

Введение в сценарии и моделирование для планирования в области энергетики

Н-Хольгер Рогнер

Что такое энергетическое планирование?

- Комплексная, организованная и прозрачная подготовка к неопределенному будущему
- Долговечность и капиталоемкость энергетической инфраструктуры
- Необходимое условие для принятия обоснованных решений
 - Понимание будущих изменений спроса
 - Оценка вариантов и анализ различных способов удовлетворения этих потребностей
 - Выявление рисков и преимуществ
 - Изучение вопросов «а что, если ..»
 - Понимание компромиссов
 - Требования к инвестициям
 - Оптимальное сочетание видов энергии и распределения ресурсов
 - Соблюдение ограничений применения
 - Проверка эффективности/целесообразности применяемых мер
- Избежание повторений применения временных мер

В чем необходимость энергетического планирования?

- Энергия является стратегическим ресурсом в ключевых аспектах устойчивого развития: экономическом, социальном и экологическом
- Безопасность в области энергетики
- Части энергетической политики взаимосвязаны: одни части влияют на другие части
- Энергетическая политика подвержена влиянию извне: зависит от и влияет на множество других решений/событий
- Энергетическое планирование связано с выбором и имеет дело с неопределенностью
 - технологии
 - виды топлива и цены
 - ограничения применения
 - потребности
- Как инструмент коммуникации (общественность, инвесторы, заинтересованные стороны, соседи)

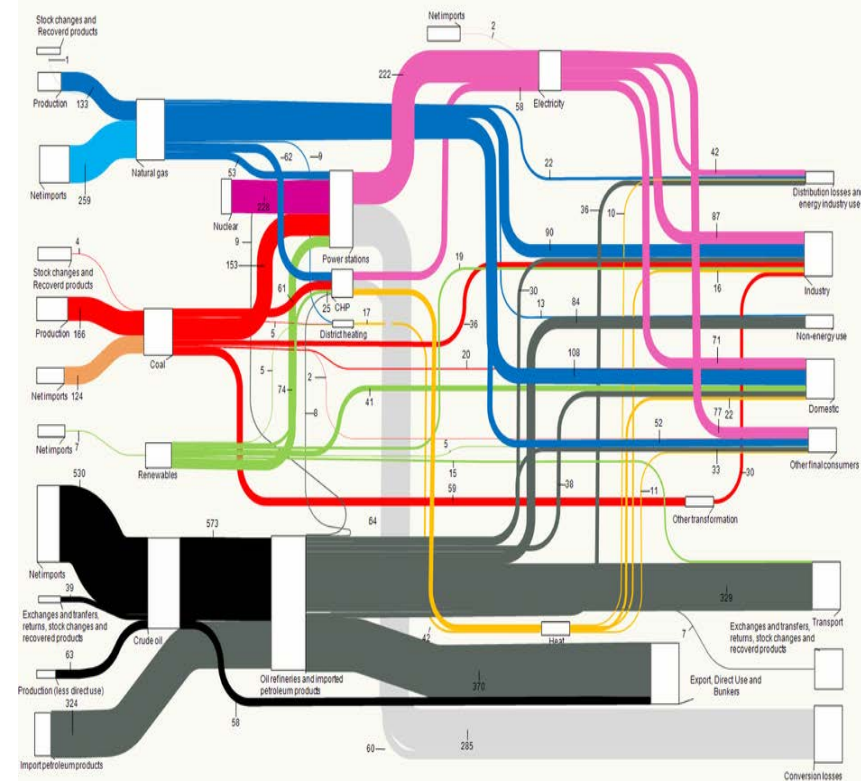
Моделирование в области энергетики – чем является, а чем - нет

- Энергетические модели создают упрощенные образы энергетических систем реальной жизни путем перевода компонентов, структуры и потоков в трактуемые математические формулировки (уравнения)
- Эти уравнения представляют собой взаимодействия между ключевыми компонентами энергосистемы основанные на правилах
- К уравнениям откалиброванным с учетом текущей энергетической системы и базового года должны быть добавлены потоки энергии, технологии будущего и варианты топлива (портфельные), а также прогнозы будущего спроса
- Прогнозирование осуществляется с использованием сценариев
- Различные агенты требуют различных ответов и, таким образом, различные модели или модели детали (не существует универсальной модели)
- Моделирование в области энергетики является скорее искусством, нежели наукой
 - ограничения системы
 - степень детализации
 - количество вариантов технологий и видов топлива
- Модели обеспечивают информацией которая сложна для восприятия и должна быть «интерпретирована» для использования лицами, принимающими решения или рыночными агентами

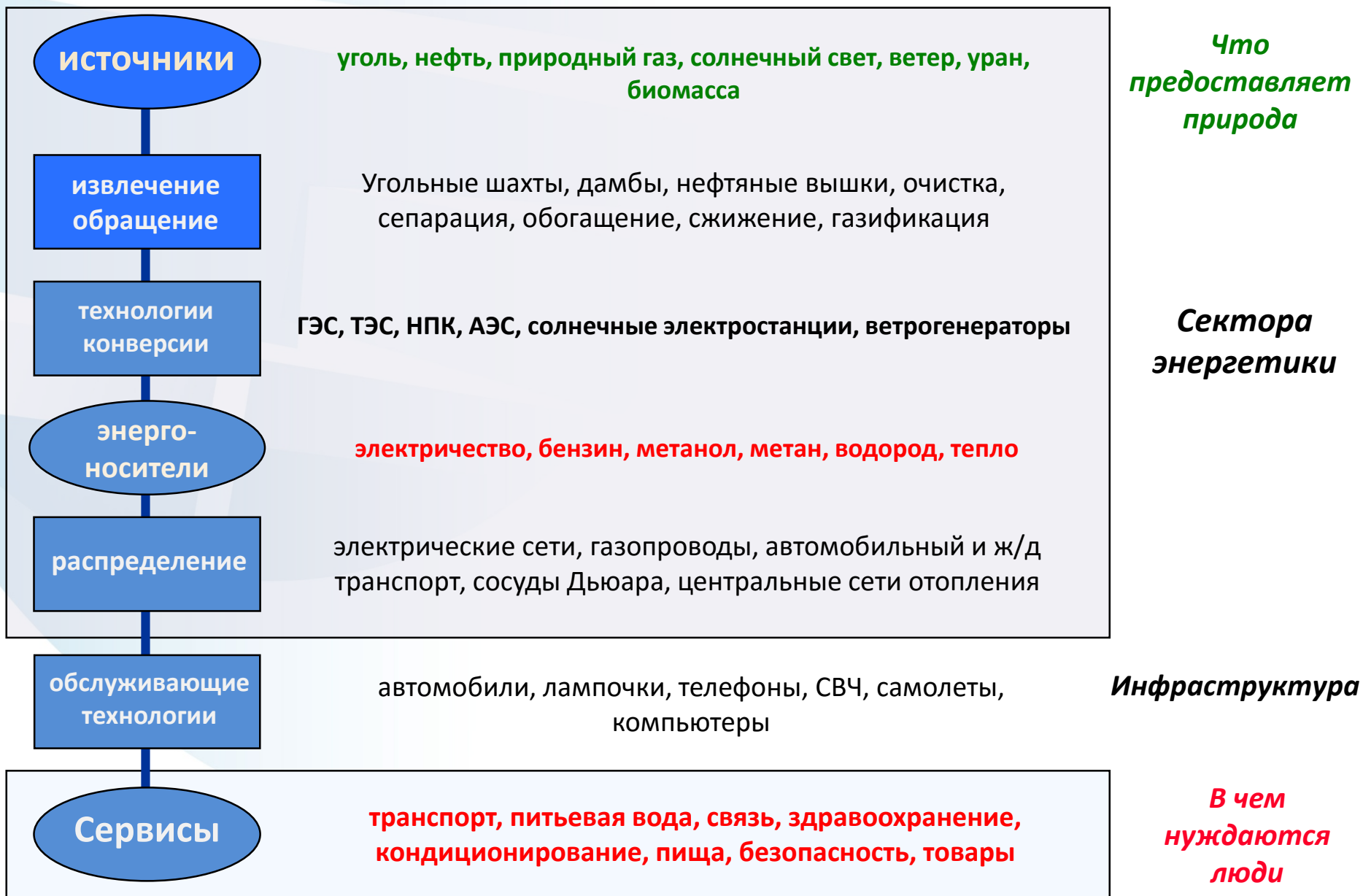
Моделирование в области энергетики генерирует идеи - не ответы

В чем важность моделирования в области энергетики

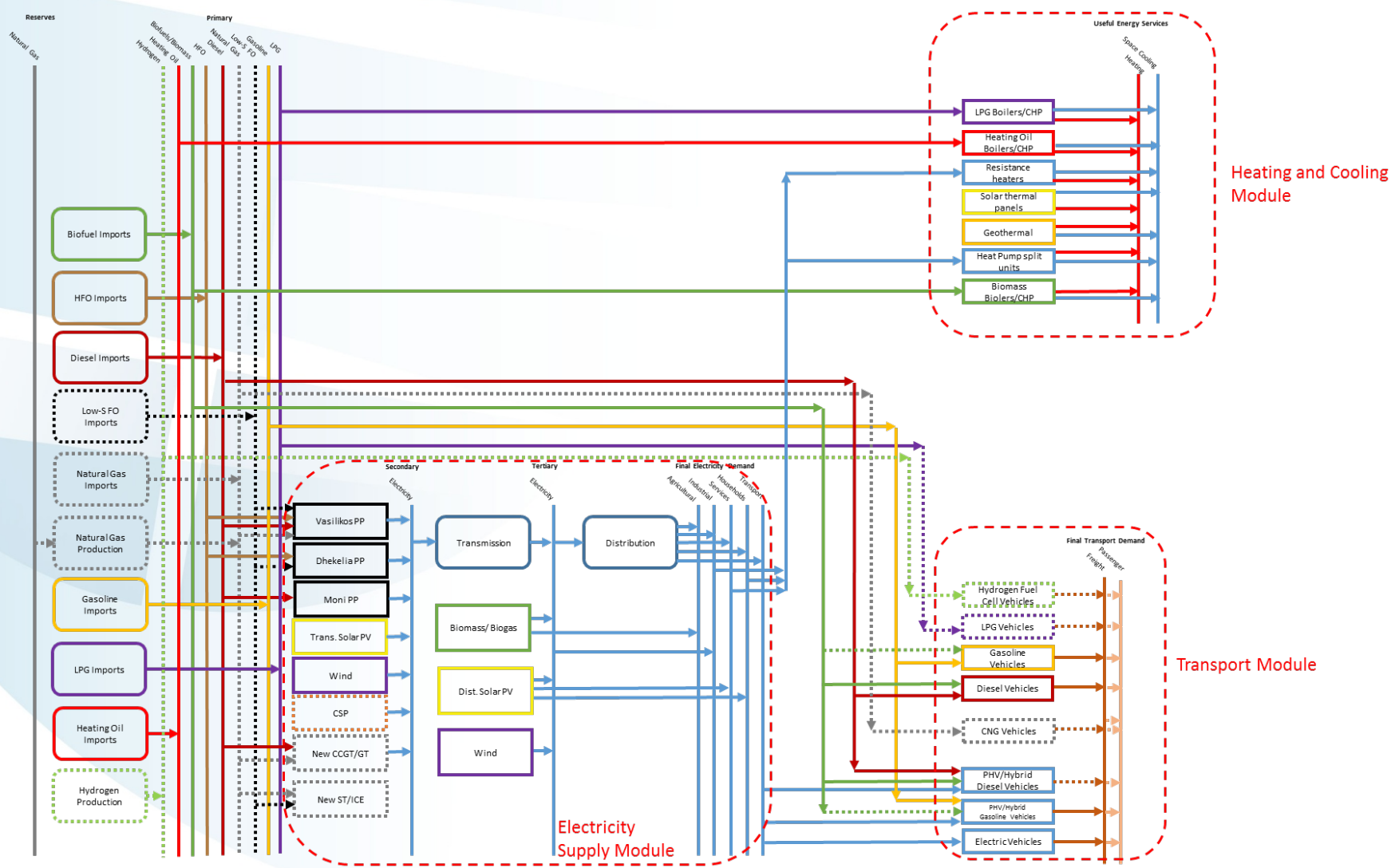
- Энергия не является самоцелью
- Энергия является «сложной системой»
- Необходимо:
 - вести учет, по крайней мере, технологий, инфраструктуры, затрат, изменчивости спроса, технологических и прочих ограничений
 - обеспечивать удовлетворение спроса эффективными (а также экологичными) методами
 - выбрать наиболее важные драйверы системы с количественной оценкой их связей



Архитектура энергетической системы

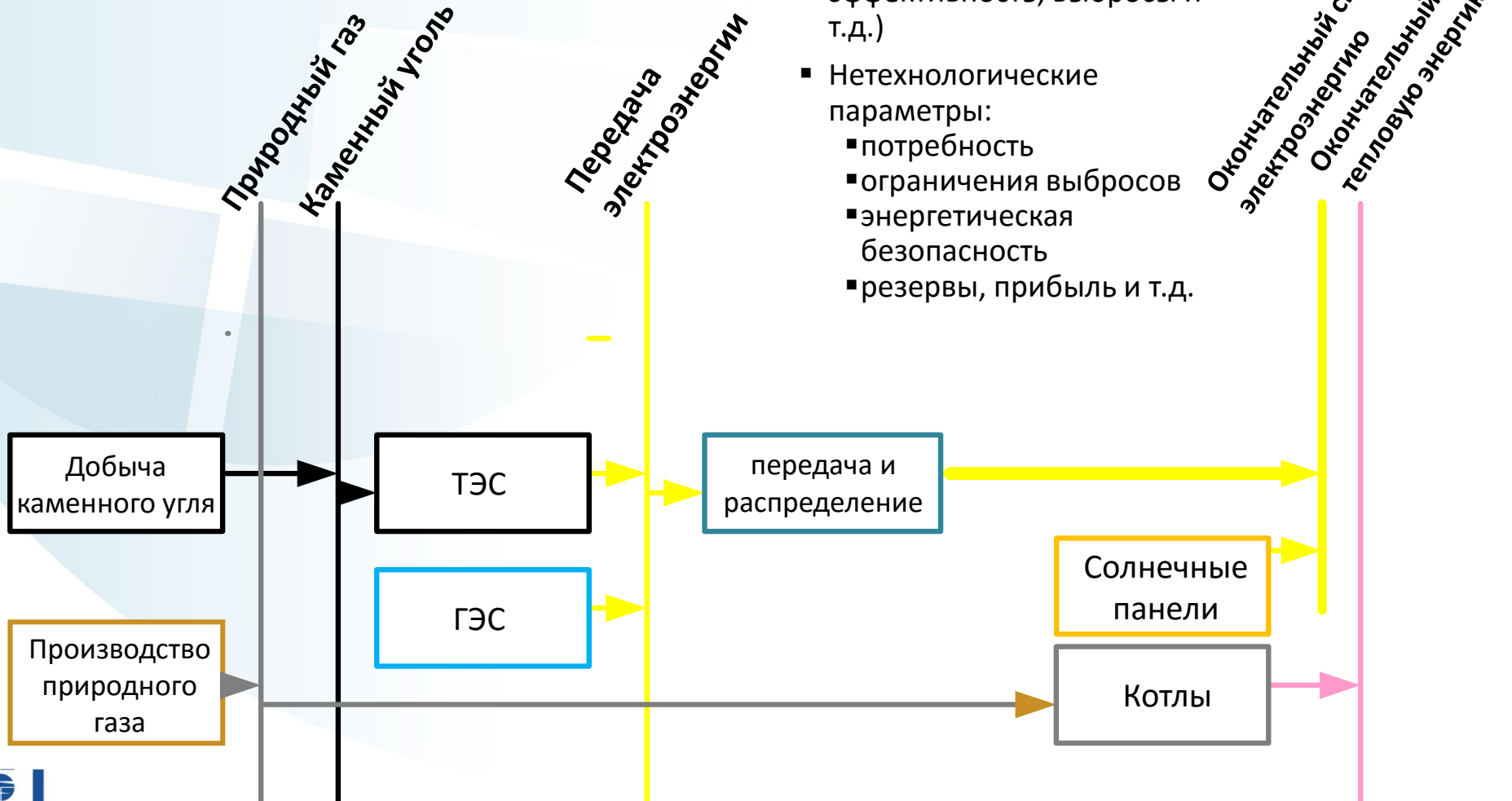


Как технико-экономическая модель оптимизации воспринимает энергетическую систему



Вид крупным планом

Существующие технологии



- Большинство параметров соответствуют технологиям – прямоугольники (емкость, виды топлива, затраты, срок службы, эффективность, выбросы и т.д.)
- Нетехнологические параметры:
 - потребность
 - ограничения выбросов
 - энергетическая безопасность
 - резервы, прибыль и т.д.

Проектирование и калибровка модели энергоснабжения

- Назначение и охват модели
 - Кратко-/долгосрочные (следующий инвестиционный цикл или трансформация системы)
 - Ограничения - географический охват
 - Степень детализации - разрешение
- Калибровка
 - Существующие установки, оборудование и инфраструктура
 - » Устаревание оборудования, долговечность
 - » Количество подаваемого топлива – выпуск топлива
 - » Производительность (тепловой коэффициент полезного действия, выбросы, коэффициент нагрузки, эксплуатационные расходы и т.д.)
 - » Смесь видов (электро-)энергии для базового года, торговые потоки
 - » Модель «повторяет» базовый год заданным образом

Заглядывая вперед и исследуя будущее

- Модели в области энергетики основываются на предположениях о будущем
 - Какой будет потребность в энергии/электричестве по секторам?
 - » Демография
 - » Структура и рост экономики
 - » Инфраструктура, инвестиции и технологии
 - » Потребительские предпочтения
 - »
 - Как будут меняться цены на нефть и газ?
 - Какая технология будет побеждать в инновационной гонке?
 - Какой вид рынка будет преобладать – регулируемый или свободный?
 - Будут ли страны выполнять свои климатические обязательства (NDC) в соответствии с Парижским соглашением?
 - Как будут развиваться внутренние энергетические и экологические политики?

Исследование будущего

- Модели требуют от аналитиков количественного предположения о ключевых движущих силах спроса и предложения
 - Модели раскрывают предположения
 - Модели позволяют проверить повторяемость при различных допущениях
 - Модели поощряют и анализируют вопросы типа «что, если»
 - Модели поддерживают «прозрачность»
 - Моделирование помогает аналитикам сфокусироваться и определяют область применения и границы
- Моделирование является средством коммуникации и при правильном использовании может стать мощным инструментом поддержки обсуждений
- Но кто даст хрустальный шар, предсказывающий количественную оценку ключевых факторов дальнейшего развития энергетической системы?

Сценарии и сюжеты

Очень трудно сделать точный прогноз, особенно о будущем (Нильс Бор)

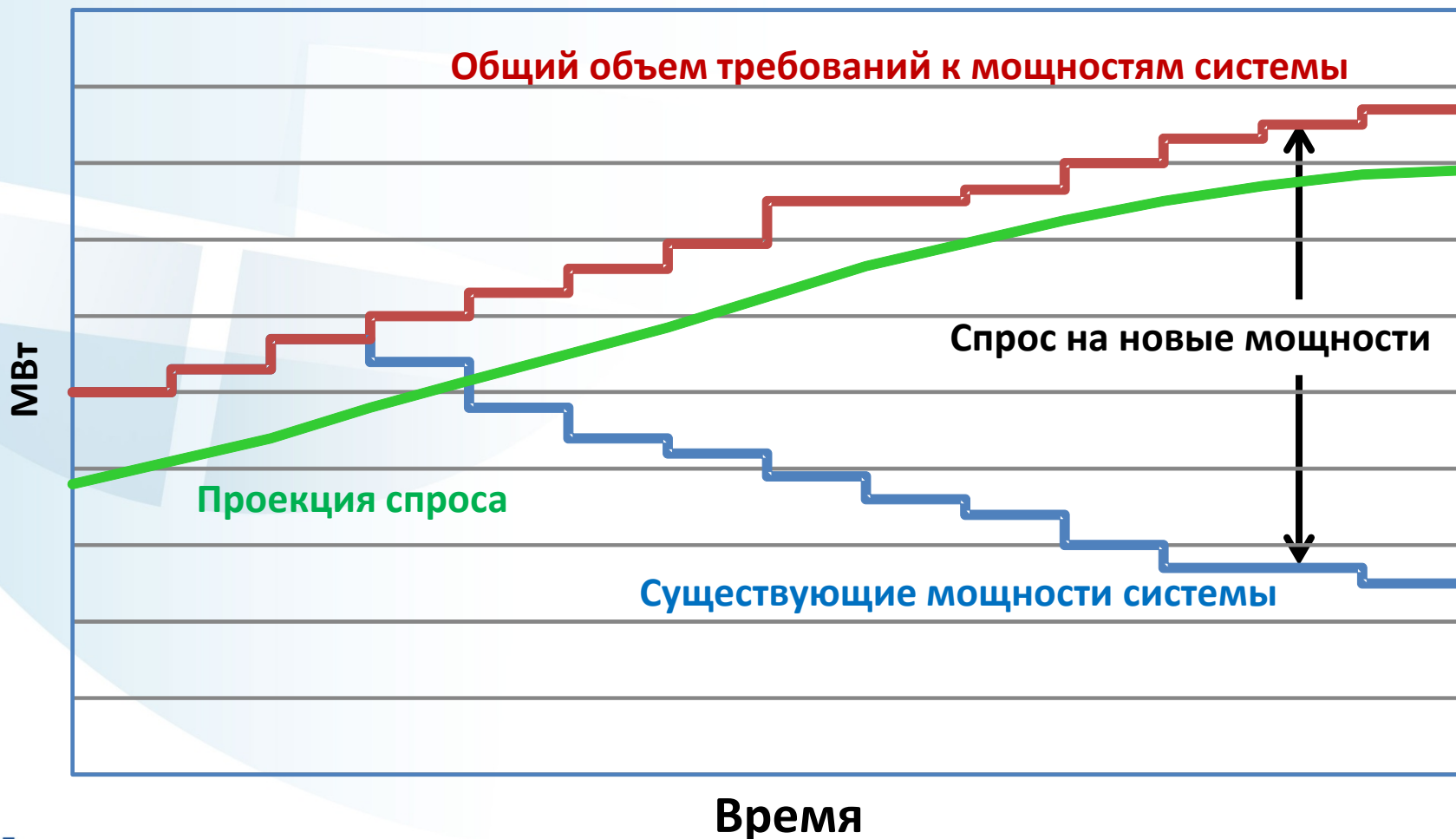
- Ввиду того что будущее непознаваемо, аналитики и разработчики моделей прибегают к сценариям
- Анализ сценариев - это не попытка предсказать один вариант развития событий, а изучение целого ряда возможных вариантов будущего
- Сценарий непротиворечивым образом представляет из себя картину возможного будущего на основе множества прозрачных предположений о будущих событиях, влияющих на потребность и предложение
- Сценарии, следовательно, помогают организовать предположения, проанализировать и сравнить последствия различных потенциальных вариантов будущего
- Сценарии – разъяснения решений и действий, необходимых для успешного воздействия (или противодействия) неопределенному будущему
- Сюжет является повествованием сценария - выявление его основных факторов, их взаимоотношений и взаимосвязей, динамики, разрывов и подсказок

Непротиворечивость сюжетов и сценариев

- ... стимулы не являются независимыми → остерегайтесь зависимостей на пути
 - Примеры
 - » Запасы ископаемого топлива являются функцией спроса, цены, технологии и политики
 - » Спрос - демографические профили, структура экономики, экономический рост, изменение климата
 - » Все вышеперечисленное - Образование, миграция, различия в заработной плате, инновации, R&D инвестиции, управление, торговля
- Любое изменение любого из перечисленных выше факторов меняет объем запасов (но не ресурсной базы)

Планирование расширения энергетики

Тип и график введения новых мощностей в условиях неопределенного будущего



Добавление вариантов технологий снабжения электроэнергией

Существующие технологии
Возможности расширения



- Большинство параметров назначены технологии - ящики (емкости, топливо, затраты, срок службы, эффективность, выбросы и т.д.)
- Параметры Non-технологии:
 - требовать
 - ограничения выбросов
 - Энергетическая безопасность
 - резерв Маржа и т.д.

Пример характеристик технологий

		Ядерная	Угольная	Газовая	Нефтяная	CSP	Wind-S	Wind-W
Реальная проц. ставка	% / Год	6	6	6	6	6	6	6
Срок эксплуатации	лет	50	40	30	30	25	25	25
Фактор аннуитета	%	0,0634	0,0665	0,0726	0,0726	0,0782	0,0782	0,0782
Коэффициент загрузки	%	85	85	85	77	55	36	22
Суточные кап. затраты	\$ / КВт	5000	+2200	1000	1300	5000	+1800	+1800
Инвестиционный план		-6	0,10					
		-5	0,20					
		-4	0,25	0,15				
		-3	0,25	0,30	0,10	0,20		
		-2	0,15	0,35	0,55	0,40	0,05	0,05
		-1	0,05	0,20	0,35	0,40	0,95	0,95
IDC	\$ / КВт	1222	334	108	153	558	114	114
Общий объем инвестиций	\$ / КВт	6222	2534	1108	1453	5558	+1914	+1914
Инвестиционные затраты	Мельница / кВт	53,02	22,62	10,81	15,65	90,25	47,47	77,68
Fix O&M	\$ / КВт	80,00	60,00	25,00	30,00	50,00	25,00	20,00
Var O&M	\$ / МВтч	10,00	9,80	4,60	7,99	4,60	1,00	1,00
Цена на топливо	\$ / ГДж	0,68	2,75	4,00	10,00			
Эффективность	%	32,0	42,0	48,0	36,0			
Стоимость топлива	\$ / КВтч	0,0077	0,0236	0.03	0,1			
Общее LCOE поколения	\$ / МВтч	81,41	64,05	48,77	128,09	105,22	56,40	89,06

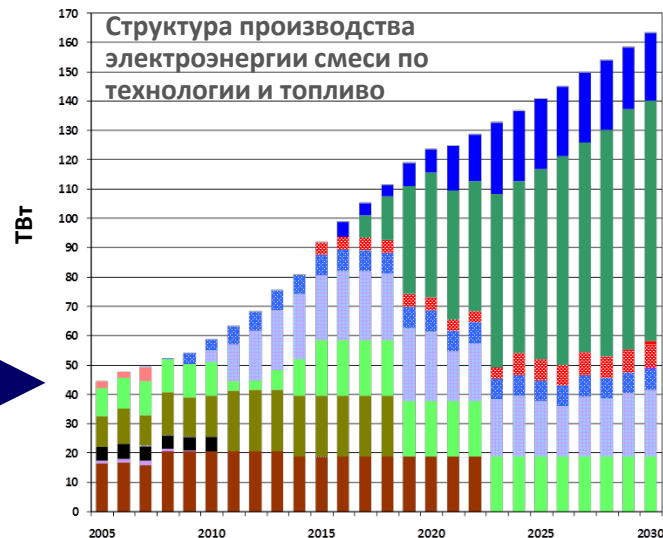
MESSAGE: Model for Energy Supply System Alternatives and their General Environmental Impacts

ВВОД

- Структура энергетической системы (в том числе устаревания машин и оборудования)
- Энергетические потоки и цены (базовый год)
- Спрос на энергию - ссылка на MACRO
- Технология и ресурсные варианты, а также их технико-экономические профили производительности
- Технические ограничения и ограничения применения



ВЫВОД



- Структура первичной и окончательной энергии
- Структура производства электричества, расширение производственных мощностей / вывода из эксплуатации, инвестиции
- Выбросы парниковых газов, загрязнение воздуха, отходы
- Здоровье и воздействие на окружающую среду (через ссылку на модули GAINS и LCA)
- Использование ресурсов - энергии, воды, земли (через ссылку на GLOBIOM), материалов
- Торговля и зависимость от импорта
- Цены

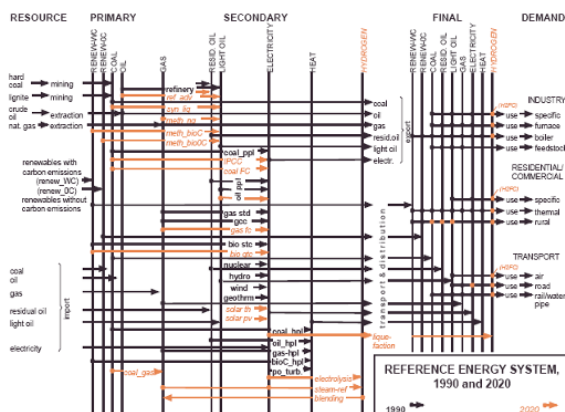


Иллюстрация дизайна сценария

ВВОД

Примеры

МОДЕЛЬ

ВЫВОД

Примеры метрик

Цели

Демография

- Население в разбивке по регионам

Производительность

- ВВП на душу населения по регионам

Технологии

- КПД преобразования электростанции
- Транспорт экономия топлива и т.д.
- Урожайности и т.д.

Ресурсы

- Ископаемое топливо, уран, солнечные, ветровые, геотермальные, земля, вода и другая

Контроль

- Контроль загрязнения
- НЦД
- использование воды

Интегрированная модель

- Добыча ресурсов, экспорт-импорт, преобразование энергии и использование
- рынки
- финансы
- рынок труда
- сельское хозяйство
- землепользование
- углеродный цикл
- атмосфера
- гидрология
- океаны

Энергетическая безопасность

Качество жизни

Экологическая устойчивость

- Стоимость энергии
- Импорт/экспорт энергии
- Доступ к электроснабжению
- Энергетика / ВВП

- ВВП на душу населения
- Энергетические услуги на душу населения
- Доля калорий извне базового набора продуктов
- Водный стресс

- концентрации SO_2 NO_x O_3
- Вырубка лесов/облесение
- Средняя температура поверхности Земли
- Водозабор/возврат

LPG / КПЭ

LPG / КПЭ

LPG / КПЭ

Заключительные замечания

- Сюжеты обеспечивают все заинтересованные стороны общим языком для общения, сравнения и обсуждений сложных исходных предположений
- Сюжеты требуют воображения, приостановки принятия фактов на веру, нестандартного мышления и инновационных способов реализации
- Моделирование помогает обогатить информацией процесс проработки сценария, связывая сюжеты с существующей (энергетической) системой и в будущем, чтобы идентифицировать и количественно оценить
 - катастрофические технологические и социально-экономические изменения
 - осуществимость целей стабилизации климата и постулируемых выбросов
 - метрики, индикаторы, показатели эффективности
 - требования контроля
- В конце концов, внутренне исходные данные и результаты сценария - две стороны одной медали