

Семинар ФАНИ/РОССИЯ – МЭА/СЭЭТ

Москва, Всероссийский выставочный центр, выставочный павильон 55

30 сентября - 1 октября 2008

Введение в модельные генераторы ETSAP и MARKAL-TIMES

Джанкарто Тозато

Представитель рабочего соглашения МЭА по

Программе анализа энергетических технологических систем

e-mail: gct@etsap.org; www.etsap.org

**Сеть экспертов по энергетическим технологиям
Международного энергетического агентства – МЭА, Париж**

Содержание

- A – Что такое анализ энергетических (технологических) систем?
- B – Каков вклад анализов МЭА/ETSAP?
- C – Достижения: модели и проекты, основывающиеся на инструментах ETSAP (образцовые генераторы MARKAL и TIMES, пользовательские интерфейсы ANSWER и VEDA)
- D – Задачи, которые предстоит решить
- E – Преимущества участия в ETSAP
- F – Что такое программа анализа энергетических технологических систем Международного энергетического агентства?

A1 – Технологические системы

Энергетическая технология – это любое устройство, которое производит, преобразует, передает, распределяет или использует энергию, такое как нефтеперерабатывающие заводы, электростанции, трубопроводы, котлы, грузовики, лампы, печи, плиты и т.д.

Некоторые технологии являются дополняющими: я не могу отапливать свою квартиру с помощью газового котла, если природный газ не добывается, не очищается, не транспортируется и не распределяется. Если технология транспортирования становится дешевле, то больше систем газового отопления будет использоваться.

Некоторые технологии являются заменяющими: угольные и атомные электростанции, компактные люминесцентные лампы и лампы накаливания. Если первое стоит дешевле, то второе будет иметь меньше потребителей.

Энергетические технологии не работают изолированно, все вместе они формируют систему.

A2 – Анализ систем

Системный анализ “применяет системные принципы для помощи людям, принимающим решения, в проблемах

- a. идентификации,
- b. определения количественных показателей и
- c. контроля

система” (цитата из «Начал кибернетики»). “Принимая во внимание многочисленные цели, ограничения, ресурсы, она преследует цель конкретизации возможного хода действий, вместе с их рисками, затратами и выгодами.”

Поскольку энергетические системы являются большими и сложными, анализы подкрепляются моделями, которые являются формальными (математическими) представлениями системы.

А3 – Контроль будущих системных разработок

1. Органы, определяющие политику, обозначают цели
2. Аналитики проводят мысленные эксперименты и просчитывают возможные пути развития системы (энергетические источники топлива и технологии, затраты и выбросы)
3. Из списка инструментов «контроля», предлагаемого политическими науками, аналитики определяют оптимальные стратегии контроля для каждой цели, оценивают их влияние и соотношение между расходящимися целями/параметрами
4. Органы, определяющие политику, принимают стратегию или просят провести дополнительный анализ или определить альтернативные цели

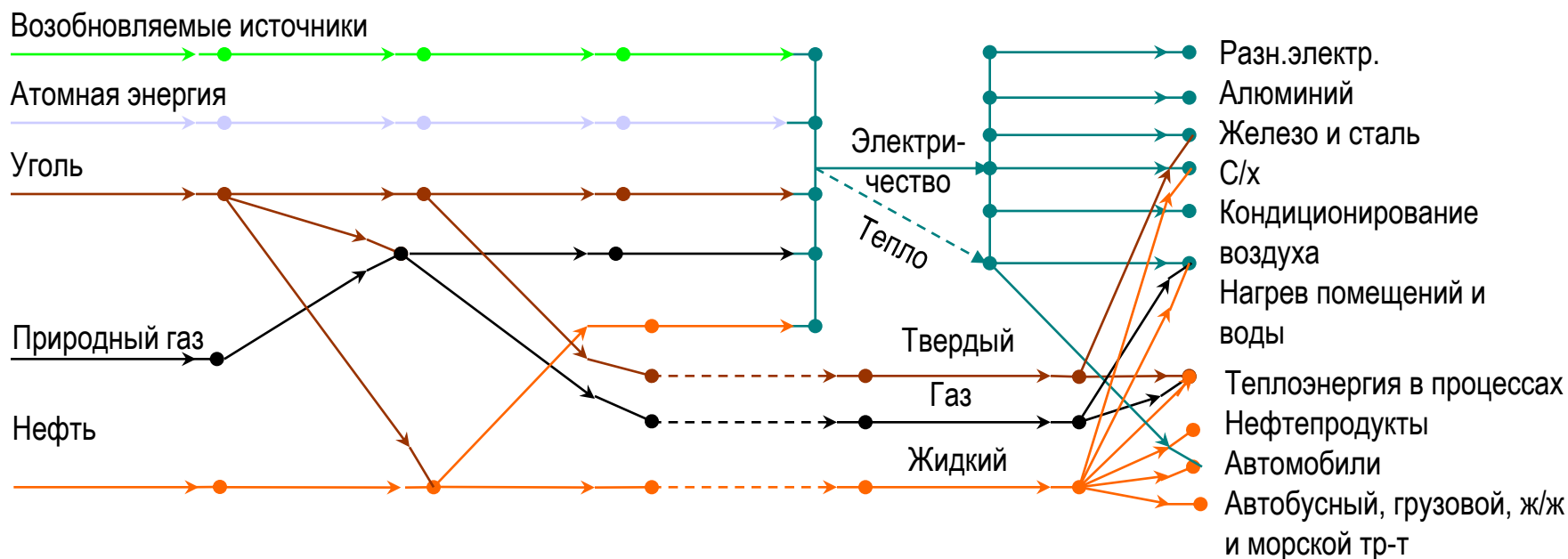
В – Во что вносит вклад программа МЭА по анализу энергетических технологических систем?

ETSAP разработал инновационную методологию и инструменты для представления энергетических технологических систем в моделях и оценки влияния решений путем ментальных экспериментов

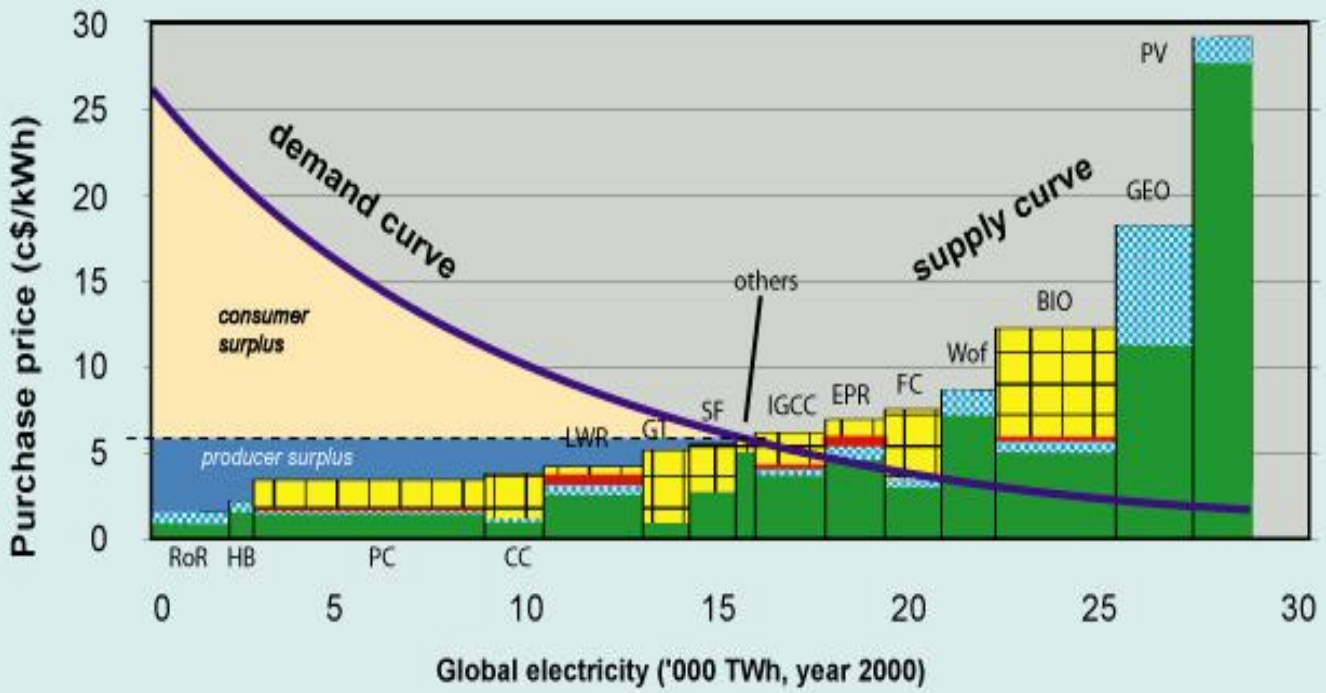
- Определение и представление Эталонных Энергетических Систем
- Интеграция четырех основных количественных параметров проблемы: энергетических, инженерных, экономических и экологических
- Представление систем и их развития в технико-экономических моделях равновесия (модельные генераторы MARKAL – TIMES; пользовательские интерфейсы ANSWER – VEDA)
- Выработка путей развития потоков энергетических систем, технологий, затрат и выбросов (сценарии)
- Оценка энергетического, инженерного, экономического и экологического влияния различных целей политик и стратегий контроля, которые должны быть приняты в условиях

B1 – Эталонная энергетическая система

Добыча ресурсов Переработка Транспортировка Преобразование Передача и распределение Потребляющее устройство Конечное потребление



В2 – Цена на энергию как точка равновесия технико-экономических (обратных) кривых спроса-предложения



- Power plants**
- RoR = run of the river
 - HB = hydro basin
 - PC = pulverized coal
 - CC = combined cycle
 - LWR = existing nuclear
 - GT = gas turbine
 - SF = steam fossil
 - others existing
 - IGCC = int. coal GCC
 - EPR = new nuclear
 - FC = fuel cells
 - Wof = wind offshore
 - BIO = biomass steam
 - GEO = geo hot dry
 - PV = photovoltaic

Investment ■ O+M Waste ■ Fuel

*Typical representation of an energy commodity in MARKAL - TIMES.
The algorithm maximises the global surplus over thousands such markets.*

V3 – инструменты ETSAP...

- a. ... основаны на коммерческом языке (Генерализированная алгебраическая система моделирования, GAMS) и коммерческих линейных и нелинейных программируемых решателях проблем.
- b. ETSAP разработал (и бесплатно распространяет) MARKAL и TIMES: два высокоуровневых компьютерных кода, которые генерируют технико-экономические модели энергетическо-экологических систем.
- c. Связанные с ETSAP компании разработали ANSWER и VEDA, два дружелюбных к пользователю коммерческих интерфейса для введения данных и отчета о результатах.
- d. Пользователи разработали и продолжают разрабатывать сотни моделей, собирая базу данных

В4 – Технологии ранжированы согласно динамическому экономическому анализу затрат-выгод

Условия экономического равновесия определяют, какие технологии являются конкурентными, маргинальными или неконкурентными на каждом рынке. Эволюция инвестиционных затрат, затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание, техническая эффективность и срок жизни каждой технологии, вместе с эволюцией потребительских цен на энергию на входе и выходе, определяют переменные условия затрат-выгод в течение определенного срока времени.

С точки зрения системы, где все энергетические товары (потоки и услуги), а также энергетические технологии, взаимосвязаны, соотношение затрат и выгод дает показатель рейтинга энергоснабжающих технологий и устройств конечного использования на

B5 – Оценка политик с помощью инструментов ETSAP

Инструменты ETSAP обычно используются для оценки вариантов политик в следующих сферах:

- a. Оценки технологий
- b. Влияния вариантов, связанных с энергией
- c. Оценки вариантов окружающей среды и выбросов

B5a – Типичное применение MARKAL-TIMES: технологическая оценка

- Анализ конкурентоспособности технологий или энергетических цепочек (газ или сети централизованного теплоснабжения?) с разными экономическими предположениями и устранением рыночных барьеров
- Оценивает наборы конкурирующих и/или дополняющих технологий, а не просто делает отдельную оценку
- Влияние технологического прогресса и помощь в исследовании, разработке и развертывании (обучение на собственном опыте, обучение путем исследований)
- Кривые затрат (несколько типов)
- Анализ жизненного цикла в динамических условиях (пожизненный)

V5b – Типичное применение MARKAL-TIMES: оценка влияния на варианты, связанные с энергией

- Обязательные микро-меры в каждом секторе: строительный кодекс, программы реконструкции зданий, распределение по видам транспорта в перевозках грузов и пассажиров, программы энергоэффективности и т.д., стандарты автомобилей
- Налоги на энергию, инвестиционные субсидии (зеленые и белые сертификаты, чистые/эффективные технологии);
- Оценка энергетической безопасности. Напр. Измеряемая оценкой энергетических вариантов импорта нефти/газа/ядерного топлива
- Образование, информация
- Социальные ограничения: напр., атомная энергия

V5c – Типичное применение MARKAL-TIMES:

Оценка вариантов окружающей среды и выбросов

- **Налоги на выбросы, стимулы для предприятий, не имеющих выбросов, вопросы перераспределения налогов.**
- **Системы ограничения и торговли выбросами: глобальный или частичный охват, многочисленные спекулятивные пузыри и т.д..**
- **Гибридная система: ограничения выбросов + потолок цен на выбросы.**
- **Стандарты и нормативы по выбросоёмкости.**
- **Влияние интернализирующих экологических внешних явлений.**
- **Альтернативное выделение прав на выбросы по регионам и секторам. Суммарное выделение или выделение на основе производства.**
- **Энергоемкие материалы и управление муниципальными бытовыми твердыми отходами.**

C – Достижения: модели и проекты на основе MARKAL-TIMES

Эксперты ETSAP разработали модели разных масштабов:

1. глобальные,
2. региональные,
3. национальные и
4. местные модели

и участвуют в национальных и международных проектах.

(см. Заключительный отчет в Приложении X на:
<http://www.etsap.org/official.asp>)

[Каждая модель представляет собой набор файлов данных, который полностью описывает лежащую в основе энергетическую систему (технологии, товары, ресурсы, спрос на энергетические услуги, общие параметры) в формате, совместимом с соответствующим модельным генератором (MARKAL или TIMES). Каждый набор электронных таблиц (.xls) или баз данных (.mdb) определяет одну модель (возможно состоящую из нескольких регионов) и «принадлежит» разработчику(кам).]

C1 – Глобальные мультирегиональные модели

- МЭА/ЕТО использует модель MARKAL в анализе перспектив энергетической технологии (ПЭТ), вариантов экономически целесообразной замены и устойчивых альтернатив.
- США-МЭА использует Систему анализа глобальных энергетических рынков (SAGE, миопическую версию MARKAL) для исследования возможных вариантов развития энергорынков.
- Европейское соглашение по термоядерным разработкам использует модель TIMES для оценки потенциала термоядерных станций.
- С помощью интегрированной модели оценки TIMES (TIAM, стохастический), ETSAP вносит вклад в исследование No.22 Форума по энергетическому моделированию “Сценарии политики по климату для стабилизации и стран с переходной экономикой для “Хеджинговых стратегий” и “Переходных сценариев”.
- Институт Пола Шеррера (CH) использует глобальную модель MARKAL-Macro с эндогенным обучением взаимодействию между смягчением и распространением инноваций.

C2 Пример региональных моделей для анализа

политик

- Ранжирование новых технологий для энергетической групповой стратегии исследований, разработки и демонстрации основных стран МЭА (10 стран, MARKAL, IEA)
- Межпровинциальное сотрудничество, разрешения на выбросы и торговля энергией между канадскими провинциями (14 регионов, MARKAL)
- Северо-восточные штаты за скоординированное управление использованием воздуха (US-NESCAUM) - оценивает цели Акта по чистому воздуху (9 штатов MARKAL)
- Внешние эффекты и их влияние на долгосрочную энергетическую политику для Европы в целом и стран-членов (27 регионов, модель TIMES, ЕС); потенциальный вклад возобновляемых источников
- Совместные действия по CO₂ и трансграничной торговле энергией: моделирование энергетических систем скандинавских стран (MARKAL)
- Потенциал рыночного развития юго-восточной Европы (8 компаний, MARKAL, USAID)
- Потенциальные взаимосвязи некоторых стран юго-восточной Азии (8 государств, MARKAL, AUSAID)
- Варианты поставок и взаимных соединений в южноафриканском регионе сообщества развивающихся стран (14 государств, TIMES)

СЗ– Пример национальных моделей для анализа политик

- Оценка энергетических технологий и смягчение выбросов CO₂ (Великобритания, MARKAL)
- Электроснабжающая промышленность и смягчение CO₂ (Германия, TIMES)
- Совместное внедрение мер по сокращению выбросов CO₂ между Швейцарией и Колумбией
- Эндогенное обучение технологическому кластерному прогрессу (единый Европейский регион, MARKAL-Matter)
- Оценка политик смягчения для национального сообщения по Рамочной конвенции ООН по изменению климата (Италия, Бельгия и т.д.)
- Дематериализация: инжиниринг интегрированных энергетических и материальных систем для смягчения парниковых газов (MARKAL-MATTER-EU)
- Стратегии сокращения выбросов CO₂ и роль атомной энергии (Япония, MARKAL)
- Оценка второстепенных экологических (SO_x, NO_x, VOC, PM) выгод от политик смягчения ПГ (Бельгия, MARKAL-Damage)
- Влияние открытия рынков электроэнергии (Бельгия, MARKAL)

С4 – Пример местных моделей для анализа политик

- Планирование управления твердыми отходами и местные исследования загрязнения (Женева, Швейцария)
- Планирование качества воздуха (регион Базиликата, Италия)
- Модели энергетического и экологического планирования для транспортных систем в городской зоне (TIMES, Турин, Италия)
- Программа строительства зданий пониженного энергопотребления для энергоэффективности (Гонконг, Китай)
- Оптимальный уровень энергосбережения, объединенное производство и централизованное теплоснабжение (Упсала и другие города, Швеция)
- Долгосрочное стратегическое энергетическое планирование в переменных граничных условиях (Мангейм, Германия)
- Портфельный подход к местному энергетическому планированию и модернизации зданий (Нью Йорк, США)

C5 – некоторые текущие проекты с использованием инструментов ETSAP

CHINA-4 - Региональная модель MARKAL, вклад в ETP 2008

CHINA-34P-TIMES – вклад модели в мастер-план и изучение

EC-CASCADE-MINTS: сравнение изучения конкретных случаев и разработка энергетических моделей для интегрированных технологических систем

EC-NEEDS: разработка новых энергетических внешних эффектов для устойчивости

EC-REACCESS: Энергетические коридоры для надежной поставки энергии

EC-RES2020: реализация директив по мониторингу и оценке возобновляемых источников энергии в EU27

EC-TOCSIN: ориентированное на технологии сотрудничество и стратегии в Индии и Китае

EnerKey: Энергия: ключевой элемент устойчивого развития Джобурга

Модель MARKAL-MACRO-KAZAKHSTAN в рамках проекта TACIS «Техническая помощь странам Центральной Азии, изменение климата ...»

US-NESCAUM NE12: северо-восточные штаты для проекта по скоординированному управлению использованием воздуха

USAID-SEE-REDP: юго-восточный европейский региональный проект по планированию спроса на энергию

D – Задачи, которые предстоит решить

- Наука: усовершенствовать теорию, лежащую в основе технико-экономических моделей
- Вычисление: разработка более мощных алгоритмов для решения линейных и нелинейных технико-экономических моделей
- Программное обеспечение: повысить скорость и 'интеллектуальность' управления огромными проблемами (> 1 миллиона уравнений)
- Статистика: расширить энергетические балансы до полезной энергии и энергетических услуг, интегрировать их в технологические базы данных, экологические инвентаризации и макроэкономические переменные
- Сделать технологические источники данных доступными для пользователей

E1 – преимущества использования инструментов ETSAP

Энергетические (технологические) системы анализируются для лиц, разрабатывающих политики, с целью контроля того, как система будет развиваться, и оценки влияния различных стратегий контроля (политик).

Энергетическая система каждой страны является специфичной для этой страны и отличается от других стран.

Примут ли легко лица, разрабатывающие политики, заключения анализов, подготовленные за границей?

ETSAP предлагает установленную на международном уровне (и воспроизводимую) методологию для построения моделей, подогнанных под национальные условия, способных идентифицировать стратегии контроля, которые наиболее подходят для данной страны – и может отличаться от других стран – и независимой оценки эффектов и влияний национальных стратегий контроля.

E2 – преимущества участия в ETSAP

- Свободный доступ к интерфейсам пользователей;
- Участие в процессе принятия решений;
- В конце этого года полный доступ к ETSAP-TIAM (модель интегрированной оценки TIMES): мультирегиональная модель частичного равновесия энергетических систем 15 регионов (Африка, Австралия, Новая Зеландия, Канада, Центральная и Южная Америка, Китай, Восточная Европа, бывший СССР, Индия, Япония, Мексика, Ближний Восток, другие развивающиеся страны Азии, Южная Корея, США и Западная Европа), охватывающая весь мир, с эндогенной торговлей энергией и квотами на выбросы CO₂, случайными переменными и климатическими уравнениями; она включает процедуру отделения страны от ее региона и добавления ее в качестве отдельного региона.

F – Программа анализа энергетических технологических систем

1. Программа
2. Цели
3. Стратегия
4. Задачи - Приложения
5. Пользователи инструментов ETSAP и участники
6. Участники

F1 – Программа анализа энергетических технологических систем...

... является многосторонним международным соглашением, продвигаемым и спонсируемым Международным энергетическим агентством (Париж).

Это сотрудничество началось после первого нефтяного кризиса, с целью понять посредством системного анализа:

- Являются ли альтернативы нефти целесообразными, экономически и экологически устойчивыми;
- Были ли решения глобальными или зависели от национальных обстоятельств;
- Были ли возможны или выгодны пути глобальных энергетических исследований, разработок и демонстраций.

После двух лет анализа (1976-77), поскольку инструменты, доступные на тот момент, не были достаточными для того, чтобы дать ответы, группа разработала новый инструмент, генератор моделей MARKAL.

F2 – Цели

Эксперты ETSAP оказывают помощь органам, разрабатывающим политику, в выполнении задач по

- Энергетическим потребностям,
- Технологическому прогрессу,
- Экологическим проблемам и
- Экономическому развитию

... путем выполнения

- Программы совместного анализа энергетических технологических систем и
- Моделирования возможных сценариев развития.

F3 – Стратегия

Цели достигаются посредством двойной стратегии:

1. ETSAP установил и сейчас поддерживает/усиливает гибкие последовательные энергетические /инженерные/экономические/экологические аналитические инструменты и возможности для многих стран (семейство моделей MARKAL TIMES), посредством совместной исследовательской программы.
2. Члены ETSAP также оказывают помощь и поддержку официальным лицам и представителям органов, разрабатывающих политики, применяя эти инструменты для энергетической технологической оценки и анализа других вопросов, связанных с энергетической и экологической политикой. На самом деле они внедряют несколько четко-технологических моделей экономического равновесия мировых, региональных, национальных и местных систем.

F4 – Задачи (Приложения)

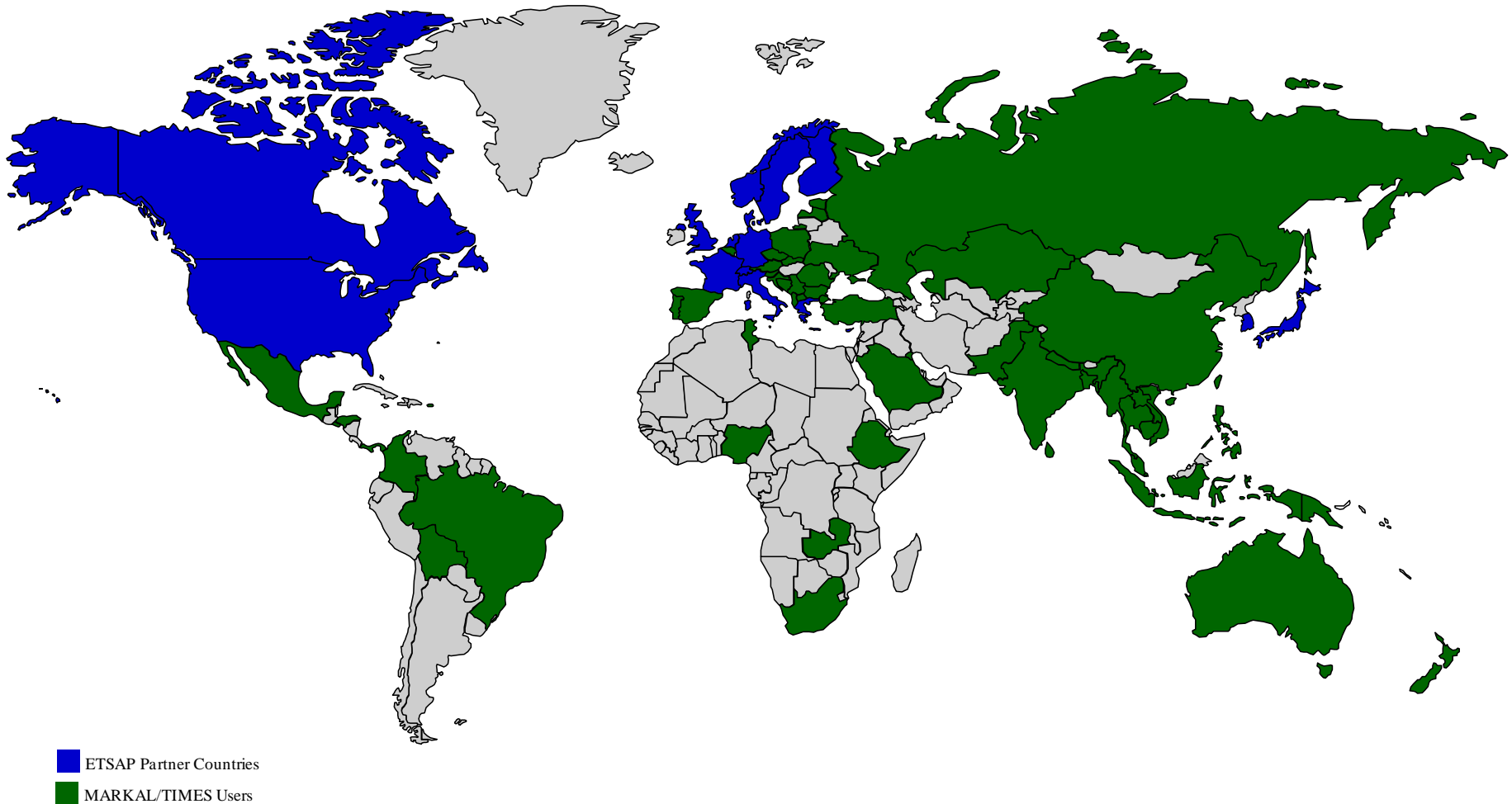
- | | | |
|-------|---------|--|
| | 1976-77 | Анализ существующих инструментов для оценки стратегий исследований и разработки |
| | 1978-80 | Разработка модельного генератора MARKAL (US-BNL, GE-KFA) |
| I. | 1981-83 | Проект по анализу энергетических технологических систем |
| II. | 1984-86 | Проект по обмену информацией |
| III. | 1987-89 | Международный форум по изучению энергетической среды |
| IV. | 1990-92 | Парниковые газы и национальные энергетические варианты: технологии и затраты на сокращение выбросов ПГ |
| V. | 1993-95 | Энергетические варианты для устойчивого развития |
| VI. | 1996-98 | Совместное решение проблем неопределенности |
| VII. | 1999-02 | Вклад в Киотский Протокол |
| VIII. | 2002-05 | Исследование перспектив энергетических технологий |
| IX. | 2003-05 | Группа пользователей энергетических моделей |
| X. | 2005-07 | Глобальные энергетические системы и общие анализы |
| XI. | 2008-10 | Совместное изучение новых и смягченных энергетических систем (JOSTNAMES) (годовой взнос: 20 тыс. € за участника) |

F5 – Участники

<u>Страна</u>	<u>Организация</u>	<u>Страна</u>	<u>Организация</u>
Бельгия	FPP/VITO-KUL	Япония	
Канада	NRCan/GERAD	Корея	KEMCO
Дания	DEA/Riso	Нидерланды	ECN
ЕС	DG-RTD	Норвегия	IFE
Финляндия	VTT/TEKES	Швеция	STEM/Chalmers
Франция	DGEMPEDAD/ADEME/EDMP	Швейцария	PSI
Германия	IER	Великобритан ия	BERR/AEAT
Греция	CRES	США	DOE/BNL
Италия	CNR-IMAA

Присоединяются другие приглашенные страны

F6 – Пользователи лицензированных инструментов MARKAL/TIMES (>200)



Выделены цветом только те страны, где действует в течение Приложения, по крайней мере, одна команда по моделированию MARKAL/TIMES