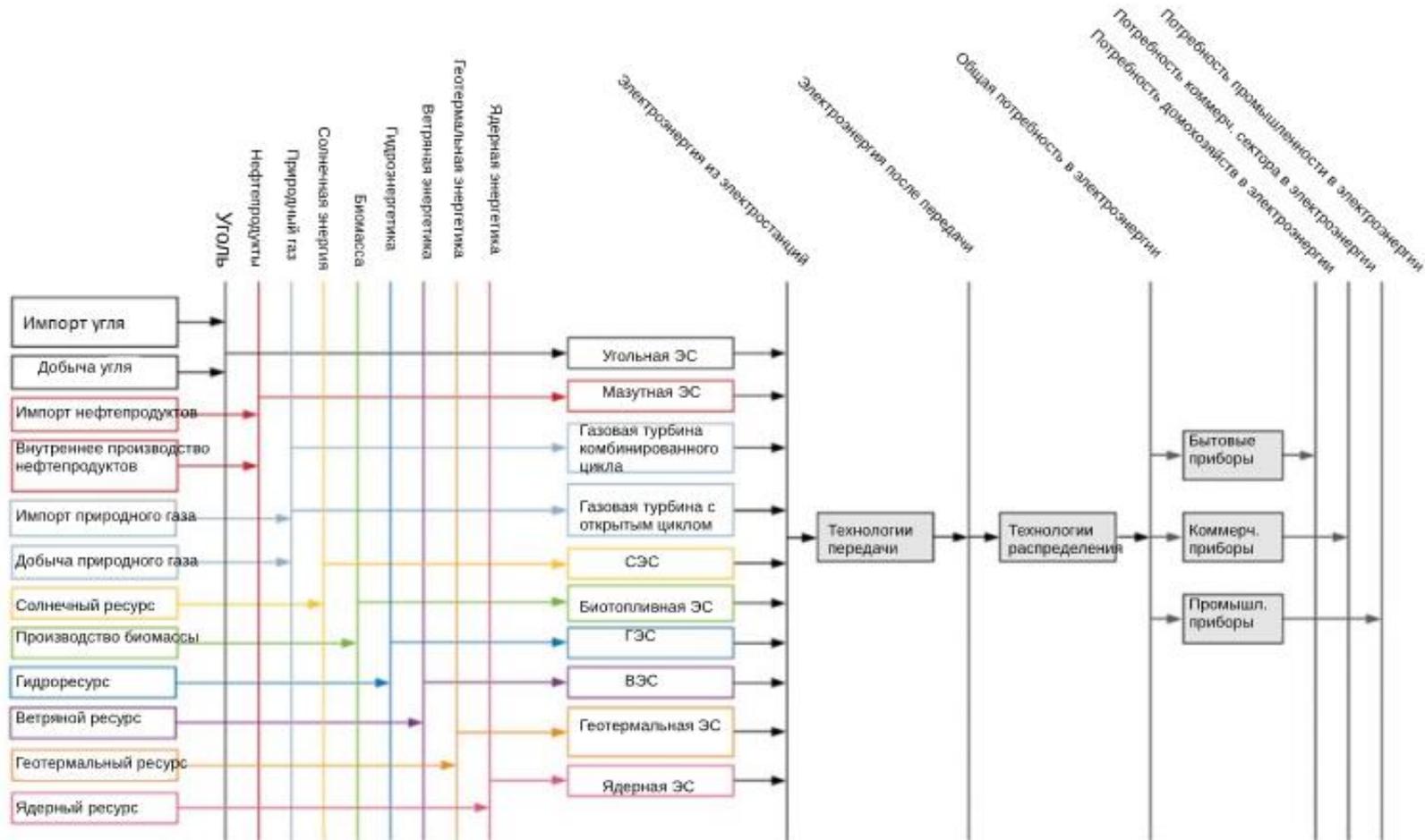
Задание: трансформируйте критическую проблему принятия решений в вашей стране в схему ВИЭ

Эталонная энергетическая система – ВИЭ – Примеры (2)



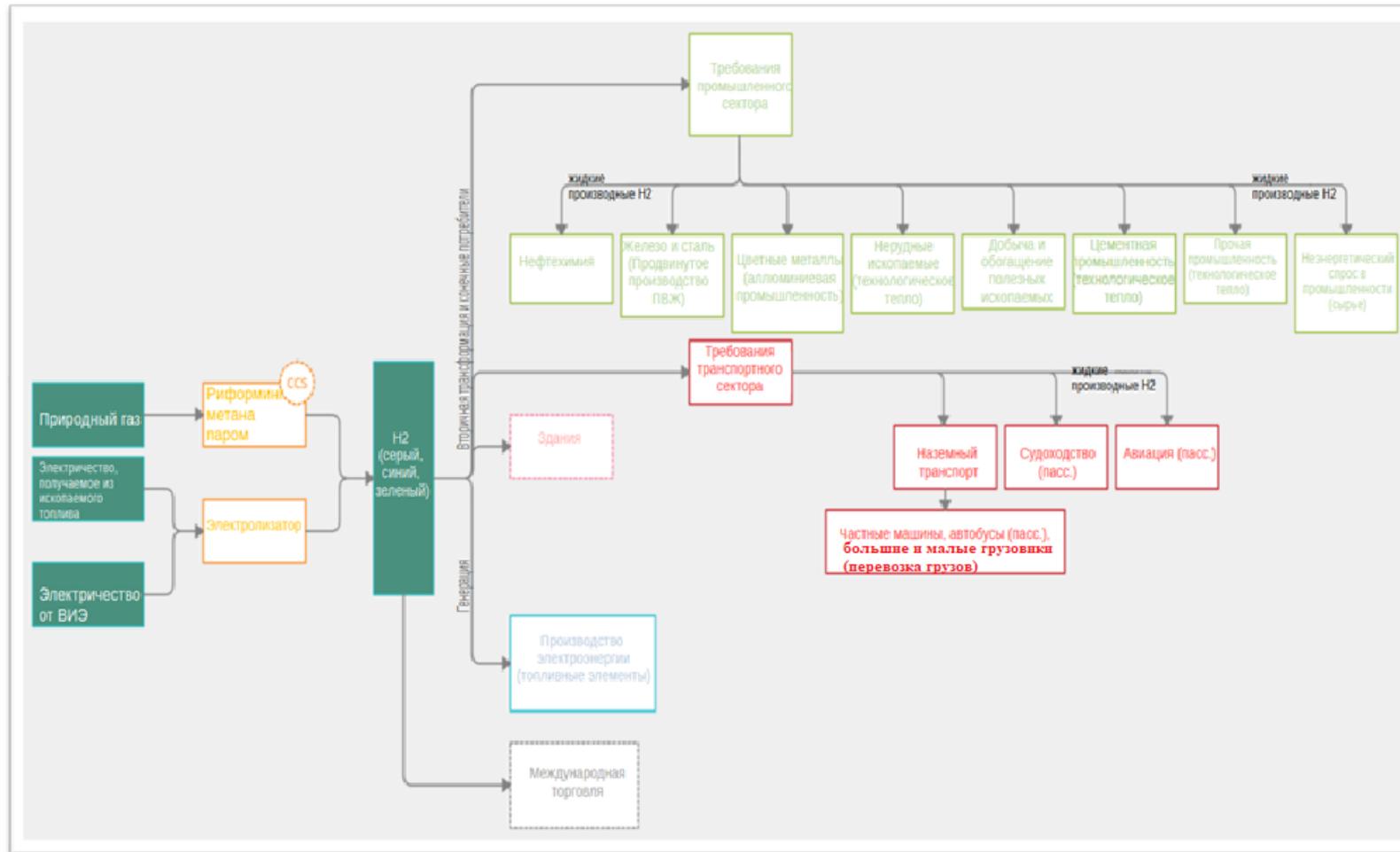
Задание: трансформируйте критическую проблему принятия решений в вашей стране в схему ВИЭ

Эталонная энергетическая система – ВИЭ – Примеры (3)



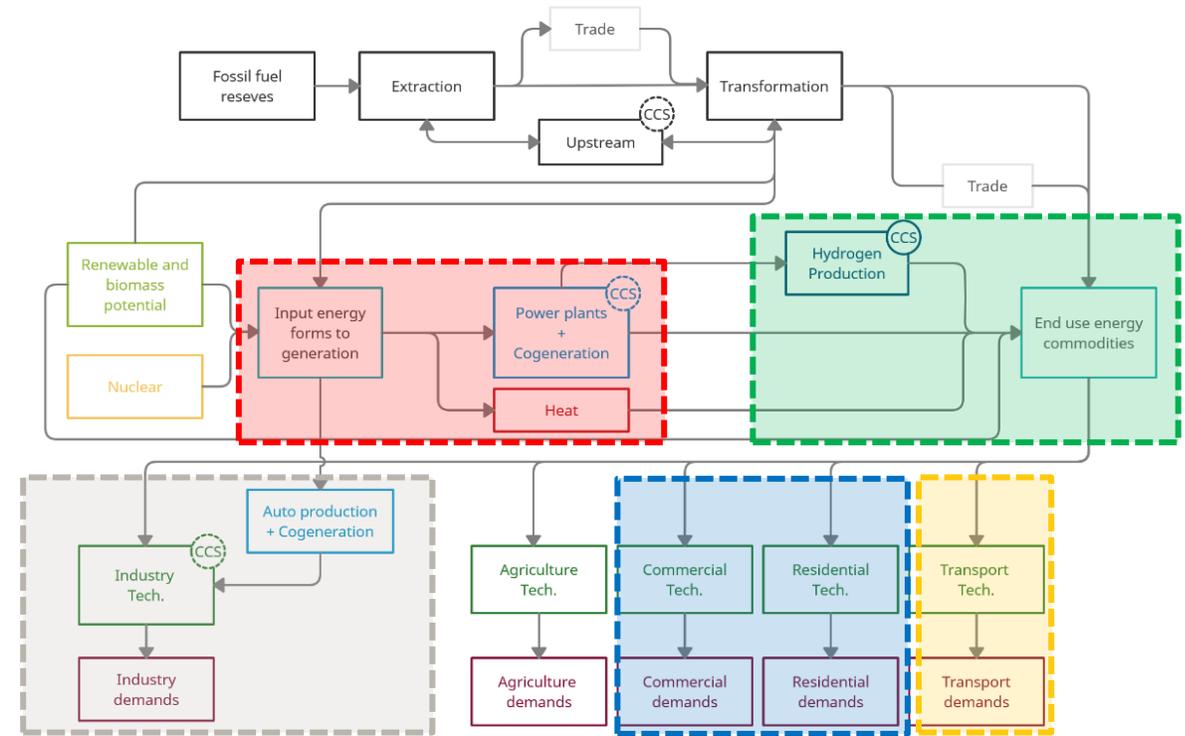
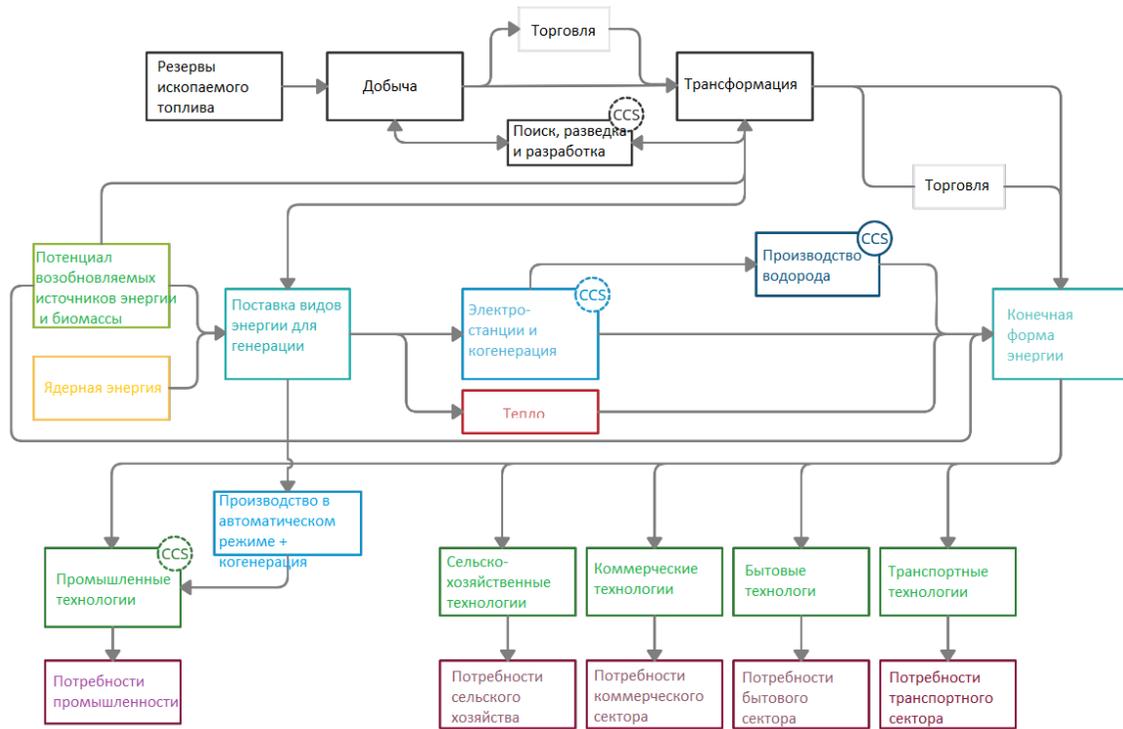
Задание: трансформируйте критическую проблему принятия решений в вашей стране в схему ВИЭ

Эталонная энергетическая система – ВИЭ – Примеры (3)



Задание: трансформируйте критическую проблему принятия решений в вашей стране в схему ВИЭ

Моделирование энергетических систем: Система ≠ совокупность частей



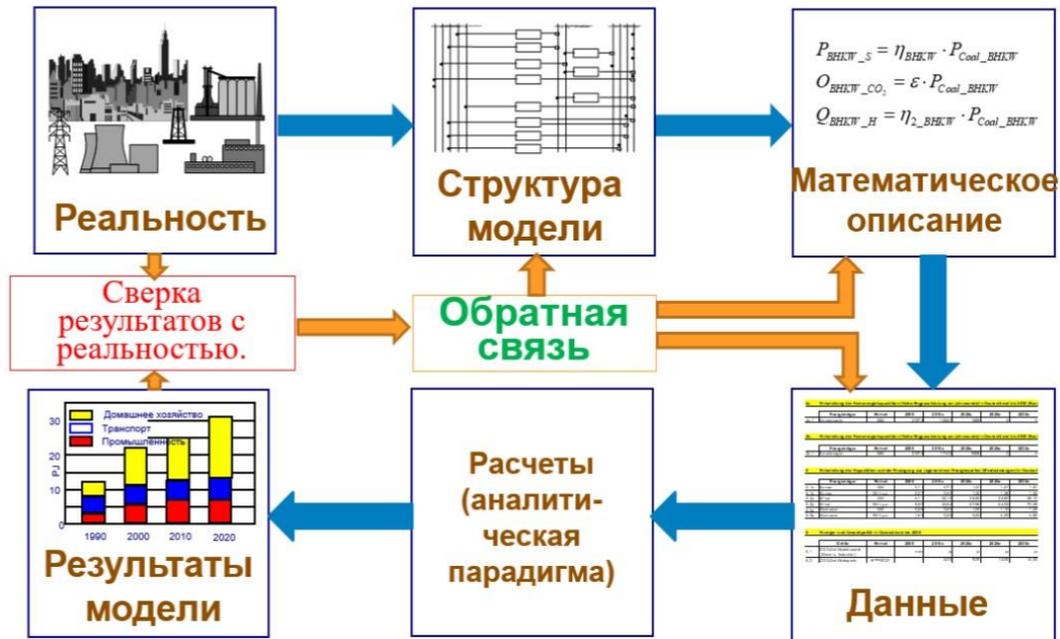
Системный анализ (оптимизация)

Потоки энергии и связанные с энергией выбросы по услугам/секторам и по всей системе. Цели/меры могут быть проанализированы по услугам и/или секторам и/или системам.

Существующий анализ по конкретным секторам (выделены)

Потоки и выбросы энергии на каждом отдельном отраслевом уровне. Потоки между подсекторами/внутри подсекторов отсутствуют.

Математическое описание – Основные уравнения



Передача мощности

Отслеживает общую установленную мощность для каждого процесса по периодам, датам производства и регионам

Использование мощности (доступность процесса)

Ограничивает использование процесса в зависимости от его установленной мощности и доступности

Эффективность процессов и распределение потоков

Устанавливает соотношение эффективности между выходными и входными данными и распределяет их между результатами и/или между входными данными

Товарный баланс

Ограничивает потребление товаров в каждом регионе, периоде и временном интервале общим объемом производства плюс чистый импорт

Пиковая потребность в резервах

Требует, чтобы общая мощность всех процессов, производящих товар в каждом временном периоде и регионе, превышала средний спрос во временном срезе, где происходит пик, на определенный процент

Границы и ограничения, устанавливаемые пользователем

- Предельные уровни выбросов углекислого газа
- Правила межрегиональной торговли квотами
- Минимальная доля выработки и/или мощности, которую можно распределить
- Ограничение темпов роста новой технологии

...

Математическое описание – Основные исходные данные



Представление за базовый год

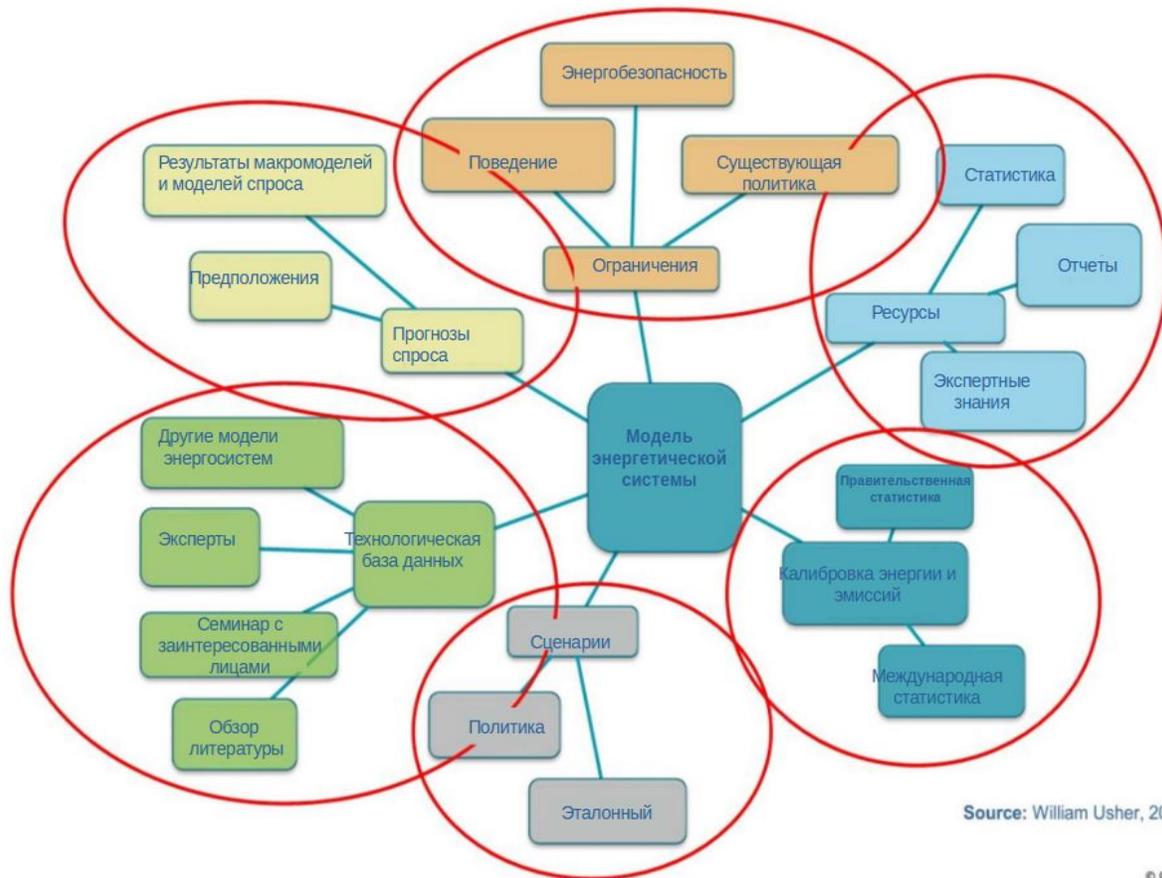
- ● НЭБ 20XX
- ● Основные статистические данные (численность населения, количество домашних хозяйств, парк транспортных средств, физическое производство в ключевых отраслях)
- ● Электростанции (запасы, основные эксплуатационные параметры)
- ● Импорт и поставки (уголь, газ, нефтепродукты)
- ● Показатели/КПЭ по конкретным услугам, в жилищном секторе, в сфере услуг
- ● Показатели по конкретным услугам в промышленности и транспортном секторе, сельском хозяйстве

Прогнозы спроса

- ● Демографические прогнозы
- ● Другие факторы/прогнозы, которые следует учитывать

→ Шаблон

Математическое описание – Основные исходные данные



Source: William Usher, 2010

© OECD/IEA 2012

Технологическая база данных

- ● Данные по конкретным технологиям в жилищном секторе, в сфере услуг (существующие и новые)
- ● Данные по конкретным технологиям в промышленности и транспортном секторе, сельском хозяйстве (существующие и новые)
- ● Данные по конкретным технологиям в энергетическом секторе (новые)

Ресурсы

- ● Потенциал ВИЭ / полезных ископаемых (ветер, солнце, биомасса,...)

Политика и меры, а также другие факторы

- ● Подлежит обсуждению

Модели энергетических систем – Описание

Стандартные выходные данные

Траектория выбросов парниковых газов: по секторам (транспорт, промышленность, жилищный, коммерческий, сельское хозяйство, производство электроэнергии, добыча/переработка нефти и газа), по видам топлива (дизельное топливо, природный газ, бурый уголь и т.д.), а также расчет основных показателей (углеродоемкость на единицу энергии, энергоёмкость и т.д.).

Конечное потребление энергии и первичное энергоснабжение. По энергоносителям (электроэнергия, бурый уголь, природный газ, дизельное топливо, бензин, тяжёлое дизельное топливо и т.д.) и по отраслям (транспорт, промышленность, жилищный, коммерческий, сельское хозяйство).

Сочетание технологий и их эволюция с течением времени. Установленные мощности в зависимости от типа технологии и вида топлива в энергетическом секторе, мощности технологий в секторах спроса (промышленность, жилые/коммерческие здания, транспорт). Изменения в использовании технологий с течением времени.

Инвестиционные затраты (и другие компоненты затрат). За год периода времени, по типам технологий и секторам (анализ последствий разбивки между государственными и частными инвестициями).

Предельные цены. Предельные цены на энергоносители (электроэнергия, бурый уголь, природный газ, дизельное топливо, бензин, тяжёлое дизельное топливо и т.д.) и по секторам (транспорт, промышленность, жилищный, коммерческий, сельское хозяйство).

Производство/спрос на электроэнергию в сети и импорт/экспорт: годовой спрос в разбивке по секторам (транспорт, здания, промышленность, сельское хозяйство), включая дополнительный спрос в результате электрификации транспорта, систем отопления и охлаждения, а также электрификации промышленности.

Ключевые показатели эффективности (КПЭ). Несколько дополнительных показателей (в зависимости от типа анализа и детализации представления).



Модели энергетических систем – Классификация

<i>Аналитическая парадигма</i>	<i>Отраслевой охват</i>	<i>Временной горизонт</i>	<i>Временное разрешение</i>
<i>Географический охват</i>	<i>Наднациональные силы</i>	<i>Ясность технологии</i>	<i>Ясность деятельности</i>
<i>Множественные критерии/агенты</i>	<i>Выбросы парниковых газов и воздействие на окружающую среду</i>	<i>Микроэкономическая устойчивость</i>	<i>Способность представлять макроэкономическую обратную связь</i>
<i>Способность представлять нерыночные предпочтения</i>	<i>Способность представлять неопределенности</i>	<i>Требования к данным</i>	<i>Требования к вычислительным ресурсам / интеграция инструментов</i>

Основные движущие вопросы:

- Для чего???
- Для кого???

Модели энергетических систем – Описание

Аналитическая парадигма	Отраслевой охват	Временной горизонт	Временное разрешение
Географический охват	Наднациональные силы	Ясность технологии	Ясность деятельности
Множественные критерии/агенты	Выбросы парниковых газов и воздействие на окружающую среду	Микроэкономическая устойчивость	Способность представлять макроэкономическую обратную связь
Способность представлять нерыночные предпочтения	Способность представлять неопределенности	Требования к данным	Требования к вычислительным ресурсам / интеграция инструментов

Энергетическое моделирование

Предназначен для того, чтобы подчеркнуть определенную аспект интереса / интерпретации реальности

Оптимизация, моделирование, учет, временные ряды/статистический анализ и т.д.

“Снизу вверх”

“Гибрид”
(или
соединение))

“Top-down”
(I/O, econometric, CGE)

Для каждой технологии r , периода t , предыдущих периодов v , региона r и временного отрезка s $VAR_ACT(r,v,t,p,s) \leq or =$

$$AF(r,v,t,p,s) * PRC_CAPACT(r,p) * FR(r,s) * VAR_CAP(r,v,t,p)$$

$$X_s = A_0 (B_K \cdot K_s^\rho + B_L \cdot L_s^\rho + B_E \cdot E_s^\rho)^{1/\rho}$$

X_s is the output of sector S ,
 K_s , L_s , and E_s are the inputs of capital, labor and energy needed to produce one unit of output in sector S ,
 ρ is the elasticity of substitution parameter,
 A_0 and the B 's are scaling coefficients.

Модели энергетических систем – Описание

Аналитическая парадигма

Отраслевой охват

Временной горизонт

Временное разрешение

Географический охват

Наднациональные силы

Ясность технологии

Ясность деятельности

Множественные критерии/агенты

Выбросы парниковых газов и воздействие на окружающую среду

Микро-экономическая устойчивость

Способность представлять макроэкономическую обратную связь

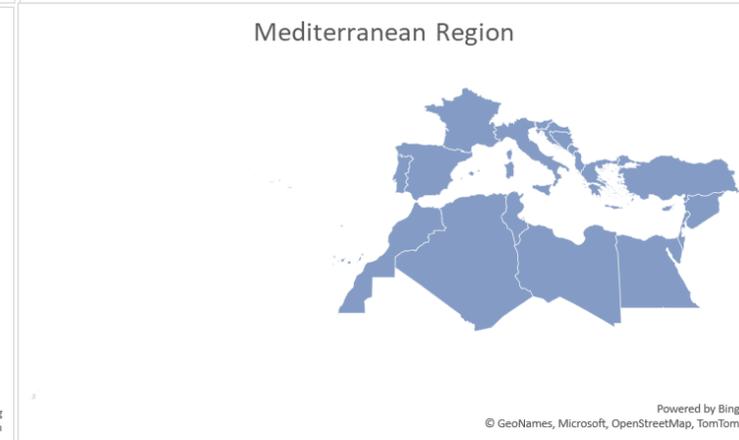
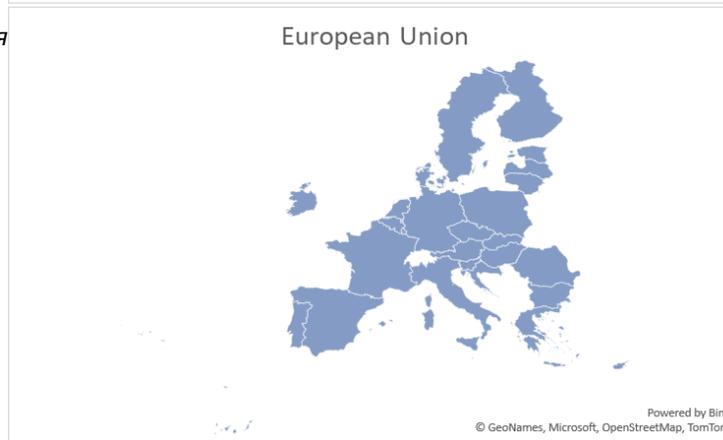
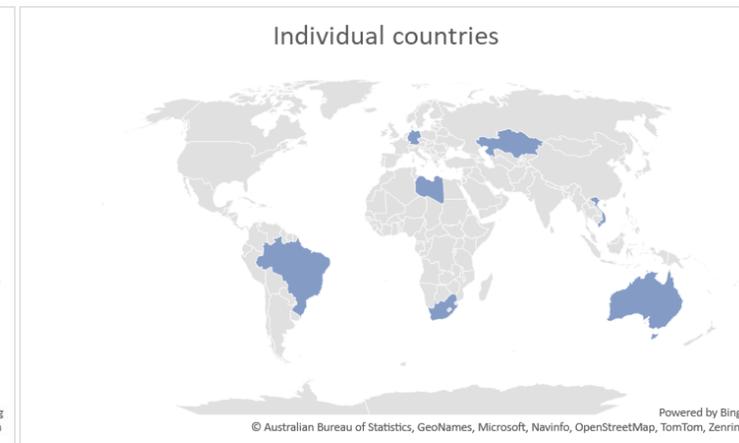
Способность представлять нерыночные предпочтения

Способность представлять неопределенности

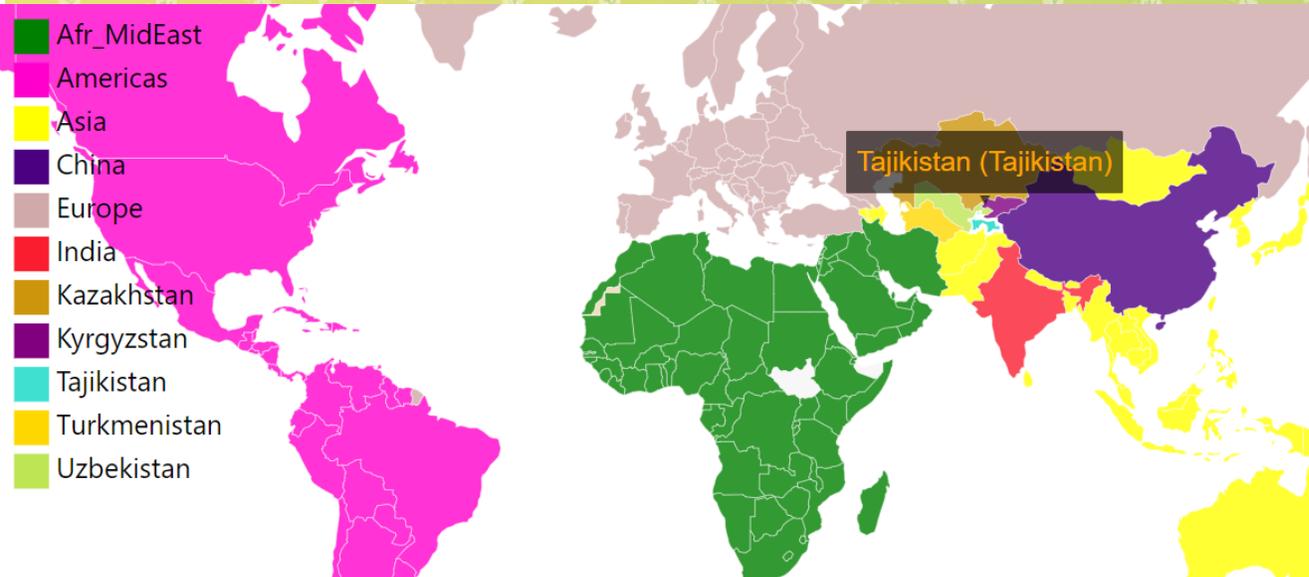
Требования к данным

Требования к вычислительным ресурсам / интеграция инструментов

Национальный / внутринациональный /
наднациональный
Один узел / Множество узлов



Модели энергетических систем – Описание



KINESYS-TJ

Модель глобальной энергетической системы, основанная на генераторе моделей TIMES. Все страны Центральной Азии и ключевые соседние страны представлены на страновом уровне.

Остальные страны сгруппированы в модельные регионы (например, Европа, Америка, ...).

TIMES-CAC

Модель многорегиональной энергетической системы Азербайджан, Казахстан, Туркменистан, Узбекистан + (Таджикистан и Кыргызстан, неявно)

https://github.com/RDMgit77/TIMES-CAC_VO_Open.git

Модели энергетических систем – Описание

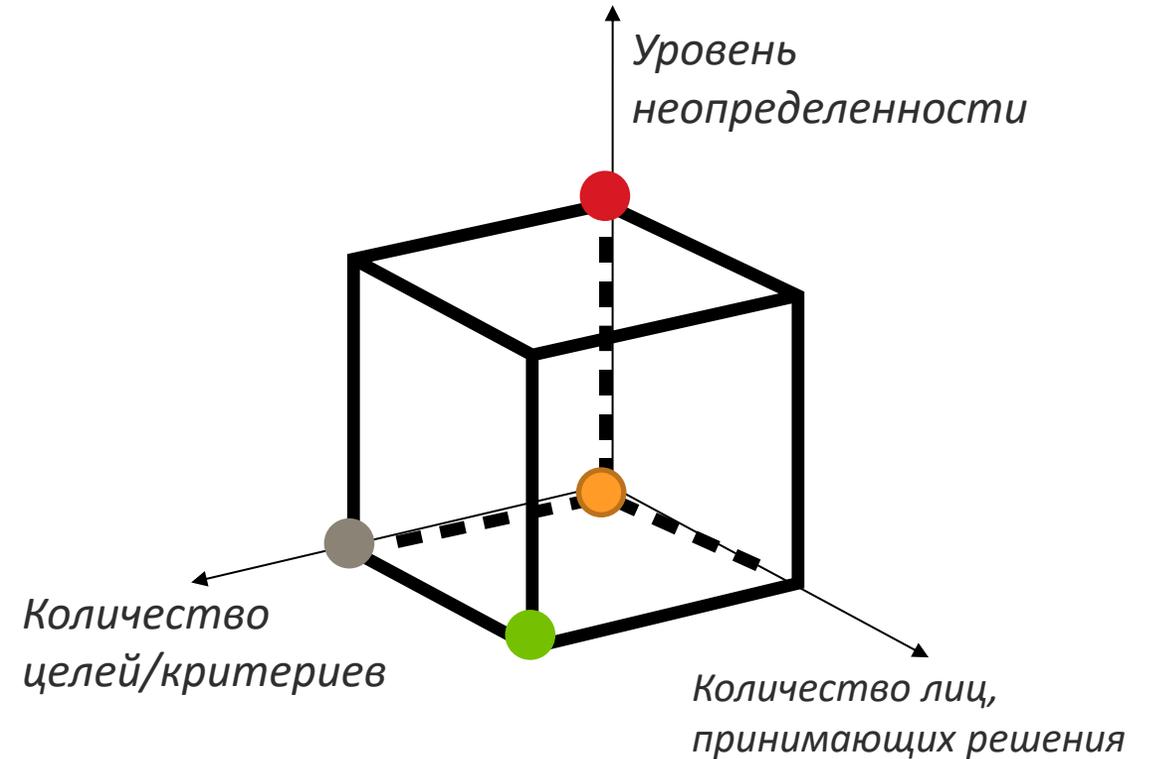
Аналитическая парадигма	Отраслевой охват	Временной горизонт	Временное разрешение
Географический охват	Наднациональные силы	Ясность технологии	Ясность деятельности
Множественные критерии/агенты	Выбросы парниковых газов и воздействие на окружающую среду	Микроэкономическая устойчивость	Способность представлять макроэкономическую обратную связь
Способность представлять нерыночные предпочтения	Способность представлять неопределенности	Требования к данным	Требования к вычислительным ресурсам / интеграция инструментов

Почему это так важно?

Множество неопределенных параметров

Глубокое влияние на прогнозы, решения, затраты

Лица, принимающие решения, не склонны к риску

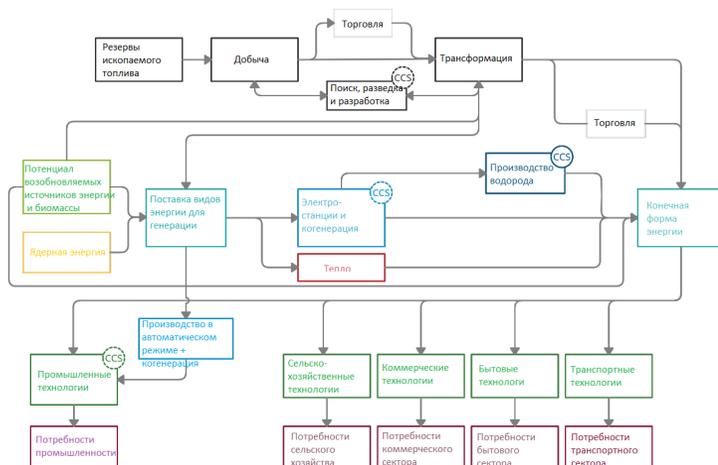


- Математическое программирование
- Стохастическое программирование
- Многокритериальный анализ/ многоцелевое программирование
- Теория игр

...

Модели энергетических систем – Описание

Аналитическая парадигма	Отраслевой охват	Временной горизонт	Временное разрешение
Географический охват	Наднациональные силы	Ясность технологии	Ясность деятельности
Множественные критерии/агенты	Выбросы парниковых газов и воздействие на окружающую среду	Микроэкономическая устойчивость	Способность представлять макроэкономическую обратную связь
Способность представлять нерыночные предпочтения	Способность представлять неопределенности	Требования к данным	Требования к вычислительным ресурсам / интеграция инструментов



Почему это важно?

Отражает возможность явного моделирования и оценки политики и мер в зависимости от технологических деталей модели.

Это позволяет проводить более тонкий анализ системы (например, декомпозицию сокращения выбросов по типам изменений).

Почему это важно?

«Целевая» политика и меры в отношении ключевых технологий и товаров.

Модели энергетических систем – Описание

Аналитическая парадигма

Отраслевой охват

Временной горизонт

Временное разрешение

Географический охват

Наднациональные силы

Ясность технологии

Ясность деятельности

Множественные критерии/агенты

Выбросы парниковых газов и воздействие на окружающую среду

Микроэкономическая устойчивость

Способность представлять макроэкономическую обратную связь

Способность представлять нерыночные предпочтения

Способность представлять неопределенность и

Требования к данным

Требования к вычислительным ресурсам / интеграция инструментов

Почему это важно?

Решения потребителей определяются неэкономическими факторами, такими как комфорт, время в пути, размер автомобиля и т. д.

Почему это важно?

Отражает способность представлять сложные, ограниченные финансовыми возможностями инвестиционные решения

Почему это важно?

Ограниченный бюджет потребителей

Эффект отскока

Влияние на ВВП, ВДС и т.д.



Funded by the European Union

Модели энергетических систем – Описание

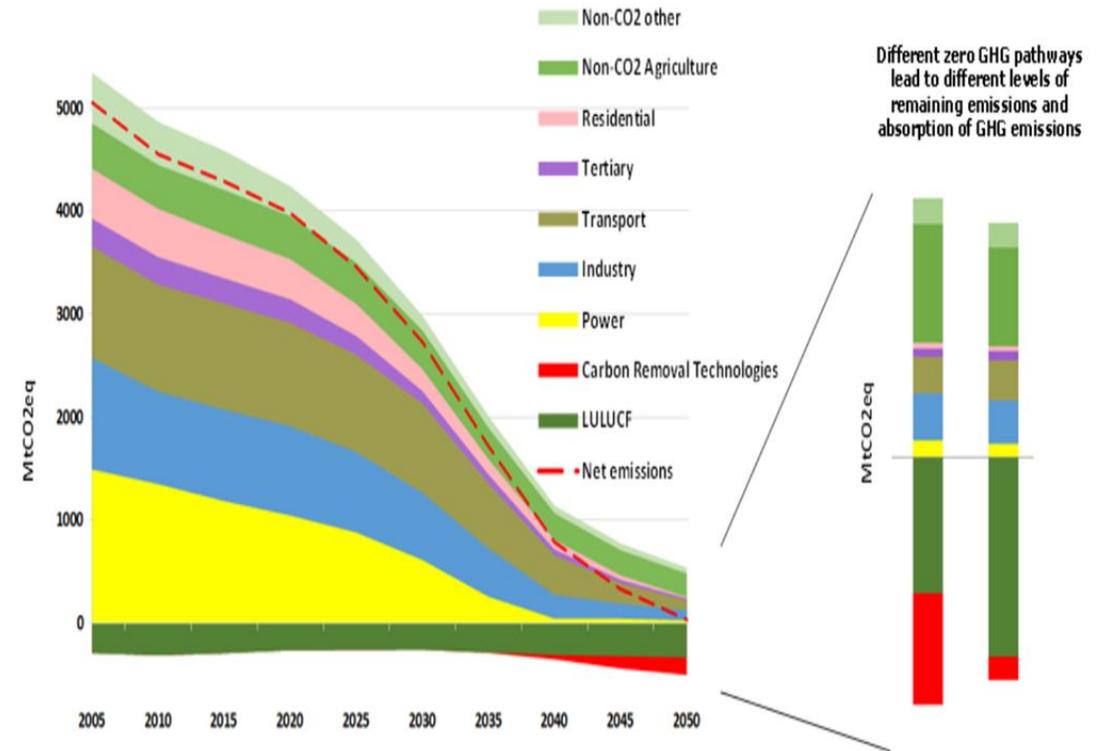
Аналитическая парадигма	Отраслевой охват	Временной горизонт	Временное разрешение
Географический охват	Наднациональные силы	Ясность технологии	Ясность деятельности
Множественные критерии/агенты	Выбросы парниковых газов и воздействие на окружающую среду	Микроэкономическая устойчивость	Способность представлять макроэкономическую обратную связь
Способность представлять нерыночные предпочтения	Способность представлять неопределенности	Требования к данным	Требования к вычислительным ресурсам / интеграция инструментов

Почему это важно?

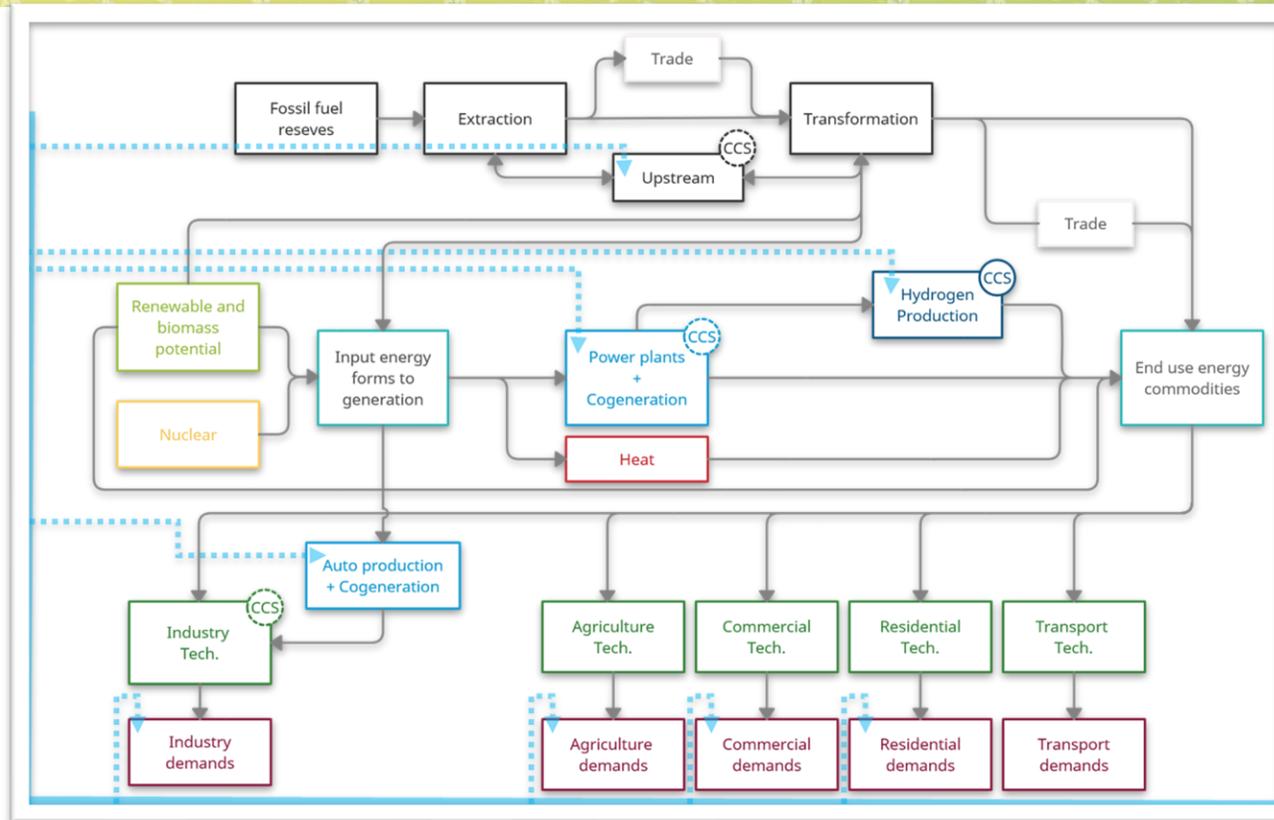
Цели по декарбонизации (движущие силы многих технологических изменений)

Водопользование: добыча ресурсов, выращивание энергетических культур, гидроэнергетика, тепловые электростанции

Уязвимость к изменению климата / землепользование (конкуренция)



Интеграция с другими измерениями – вода

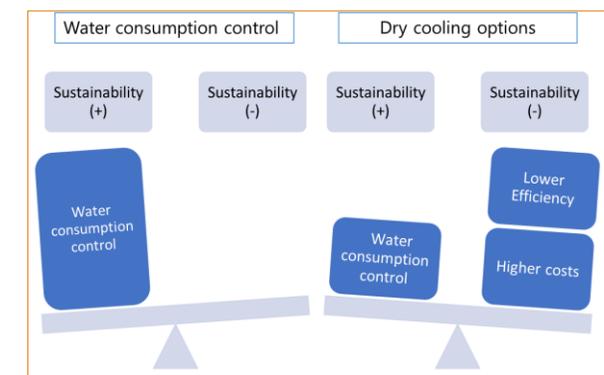


ЕСЛИ/КАК интегрировать ограничения «водозабора» и «водопотребления» в анализ энергосистемы: ОТКРЫТАЯ тема для обсуждения.
 «Интеграция» может быть ограничена только энергетическим сектором или распространяться на другие критические технологии энергетической цепи (H2, CCS, биотопливо и т.д.).

- Могут быть *неявно* учтены «ограничения» по воде (изменение сюжетных линий / детерминированных параметров, таких как факторы доступности, кривые снабжения, собственное потребление и т.д., для каждого сценария «вода и энергия»).

→ «Связывание» моделей.

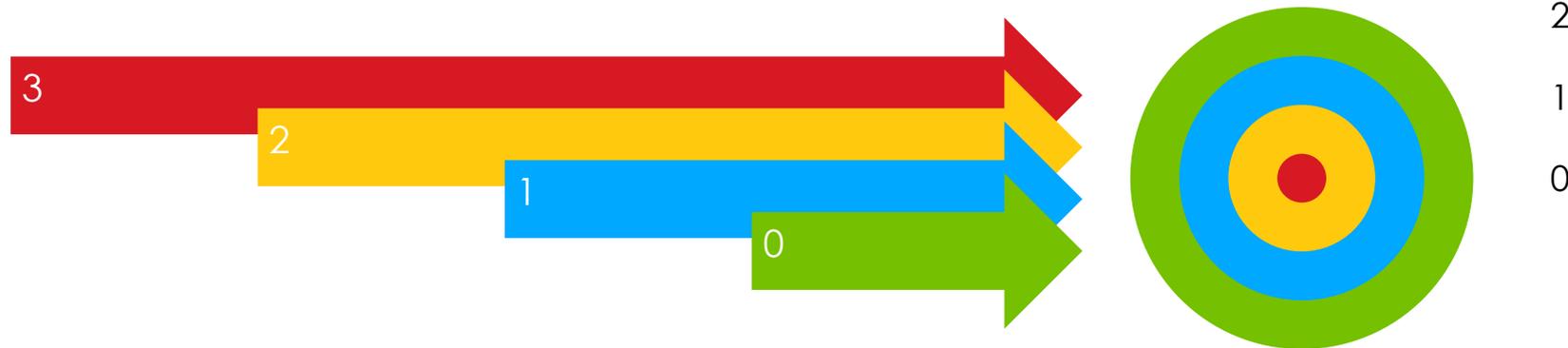
- «Ограничения» по воде могут быть (в некоторой степени) *явно* учтены, чтобы «эндогенизировать» критерий воды в процессе оптимизации (*обратите внимание, что варианты сухого охлаждения более экономны по расходу воды, но в целом менее экономны по расходу энергии - компромисс*).



Необходимо оценить границы интеграции и другие плюсы и минусы (сложность вычислений).

Моделирование при разработке политики

Упрощенный *восходящий* процесс с несколькими этапами:



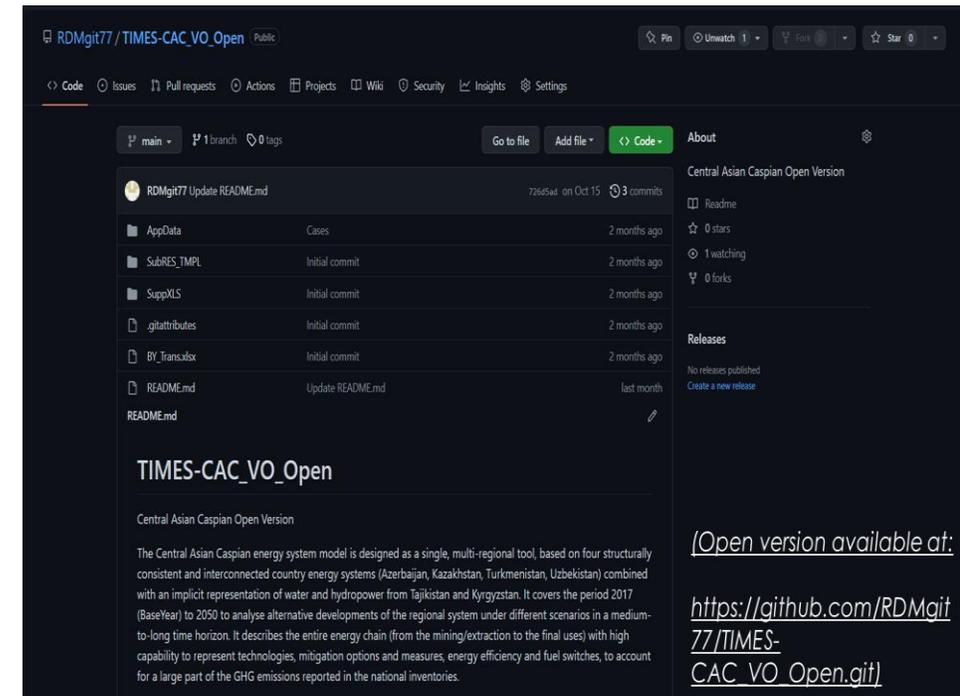
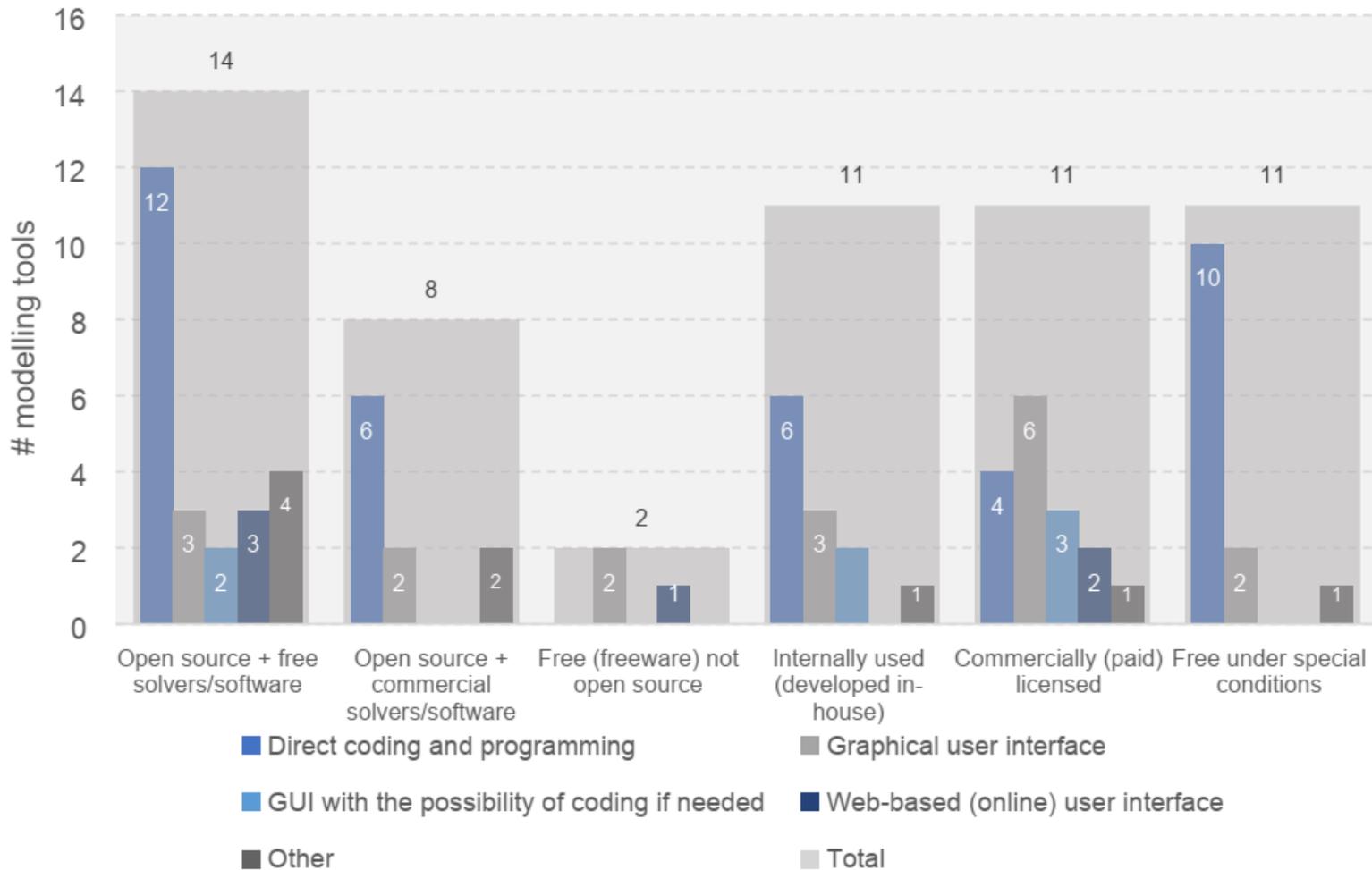
0: организация надлежащего сбора и анализа данных (на отраслевом уровне)

0 → 1: переход к системно-ориентированному подходу и более четкому представлению ключевых компонентов

1 → 2: разработка сценариев для изучения различных комбинаций факторов (например, целей, политики, неопределенностей)

2 → 3: интеграция неэнергетических секторов/компонентов для рассмотрения многочисленных аспектов устойчивости стратегий

Модели энергетических систем – Описание



https://github.com/RDMgit77/TIMES-CAC_VO_Open.git

<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.116731>

Открытый исходный код и открытые данные в энергетическом моделировании

openmod powered by energypedic

Search

Navigation

- Main page
- Models
- Model implementations
- Data
- Grid data
- Learning materials
- Open Licenses
- Journals
- Eprints
- Events
- Berlin Workshop
- Glossary
- Openmod user list

Page Discussion https://wiki.openmod-initiative.org/wiki/Open_model_implementations

Open model implementations

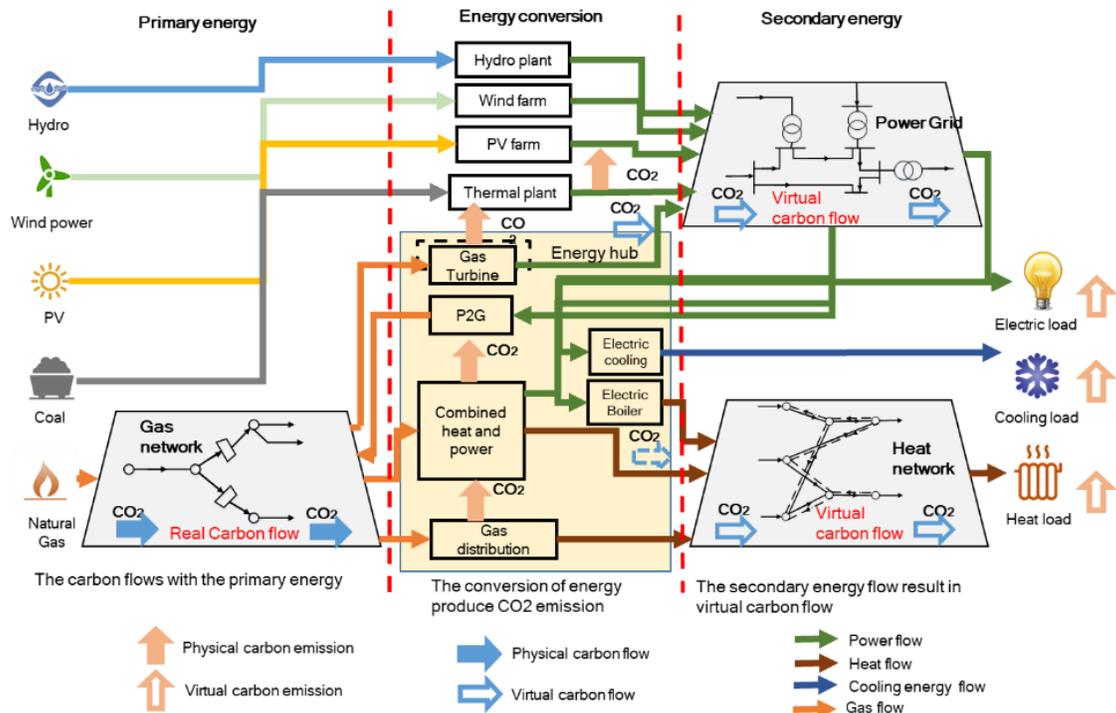
Contents [hide]

- 1 Introduction
- 2 Global
 - 2.1 PLEXOS-World
- 3 Africa
 - 3.1 Africa-wide
 - 3.1.1 CCG Starter Kits for African Countries
 - 3.1.2 PyPSA meets Africa (initiative, no model yet)
 - 3.2 West African Power Pool (WAPP) Dispa-SET
 - 3.3 South African Power Pool (SAPP) Dispa-SET
 - 3.4 South Africa
 - 3.4.1 SA-Calliope
 - 3.4.2 PyPSA-ZA
 - 3.5 Kenya
 - 3.5.1 Calliope-Kenya
- 4 Asia
 - 4.1 China
 - 4.1.1 China-Calliope
 - 4.1.2 PyPSA-China
 - 4.1.3 SWITCH-China

<https://openenergy-platform.org/factsheets/frameworks/>

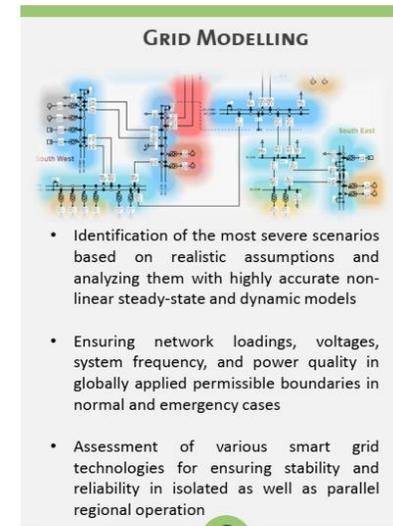
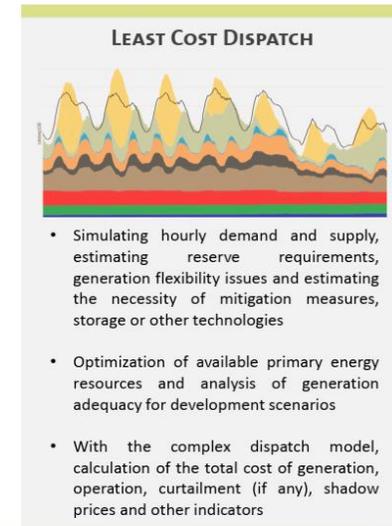
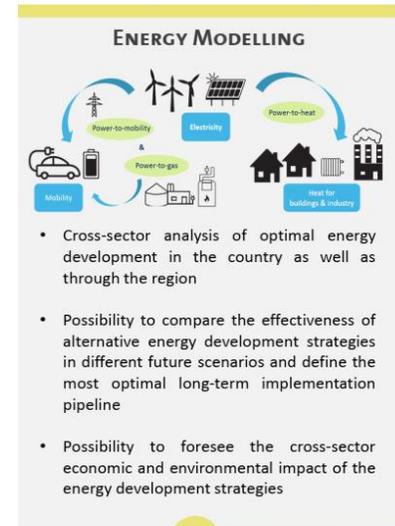
MESSAGEix Integrated Assessment Model and the ix modeling platform	false	Apache license 2.0
Model Order Reduction for Gas and Energy Networks	false	Согласно этой лицензии, пользователи могут:
Mosaik	false	Использовать код в коммерческих целях:
OMEGAipes	false	Компании могут включать лицензионный код в собственное программное обеспечение, которое они затем продают клиентам.
Open Electricity Grid Optimization	false	MIT
Open Energy Modelling Framework (oemof-solph)	false	MIT
Potsdam Integrated Assessment Modeling Framework (PIAM)	false	GNU Lesser General Public License v3.0
Python for Power System Analysis toolbox (PyPSA)	false	Unknown
Renewable Energy Mix	false	Unknown
SecMOD	false	MIT
SPINE Toolbox	false	Unknown
The Integrated MARKAL-EFOM System (TIMES) Model Generator	false	GNU General Public License family

Интеграция энергетических систем (взаимодополняемость)

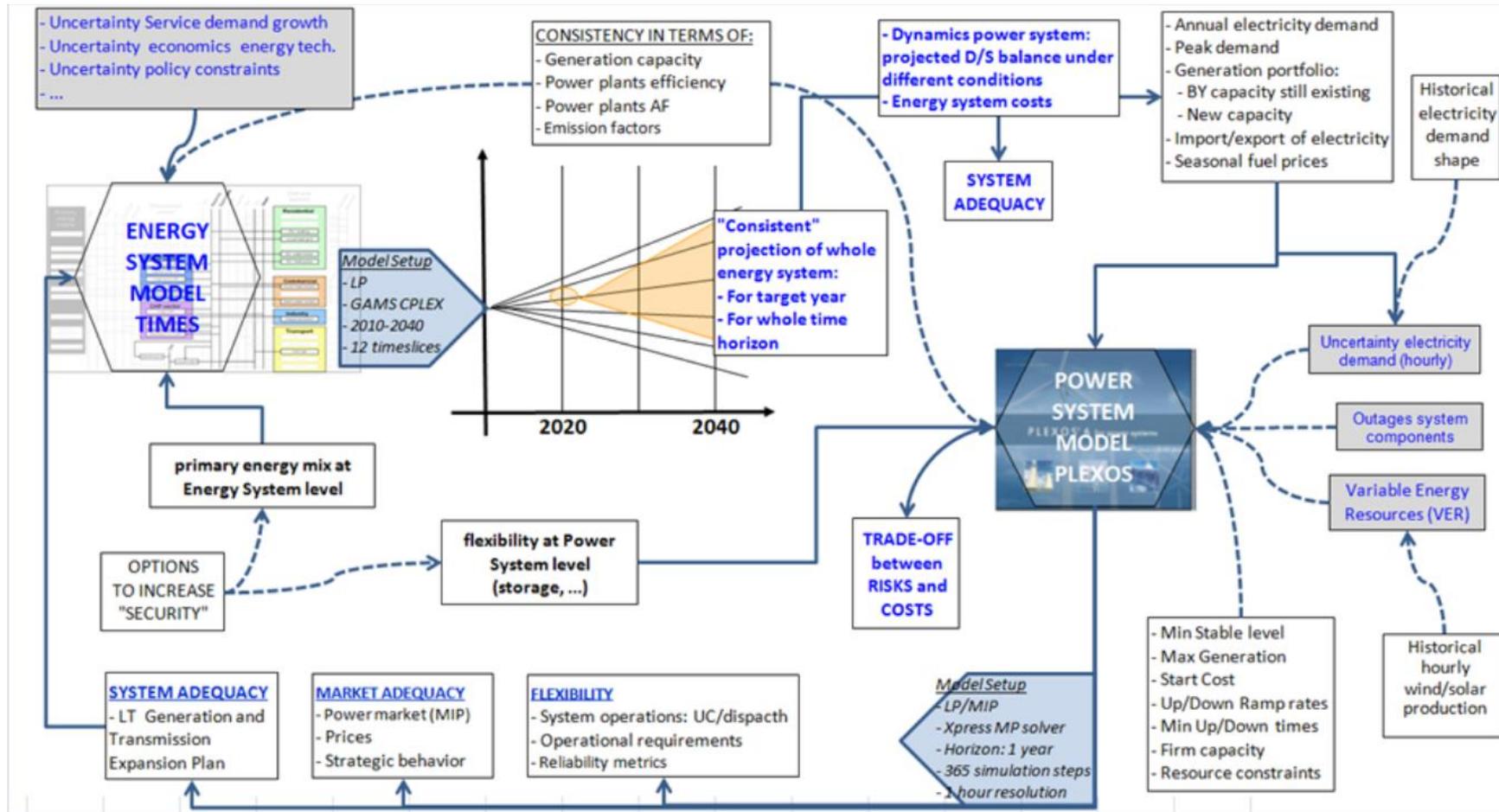


<http://www.ningzhang.net/MES.html>

- Проблемы с местоположением (пространственное решение)
- “Watergy” (разрешение пространства и потока)
- Экономическая структура (общее равновесие)
- Энергетическая система (пространственное и временное разрешение)



«Соединение» моделей энергетических систем с моделями рынка электроэнергии



«Соединение» моделей (опоры):

- Картирование
- Логика (что, для чего, как...)
- Интерфейс
- Итерации/программа
- Критерий/критерии
- ...

<https://iris.enea.it/handle/20.500.12079/2226>

Поддержка принятия решений на основе моделей

В контексте (основанных на моделях) долгосрочных анализов энергетических систем:

ПРИМЕНЯТЬ

Исследование/Сценарий

Управляющие переменные

Надежные предположения / Последовательная
сюжетная линия

Результаты сценария: полезность/рентабельность

Поддержка процесса принятия решений

Эталон(ы)

ИЗБЕГАТЬ

Предположения

Прогнозируемых переменных

Реалистичного сценария / наиболее вероятного сценария и т.д.

Результатов сценария: Правда/Истина

Замены процесса принятия решений

Обычный порядок ведения бизнеса

Моделирование при разработке политики

Моделирование при разработке политики

Изучение влияния различных факторов

Наднациональные элементы

- Международные цены на ископаемое топливо
- Поведение других игроков
- Технологические затраты
- Международные стандарты
-

Национальные элементы

- Структура социально-экономического сектора
- Потребности в энергетических услугах
- Внутренние энергетические ресурсы
- Другие факторы и ограничения (например, технологии, рынок и т.д.)
- - ...

Национальные цели и политики

- Целевые показатели (общие, отраслевые и т.д.)
- Меры (товар, технология и т.д.)
- ...

Неопределенности

-

Управляемость (лица, принимающие решения)

+

Моделирование при разработке политики

Национальные цели и целевые показатели*

1 (Что?)

Включить "целевые показатели", которые должны быть достигнуты в сценариях

(например, целевой показатель ЭЭ, целевой показатель ВИЭ или целевой показатель выбросов и т.д.)

Политики и меры*

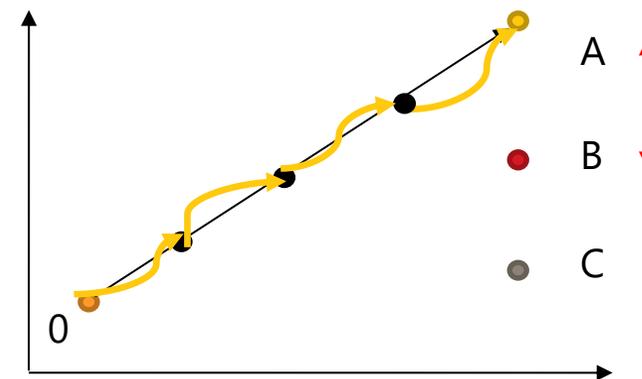
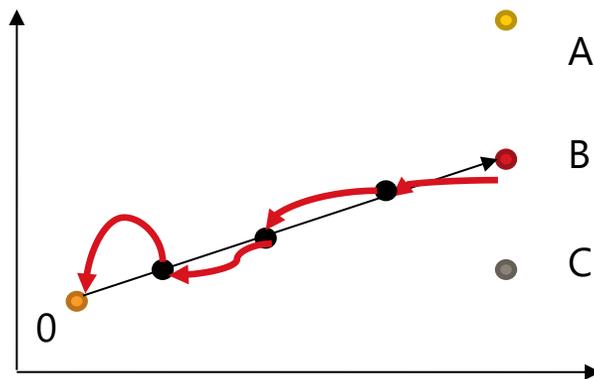
2 (Как?)

Включить набор политических "механизмов"

(например, налог на выбросы CO₂, льготные тарифы, стандарты и т.д.) и изучить влияние на показатели, связанные с энергетикой и окружающей средой

***Целевые показатели** определяют конкретные количественные "пороговые значения", которые должны быть достигнуты

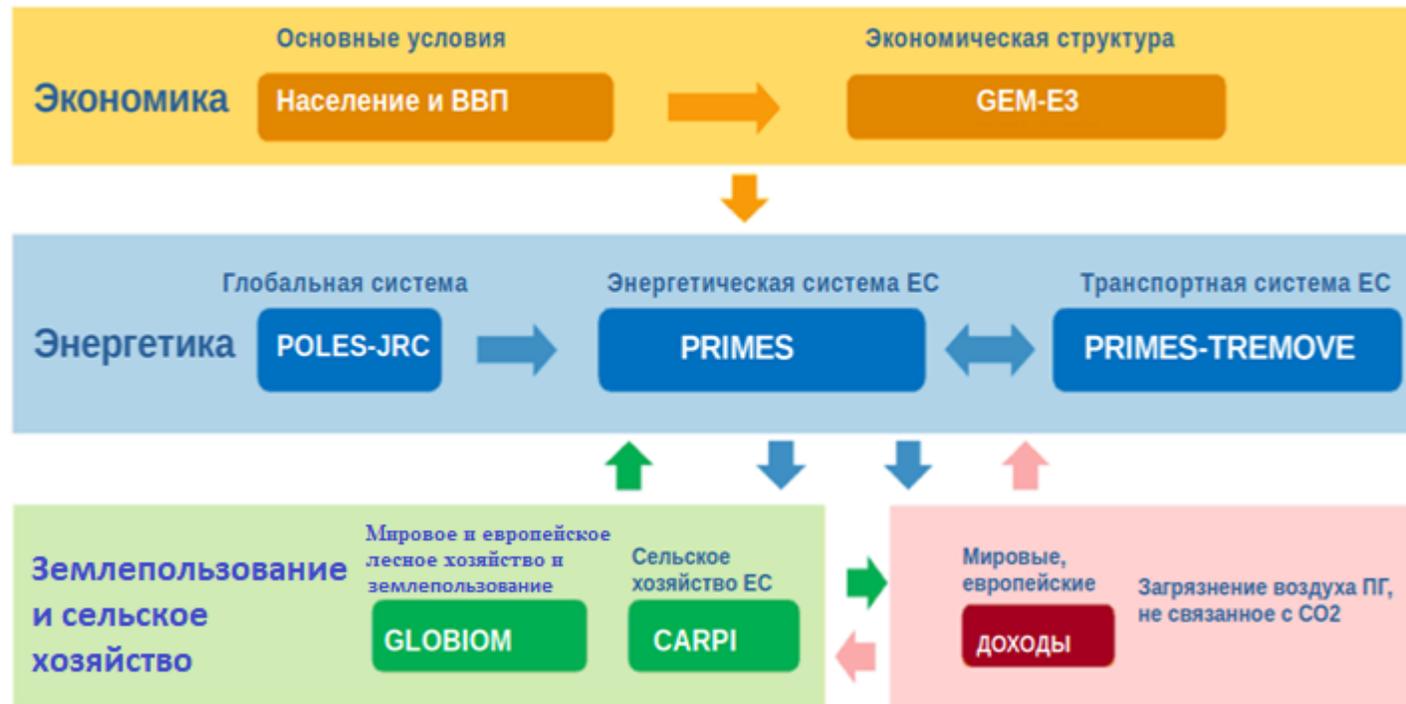
***Меры** являются инструментами реализации политик



Структура моделирования для анализа энергетики и климата – пример

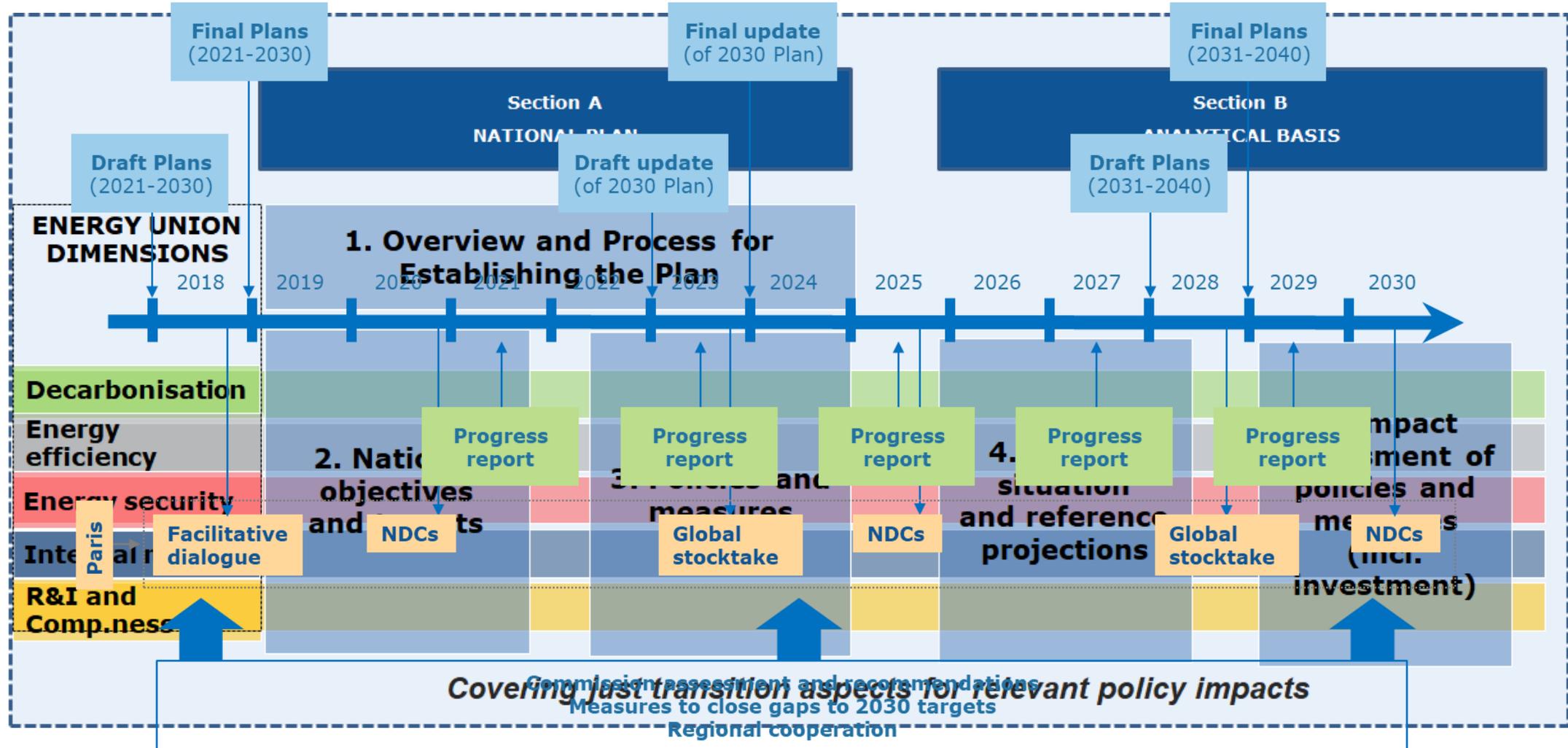
Количественная оценка сценариев, основанная на модели, помогает Европейской комиссии в оценке воздействия и анализе вариантов «политики»

Инструменты связаны друг с другом для обеспечения согласованности («интеграции»)



https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/economic-analysis/modelling-tools-eu-analysis_en

Стратегический анализ на основе моделей (EU-NECP)



Стратегический анализ на основе моделей (EU-NECP)

ОБЩИЕ РАМКИ ДЛЯ КОМПЛЕКСНЫХ НАЦИОНАЛЬНЫХ ПЛАНОВ ПО ЭНЕРГЕТИКЕ И КЛИМАТУ

РАЗДЕЛ А: НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПЛАН

1. ОБЗОР И ПРОЦЕСС РАЗРАБОТКИ ПЛАНА
2. НАЦИОНАЛЬНЫЕ ЦЕЛИ И ЦЕЛЕВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ
3. ПОЛИТИКИ И МЕРЫ

РАЗДЕЛ В: АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОСНОВА

4. ТЕКУЩАЯ СИТУАЦИЯ И ПРОГНОЗЫ С УЧЕТОМ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПОЛИТИК И МЕР
5. *ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ПЛАНИРУЕМЫХ ПОЛИТИК И МЕР*

Список параметров и переменных, НЭБ, ключевые показатели

→ СЕМИНАР 3

Стратегический анализ на основе моделей (EU-NECP)

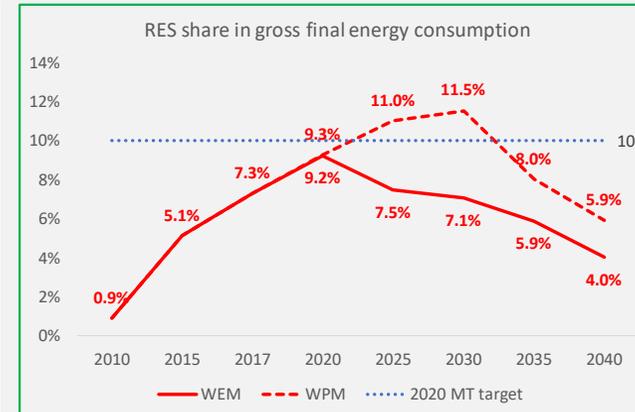
Sensitivity name

Central EffSens ElecSens

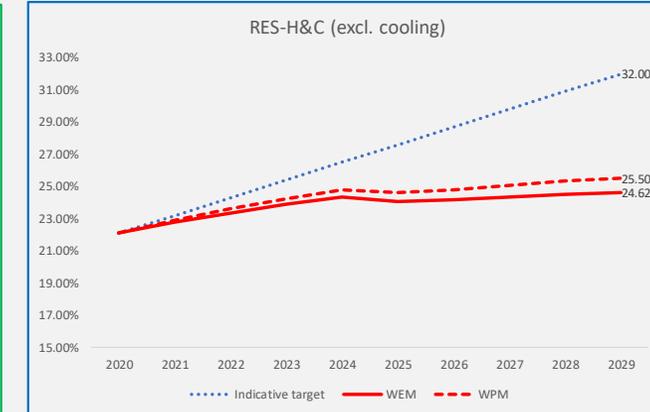
Decarbonisation



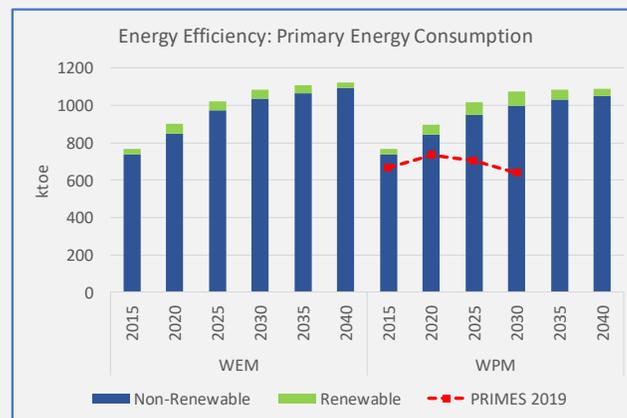
Renewable Energy Share



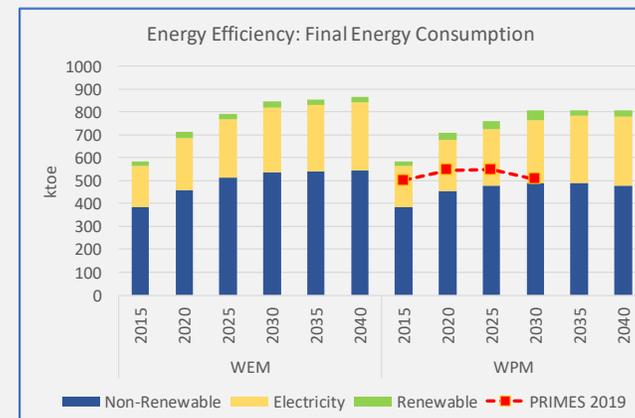
Renewable Heating



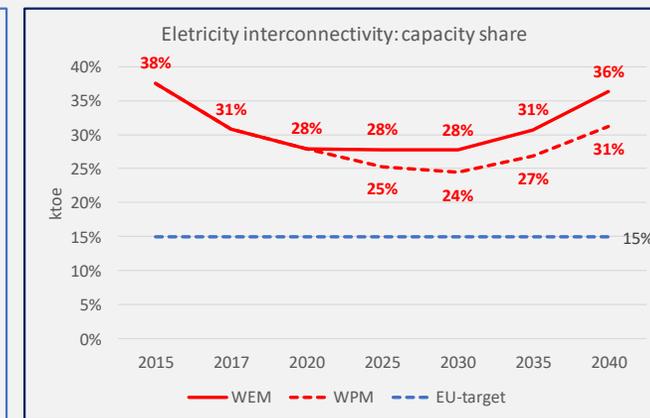
Energy Efficiency (1)



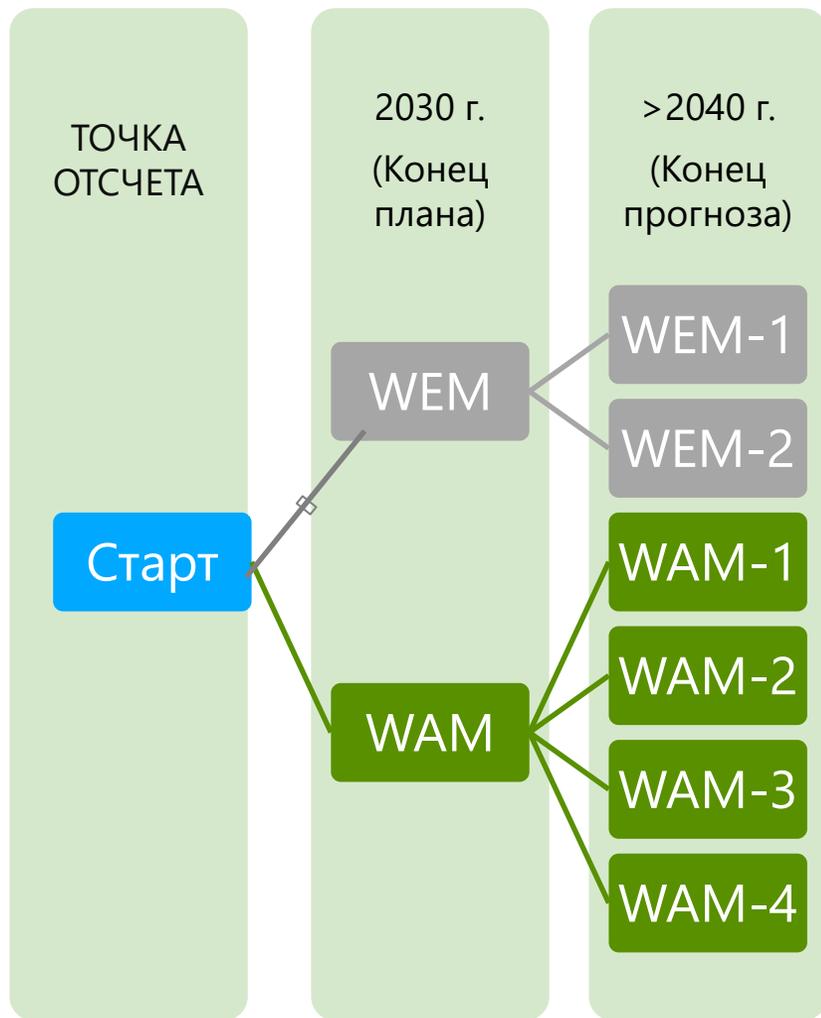
Energy Efficiency (2)



Electricity interconnectivity

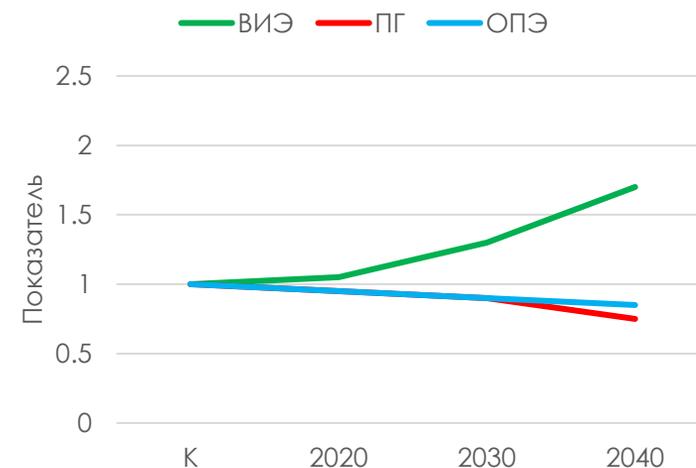


Стратегический анализ на основе моделей (EU-NECP)

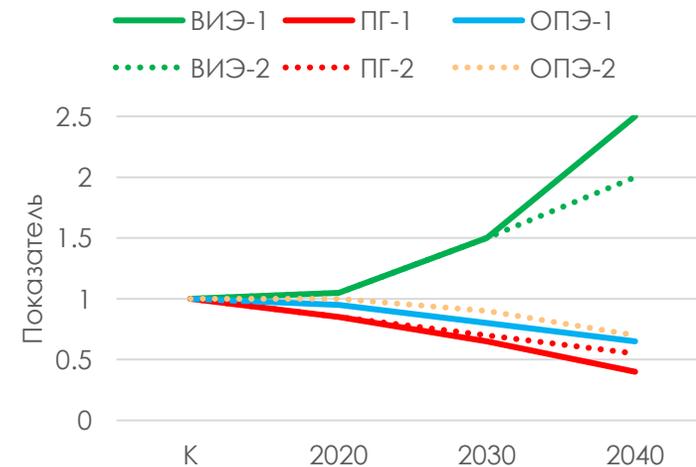


WEM – с существующими мерами
WAM – с дополнительными мерами

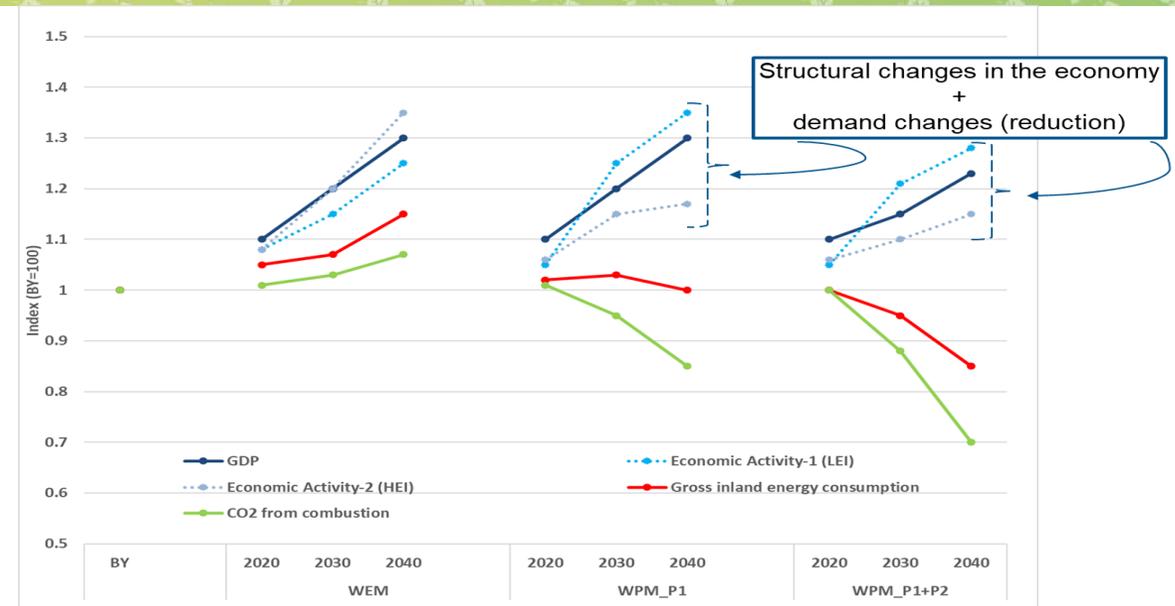
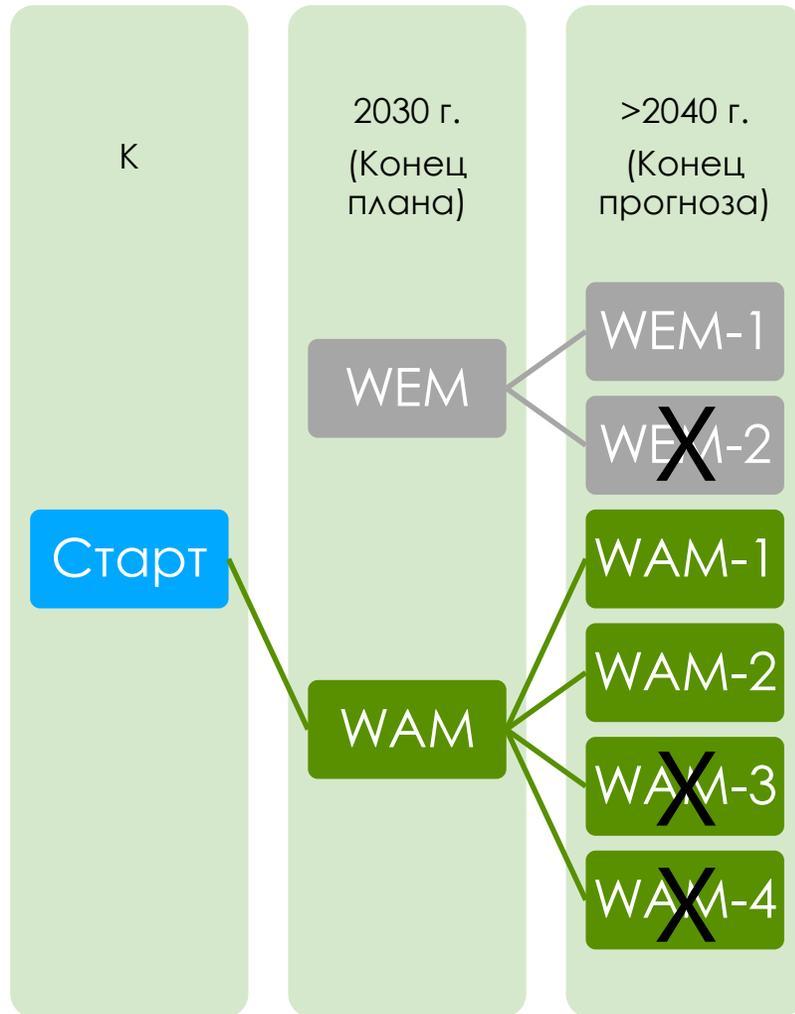
“Перспективы” WEM до > 2040 года



“Перспективы” WAM до > 2040 года

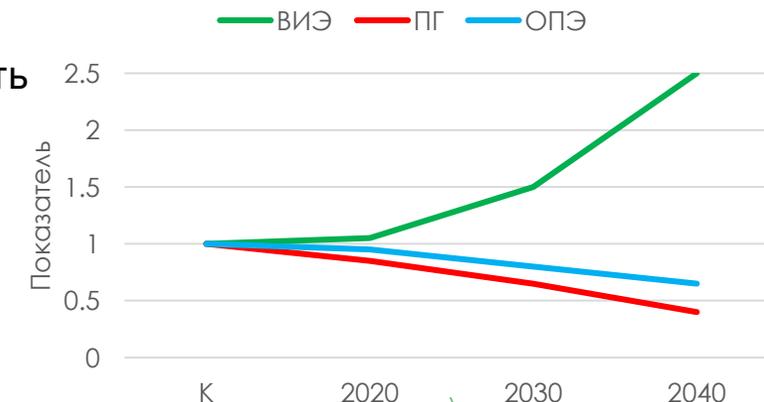


Стратегический анализ на основе моделей (EU-NECP)



Многочисленные исследования / непрерывный синтаксический анализ "дерева исследований" до тех пор, пока не будет найден "надежный" путь

«Надежный прогноз»
WAM на период до 2040 года (по нескольким критериям)



Всемирный банк – Отчеты о климате и развитии стран (CCDR)

Новые основные диагностические отчеты, объединяющие аспекты изменения климата и развития. Они помогут странам определить приоритеты наиболее эффективных действий, способных сократить выбросы парниковых газов (ПГ) и ускорить адаптацию, одновременно достигая более широких целей развития.

Будучи общедоступными документами, Отчеты о климате и развитии стран (CCDR) призваны информировать правительства, граждан, частный сектор и партнеров по развитию и способствовать вовлечению в повестку дня по вопросам развития и климата.

CCDR помогают привлекать финансирование и направлять его непосредственно на мероприятия, направленные на борьбу с изменением климата.

<https://www.worldbank.org/en/publication/country-climate-development-reports>



Пример – SECCA – Казахстан

Краткое содержание

Объем работы:

Исследование роли угля в энергетической системе Казахстана на фоне амбиций по сокращению выбросов.

Обеспечить испытательную платформу для разработки дополнительных/альтернативных оценок.

Подход: Анализ организован в виде «крупных стратегических упражнений» на основе модели с 240 случаями для изучения «комбинированного» воздействия следующих влияющих факторов: цены на CO₂, потенциал CCS, развитие атомной энергетики, поддержка угольных станций, затраты на ВИЭ и H₂, вклад вариантов компенсации выбросов.

Выводы: роль угля различается «в каждом конкретном случае» в зависимости от конкретного сочетания факторов. *Даже при самых благоприятных условиях потребление угля в среднесрочной перспективе вряд ли совместимо со среднесрочными амбициями по снижению выбросов.*

Материал: полная информационная панель на основе электронных таблиц (для навигации по 240 кейсам и «ключевым» результатам каждого кейса).

Файлы моделей:

размещаются на облачной платформе для совместной разработки и контроля версий. Доступ может быть предоставлен местным экспертам и учреждениям для дальнейшего развития (и использования) в рамках проекта SECCA («совместная разработка») и/или для независимого использования.

Следующие шаги:

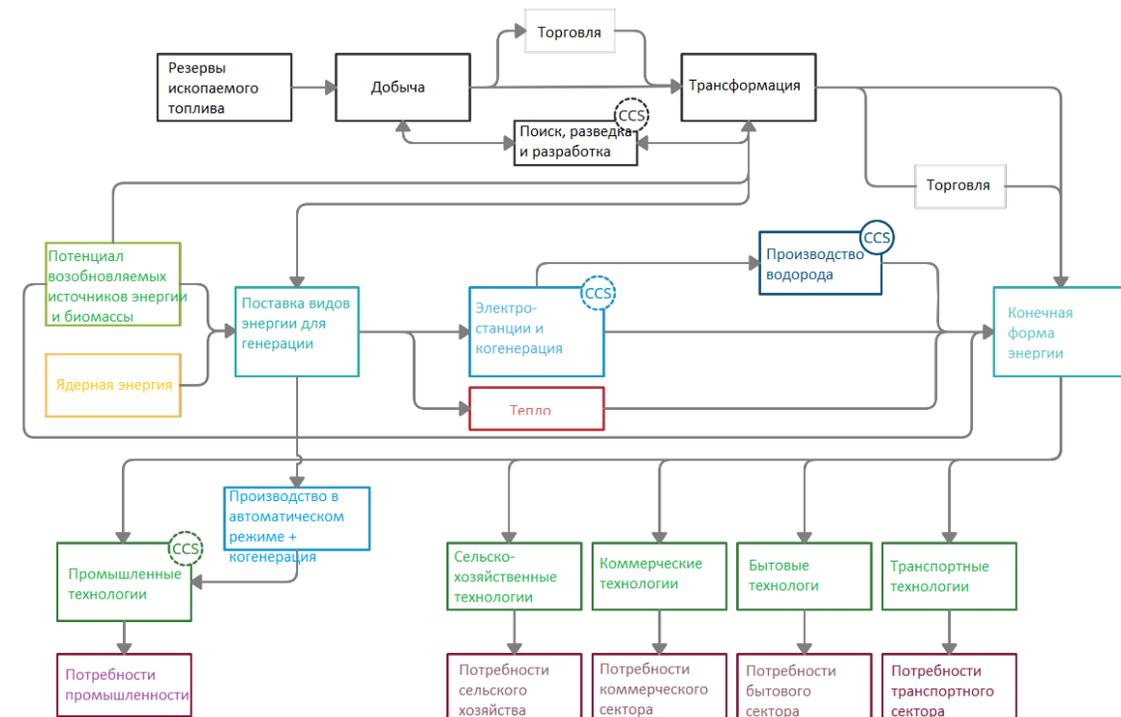
идеи, предложения и обсуждение

Объем работ: интерпретация

Комплексный анализ: основан на целостном подходе, который одновременно рассматривает как можно больше точек зрения или аспектов динамики энергетики и климата и принимает во внимание сквозной характер и взаимодействие между этими измерениями.

Множественные исследования: обучение путем изучения/обучение путем сравнения.

Энергетические сценарии служат точками сравнения для оценки чувствительности и множества результатов.



Подход: разработка большого стратегического упражнения

- 5 - различные цены на выбросы CO2 (для имитации различных амбиций по сокращению выбросов, от «отсутствия (нет)» до «декарбонизации») → Очень низкий / Низкий / Средний / Высокий / Очень высокий (декарбонизация ЕС)
- 3 - различные предположения относительно CCS (неопределенность в отношении потенциала хранения и скорости улавливания) → Нет / Средний / Большой
- 2 - различные предположения для атомной → Нет/Да (до 12 ГВт в 2060 г.)
- 2 - различные предположения для IGCC (капитальные затраты и субсидии) → Значения по умолчанию / -25% капитальных затрат и субсидия на покрытие переменных затрат (без учета топлива)
- 2 - различная стоимость технологий возобновляемой энергии и технологий H2 → Стандартный/высокий (+33% капитальных вложений)
- 2 (неопределенность в отношении капитальных вложений) → По умолчанию / Низкий (-40% капитальных вложений)
- 2 - различный вклад других вариантов компенсации (DAC и естественного)

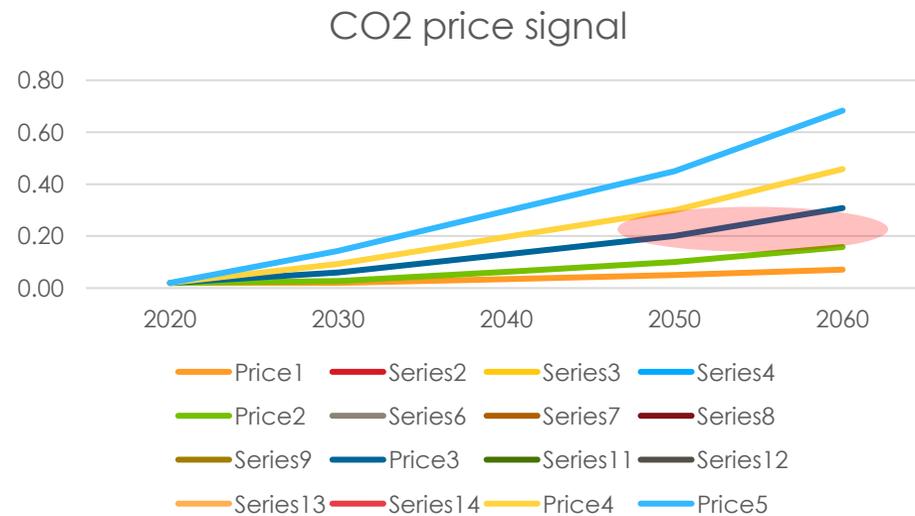
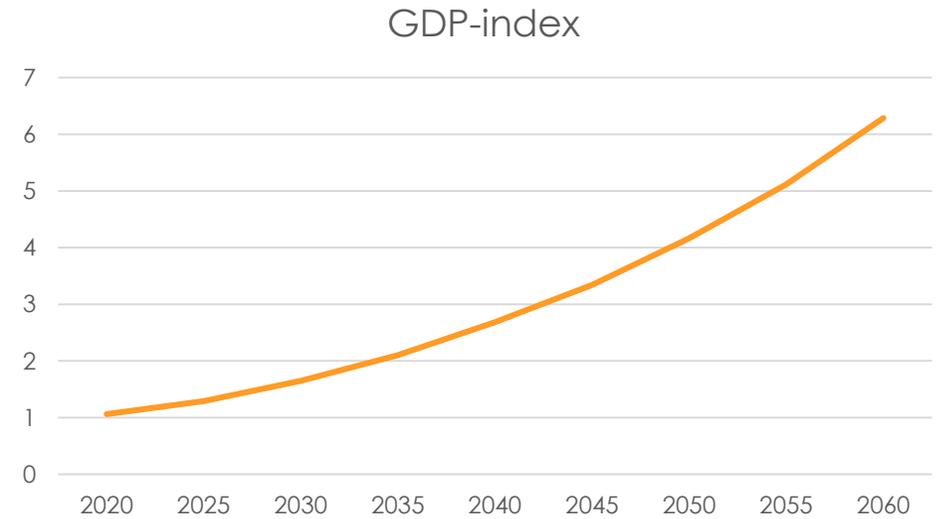
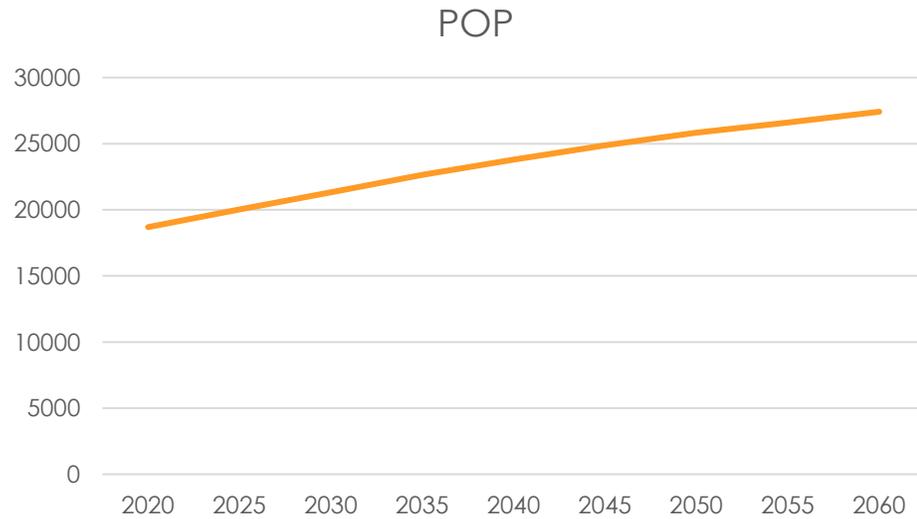
240 Общее количество случаев

Комбинаторный метод исследования сценариев (путем перестановки и комбинирования влияющих факторов)

CO2-1 1	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96	101	106	111	116	121	126	131	136	141	146	151	156	161	166	171	176	181	186	191	196	201	206	211	216	221	226	231	236
CO2-2 2	7	12	17	22	27	32	37	42	47	52	57	62	67	72	77	82	87	92	97	102	107	112	117	122	127	132	137	142	147	152	157	162	167	172	177	182	187	192	197	202	207	212	217	222	227	232	237
CO2-3 3	8	13	18	23	28	33	38	43	48	53	58	63	68	73	78	83	88	93	98	103	108	113	118	123	128	133	138	143	148	153	158	163	168	173	178	183	188	193	198	203	208	213	218	223	228	233	238
CO2-4 4	9	14	19	24	29	34	39	44	49	54	59	64	69	74	79	84	89	94	99	104	109	114	119	124	129	134	139	144	149	154	159	164	169	174	179	184	189	194	199	204	209	214	219	224	229	234	239
CO2-5 5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215	220	225	230	235	240

Пример (12): Низкая цена на выбросы CO2; Большой потенциал CCS, отсутствие ядерной энергетики, отсутствие поддержки IGCC, затраты по умолчанию для ВИЭ и H2, затраты по умолчанию для технологий компенсации выбросов CO2
 Пример (46): Очень низкая цена на выбросы CO2; НЕТ потенциала CCS, ДА атомная энергия, ДА поддержка IGCC, затраты по умолчанию для ВИЭ и H2, затраты по умолчанию для технологий компенсации CO2
 Пример (240): Очень высокая цена на выбросы CO2; Большой потенциал CCS, ДА атомная энергия, ДА поддержка IGCC, Высокие затраты на ВИЭ и H2, Низкие затраты на технологии компенсации выбросов CO2

Подход: ключевые драйверы

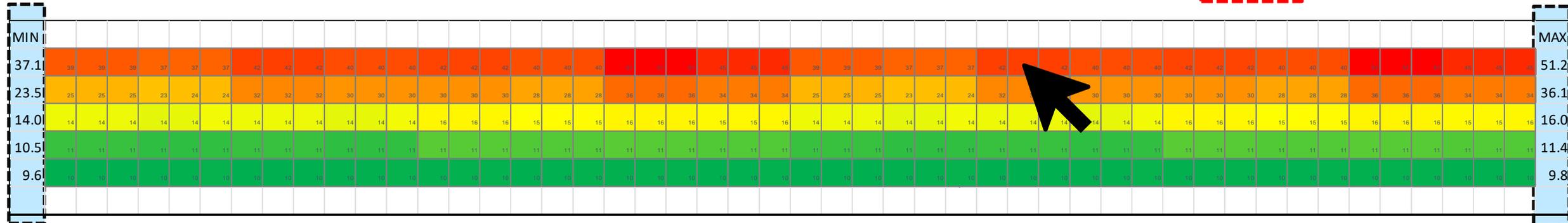
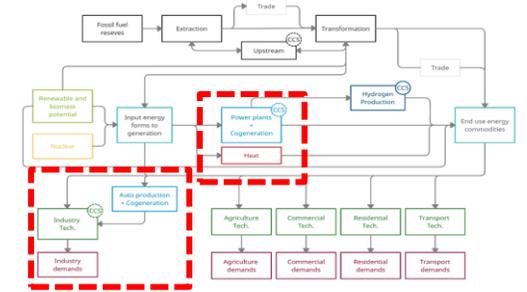


~450 \$/т аналогично стоимости ЕС
(достичь климатической
нейтральности ЕС к 2050 году в
анализе пакета FF55)

Выводы (навигатор на основе электронных таблиц)

КПЭ: Использование угля (в генерации и промышленности) на временном горизонте (2020-2060 гг.).

Выражается через эквивалент n. лет потребления в 2020 году



Темно-красные ячейки: большое количество лет
 Оранжевые/желтые ячейки: промежуточный уровень
 Темно-зеленые ячейки: небольшое количество лет

Подсказка отображает описание случая, когда пользователи указывают на соответствующую ячейку

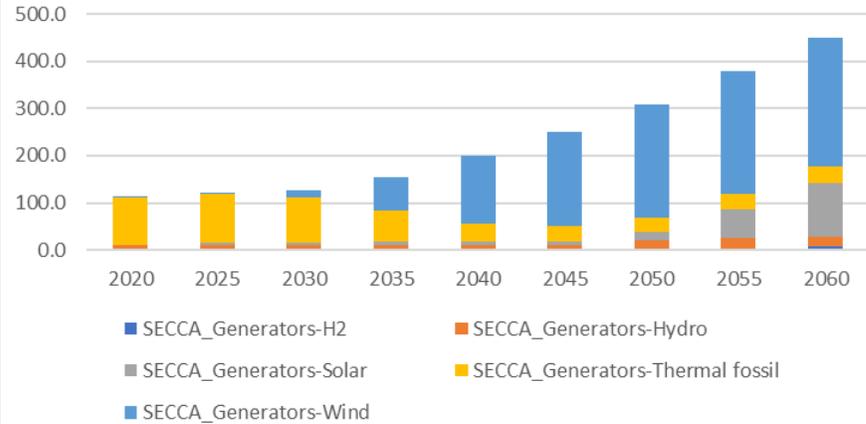


В двух кликах от конкретных результатов:

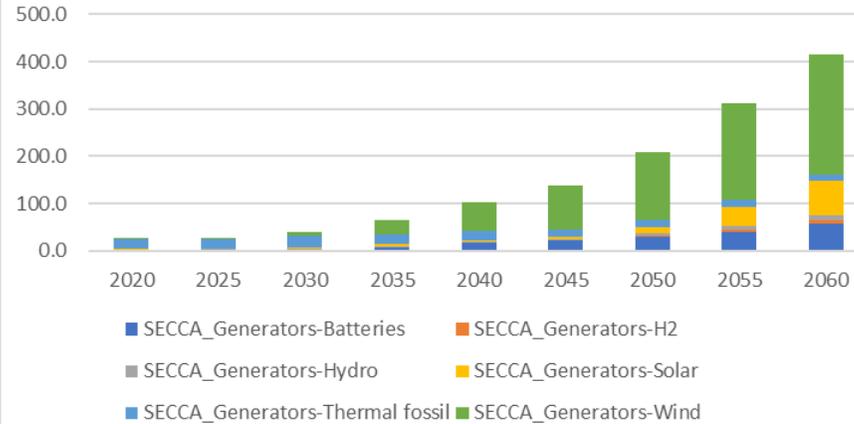
- Генерирующая мощность
- Производство электроэнергии
- Общие выбросы
- Конечное потребление
- Системные затраты (относительные)

Выводы (навигатор) – Кейс X

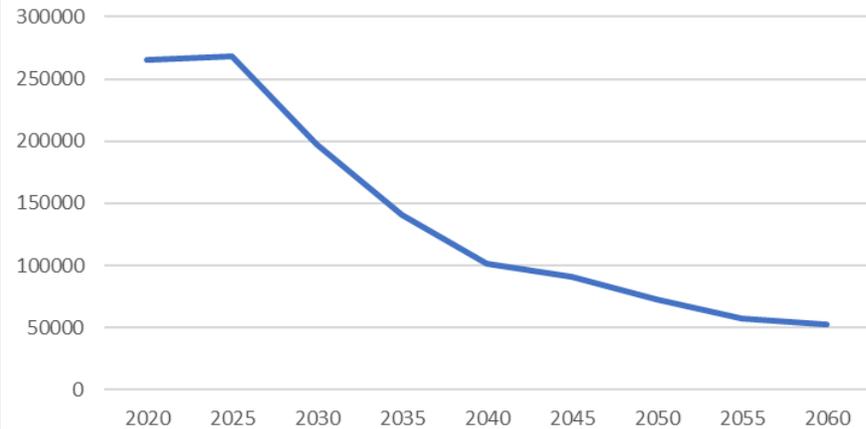
Electricity generation - TWh



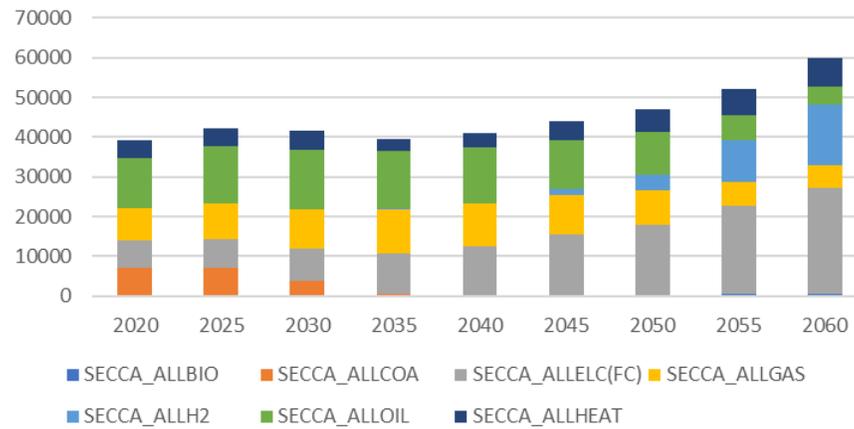
Capacity - GW



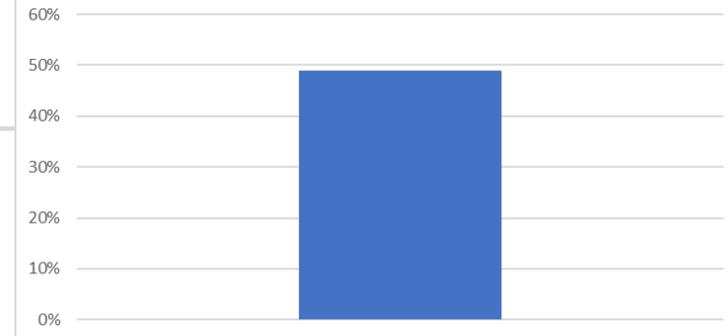
Emissions - ktCO2eq



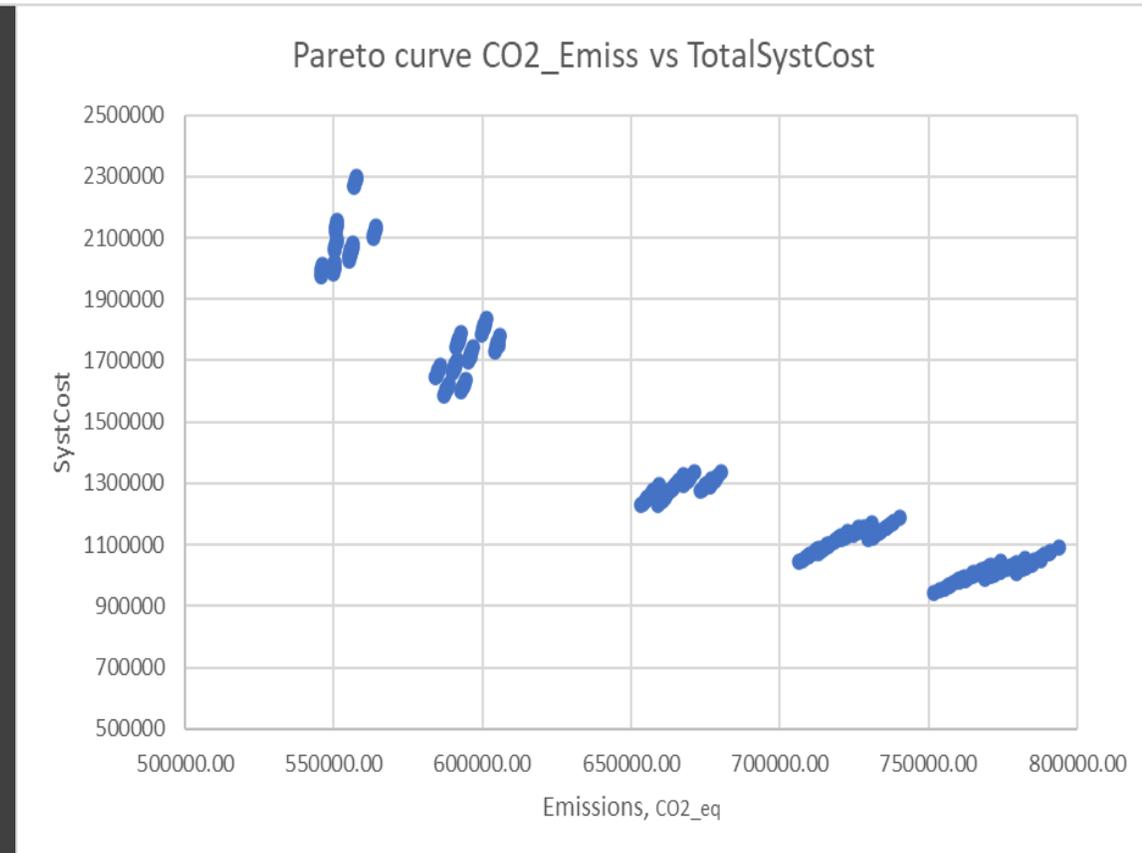
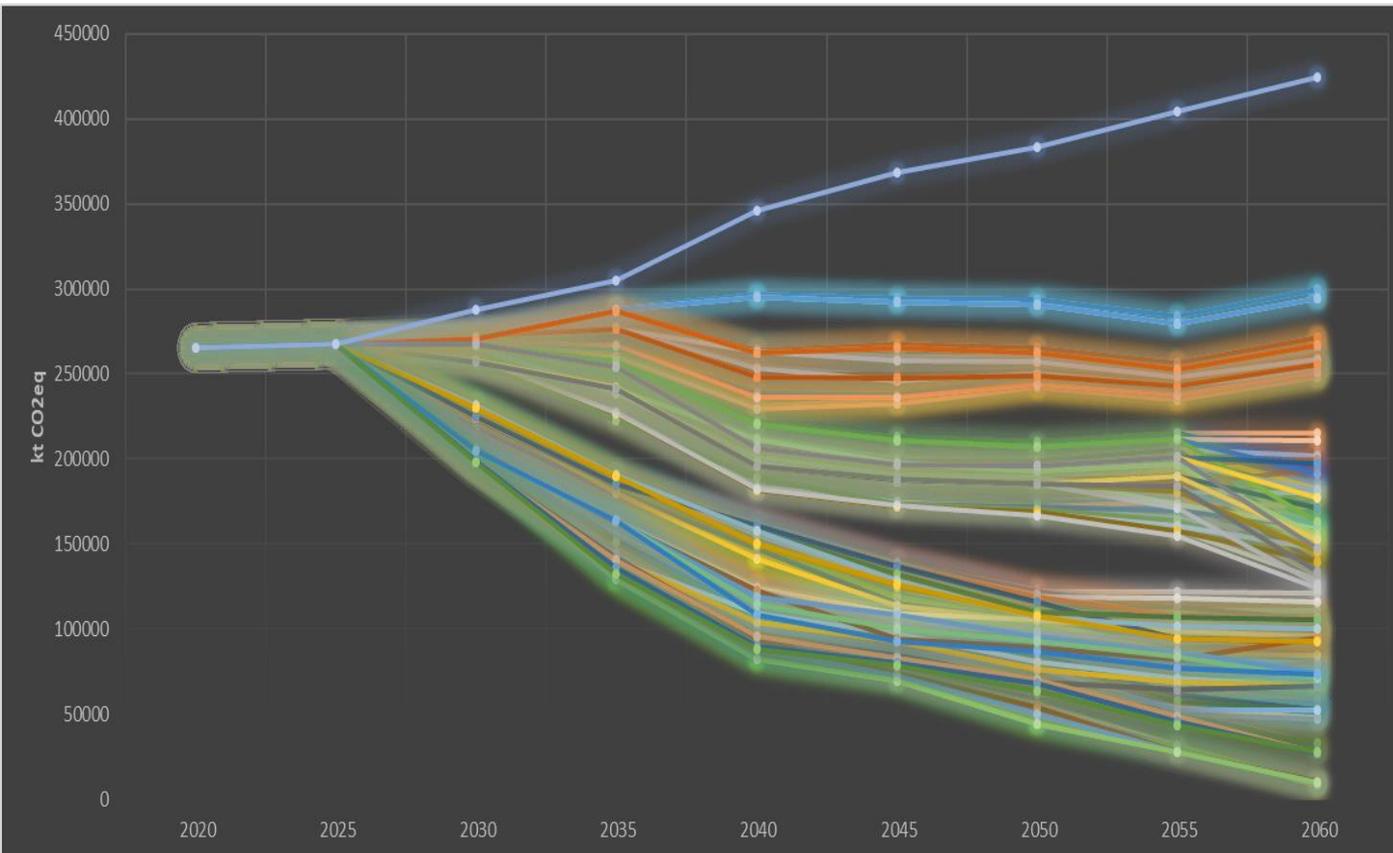
Final Consumption - ktoe



Total Discounted system cost increase (wrt case 1)



Выводы (навигатор) – Спектр выбросов и компенсаций



Стратегические идеи

В рамках проведенного исследования:

- Совокупное использование угля за период (2020–2060 гг.) колеблется от (около) 10 до 51 года в эквиваленте потребления 2020 г.
- Ни один из выявленных влияющих факторов не делает возможным долгосрочное использование угля совместимым с траекториями глубокого смягчения последствий (почти нулевых)
- Даже для умеренных целей по смягчению последствий (например, около -50% относительно 2020 года), годовое (среднее) потребление угля в течение следующих 40 лет, по прогнозам, составит около 1/3 сегодняшних значений
- Существует высокий риск «неликвидных» активов (если в ближайшие годы будут построены новые угольные электростанции/объекты)
- Высокий риск потери конкурентоспособности (подлежит дальнейшему изучению)

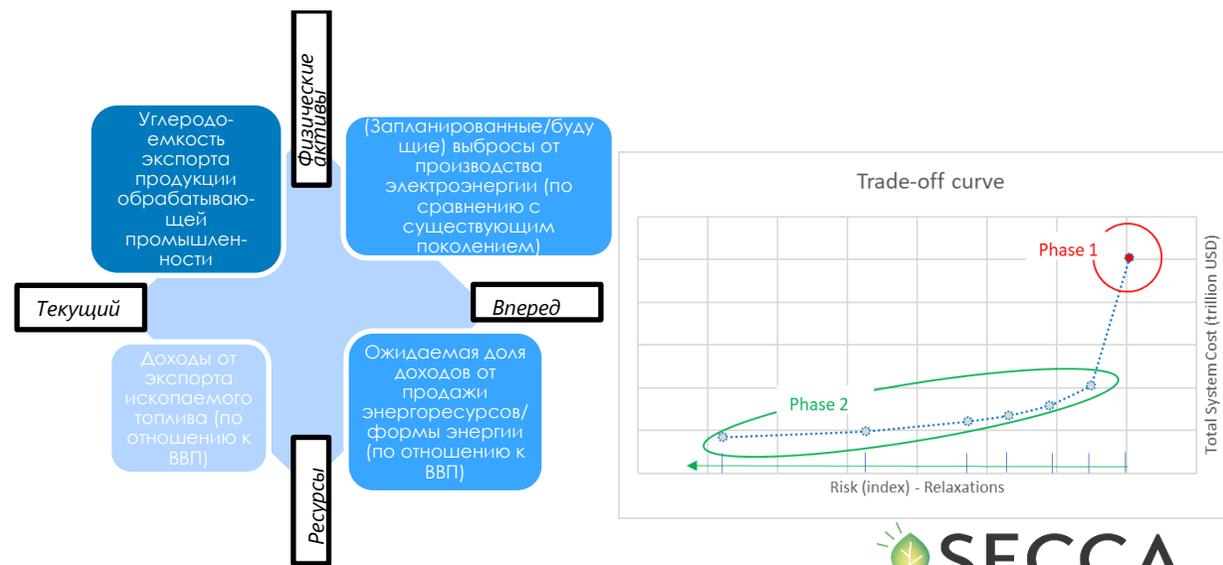
Ограничения

Данные за базовый год (обследования домашних хозяйств, промышленности, транспорта, энергетического баланса и т.д.) и краткосрочные решения

Разработка сценария/варианта (вовлечение и совместное творчество)

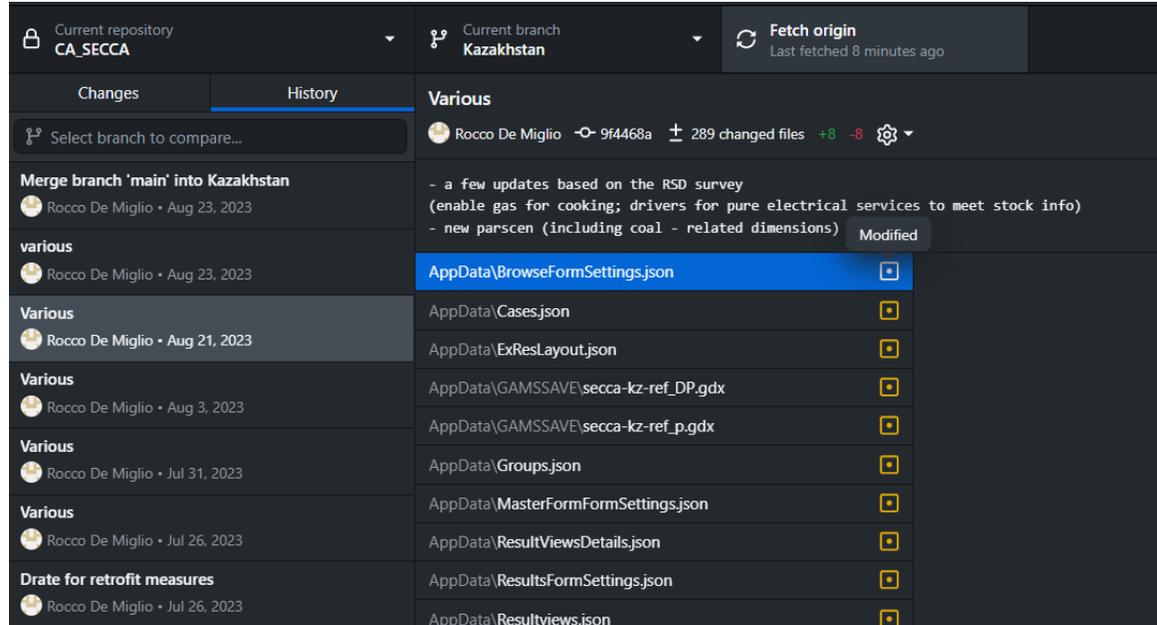
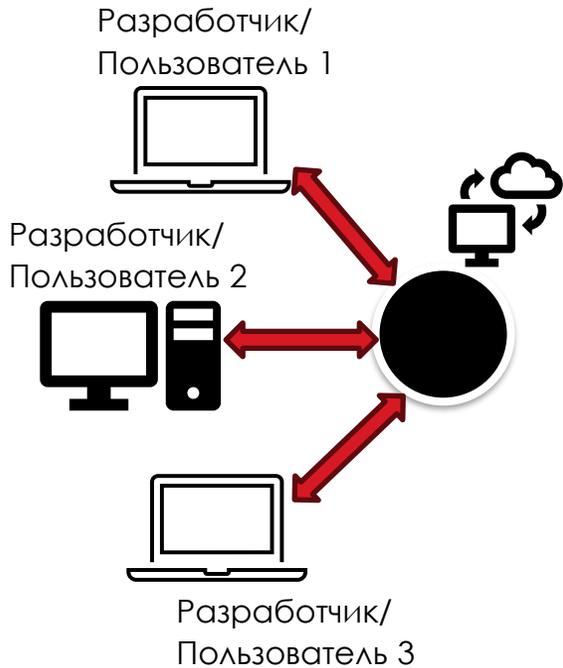
Альтернативные интерпретации стратегического вопроса:

“имитировать” включение дополнительного критерия (многокритериальный анализ) в процесс принятия стратегических решений, чтобы определить математическое выражение, отражающее “рискованные конфигурации энергетического баланса”



Авторская разработка, скорректированная Всемирным банком. doi:10.1596/978-1-4648-1340-5

Сотрудничество и совместное развитие



Для размещения файлов модели и сотрудничества с командой

Доступ может быть предоставлен местным организациям (с предыдущим опытом моделирования):

ИЭИ
Жасыл Даму
Астана ИТ
Назарбаев Университет

...

Пример рабочего процесса



Энергоэффективность

Определение улучшений в области энергоэффективности – индикаторы

Потребление **МЕНЬШЕГО** (-) количества энергии для предоставления **ТАКОЙ ЖЕ** (=) услуги

Потребление **ТАКОГО ЖЕ** (=) количества энергии для предоставления **БОЛЬШЕГО** объема коммунальных услуг

Потребление **МЕНЬШЕГО** (-) количества энергии из-за необходимости **ИЗМЕНЕНИЯ** (\neq) объема коммунальных услуг

Потребление **МЕНЬШЕГО** (-) количества энергии и предоставление **МЕНЬШЕГО** (-) количества услуг

Является ли все вышперечисленное повышением уровня энергоэффективности?

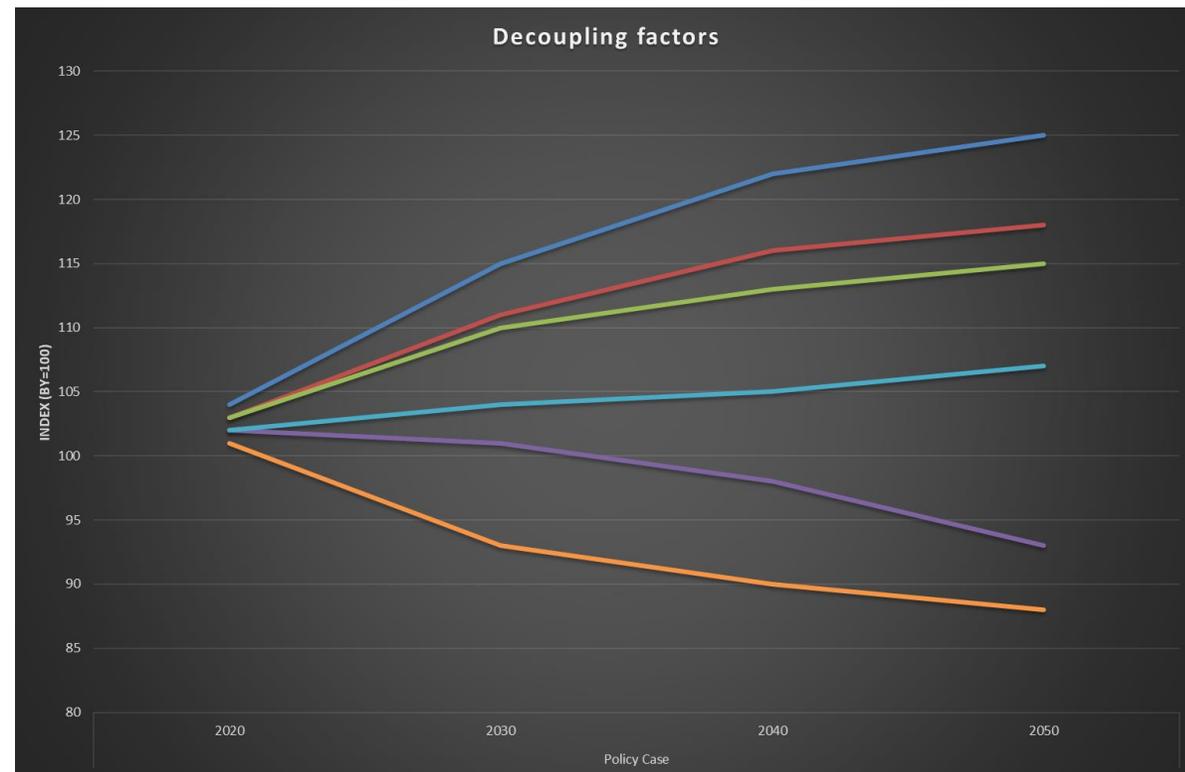


Общий показатель энергоэффективности: $\frac{\text{Energy Consumption } (t)}{\text{Activity } (t)}$

Общий показатель энергоэффективности: $\text{Energy consumption } (x, t) - \text{Energy consumption } (B, t)$

«Разъединение переменных» — это когда две переменные перестают двигаться вместе:

- корреляция между ними остается положительной (относительной)
- корреляция между ними становится нулевой или отрицательной (абсолютной)



Принцип «энергоэффективность прежде всего» на уровне ЕС

Статья 2(18) Регламента об управлении Энергетическим союзом и борьбе с изменением климата

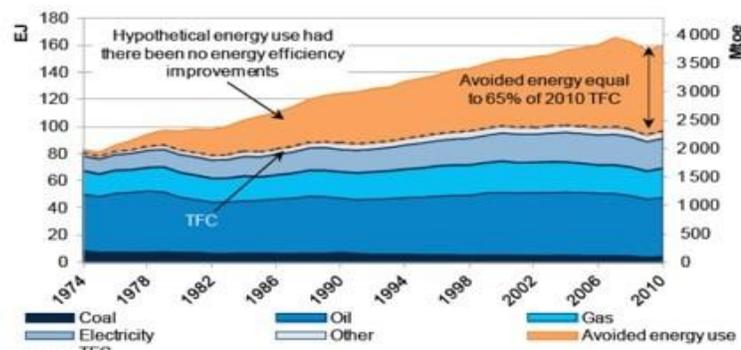
Принцип «энергоэффективность прежде всего» - это руководящий принцип в управлении изменением климата и энергетикой в ЕС и за его пределами, который, полностью учитывая надежность поставок и рыночную интеграцию, гарантирует, что страны производят только необходимое количество энергии и что на пути к достижению климатических целей они не допускают инвестиций в бесхозные активы.

Этот принцип должен учитываться в комплексных национальных планах по энергетике и климату (NECP) государств-членов.

Согласно этому принципу энергоэффективность рассматривается **приоритетным источником энергии**, то есть необходимо «сохранить энергию прежде чем производить ее».

Принцип рассматривает эффективность «комплексной энергетической системы» (в ее целостности) и подразумевает продвижение наиболее эффективных решений для достижения климатической нейтральности по всей цепочке создания стоимости (от производства энергии, транспорта до конечного потребления) для того, чтобы достигнуть энергоэффективности как в потреблении первичной, так и конечной энергии.

Согласно принципу необходимо отдать предпочтение прежде всего рентабельным решениям на стороне спроса, а не инвестициям в энергетическую инфраструктуру.



Общая цель энергоэффективности – пересмотр Директивы ЕС по энергоэффективности

ЕС поставил перед собой амбициозные цели по энергоэффективности на 2020 и 2030 годы – сократить потребление **первичной** и **конечной** энергии в рамках целей по декарбонизации до 2050 года.

Исходный сценарий (2018 г.): основная цель ЕС по энергоэффективности на 2030 год – не менее 32,5% (по сравнению с прогнозами ожидаемого энергопотребления в 2030 году).

Цель 32,5% - к 2030 году потребление конечной энергии составит 956 млн т н.э. и/или потребление первичной энергии составит 1 273 млн т н.э.

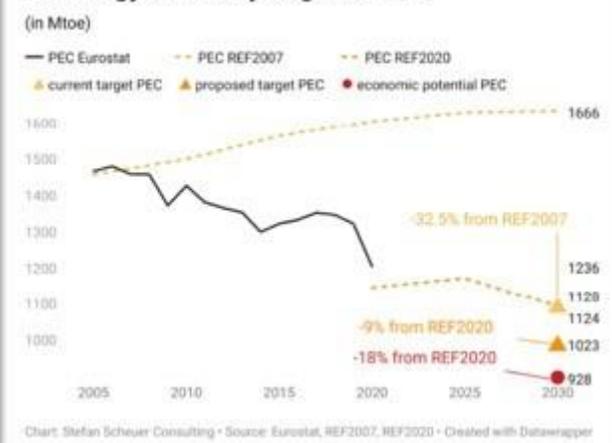
Последние данные (2022, в рамках плана REPowerEU)

	Анализ моделирования для пересмотра EED		Анализ сетевого моделирования	
	Полный пакет 9% ЭЭ/40% ВИЭ	REPowerEU 13% ЭЭ/45% ВИЭ	REPowerEU 19% ЭЭ/45% ВИЭ	
Потребление энергии				
Цель ЕС по потреб. конеч. энерг. относительно сценария REF2020	9%	13%	19%	
Потребление конечной энергии (млн т.н.э.)	787	751	701	
Цель ЕС по потреб. первич. энерг. относительно сценария REF2020	8%	10%	13%	
Потребление первичной энергии (млн т.н.э.)	1,033	1,006	979	

EU energy efficiency target for FEC



EU energy efficiency target for PEC



Анализ на основе моделей

Целевые значения: «абсолютные числа»

Понимание энергоэффективности – ориентировочные шаги

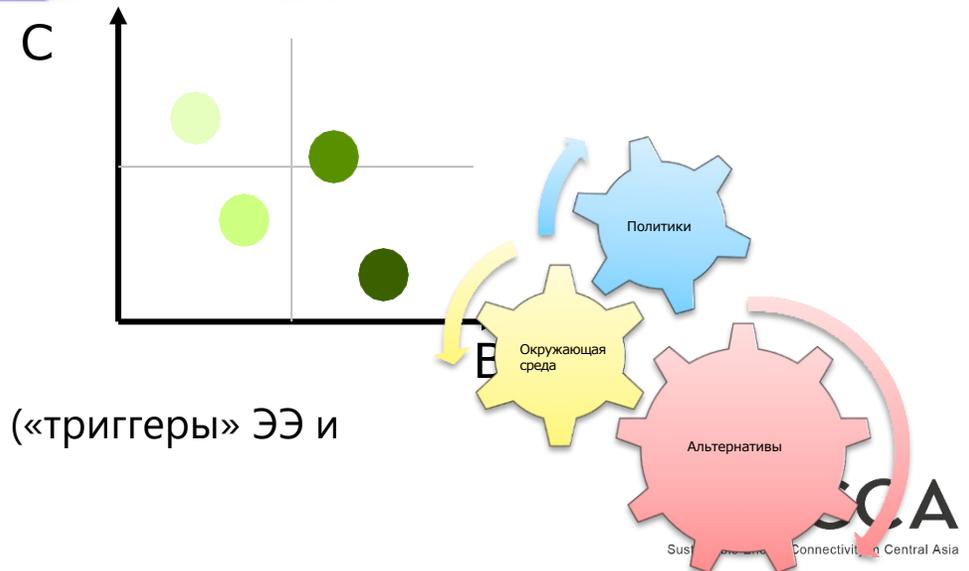
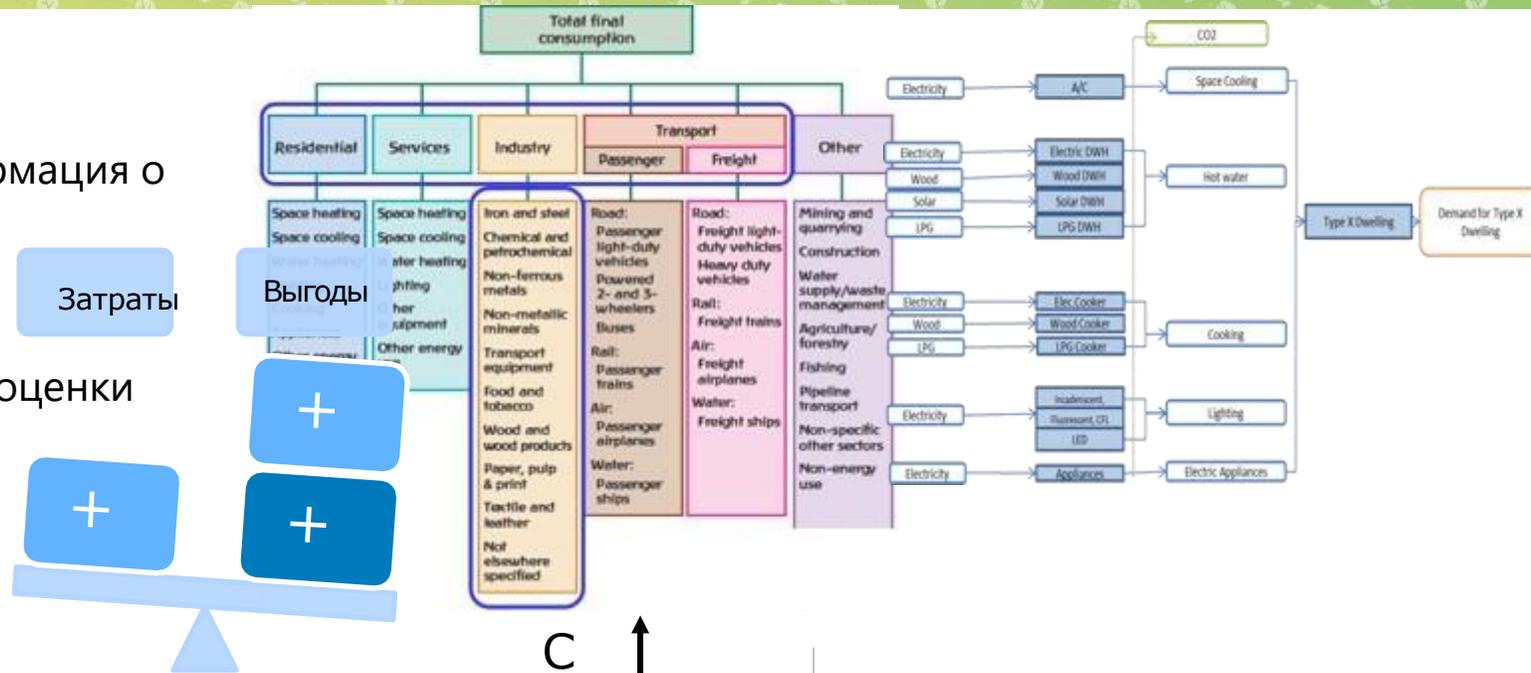
- Понимание того, как энергия используется в системе/секторах

Помимо энергетического баланса нужна информация о конечном потреблении.

- Определение методологии/обоснования оценки

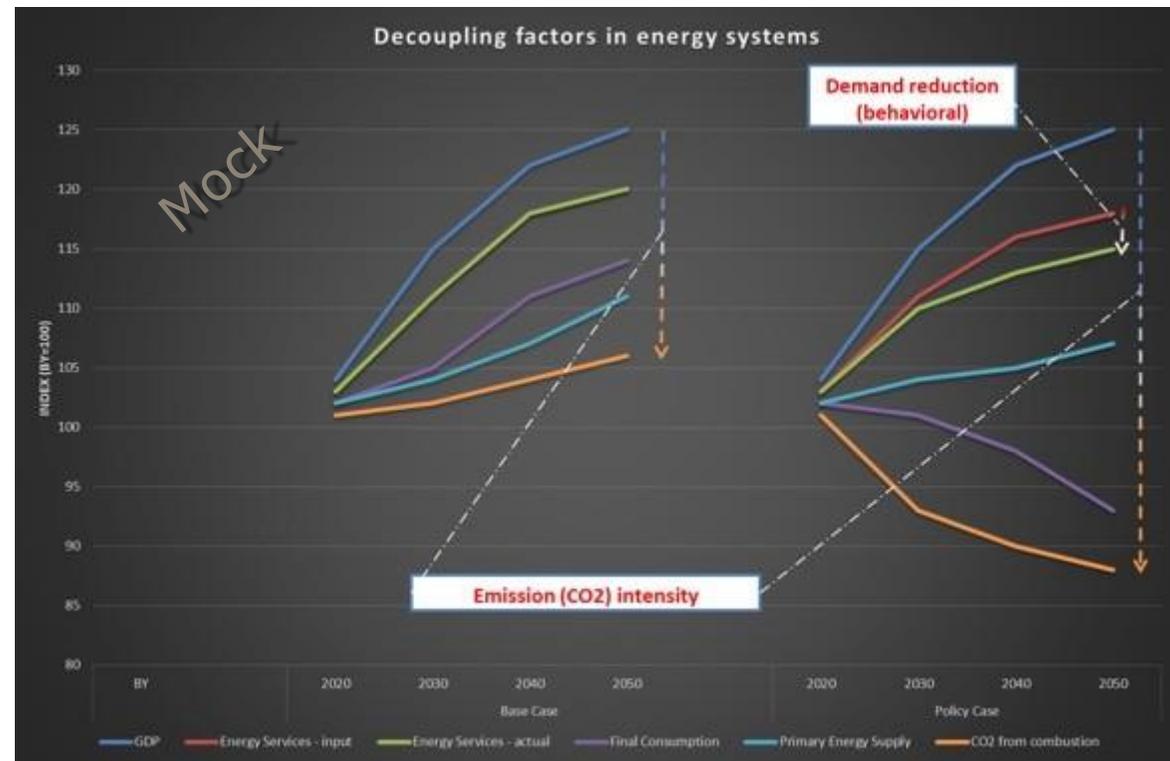
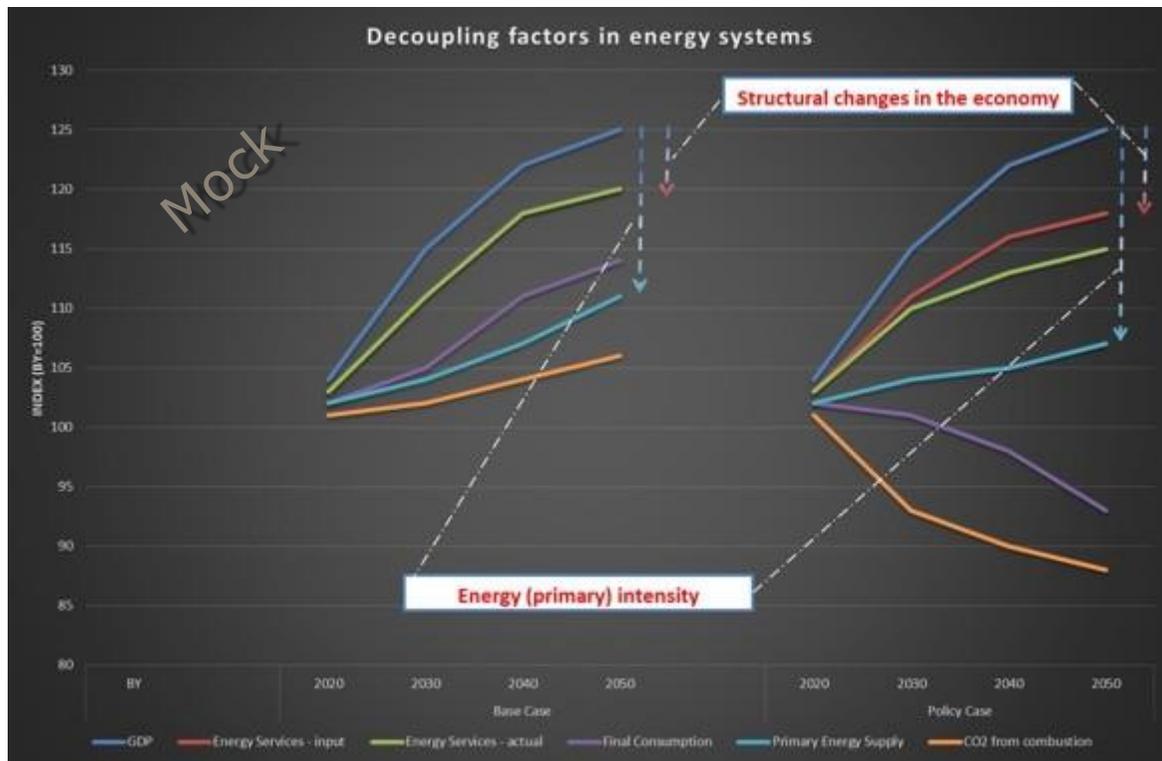
- Сбор информации (статистика/опросы/измерения/базы данных,..)
Отбор и оценка альтернативы (ключевым моментом является четкость технологии)

- Изучение и проектировка энергетических переменных («триггеры» ЭЭ и другие факторы): моделирование



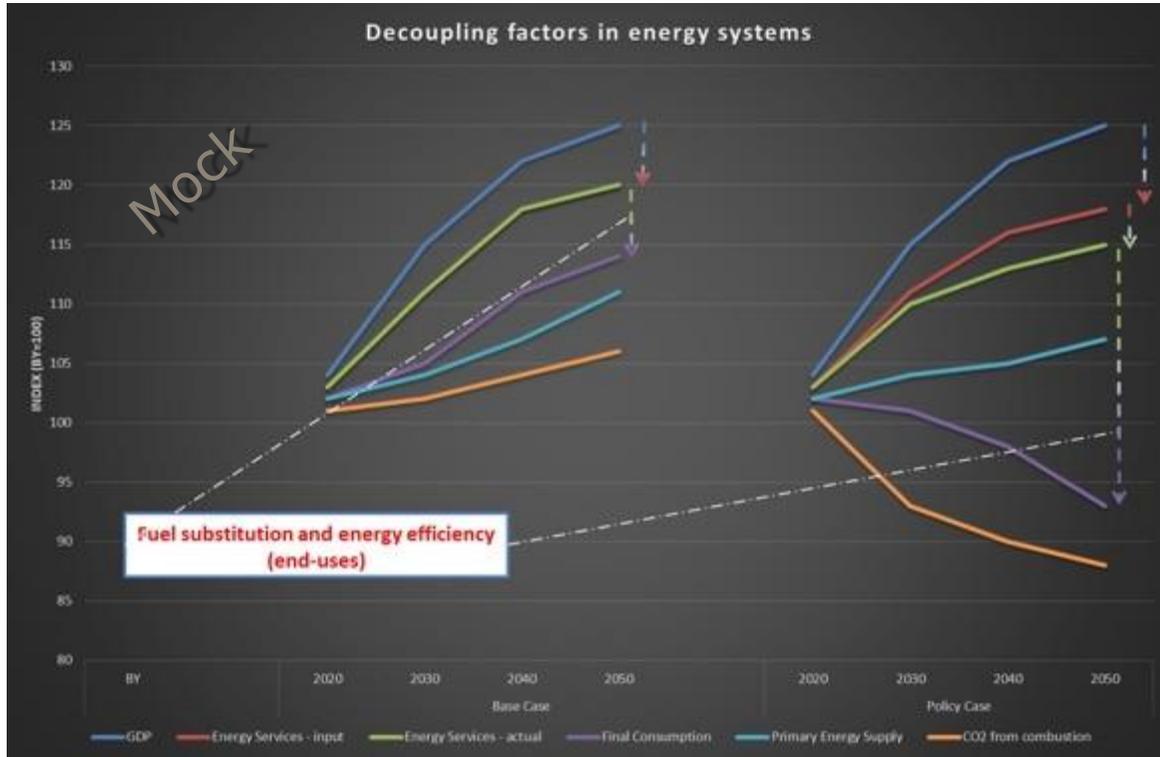
Раскрытие и понимание показателей энергоэффективности

Важность отделения понятий «повышения эффективности» от «структурных изменений» экономики и поведенческих изменений



Ожидается, что экономика и население Узбекистана будут расти высокими темпами, более 4% и 1,5% соответственно. В связи с этим существует проблема неудовлетворенного спроса!

Раскрытие и понимание показателей энергоэффективности



Примеры:

Конечное
энергопотребление
на душу населения
(т.н.э./на душу
населения)

Энергопотребление
для отопления
жилых помещений
(на кв. м)

Энергоемкость
пассажирского
транспорта (на пасс-
км)

Конечное
энергопотребление
на домохозяйство
(т.н.э./домохозяйство)

Энергопотребление
для отопления
прочих помещений
(на кв. м)

Энергоемкость
грузового
транспорта (на т-км)

Конечное
энергопотребление на
добавленную стоимость
в расчете на сектор
(т.н.э./млн долл. США)

Энергопотребление
для бытового
освещения (на жилое
помещение)

Энергопотребление
для производства
цемента (т.н.э./т)

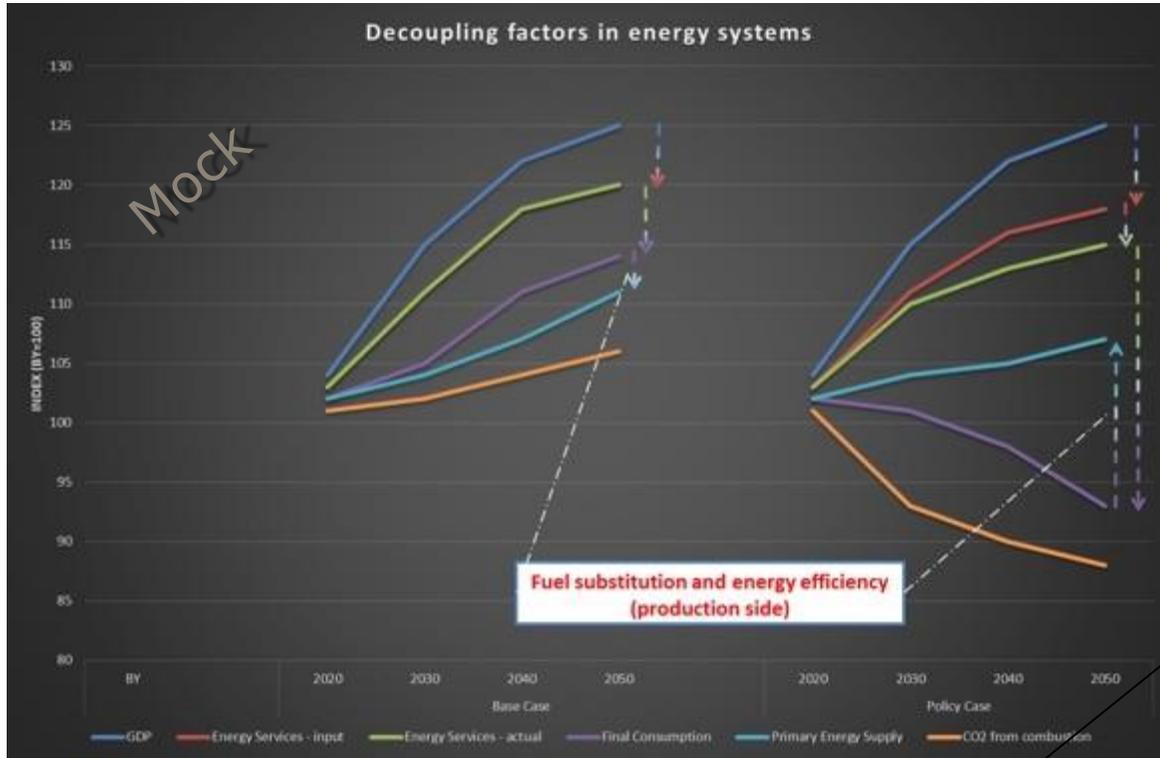
Электрические
автомобили vs.
Автомобили на
биотопливе (по цепочке)

Энергопотребление
для общественного
освещения (за номер)

Энергопотребление
для производства
чугуна и стали
(т.н.э./т)

Необходимо внимательно рассматривать относительные показатели!

Раскрытие и понимание показателей энергоэффективности



Примеры:

Поставка первичной энергии на душу населения (т.н.э./на душу населения)

Эффективность производства тепловой электроэнергии

Выбросы CO₂ в энергетическом секторе на единицу произведенной электроэнергии (кгCO₂/кВтч)

Энергоемкость первичной энергии (т.н.э./тыс. долл. США)

Эффективность передачи и распределения электроэнергии

Интенсивность выбросов CO₂ на единицу поставок первичной энергии (кг CO₂ от источников энергии / долл. США ВВП)

Соотношение первичной энергии к конечной
(т.н.э./ т.н.э.)
Наилучшее = 1

Эффективность распределения централизованного теплоснабжения

Углеродоемкость на добавленную стоимость (кгCO₂/\\$)

Электрические автомобили vs. автомобили на биотопливе (по цепочке)

Средний коэффициент мощности традиционных электростанций

H₂ vs. электричество в промышленности (по цепочке)

$1,4 < U_3 < 1,55$
 $K_3 > 1,65$
ЕС (в среднем): 1,35

Необходимо внимательно рассматривать относительные показатели!

Отдельные показатели могут вести к неверным выводам!

Источники

<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/energy-efficiency-indicators>

Energy efficiency indicators

Database documentation

December 2021 edition

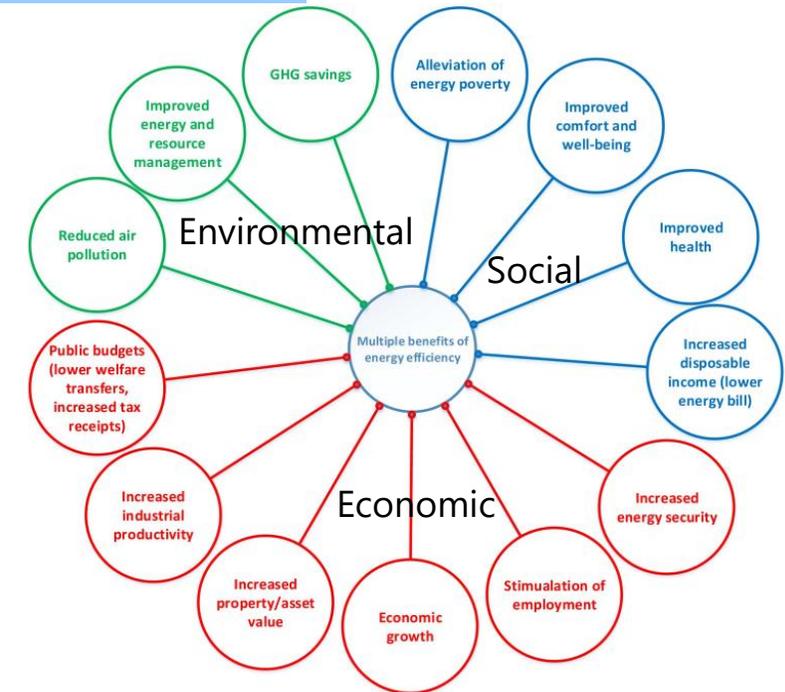
International Energy Agency

iea

COUNTRY DATA SECTION (to be reviewed and updated)	
MACRO ECONOMIC DATA	Macro economic and activity data
COMMODITIES	Production outputs from selected energy-consuming industries
INDUSTRY	Energy consumption by ISIC categories
SERVICES	Energy consumption by end-uses in the services sector
RESIDENTIAL	Household energy consumption by end-uses and selected appliances data
TRANSPORT	Energy and activity data for passenger and freight transport

IEA DATA and AGGREGATE INDICATORS	
ELECTRICITY GENERATION	Electricity generation from combustible fuels and efficiencies
BASIC INDICATORS	Predetermined set of aggregate energy and activity indicators

SUPPORT TOOLS	
USER REMARKS	To incorporate comments associated to the data from the individual sheets
DATA COVERAGE	Generates a graphical summary of data coverage (completed vs. expected)
SINGLE INDICATOR GRAPHS	To generate a graph for one energy indicator
MULTIPLE INDICATORS GRAPHS	To generate a graph comparing trends from multiple indicators
CONSISTENCY CHECKS	To run the integrated consistency checks



https://iea.blob.core.windows.net/assets/6d9daa77-45f0-41c9-978b-c23a3759b073/Efficiencyindicators_Documentation_December2021.pdf

Вопросы и ответы

БЛАГОДАРЮ!

Инженер Рокко Де Мильо
Эксперт по энергетическому моделированию

