



Scaner

модельно-
информационный
комплекс



Институт энергетических
исследований РАН

УДК 620.9
ББК 31

SCANER

Super Complex For Active Navigation in Energy Research*

Издатель

Институт энергетических исследований
Российской академии наук (ИНЭИ РАН)

Научный руководитель

академик РАН Макаров А.А.

Авторы

к.э.н. Веселов Ф. В.,
к.э.н. Елисеева О. А., Кулагин В. А.,
к.э.н. Малахов В. А., к.э.н. Митрова Т. А.,
член-корреспондент РАН Филиппов С. П.

* Суперкомплекс активной навигации в энергетических исследованиях

Содержание

3	Вступительное слово
4	Общее описание
12	Блок формирования сценариев внешних условий
14	Блок прогнозирования мировой энергетики
26	Блок прогнозирования социально-экономического развития России и ее регионов
34	Блок прогнозирования энергопотребления и формирования топливно-энергетических балансов
44	Блок электроэнергетики
52	Блок нефти и нефтепереработки
58	Газовый блок
64	Угольный блок
68	Опыт применения комплекса SCANER
70	Список сокращений
71	Ключевые публикации

Вступительное слово

События последних десятилетий продемонстрировали не только важность, но и острую необходимость глубокого анализа и прогнозирования развития энергетики.

Мы рады представить **SCANER** – результат многолетней работы Института энергетических исследований РАН в области системных исследований энергетики. При его разработке formalизованы накопленные массивы информации, наработки ведущих отечественных и зарубежных специалистов, а также обширные знания и опыт сотрудников Института.

Модельно-информационный комплекс **SCANER** открывает широкие возможности для прогнозирования развития топливно-энергетического комплекса России и мировых энергетических рынков, а также подготовки рекомендаций для органов государственной власти страны и энергетических компаний.

SCANER – уникальный инновационный инструмент для обеспечения принятия решений в сфере энергетики, он эффективен, обеспечивает оперативное получение результатов и, что немаловажно, полностью адаптирован к российским условиям.



Директор ИНЭИ РАН,
академик РАН
Алексей МАКАРОВ

Общее описание



Модельно-информационный комплекс SCANER – уникальный инструмент системных исследований развития топливно-энергетического комплекса (ТЭК) России, как важной части национальной экономики, и мировых энергетических рынков на средне- и долгосрочную перспективу (до 2030-2050 гг.).

SCANER объединяет в себе большие массивы верифицированной и постоянно актуализируемой энергетической, экономической и технической информации, мощные аналитические средства и более двух десятков математических моделей для комплексного прогнозирования и оптимизации развития энергетики страны и мира по основным стадиям преобразования энергии – от производства (около 20 видов первичных энергоресурсов) до использования потребителями (10 основных энергоносителей).

SCANER позволяет решать широкий спектр задач стратегического планирования и управления в энергетике как на государственном, так и на корпоративном уровнях. Использование SCANER обеспечивает:

Профильным органам государственной власти:

- обоснование стратегических решений в сфере развития и реформирования внутренних энергетических рынков с учетом сбалансированности интересов производителей и потребителей энергии, исходя из целей развития экономики и ситуации на внешних энергетических рынках;
- сценарные количественные оценки развития экономики и ТЭК при разработке Энергетической стратегии, схем развития отраслей ТЭК и энергоснабжения регионов;
- определение приоритетов и оценку эффективности механизмов реализации государственной энергетической политики;
- оценку влияния международных обязательств на перспективы развития энергетики и экономики России в целом.

Энергетическим компаниям:

- управление рисками и обоснование стратегических решений за счет уточнения прогнозного спроса на свои товары/услуги и ценовой конъюнктуры;
- видение развития ситуации на целевых внутренних и внешних рынках, сужающее поле неопределённости;
- формирование долгосрочных инвестиционных программ на основе комплексного прогноза внешней среды (макроэкономической ситуации, динамики спроса и ценовой конъюнктуры внутренних и внешних энергетических рынков, институциональных и регулятивных факторов);

SCANER – ЧТО ЭТО ТАКОЕ?

SCANER – уникальный инструмент системных исследований развития российских и мировых энергетических рынков на средне- и долгосрочную перспективу

Области применения

SCANER позволяет решать широкий спектр задач стратегического планирования и управления в энергетике как на государственном, так и на корпоративном уровнях



SCANER – основные преимущества

Регулярно обновляемая и пополняемая информационная среда модельного комплекса SCANER представляет собой синтез государственной, ведомственной и корпоративной статистики

- оценку долгосрочных перспектив развития и диверсификации энергетического бизнеса компании, обоснование эффективных производственной и инновационной стратегий, обеспечивающих рост капитализации.

Крупным потребителям энергии:

- оценку будущих условий энергоснабжения при формировании собственных стратегий на рынках энергоресурсов и целесообразности диверсификации «энергетической корзины»;
- разработку программ модернизации и развития собственного энергопроизводства, обоснование эффективности энергосберегающих мер;
- оценку рисков существующих рыночных механизмов в части эффективности и надежности поставок и определение различных форматов стратегического партнерства с энергетическими компаниями.

Международным организациям, профильным органам государственной власти РФ:

- оценку развития российской и зарубежной энергетики, рисков несогласованности стратегий и обоснование мер по их сближению;
- обеспечение комплексного энерго-экономического обоснования позиций России в рамках международных и межгосударственных переговоров в сфере энергетики и климата.

Уникальное информационное обеспечение. Регулярно обновляемая и пополняемая информационная среда модельного комплекса SCANER представляет собой синтез государственной, ведомственной и корпоративной статистики. Разработаны методы верификации этой информации на интерактивных имитационных моделях, обеспечено ее автоматизированное отображение в сводных оптимизационных моделях с содержательной интерпретацией и проверкой получаемых решений и представлением их в российском и международном форматах. Информационное обеспечение включает:

- отраслевые базы данных по технико-экономическим показателям существующих объектов энергетики и перспективным типам энергетических технологий;
- базы данных по макроэкономическим показателям, ретроспективным характеристикам развития и энергопотребления по видам экономической деятельности (ВЭД) страны и регионов;
- базы данных по динамике объемов и структуры спроса и предложения топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), энергетическим балансам, а также ценовой конъюнктуре российского и зарубежных энергетических рынков.

Трехуровневая система согласованности расчетов при формировании рациональных вариантов развития экономики, ТЭК и энергетических компаний.

- на уровне экономики – согласование прогнозов развития ТЭК, экономики России и субъектов РФ по внутреннему спросу и экспорту, ценам на энергоресурсы, налогам, инвестициям (межотраслевые и межпродуктовые балансы);
- на уровне ТЭК – межотраслевое согласование прогнозов развития топливных отраслей и электроэнергетики (топливно-энергетические балансы страны и регионов);
- на отраслевом уровне – согласование параметров производственных и инвестиционных программ с условиями финансовой устойчивости отраслей ТЭК и энергетических компаний (финансовые балансы отраслей и компаний).

Такая система обеспечивает комплексность проводимых расчётов, поскольку учитывает межотраслевые и территориальные взаимосвязи энергетики и её связи с экономикой путём формирования «сверху вниз» целевых требований и ограничений на развитие отраслей энергетики. Таким образом, основой расчётов является прогноз развития экономики (включая платежеспособный внутренний спрос, темпы роста оптовых цен топлива и энергии, динамику мировых цен на энергоснабжители, инвестиционную нагрузку отраслей энергетики, параметры их налогообложения, меры сдерживания эмиссии парниковых газов и др.). Кроме того, учитывается и ответное воздействие ТЭК на экономику (учёт обратных связей) для корректировки исходных сценариев социально-экономического развития страны и регионов. Учет обратных связей («снизу-вверх») производится на основе сводных финансово-экономических показателей развития отраслей ТЭК (оптовые цены топлива и энергии, налоговая нагрузка в отраслях энергетики, их инвестиционные программы, размеры привлечения средств для финансирования инвестиций, эмиссии парниковых газов и др.).

SCANER максимально приближен к реальности. Он позволяет исследователю учитывать различные сочетания критериев и приоритетов в поиске решений, исследовать чувствительность или выполнять риск-анализ решений для получения не формально оптимальных, а рациональных вариантов развития энергетики с учетом экстерналий. Такие варианты обладают наибольшей устойчивостью и адаптивностью в условиях высокой неопределенности будущей экономической ситуации, форматов и конъюнктуры внешних и внутренних энергетических рынков, технологического прогресса. Они учитывают возможное влияние внеэкономических факторов, формирующих дополнительные экологические, социально-политические, регуляторные, институциональные и прочие ограничения.

Трехуровневая система согласованности расчетов в SCANER позволяет учитывать межотраслевые и территориальные взаимосвязи энергетики, а также её связи с экономикой (включая ответное воздействие ТЭК на экономику)

SCANER позволяет учитывать различные сочетания критериев и приоритетов в поиске решений, исследовать чувствительность или выполнять риск-анализ решений для получения не формально оптимальных, а рациональных вариантов развития энергетики с учетом возможного влияния внеэкономических факторов

Гибкость, адаптивность и разнообразие режимов использования под конкретные задачи. SCANER дает заказчику возможность выбирать необходимую детализацию исходной информации, моделей и получаемых результатов, формировать свои сценарии развития экономики и энергетики, используя разные режимы (глубину и детальность) прогнозирования как по полному циклу, так и для оперативного решения отдельных конкретных задач. Возможно:

- проведение исследований развития экономики и ТЭК как на базе сценариев заказчиков, так и на основе собственных сценариев;
- организация исследований в рамках полного цикла или использование лишь части модельных блоков для решения отдельных конкретных задач, в том числе для субъектов РФ и компаний.
- представление результатов в российском и международном информационных форматах;

Высокая степень детализации. SCANER обеспечивает возможности для прогнозирования мировой энергетики по основным макрорегионам мира и 62 крупным странам, экономики и ТЭК России – по всем базовым ВЭД в 83 субъектам РФ, а также для моделирования развития крупных энергетических компаний страны. Высокая степень конечной детализации позволяет рассматривать различный состав и количество регионов мира и России.

В России нет полнофункционального аналога комплекса SCANER, а близкие по сути зарубежные разработки, естественно, не учитывают важные особенности российской энергетики и не имеют адекватной информации и необходимой детализации: чаще всего в зарубежных моделях Россия рассматривается как единый субъект, или включается в состав более крупного узла («бывший СССР», «Евразия» и пр.).

Структура комплекса

SCANER использует матричную организацию тысяч энергетических объектов в разных аспектах их деятельности со сложной структурой прямых и обратных производственно-экономических связей

SCANER представляет собой совокупность имитационных и оптимизационных моделей и связанных с ними информационных систем (баз данных и экспертных аналитических средств). SCANER использует матричную (четырёхуровневую отраслевую и трёхуровневую территориальную) организацию тысяч энергетических объектов в разных аспектах их деятельности со сложной структурой прямых и обратных производственно-экономических связей.

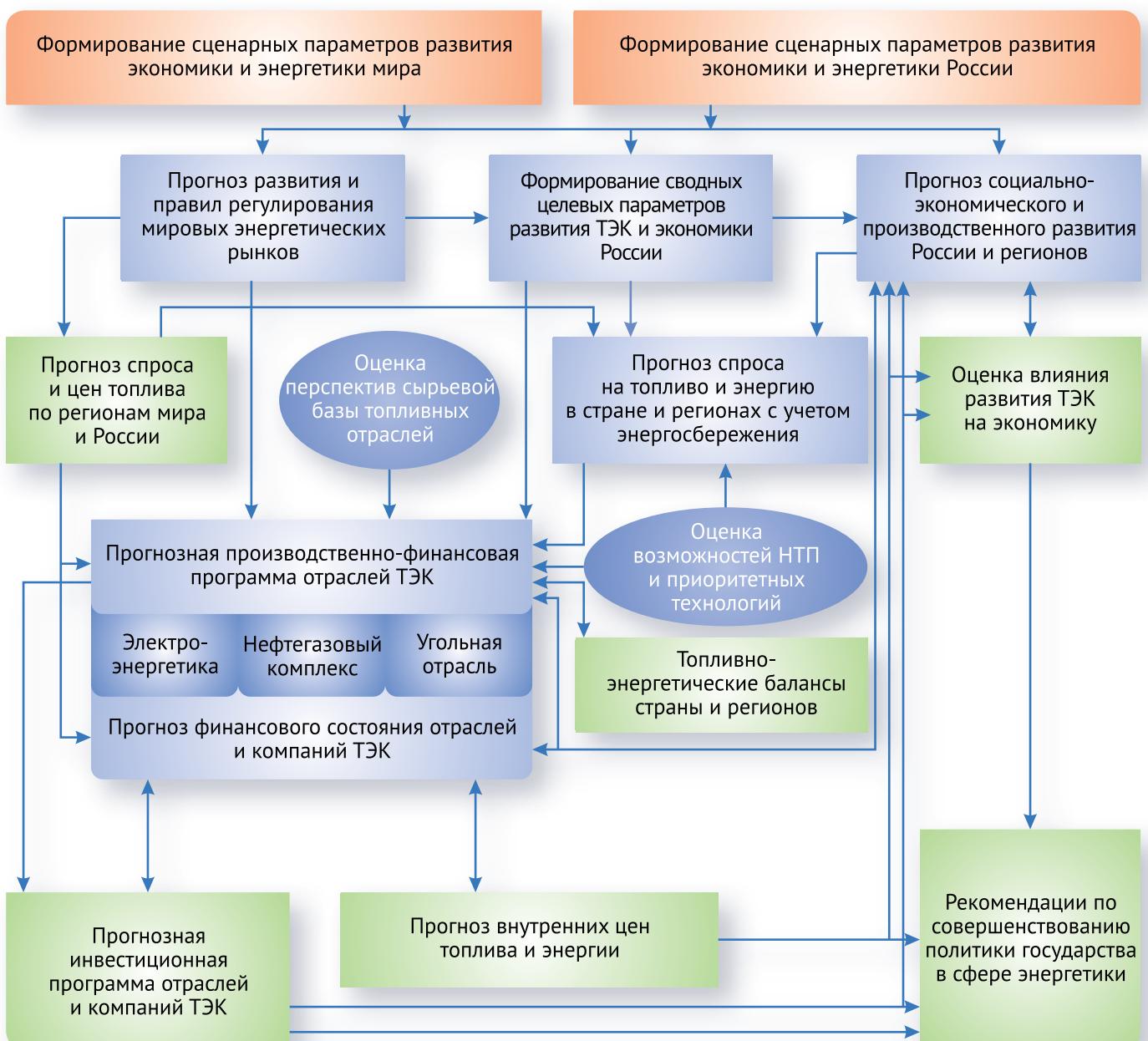
В состав комплекса входят несколько информационно-модельных блоков, предусматривающих максимально широкий охват проблем развития энергетики мира, России и ее регионов:

- блок формирования сценариев внешних условий;
- блок прогнозирования развития мировой энергетики;
- блок прогнозирования социально-экономического развития России и регионов;

- блок прогнозирования энергопотребления и формирования топливно-энергетических балансов (ТЭБ);
- блок электроэнергетики;
- блок нефти и нефтепереработки;
- газовый блок;
- угольный блок.

Взаимодействие информационно-модельных блоков организовано по итеративной схеме согласования энергетических потребностей

Основные связи модельно-информационного комплекса SCANER



SCANER является постоянно развивающейся системой – возникновение новых задач и целых направлений исследований требует регулярной модификации существующих и создания новых математических моделей, а в ряде случаев ведет к появлению новых информационно-модельных блоков

экономики и производственно-финансовых возможностей отраслей ТЭК и энергетических компаний.

Опора на универсальную методологию системного анализа в энергетике позволяет в составе комплекса SCANER интегрировать в единую информационную технологию прогнозирования как оригинальные модельные разработки, так и готовые программные продукты. Наиболее масштабным направлением подобной интеграции в ближайшие годы станет взаимодействие с модельным комплексом TMES в рамках участия ИНЭИ РАН в Соглашении по реализации Программы по системному анализу технологий в энергетике (ETSAP), координируемой Международным энергетическим агентством (IEA). При этом, в частности, планируется развитие и использование созданной на базе TIMES модели мировой энергетики (TIAM) как части блока прогнозирования мировой энергетики (с адекватным описанием России как участника глобальной энергетической системы). Также рассматривается возможность создания на базе TIMES модели для системной оценки ключевых технологических трендов в ТЭК России в рамках долгосрочных прогнозов развития национальной и региональной энергетики.

Основные результаты регулярных исследований

Среди основных результатов исследований, регулярно проводимых ИНЭИ РАН на модельно-информационном комплексе SCANER, можно выделить следующие:

- Рациональные варианты развития ТЭК России, включая динамику производства и инвестиционные программы энергетических отраслей и крупных компаний, согласованные с прогнозами развития мировых энергетических рынков и сценариями социально-экономического развития страны.
- Взаимосогласованные прогнозы внутренних оптовых цен на разные виды топлива и энергии по зонам России.
- Частные и сводные энергетические балансы страны, восьми федеральных округов и всех субъектов РФ (в международном формате) с учетом около 20 видов топливно-энергетических ресурсов (ТЭР).
- Рациональные в российских условиях направления научно-технического прогресса и потенциал применения в энергетических отраслях, а также у основных категорий потребителей новых технологий, обеспечивающих повышение энергетической эффективности экономики.
- Рекомендации по совершенствованию налоговой, таможенной, ценовой, инвестиционной и экологической политики государства в области производства, транспортировки и реализации энергетических ресурсов.

- Прогнозные оценки влияния ценовой и инвестиционной политики в энергетических отраслях на динамику макроэкономических показателей, прогноз развития неэнергетических секторов экономики, доходов и расходов консолидированного бюджета, жизненного уровня населения.
- Оценка возможных механизмов стимулирования и последствий для энергетики и экономики России различных мер сдерживания эмиссии парниковых газов в стране.
- Оценка спроса и возможностей производства энергоресурсов на мировых рынках.
- Рекомендации по оптимальным объёмам, структуре и географии отечественного энергетического экспорта и развитию деятельности российских энергетических компаний за рубежом.

В рамках исследования по российской энергетике представляются с требуемой детализацией параметры рациональных вариантов развития всех секторов ТЭК, с их обобщением в форме частных и сводных ТЭБ страны, федеральных округов и субъектов РФ, демонстрирующие в российском или международном форматах согласованность полученных данных по основным стадиям производства, преобразования и конечного потребления основных видов топлива и энергии.

По мировой энергетике в рамках исследований представляются энергетические балансы мира, его макрорегионов и ведущих стран и оцениваются объемы межрегиональной и межстрановой торговли и варианты развития ТЭК.

Блок формирования сценариев внешних условий



Блок формирования сценариев внешних условий включает два модуля:

- **Формирование сценарных параметров развития экономики и энергетики мира с учетом геополитических и институциональных предпосылок.** На базе анализа геополитической ситуации в мире, демографических и макроэкономических тенденций развития регионов и стран мира, а также учета основных направлений энергетической политики отдельных стран формируются сценарные тренды развития экономики и энергетики мира по годам с 1980-го по текущий год и далее до 2030 г.
- **Формирование сценарных параметров социально-экономического развития страны и развития энергетики России** для выбранных мировых трендов и возможных сценариев трансформации и модернизации российской экономики и внутренней энергетической политики государства (налоговой, ценовой, структурной и т.д.). Количественные параметры сценариев рассчитываются для России с использованием имитационной Координирующей Системы (КоС), которая описывает производственно-технологические, стоимостные и балансовые взаимосвязи между более чем 500 агрегированными показателями развития экономики и энергетики страны по годам с 1985-го по текущий год и далее на ближайшее десятилетие, а затем по пятилетиям до 2050 г. КоС позволяет с опорой на отчетную информацию в интерактивном режиме рассчитывать предстоящую динамику экономики и доходов населения, соответствующего этому внутреннего потребления, производства и экспорта основных энергоресурсов, оптовых цен на них по регионам страны, а также оценивать в целом по стране выбросы парниковых газов и требуемые объемы капиталовложений для развития ТЭК, масштабы энергосбережения и развития распределенной энергетики.

Для каждого принятого сценария КоС сначала обеспечивает общую настройку комплекса, а затем регулярно актуализируется по отчетной информации и текущим результатам работы остальных его блоков, находясь в постоянной готовности выдать экспресс-информацию в укрупненных сводных формах прогнозов развития энергетики.

Блок формирования сценариев внешних условий позволяет формировать сценарные параметры развития экономики и энергетики России и мира с учетом геополитических, институциональных, макроэкономических, демографических факторов и изменений в энергетической политике государств



Блок прогнозирования мировой энергетики



Блок прогнозирования мировой энергетики – новый элемент комплекса SCANER, активно развивающийся в течение последних 5 лет. Блок представляет собой систему имитационных и оптимизационных экономико-математических моделей мировой энергетики и связанных с ними баз данных и баз знаний. Он позволяет определить место российского ТЭК в мировой энергетике, оценивать возможности и риски сотрудничества с зарубежными странами, а также разрабатывать собственные прогнозы конъюнктуры мировых энергетических рынков и проводить экспертизу прогнозов, формируемых зарубежными аналитическими центрами. Кроме того, его создание обусловлено необходимостью учёта влияния развития мировой энергетики на российскую и оценки возможностей активизации деятельности отечественных компаний на внешних рынках.

Модельный блок прогнозирования мировой энергетики является частью общего модельно-информационного комплекса Института энергетических исследований, поэтому расчеты согласуются с результатами исследований института, касающимися вариантов развития отраслей ТЭК России.

Прогнозирование развития мировых энергетических рынков проводится на основе демографических прогнозов, оценок развития мировой экономики, динамики технологического развития, энергетической и экологической политики, проводимой в различных странах мира.

В рамках данного блока разработана система мониторинга мировых энергетических рынков, сбора и анализа зарубежной статистической информации и ведения баз знаний по ТЭК и энергетической политике отдельных стран, а также по ведущим энергетическим компаниям и крупнейшим проектам в сфере энергетики.



к.э.н. Татьяна МИТРОВА,
Руководитель Отдела нефтегазового
комплекса России и мира ИНЭИ РАН

Блок прогнозирования мировой энергетики позволяет оценивать перспективы развития мировых и региональных энергетических рынков, место российского ТЭК в мировой энергетике, возможности и риски на зарубежных рынках, а также проводить экспертизу прогнозов зарубежных организаций



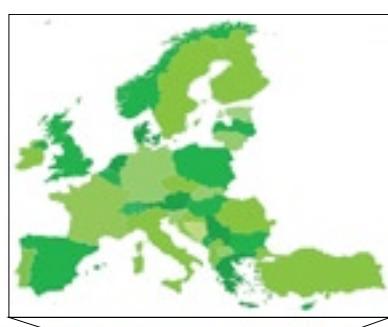
Система сбора и обработки информации в блоке прогнозирования мировой энергетики



Возможности нового блока постоянно расширяются и уже имеют ряд преимуществ по сравнению с зарубежными и отечественными аналогами:

- **Высокая степень детализации.** Это – первая российская система прогнозирования глобального спроса на энергоресурсы, детализированного по макрорегионам и 62 крупным странам мира, включая 13 стран СНГ и 37 стран основного для России внешнего рынка – Европы.
- **Учет межтопливной конкуренции.** Наличие модулей электроэнергетики и моторного топлива дает возможность анализа экономических условий и потенциала межтопливной конкуренции.
- **Поблочно представлена вся мировая атомная отрасль,** включая строящиеся, планируемые и возможные блоки АЭС с учётом изменений энергетической политики различных государств.

- **Модуль возобновляемой энергетики** включает детальную информацию по всем национальным планам развития возобновляемой энергетики, которые корректируются с учетом экономических показателей «зеленых» технологий.
- **Оптимизационная модель мирового газового рынка (ММРГ)** – впервые в России комплексно рассматривает мировые рынки сетевого и сжиженного газа на уровне всех стран-производителей и потребителей газа. Модель оснащена обширной базой данных по зарубежным газовым проектам, месторождениям, заводам по производству СПГ, транспортной инфраструктуре и контрактам. Она позволяет учитывать параллельное функционирование системы долгосрочных контрактов и спотовых рынков.
- Технология исследований предусматривает учет **неэкономических ограничений, описывающих групповые говоры и рыночные барьеры**. Это позволяет, например, для газовой отрасли анализировать влияние несовершенной конкуренции на рынки газа и учитывать геополитические факторы, влияющие на развитие газовых рынков (транзитные конфликты, вооруженные конфликты, изменения в регулировании, энергетической и экологической политике стран-потребителей и транзитеров).
- **Гибкость модельного блока** в части модификации под различные постановки задачи, изменение горизонтов прогнозирования и детализацию описания объекта исследования (продукты/регионы, страны мира и т.д.).



Детализация балансовой модели мирового энергопотребления по макрорегионам и странам (на примере Европы)

Структура

В блоке прогнозирования мировой энергетики объединены следующие модули:

- **Модуль входных параметров** включает ретроспективные данные и сценарные предпосылки развития экономики и энергетики мира с учетом геополитических и институциональных факторов, в том числе детализированный по странам мира прогноз темпов роста ВВП, численности населения и цен на нефть, а также базы данных;
- **Модуль оценки ресурсной базы** мировой нефтяной, газовой, угольной и атомной промышленности и ВИЭ;
- **Модуль оценки технико-экономических показателей основных технологий;**
- **Модуль прогнозирования спроса на топливо и энергию** по регионам, странам и секторам потребления;
- **Модуль ТЭБ – балансовая модель мирового энергопотребления**, используемая для прогнозирования первичного энергопотребления с выделением потребления нефти, газа, угля, атомной энергии и ВИЭ по всему миру, 8 основным макрорегионам и 62 крупнейшим странам, включая 37 стран Европы и все страны СНГ;
- **Газовый модуль (оптимизационная мировая модель рынка газа);**
- **Угольный модуль;**
- **Нефтяной модуль (балансовая модель глобального рынка нефти);**
- **Модуль ВИЭ;**
- **Модуль атомной энергетики;**
- **Модуль электроэнергетики.**

Наиболее разработан в настоящее время газовый модуль, включающий оптимизационную модель мирового рынка газа (ММРГ), которая сочетает в себе разработанную в ИНЭИ модель Газовых рынков Евразии (ГЕРА) и элементы NEXANT World Gas Model (WGM).

В данном модуле строится прогноз развития газовой отрасли с использованием результатов модели прогнозирования мирового энергопотребления и с корректировкой их за счёт обратных связей. Определяются объемы добычи и потребления газа с учетом межтопливной конкуренции с другими энергоносителями, спотовые цены на газ и цены по долгосрочным контрактам по странам и регионам, а также объемы поставок газа по направлениям.

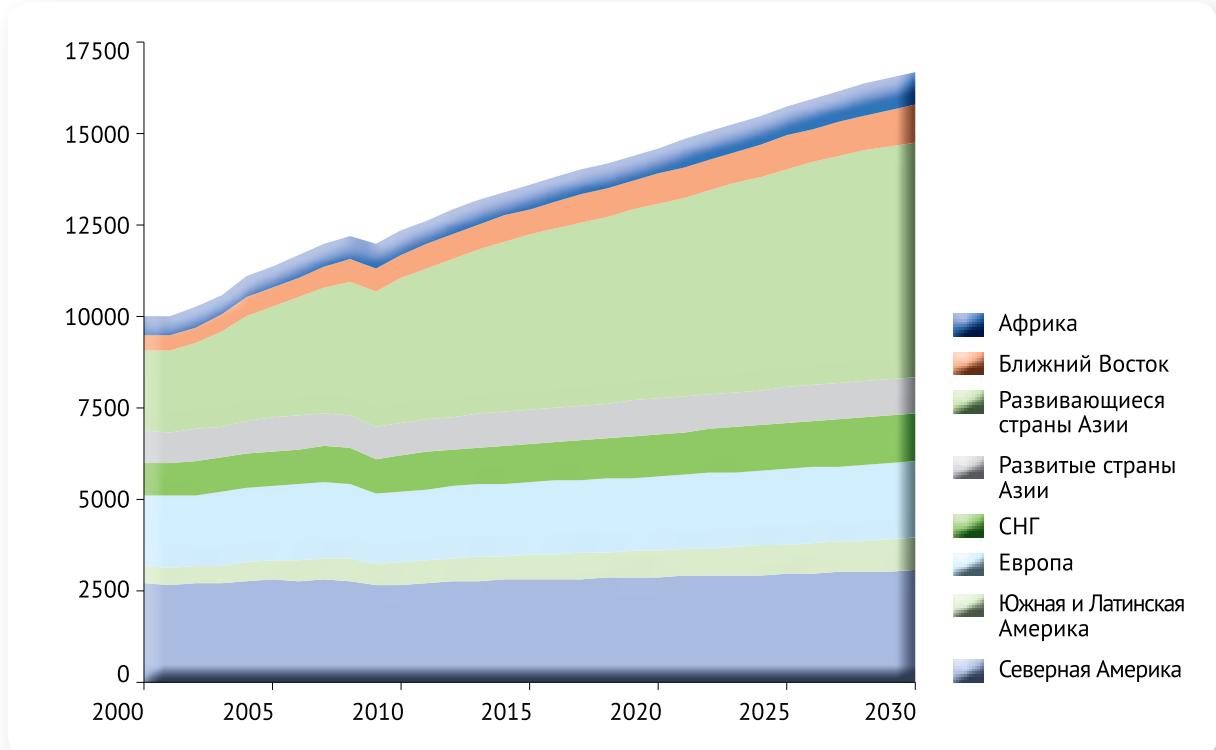
В ММРГ рассматривается 145 регионов – узлов производства и потребления газа, в том числе 17 узлов в СНГ, 37 – в Европе, 22 – в развивающихся странах Азии, 4 – в развитых странах Азии, 14

– в Южной и Латинской Америке, 29 – в Африке, 13 – на Ближнем Востоке и 12 узлов в Северной Америке. В модели введены 245 действующих, планируемых и перспективных газотранспортных коридоров, соединяющих узлы во всех регионах мира, а также 780 маршрутов транспортировки СПГ по морю танкерами.

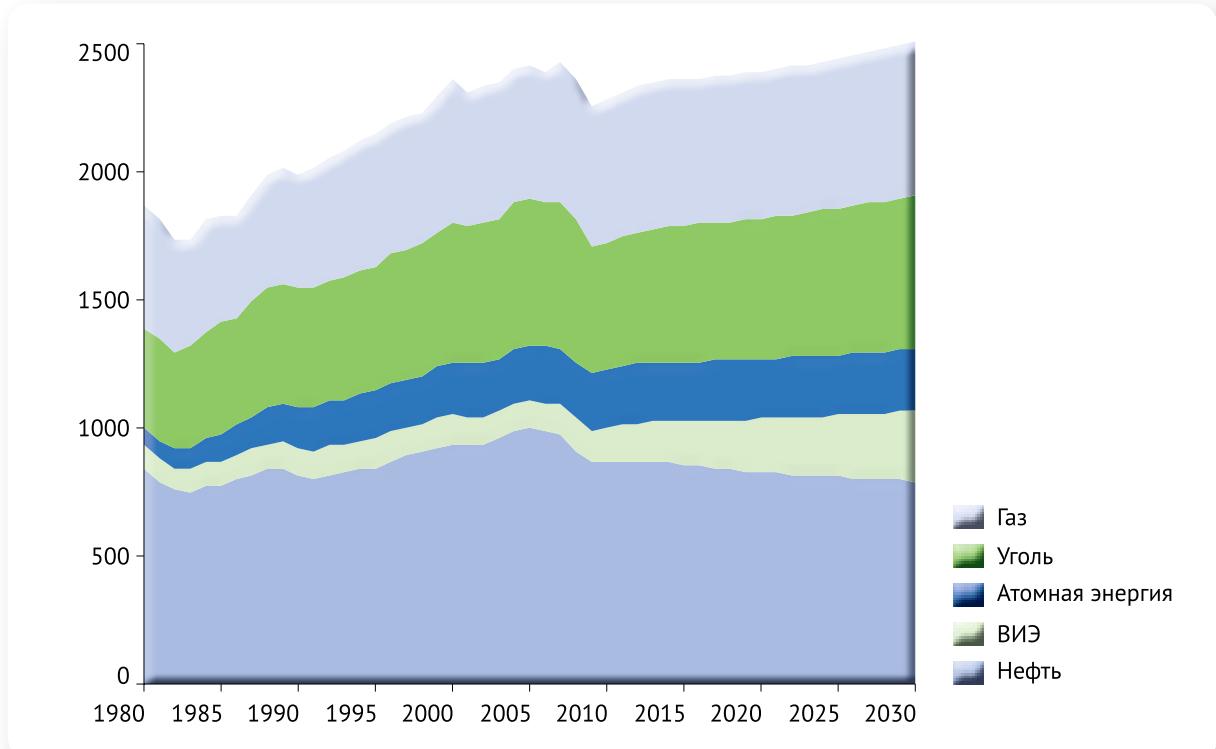
Структура блока прогнозирования мировой энергетики



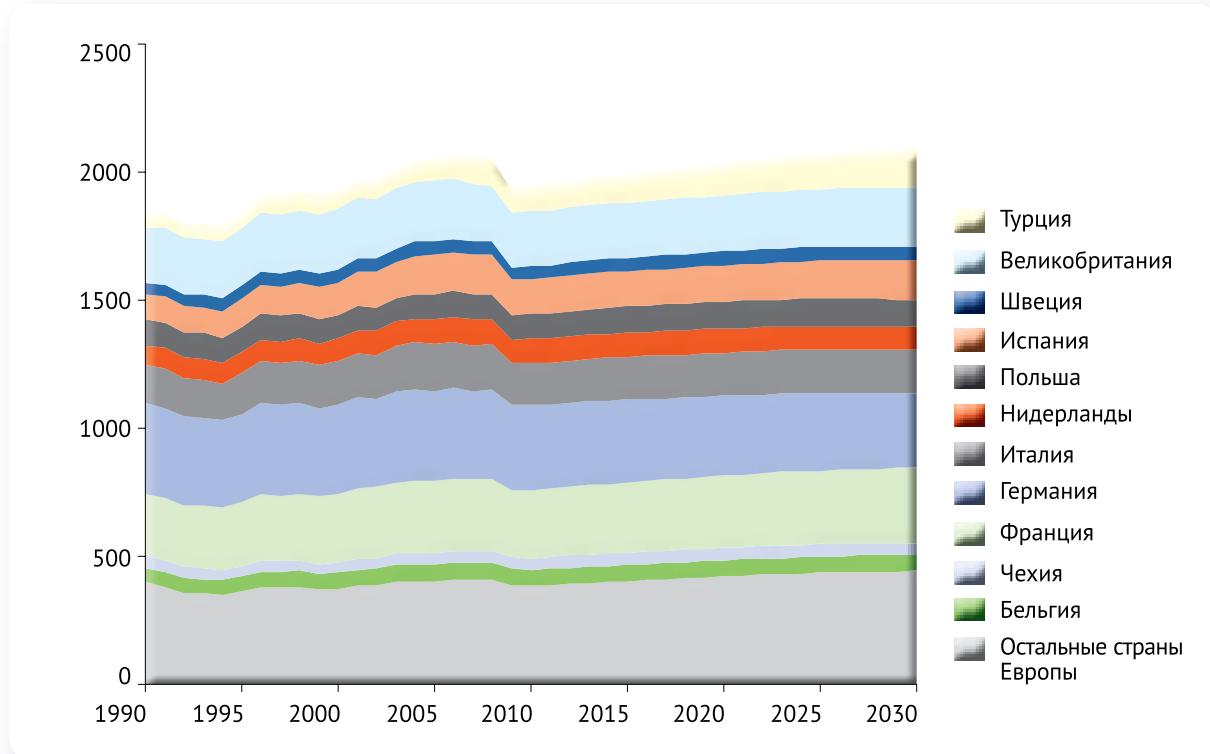
Прогноз первичного потребления энергии по макрорегионам мира, млн. т н.э.



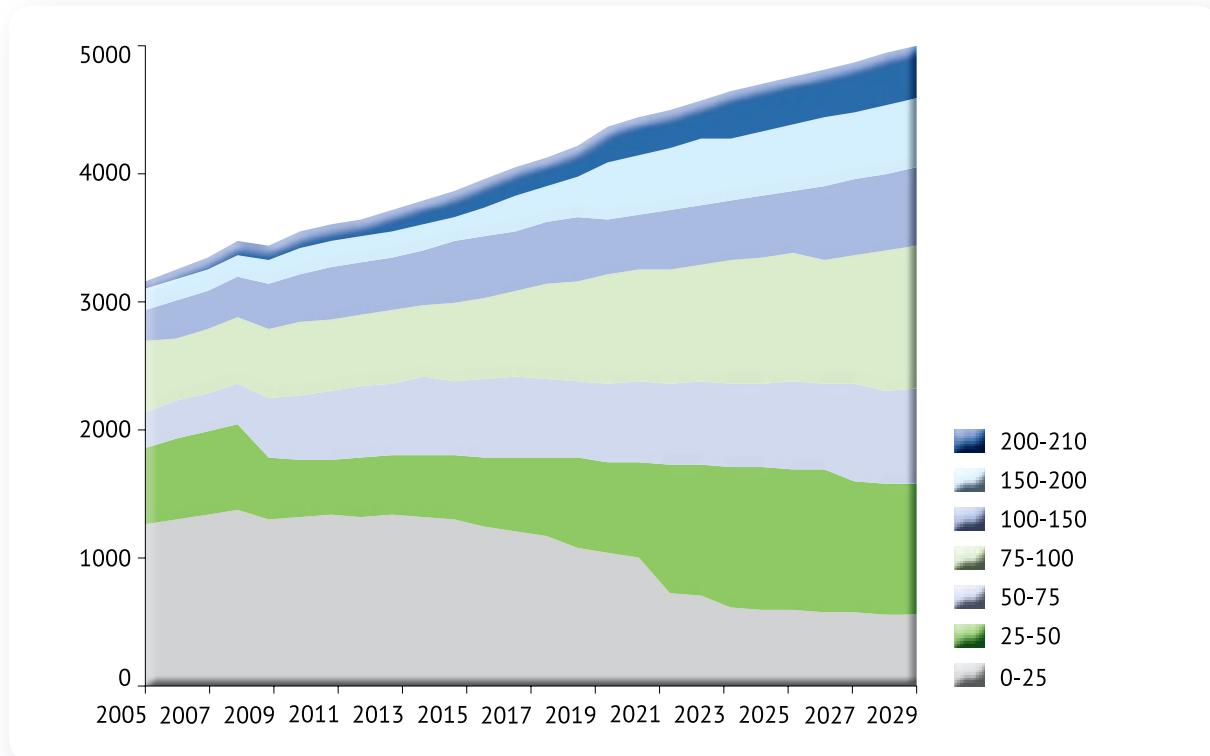
Прогноз первичного потребления энергии в США по видам топлива, млн. т н.э.



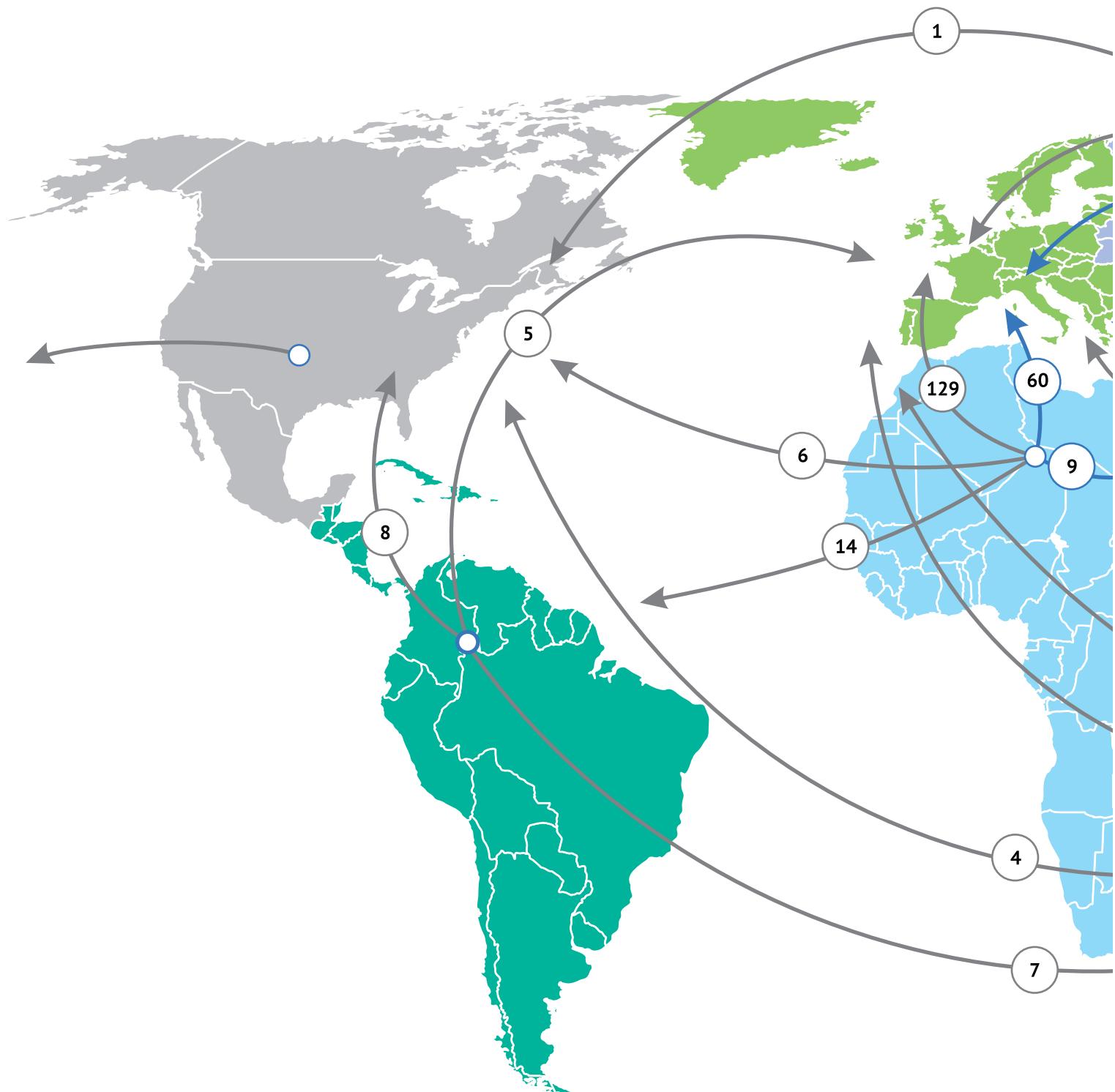
Прогноз первичного потребления энергии по странам Европы до 2030 г., млн. т н.э.

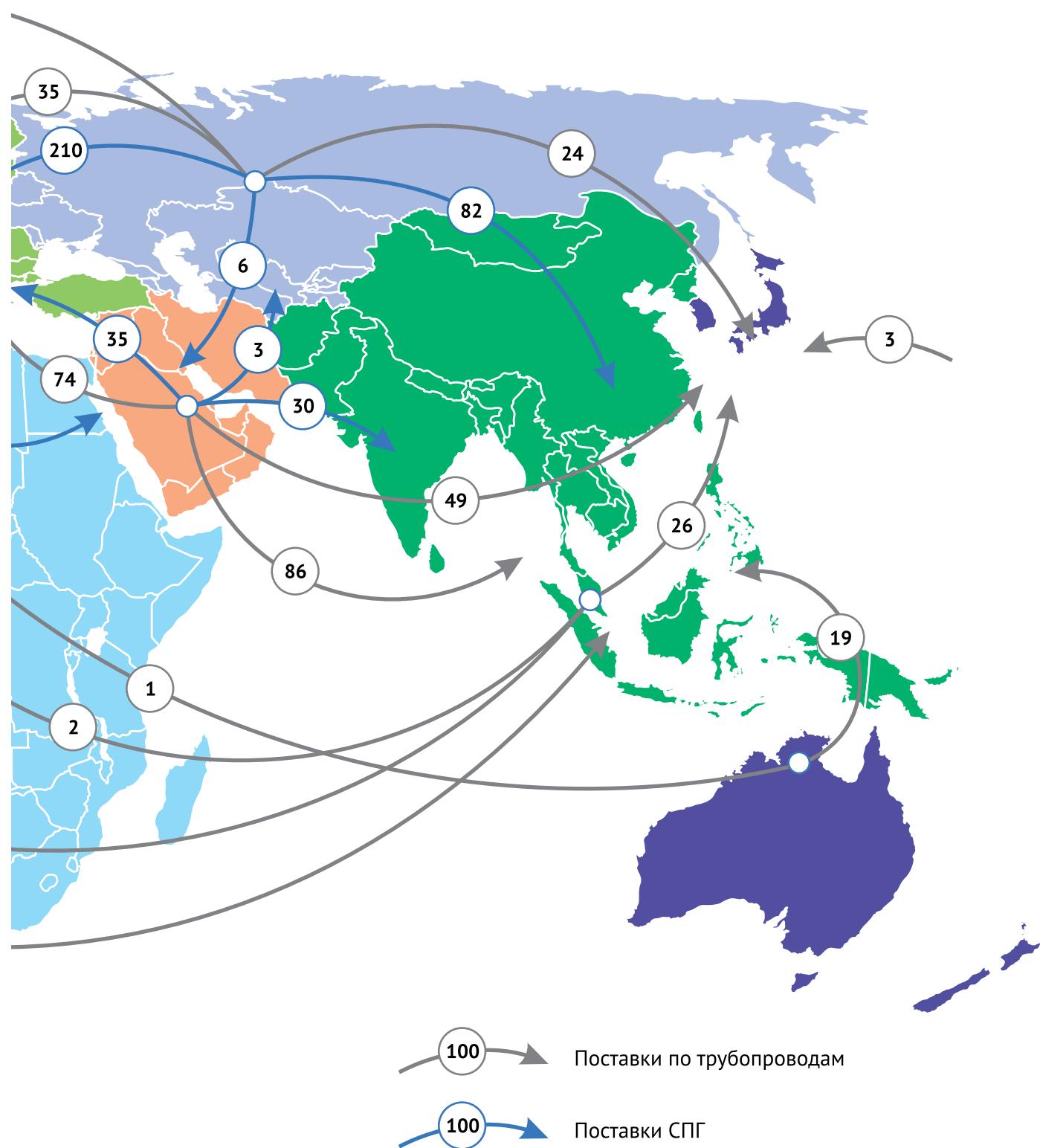


Потенциал мировой газодобычи (объемы и издержки добычи), долл./тыс. куб. м



Результаты: направления межрегиональной торговли газом

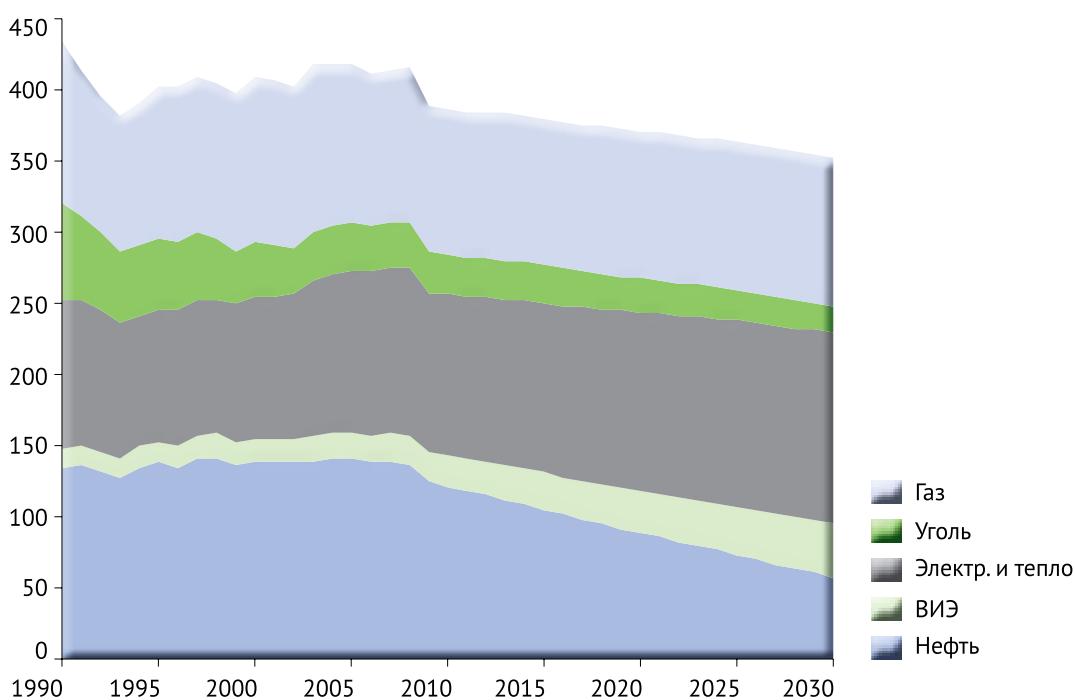




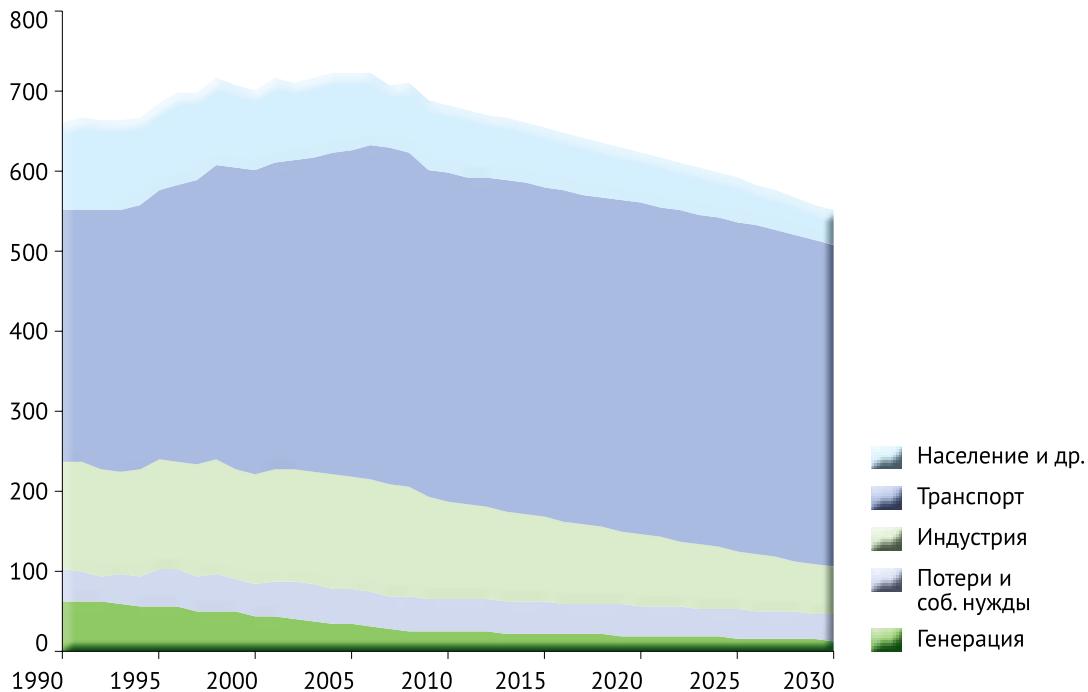
Результаты

- Сценарные прогнозы первичного энергопотребления по миру, основным регионам и крупным странам.
- Прогнозы спроса на нефть, основные нефтепродукты, природный газ, уголь, атомную энергию и ВИЭ в разбивке по миру, макрорегионам, странам и секторам потребления (промышленность, транспорт, электроэнергетика и тепло, потери и собственные нужды, население и пр.).
- Прогнозные объемы добычи и потребления газа по странам мира, спотовые и контрактные цены на газ по странам и регионам, а также объемы поставок сетевого газа и СПГ по направлениям.
- Оценка рыночных ниш для российских углеводородов на внешних рынках с учетом их конкурентоспособности.

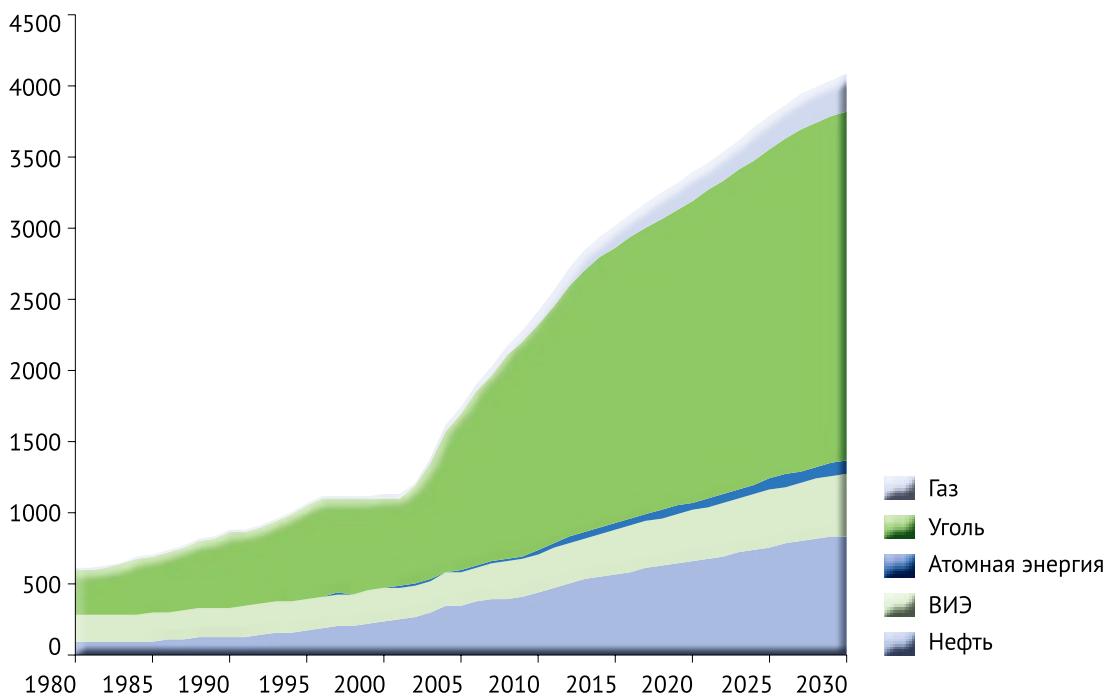
Прогноз конечного потребления в промышленности по видам топлива в ЕС-27, млн. т н.э.



Прогноз потребления нефти в ЕС-27 по секторам, млн. т н.э.



Прогноз первичного потребления энергии в Китае до 2030 г. по видам топлива, млн. т н.э.



Блок прогнозирования социально- экономического развития России и ее регионов



Блок прогнозирования социально-экономического развития России и ее регионов обеспечивает согласование параметров инвестиционной, ценовой, налоговой и экспортной политики в отраслях ТЭК с динамикой развития экономики, возможностями государственного бюджета, отраслей-потребителей и населения. Кроме того, в нем осуществляется оценка макроэкономических последствий и реализуемости инвестиционных программ в энергетике и вариантов реформирования рынков топлива и энергии.

Блок прогнозирования социально-экономического развития России имеет ряд уникальных преимуществ:

- **Оригинальный универсальный метод и программное обеспечение** для решения задач полилинейного программирования, позволяющие наряду с традиционными искомыми показателями материальных балансов, определять в рамках единой задачи математического программирования индексы оптовых цен продуктов, отраслевые уровни оплаты труда, объемы привлекаемых заемов отраслей и ставки основных налогов.
- **Оригинальная методика формирования согласованных сценариев развития субъектов РФ**, позволяющая учитывать ретроспективные тенденции в региональной и отраслевой структуре экономики и оценивать их изменения при реализации инвестиционных проектов;
- **Уникальная и регулярно обновляемая и наращиваемая база данных о развитии экономики страны и её отраслей по субъектам РФ** включает ретроспективные данные и прогнозы развития, формируемые госучреждениями и негосударственными организациями, а также информацию по крупным реализуемым или планируемым инвестиционным проектам (свыше 1 тыс. проектов).
- **Гибкая структура и возможность оперативной модификации моделей блока под конкретные задачи**, включая:
 - горизонт прогнозирования (от 3 до 25 лет);
 - отраслевое представление экономики страны и регионов;
 - региональную структуру экономики (Федеральные округа, 83 субъекта РФ);
- **Система автоматизированной разработки и эксплуатации макроэкономических и других расширенных балансовых моделей** позволяет значительно снизить затраты времени и трудоемкость при постановке и проведении модельных исследований, что заметно повышает оперативность получения результатов.



к.э.н. **Владимир МАЛАХОВ**,
Руководитель Отдела
энергопотребления,
энергоэффективности и НТП
в энергетике ИНЭИ РАН

**Блок прогнозирования
социально-экономического
развития России и ее
регионов обеспечивает
согласование параметров
инвестиционной, ценовой,
налоговой и экспортной по-
литики в отраслях ТЭК
с динамикой развития
экономики, возможностями
государственного бюджета,
отраслей-потребителей и
населения**

Структура

1. **Межотраслевая оптимизационная нелинейная «модель энергетики в экономике» (МЭНЭК)**, обеспечивающая макроэкономический анализ перспектив развития экономики и взаимодействия её секторов с отраслями ТЭК. МЭНЭК является условно динамической моделью, в которой прогнозная динамика формируется последовательностью взаимосвязанных погодовых оптимизационных расчётов.

Основой МЭНЭК являются балансы производства и распределения 30 продуктов (товаров и услуг), из них 9 видов топлива и энергии. Способность решать задачи полилинейной оптимизации позволяет совместно с материальными балансами моделировать финансовые балансы 25 отраслей (5 из которых отрасли ТЭК), доходы и расходы государственного бюджета и домашних хозяйств, баланс трудовых ресурсов, баланс добавленной стоимости и баланс инвестиционных и кредитных средств в экономике.

Межотраслевая оптимизационная нелинейная «модель энергетики в экономике»



В МЭНЭК могут вводиться целевые ограничения для проверки реализуемости и взаимной согласованности значений и темпов роста следующих показателей:

- валовой внутренний продукт (ВВП);
- доходы населения;
- инвестиции в основной капитал как в целом по экономике, так и по отдельным отраслям;
- объёмы экспорта и импорта (в долларовом выражении) как в целом по экономике, так и по отдельным товарам и услугам;
- сальдо государственного бюджета;
- динамика производства и уровни рентабельности производственных отраслей;
- индексы инфляции.

2. Имитационная модель инвестиционного рейтинга отраслей (МодИР) нацелена на расчёт цены капитала и доходности инвестиций в различных отраслях экономики, а также на распределение рассчитанных на МЭНЭК суммарных инвестиционных ресурсов страны между отраслями на основе построения инвестиционного рейтинга отраслей.

Модель МодИР построена на базе классической концепции оценки стоимости компаний, которая применяется для таких условных макроэкономических объектов, как производственные отрасли экономики. В результате расчетов на модели определяются оценки совокупной стоимости каждой отрасли (вида экономической деятельности по ОКВЭД). Но главным результатом является вектор распределения инвестиционных ресурсов экономики между следующими инвестиционными направлениями: капиталовложения отраслей, госзаймы, займы населению, вывоз капитала за границу.

Схема прогнозирования социально-экономического развития страны и регионов



3. Модель исследований макроэкономических последствий экономических и технологических мер сдерживания эмиссии парниковых газов в стране (МЭНЭК-ЭКО) с более подробным рассмотрением отдельных карбоноемких отраслей: электроэнергетики, металлургического производства, химического производства, производства прочих неметаллических минеральных продуктов (стройматериалов).

В модели описывается эмиссия парниковых газов в результате следующих процессов:

- выбросы парниковых газов, связанных с использованием топлив в различных секторах экономики;
- летучие выбросы (Fugitive Emissions) — выбросы парниковых газов в добыче и транспортировке угля, нефти и газа (включая сжигание в факелях);
- эмиссия парниковых газов при производственном использовании нетопливных полезных ископаемых (промышленные процессы отдельно в промышленности стройматериалов, в химической промышленности и в металлургии);
- эмиссия парниковых газов в сельском хозяйстве;
- эмиссия парниковых газов, связанная с отходами в промышленности и в коммунально-бытовом секторе.

За основу моделирования антропогенных выбросов парниковых газов взята методика Межгосударственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК). Модель МЭНЭК-ЭКО ориентирована на поиск компромиссного варианта развития экономики страны с учетом интересов производственных отраслей, правительственный ожиданий и возможных обязательств России в рамках пост-Киотских соглашений.

4. Методика и система экономико-математических моделей для прогнозирования социально-экономического развития субъектов РФ. Результаты данных расчетов необходимы для оценки перспективного спроса на топливно-энергетические ресурсы в регионах страны.

Методика прогнозирования социально-экономического развития субъектов РФ реализована с помощью 8 идентичных экономико-математических моделей, отличающихся лишь составом регионов (субъектов РФ). При этом в каждом субъекте РФ, помимо ВРП, прогнозируется динамика производства и инвестиций следующих отраслей: сельское и лесное хозяйство, добыча полезных ископаемых (кроме топливно-энергетических), обрабатывающие производства, строительство, транспорт и связь (кроме трубопроводного транспорта), прочие виды деятельности (в основном представленные сферой услуг).

Прогнозирование взаимосогласованного социально-экономического развития регионов России основано на сочетании трех принципов:

- согласование перспективных траекторий показателей, определяющих экономическое развитие как страны в целом, так и её регионов;
- учет сложившихся тенденций в динамике региональной структуры экономики страны, определяемых изменениями в отраслевой структуре экономики регионов;
- учет принятых к реализации крупных инвестиционных проектов в субъектах РФ, вызывающих в прогнозном периоде качественные изменения в отраслевой структуре производства регионов и региональной структуре экономики страны в целом.

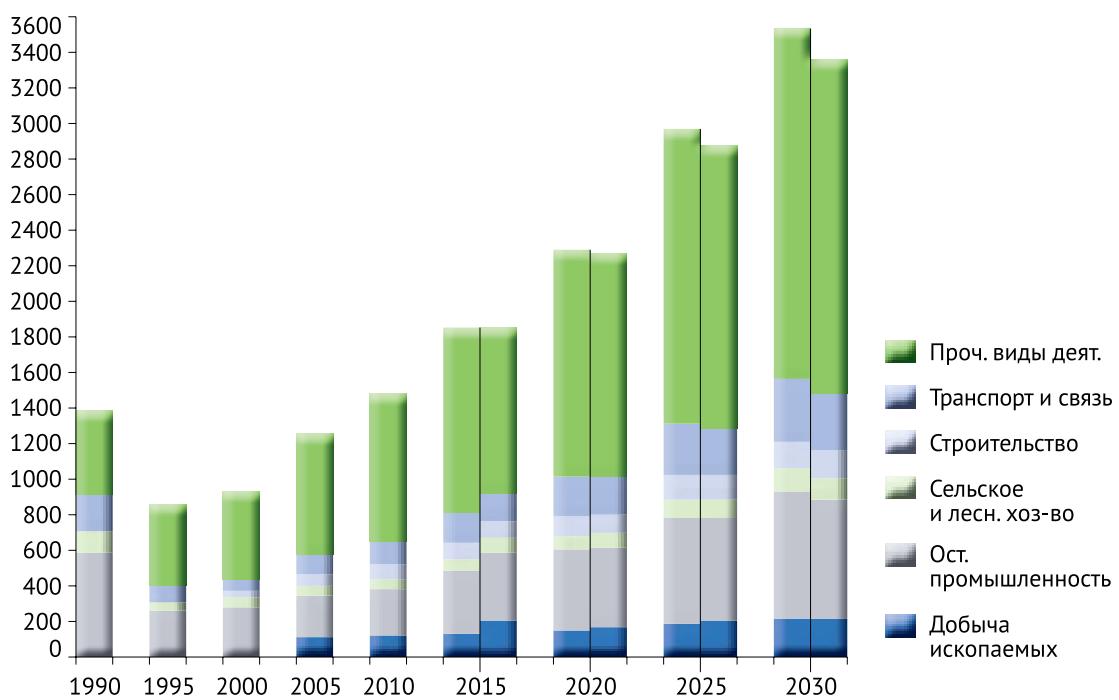
В результате формируются прогнозные сценарии социально-экономического развития регионов России. В них учтены перспективные инвестиционные проекты и ожидаемые качественные изменения в тенденциях отраслевой структуры экономики субъектов РФ.

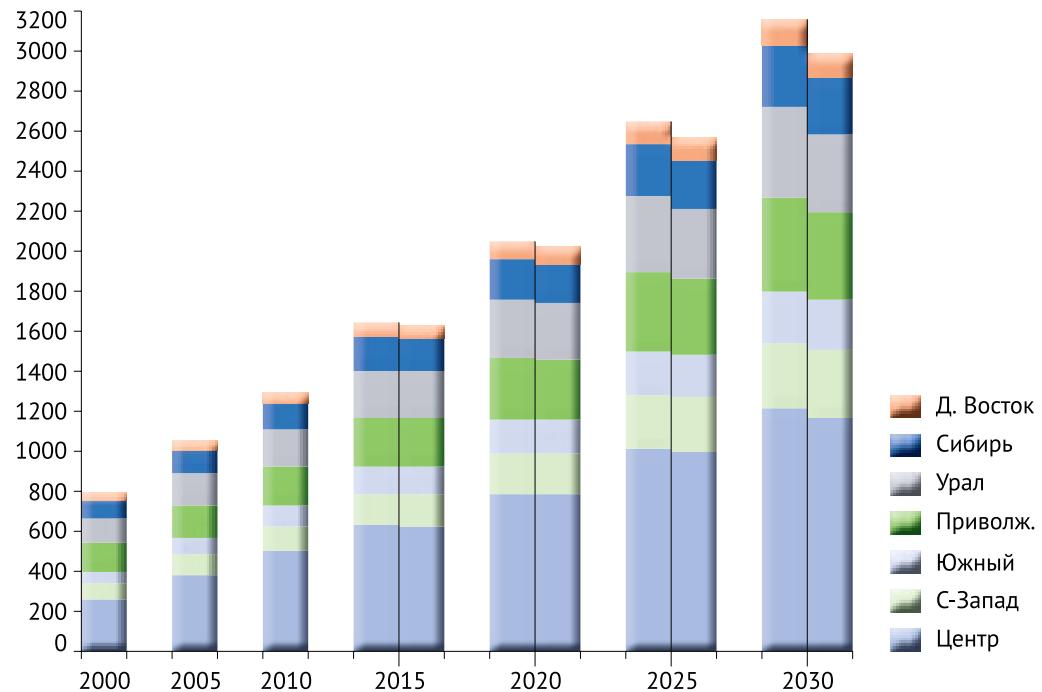
Описанная модельно-информационная среда реализована на интерактивной программной системе Creator-Digger, разработанной в ИНЭИ РАН, предназначеннной для автоматизированной разработки и эксплуатации макроэкономических и других расширенных балансовых моделей, позволяющая значительно снизить затраты времени и трудоёмкость при постановке и проведении модельных исследований.

Результаты

- Развернутая и взаимосвязанная система макроэкономических показателей, параметров динамики производственного, финансово-государственного состояния отраслей экономики.
- Взаимосогласованные прогнозные сценарии социально-экономического развития всех субъектов РФ.
- Прогнозные оценки влияния ценовой и инвестиционной политики в отраслях ТЭК на динамику макроэкономических показателей, развитие неэнергетических производственных секторов экономики, доходы и расходы консолидированного бюджета, жизненный уровень населения.
- Оценка возможных последствий для экономики от реализации различных мер по сдерживанию эмиссии парниковых газов в стране.
- Макроэкономический анализ рекомендаций по совершенствованию налоговой, таможенной, ценовой и инвестиционной политики государства в области производства, транспортировки и реализации энергетических ресурсов.

Произведенный ВВП для двух сценариев, млрд. долл.



ВРП Федеральных округов для двух сценариев, млрд. долл. ппс

Блок прогнозирования энергопотребления и формирования топливно- энергетических балансов



Блок прогнозирования энергопотребления и формирования топливно-энергетических балансов предназначен для оценки спроса на основные виды топлива, электроэнергию и централизованное тепло для страны, федеральных округов и субъектов Федерации на перспективу до 20-25 лет на основе внешних прогнозов (демографического, социально-экономического, научно-технического прогресса и др.) и различных государственных программ (жилищного строительства и благоустройства, энергосбережения и др.). Формирование взаимоувязанной системы отчетных и прогнозных федеральных и региональных ТЭБ в международном формате.

Блок содержит два модуля:

- прогнозирования энергопотребления;
- формирования топливно-энергетических балансов.

Важнейшими особенностями блока являются:

- **Оригинальный подход к прогнозированию спроса на топливо и энергию** («сверху-вниз») обеспечивает: разработку взаимосогласованных прогнозов энергопотребления для страны, федеральных округов и субъектов Федерации.
- **Учет рыночных механизмов формирования потребностей экономики и домашних хозяйств в топливе и энергии** путем балансирования спроса и предложения топливно-энергетических ресурсов с включением локальных факторов, связанных с реализацией крупных инвестиционных проектов, а также вовлечением в баланс местных энергетических ресурсов (в т.ч. возобновляемых).
- **Учет основных факторов, определяющих энергопотребление:** демографических, экономических, технологических, ценовых; функциональных особенностей потребителей, межтопливной конкуренции, балансовых и инфраструктурных ограничений, неопределенностей и т.д.
- **Тесная связь с макроэкономической моделью МЭНЭК и моделями отраслей ТЭК** в составе модельно-информационного комплекса SCANNER.
- **Формирование иерархически построенной системы взаимосогласованных ТЭБ** страны, федеральных округов и субъектов РФ, обеспечивающей вертикальную и горизонтальную увязку решений, полученных на каждом из уровней.
- **Гибкость** в части модификации постановки задачи, изменения горизонта прогнозирования и детализации описания объекта исследования (страна/регион/сектор экономики/продукт).
- **Уникальные и постоянно актуализируемые базы данных** для информационного обеспечения модельных расчетов и прогнозов.



член-корреспондент РАН
Сергей ФИЛИППОВ,
заместитель директора ИНЭИ РАН

В блоке прогнозирования энергопотребления и формирования топливно-энергетических балансов производится оценка спроса на основные виды топлива, электроэнергию и централизованное тепло, а также формируются ТЭБ России, федеральных округов и субъектов РФ

Принципиальная схема прогнозирования энергопотребления страны и регионов

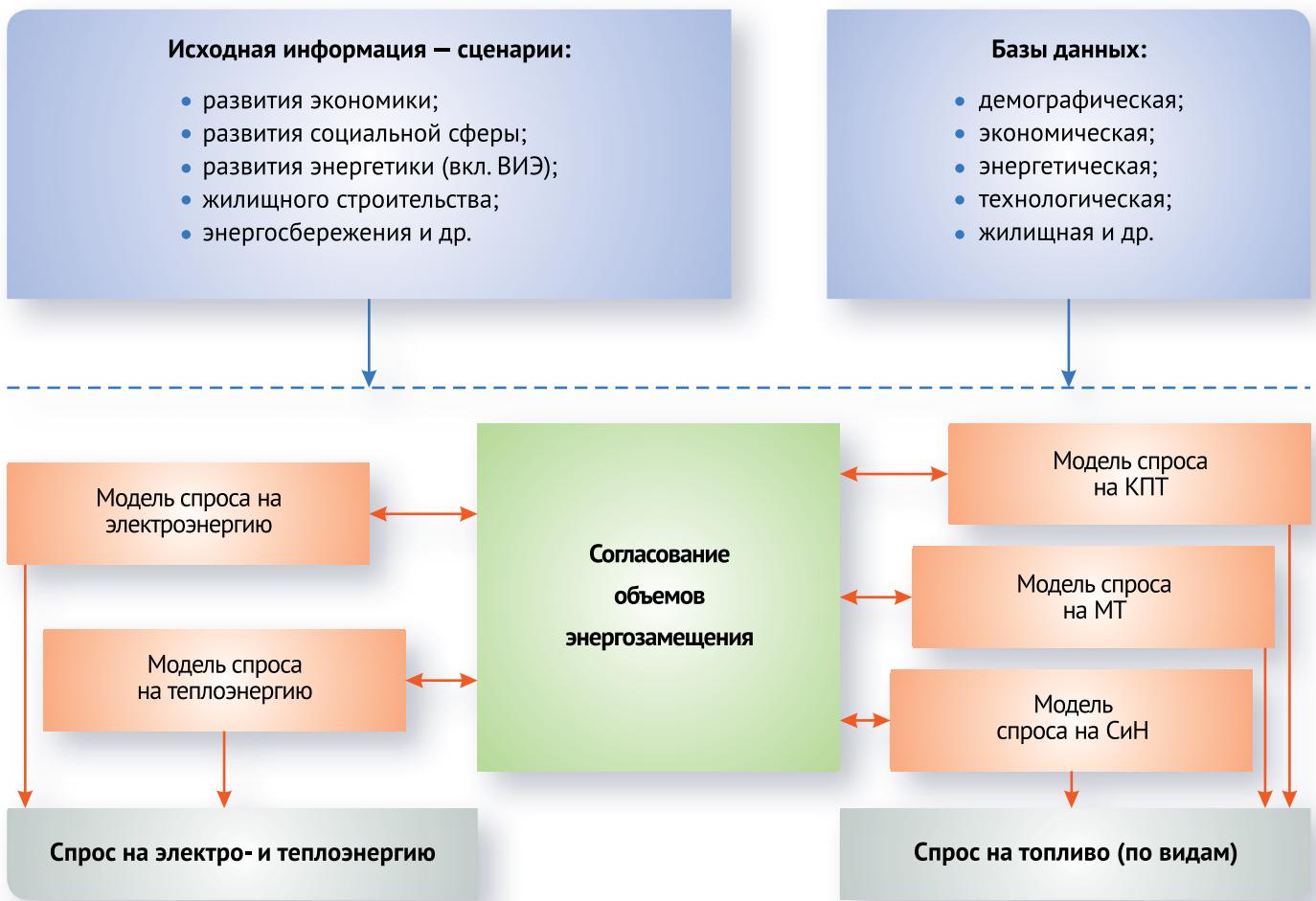


Структура

1. Прогнозирование энергопотребления выполняется с помощью модельно-информационного комплекса EDFS (Energy Demand Forecasting System). Комплекс включает адаптивные имитационные модели, предназначенные для определения спроса секторов экономики в электроэнергии, централизованном тепле, котельно-печном топливе (КПТ), моторном топливе (МТ). Также в его состав входят модель прогнозирования спроса на топливо, расходуемое в качестве сырья и на нетопливные нужды (СиН) и соответствующие базы данных.

Интеграция моделей осуществляется за счет итеративных процедур согласования объемов энергозамещения по видам экономической деятельности (ВЭД). Наиболее важным при этом оказывается определение рациональных направлений и объемов использования «местных ТЭР» (вторичных горючих и тепловых ресурсов, биомассы, прочих ВИЭ и т.д.). Выполняется данный этап на основе технико-экономического анализа типовых энерготехнологий.

Структура модельно-информационного комплекса EDFS для прогнозирования спроса на ТЭР по стране и регионам

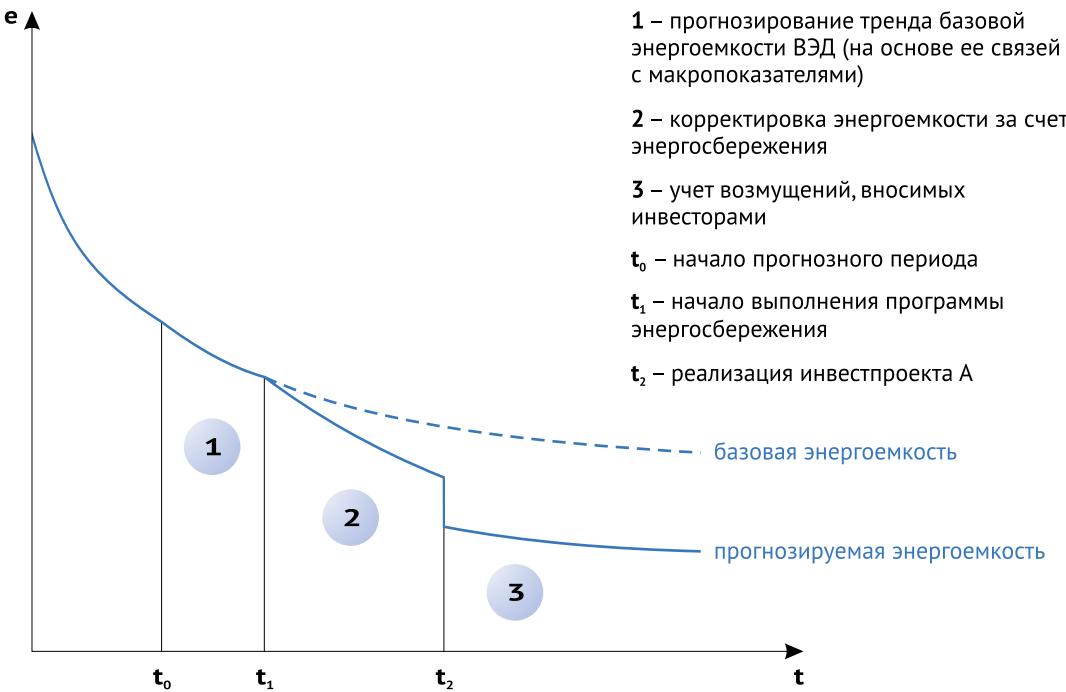


С помощью расчетных моделей сначала осуществляется прогнозирование энергоемкостей по каждому ВЭД из сектора конечного потребления, а также удельных расходов ТЭР на собственные нужды отраслей ТЭК. Затем на основе полученных оценок и данных внешних прогнозов определяются перспективные потребности страны и регионов в ТЭР.

В общем случае используется следующий алгоритм прогнозирования энергоемкостей:

- 1 – определение для каждого ВЭД базового тренда энергоемкости на основе ее связей с макроэкономическими показателями;
- 2 – корректировка базового тренда за счет осуществления энергосберегающих программ, а также энергозамещения;
- 3 – учет возмущений, вносимых реализацией крупных инвестпроектов.

Алгоритм прогнозирования энергоемкостей ВЭД



Ретроспективная информация по энергопотреблению собирается «снизу-вверх» (с уровня ВЭД в субъектах Российской Федерации до уровня страны), что помогает ее верификации. Прогноз конечного энергопотребления выполняется методом «сверху-вниз» и опирается на:

- детальный макроэкономический прогноз для страны и регионов;
- прогнозные данные об энергоемкости ВЭД по стране и регионам;
- параметры новых крупных инвестиционных проектов.

Комплекс EDFS реализован в виде распределенной компьютерной системы, предоставляющей экспертам возможность независимого использования специализированных прогнозных моделей и баз данных на удаленных компьютерах, доступ к информационным ресурсам общего пользования и обеспечивающей итеративное согласование полученных решений.

2. Формирование прогнозных ТЭБ страны и регионов в международном формате выполняется с помощью специального генератора ТЭБ.

Разработан формат балансов, максимально гармонизированный с форматами, принятыми в международной практике. При этом учитывается специфика экономики и энергетики России и сложившаяся в стране система статистического наблюдения.

Порядок разработки прогнозных ТЭБ:

- Раздел 1 («Ресурсы») – на основе результатов прогнозирования развития добывающих отраслей ТЭК и участия страны в международной торговле ТЭР.
- Раздел 2 («Преобразование ТЭР») – на базе прогнозов развития перерабатывающих отраслей ТЭК, электроэнергетики и централизованного теплоснабжения.
- Раздел 3 («Собственные нужды и потери ТЭК») – на основе оценок расходов ТЭР на собственные нужды отраслей ТЭК при добыче, преобразовании и транспортировании ТЭР, а также соответствующих потерь.
- Раздел 4 («Конечное потребление») – по результатам прогнозирования спроса на топливо и энергию со стороны ВЭД из сектора конечного потребления.
- Разработка прогнозных ТЭБ предшествует этап формирования отчетных ТЭБ.
- В структуре ТЭБ выделяются частные балансы (по видам топлива и энергии) и сводный баланс. Последний обеспечивает взаимное согласование и интегрированное представление натуральных показателей из частных балансов.
- Формируется система взаимосогласованных ТЭБ страны, федеральных округов и субъектов РФ, обеспечивающая увязку рациональных вариантов энергопотребления и развития энергетического комплекса на данных уровнях.

3. Информационно-аналитические ресурсы:

- демографическая статистика по стране и регионам;
- статистика по потреблению ТЭР по ВЭД для страны и регионов;
- статистика по уровню, условиям и образу жизни населения (душевой доход, обеспеченность жильем, состояние и благоустройство жилищного фонда, структура расселения, обеспеченность автомобилями и др.);
- ретроспективная динамика энергоемкостей ВЭД и домашних хозяйств;
- детализированные параметры актуального макроэкономического прогноза (выпуски и инвестиции по ВЭД и регионам, цены на ТЭР и т.д.);
- утвержденные государственные программы (жилищного строительства, благоустройства, энергосбережения и др.).
- база данных по инвестиционным проектам по ВЭД;
- данные по энергосберегающим технологиям по ВЭД и в домашних хозяйствах и др.

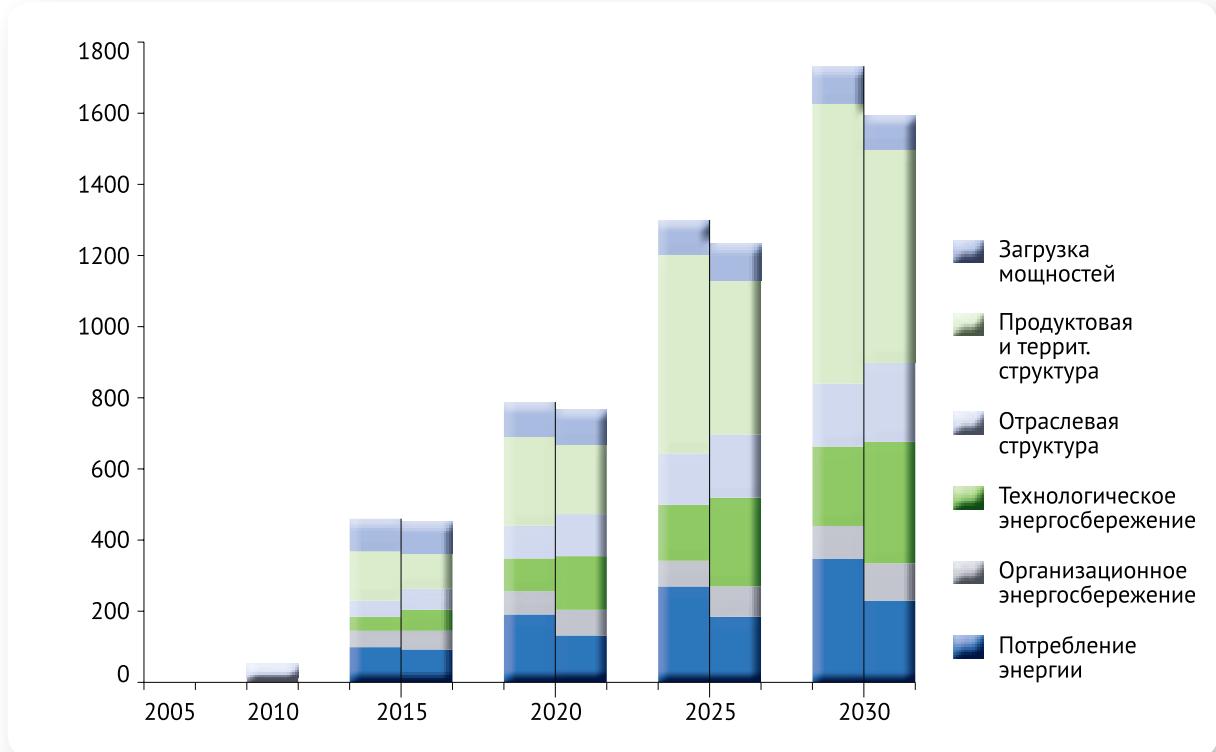
Топливно-энергетический баланс в международном формате

Строки ТЭБ	Столбцы ТЭБ
1. РЕСУРСЫ	Газ природный, вкл. попутный
Товарное производство	
Импорт (поставки в регион)	Нефть, вкл. газовый конденсат
Экспорт (вывоз из региона)	Бензин автомобильный
Международная бункеровка	Топливо дизельное
Изменение запасов	Мазут топочный
Поставки первичной энергии	Сжиженные углеводородные газы
Производство вторичных ТЭР	Сухой газ НПЗ
Всего ТЭР для внутреннего потребления	Прочие нефтепродукты
2. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ТЭР	Уголь
Переработка газа и	
Переработка нефти	Кокс
Стабилизация нефти и ГК	Коксовый газ
Производство кокса	
Электростанции	
в т.ч. КЭС	
ТЭЦ	Прочие твердые горючие (древа, торф, сланцы горючие, древесные и сельскохозяйственные отходы и др.)
ГЭС (вкл. ГАЭС)	
АЭС (вкл. АТЭЦ)	
прочие на ВИЭ	Прочие вторичные горючие (доменный газ, прочие металлургические газы, другие отходы производства и т.д.)
Котельные	
Прочие теплоисточники (ЭК, ТУУ, проч.)	
Всего	
3. СОБСТВЕННЫЕ НУЖДЫ И ПОТЕРИ ТЭК	
СН и потери при добыче ТЭР	Атомная энергия
СН и потери при преобразовании ТЭР	Гидроэнергия
СН и потери при транспортировке ТЭР	Прочие ВИЭ (геотермальные, ветровые, солнечные и др.)
Всего	
4. КОНЕЧНОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ	
Добыча полезных ископаемых (без добычи ТЭР)	Вторичные тепловые ресурсы
Обрабатывающие производства (без отраслей ТЭК)	
Строительство	
Сельское хозяйство, включая лесное	
Транспорт (без трубопроводного)	
Связь	
Прочие ВЭД	
Домашние хозяйства	
Сырье и нетопливные нужды	
Статистическое расхождение	
	Электроэнергия
	Тепловая энергия (централизованное теплоснабжение)
	ВСЕГО ТЭР

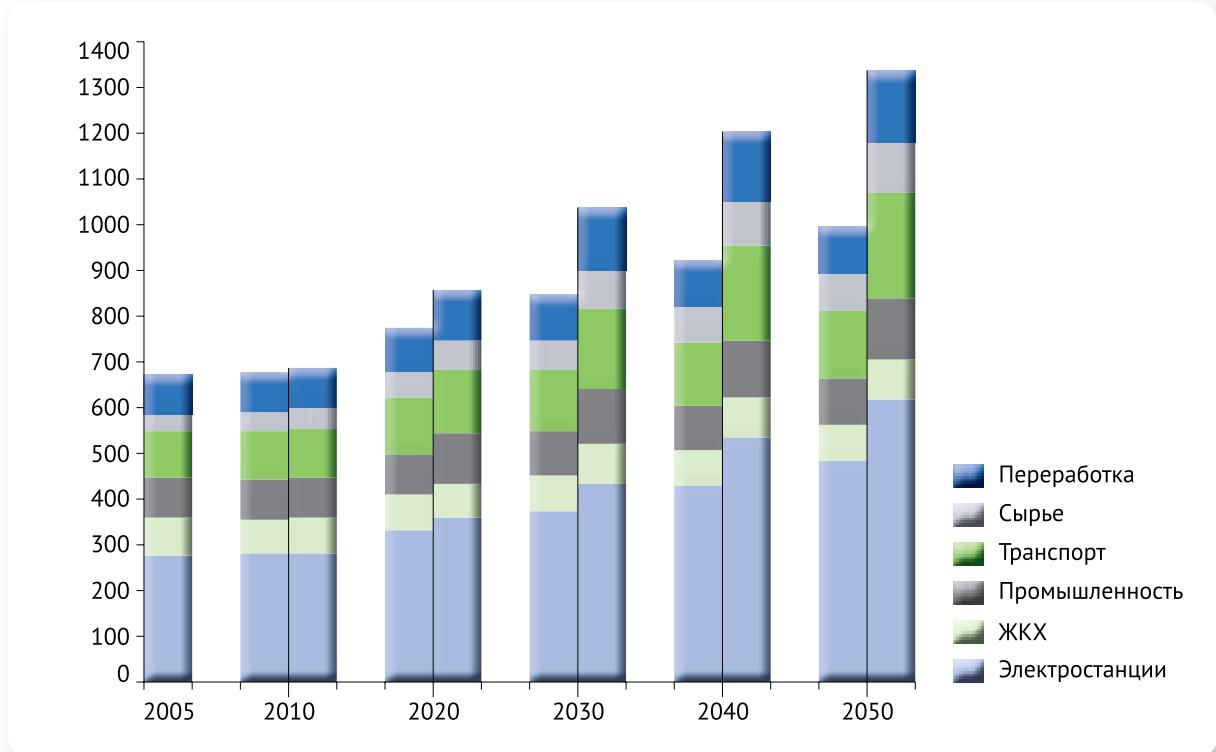
Результаты

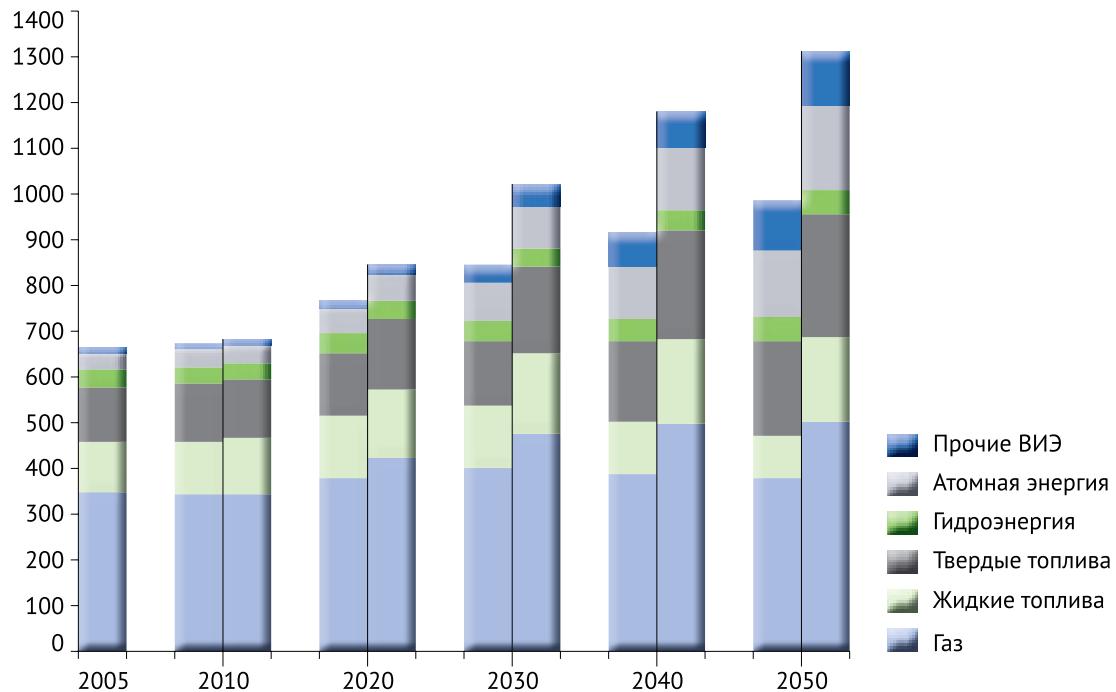
- Детализированные по регионам и видам экономической деятельности прогнозы конечного потребления топлива, электроэнергии и централизованного тепла, согласованные с параметрами развития экономики и социальной сферы и учитывающие экономически обоснованные темпы роста энергоэффективности.
- Рациональные масштабы энергосбережения в разрезе энергоресурсов, видов экономической деятельности и регионов.
- Эффективные масштабы и география использования местных ТЭР, включая возобновляемые.
- Оценки расходов ТЭР на собственные нужды отраслей ТЭК, включая потери.
- Система взаимоувязанных прогнозных ТЭБ для страны, федеральных округов и субъектов Российской Федерации.

Факторы энергосбережения для двух сценариев, млн. т у.т.



Внутреннее энергопотребление по направлениям использования первичной энергии для двух сценариев, млн. т у.т.



Производство первичной энергии по энергоресурсам для двух сценариев, млн. т у.т.

Блок электроэнергетики



Блок электроэнергетики предназначен для решения следующих задач:

- Разработка комплексных производственно-финансовых прогнозов развития электроэнергетики как части ТЭК. Эти прогнозы увязаны со сценариями социально-экономического развития и энергетических балансов страны и регионов.
- Системное обоснование масштабов развития перспективных технологий в производстве электроэнергии и теплоснабжении.
- Анализ экономической эффективности и финансовой реализуемости инвестиционных программ и крупных проектов в электроэнергетике с учетом реформирования отрасли при различных сценариях ценовой политики и развития конкурентных рынков.

Среди уникальных отличий данного блока от российских и зарубежных аналогов можно выделить следующие:

- **Совместная оптимизация динамики производственных, ресурсных, экономических и экологических параметров и финансовых условий развития электроэнергетики страны, регионов, энергетических компаний в формате единого прогноза.**
- **Имитация долгосрочной динамики конкурентных оптовых рынков** электроэнергии и мощности, их взаимодействия с конкурентными рынками газа и угля; формирование системы конкурентных цен топлива и энергии на основе долгосрочных предельных затрат.
- **Оперативная модификация** имитационных и оптимизационных моделей под ставящиеся задачи исследований, включая:
 - горизонт прогнозирования (от 5 до 40 лет);
 - территориальное представление отрасли (7 ОЭС, 29 зон свободного перетока, 40 энергоузлов, 83 субъекта РФ);
 - технологическое представление отрасли (от 20-40 типовых технологий до более 400 электростанций и инвестиционных проектов);
 - корпоративную структуру (отрасль, сектора, отдельные (около 30) генерирующие и сетевые компании).
- **Уникальные и постоянно актуализируемые базы данных** включают детальную информацию по составу по отчетным производственным и экономическим показателям электростанций, финансово-экономическим показателям энергетических компаний. Базы данных по составу и характеристикам проектов инвестиционных программ генерирующих компаний и независимых производителей, а также по технико-экономическим показателям типовых технологий в генерации.



к.э.н. **Федор ВЕСЕЛОВ**,
Руководитель Отдела развития
и реформирования электроэнергетики
ИНАН



к.э.н. **Алла МАКАРОВА**,
зав. лабораторией научных основ
развития энергетики ИНАН

В блоке электроэнергетики осуществляется разработка комплексных производственно-финансовых прогнозов развития электроэнергетики в увязке со всеми отраслями ТЭК и процессами реформирования отрасли

Структура

1. ELSCREEN – имитационная система для отбора перспективных типовых инвестиционных решений по разным типам электростанций и схемам теплоснабжения на основе оценки их сравнительной эффективности (screening analysis).

Система позволяет сопоставить проекты и типовые технологии в генерации по критериям стоимости производства электроэнергии (generation cost), коммерческой цены производства (при заданной норме доходности) или стоимости снижаемых выбросов CO₂ (carbon avoided cost). Созданные имитационные модели денежных потоков позволяют выполнить расчет и анализ чувствительности этих показателей для разных типов новых электростанций, а также решений по модернизации и техническому перевооружению действующих объектов.

2. EPOS – линейная динамическая оптимизационная модель развития электрогенерирующих мощностей и межсистемных связей в ЕЭС России совместно с динамикой развития газовой и угольной промышленности на средне- и долгосрочную перспективу.

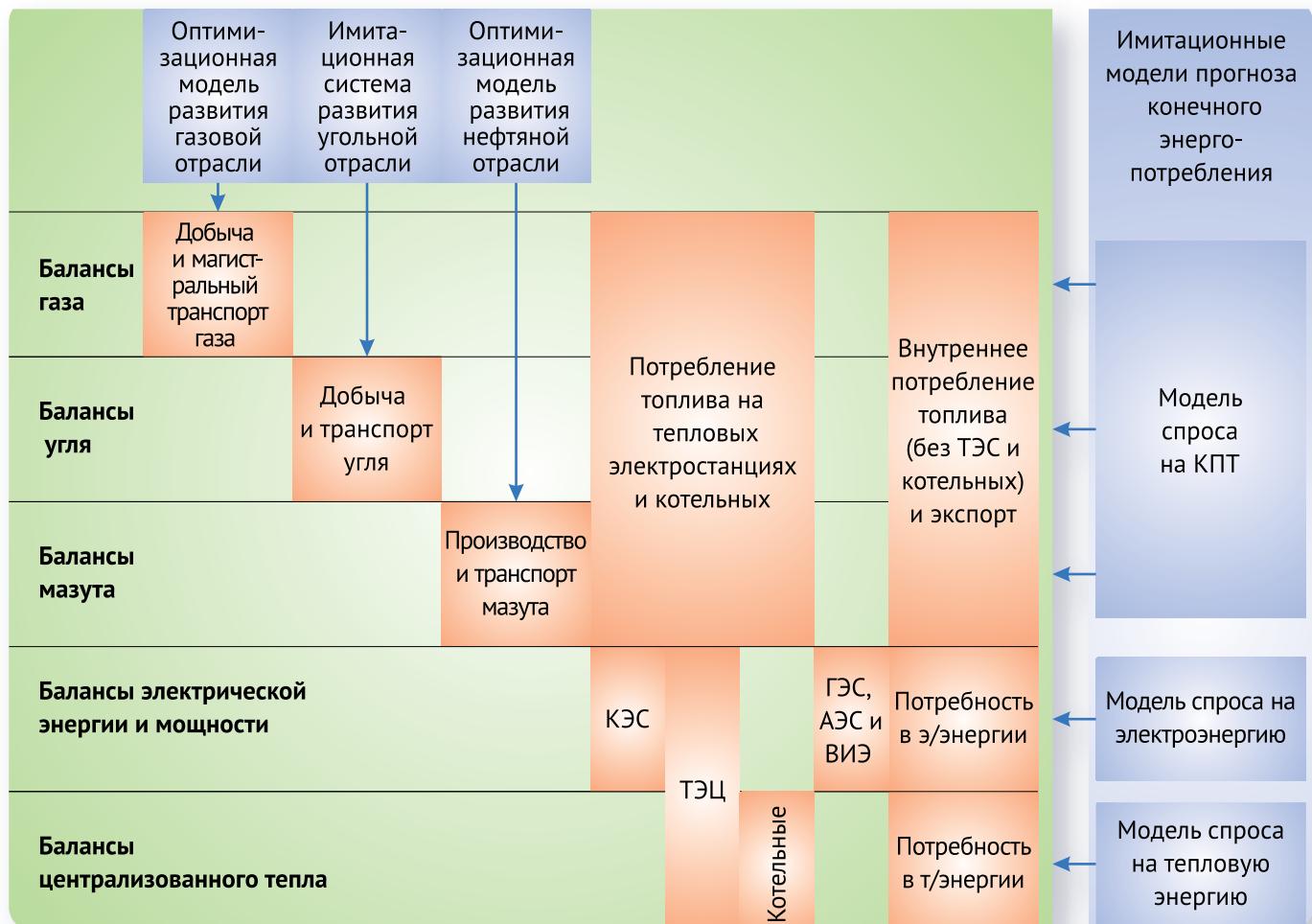
Структурной основой модели является система территориальных балансов электроэнергии, установленной мощности, централизованного тепла и основных видов топлива (газ, мазут, уголь по видам). При необходимости в модель могут включаться ограничения на предельные объемы капиталовложений (по типам станций или компаниям) или эмиссии CO₂ от электростанций. Технологическое представление генерирующих мощностей может варьироваться от отдельных электростанций и инвестпроектов до ограниченного числа типовых технологий.

EPOS совмещает описание отраслевых производственно-территориальных взаимосвязей и межотраслевых связей электроэнергетики и топливных отраслей. Модель является инструментом для оптимизации развития электроэнергетики как интегрирующей части ТЭК страны. Совместная оптимизация структуры мощностей в электроэнергетике с развитием систем добычи и транспорта газа и угля обеспечивает формирование ядра ТЭБ страны и регионов.

3. ELIS – имитационная модель развития электроэнергетики для выбора рациональных вариантов производственной структуры, балансов мощности и электроэнергии.

Модель обеспечивает формирование «рационального» варианта развития отрасли с учетом результатов оптимизации (EPOS) и действия внешнеэкономических факторов, влияющих на состав и размещение объектов электроэнергетики. В основу модели положены алгоритмы балансовых расчетов, обеспечивающие формирование подробного (с использованием около 300 показателей) прогноза развития отрасли в натуральных категориях (установленные мощности, производство электроэнергии, отпуск тепла, расход топлива) с требуемой детализацией в технологическом и территориальном разрезе.

Система балансовых условий в оптимизационной модели ЕPOS и интеграция с другими блоками модельного комплекса ИНЭИ РАН



4. **ELFIN** – имитационная финансово-экономическая модель оценки условий реализации инвестиционных и производственных программ в отрасли, по отдельным видам деятельности и электроэнергетическим компаниям.

Для полученного варианта развития электроэнергетики моделируется динамика финансовых потоков от операционной, инвестиционной и финансовой деятельности и определяется рациональная структура финансового баланса и инвестиционных ресурсов отрасли /секторов/ компаний в увязке с ценами электроэнергии, тепла и топлива. В модели определяется как необходимый уровень цен электроэнергии и тепла, так и решается обратная задача – оценивается чувствительность финансовой устойчивости отрасли /секторов/ компаний к различным сценариям ценовой динамики.

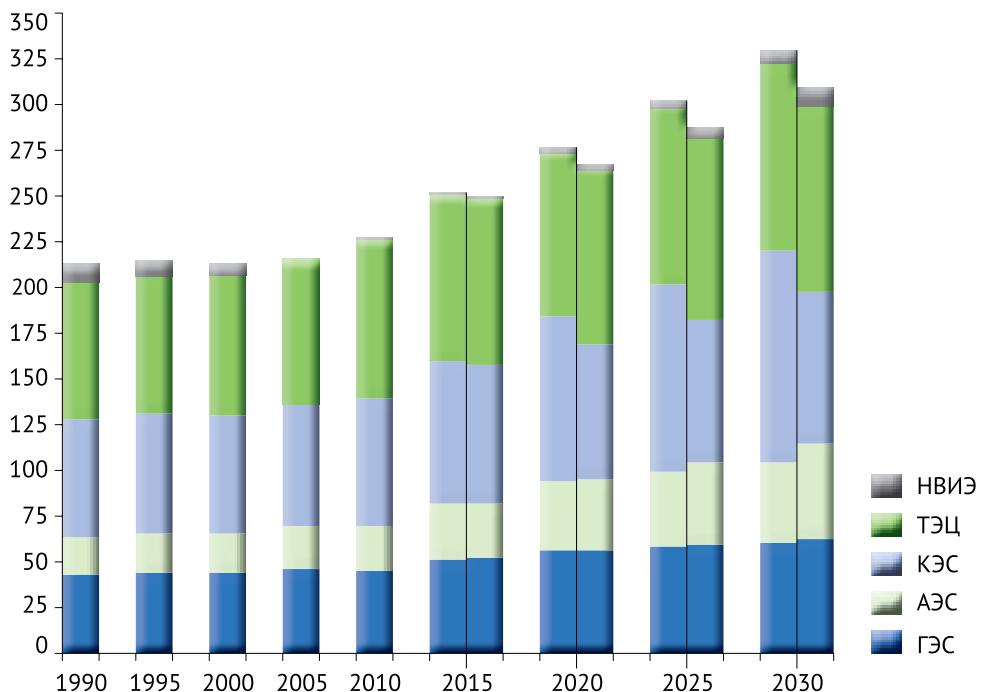
Схема работы модельного комплекса при формировании рациональных вариантов развития электроэнергетики



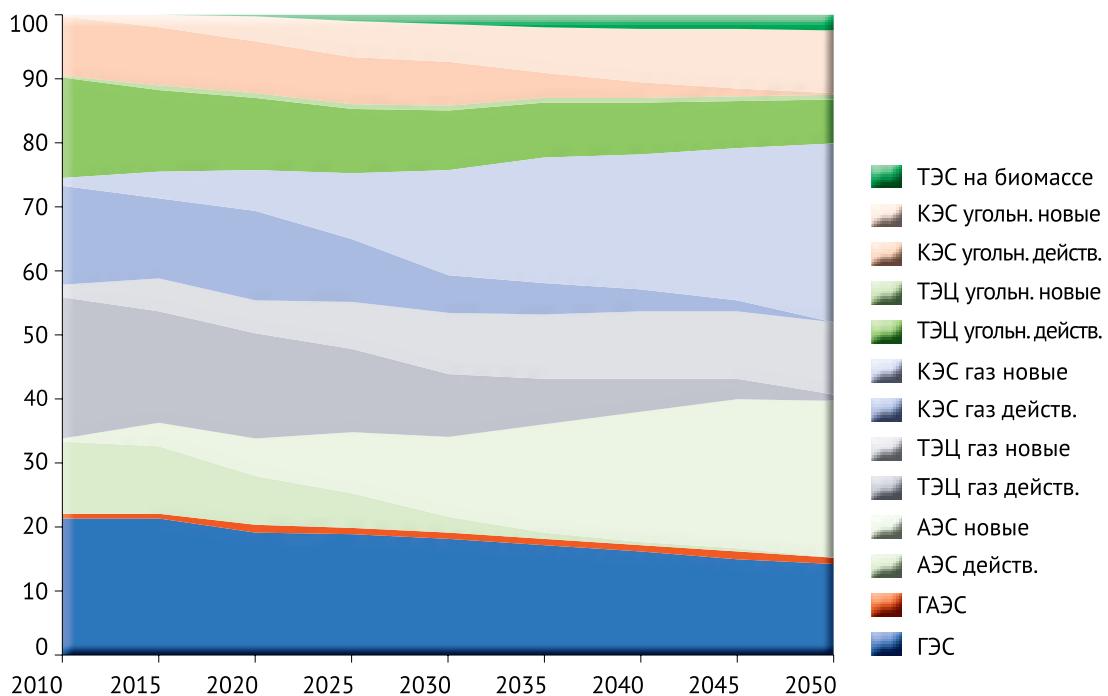
Результаты

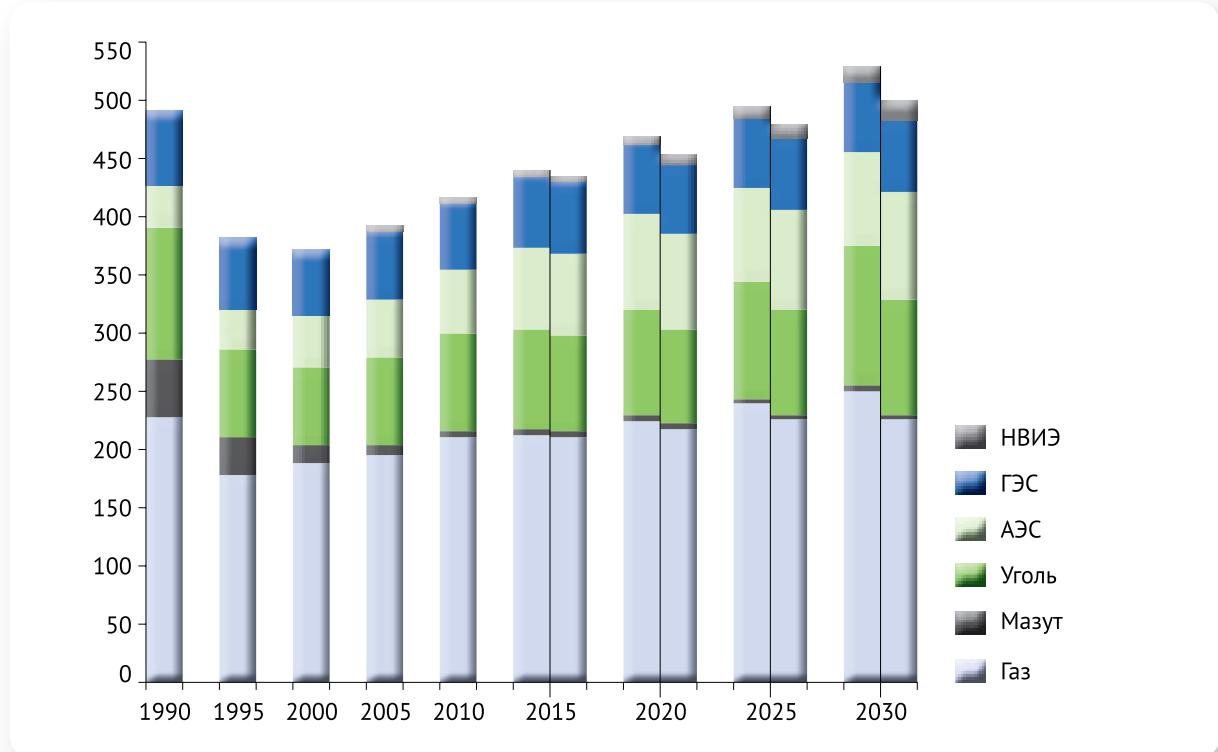
- Балансы электроэнергии и мощности с прогнозом рационального развития генерирующих мощностей и производства электроэнергии по регионам, технологиям и используемым энергоресурсам. Балансы централизованного тепла по субъектам РФ с рациональной структурой отпуска тепла от ТЭЦ и котельных разных типов.
- Масштабы и технологическая структура вводов генерирующих мощностей, необходимые объемы и направления инвестиций в электроэнергетике, их экономическая и коммерческая эффективность.
- Прогноз спроса на органическое топливо (газ, мазут, уголь по видам) и объемы вовлечения нетопливных ресурсов в электроэнергетику. Динамика эмиссии CO₂ от электростанций.
- Прогноз конкурентных оптовых цен электроэнергии и мощности, равновесных цен газа и угля, отвечающих условиям межтопливной конкуренции или равноэффективности с экспортными поставками топлива.
- Финансовые балансы электроэнергетики, секторов отрасли и отдельных компаний с оценкой роста капитализации и динамики рейтинговых показателей.
- Рекомендации по механизмам реализации инвестиционной, ценообразующей, экологической политики государства в электроэнергетике и количественная оценка долгосрочных эффектов.

Динамика установленной мощности электростанций для двух сценариев, млн. кВт.

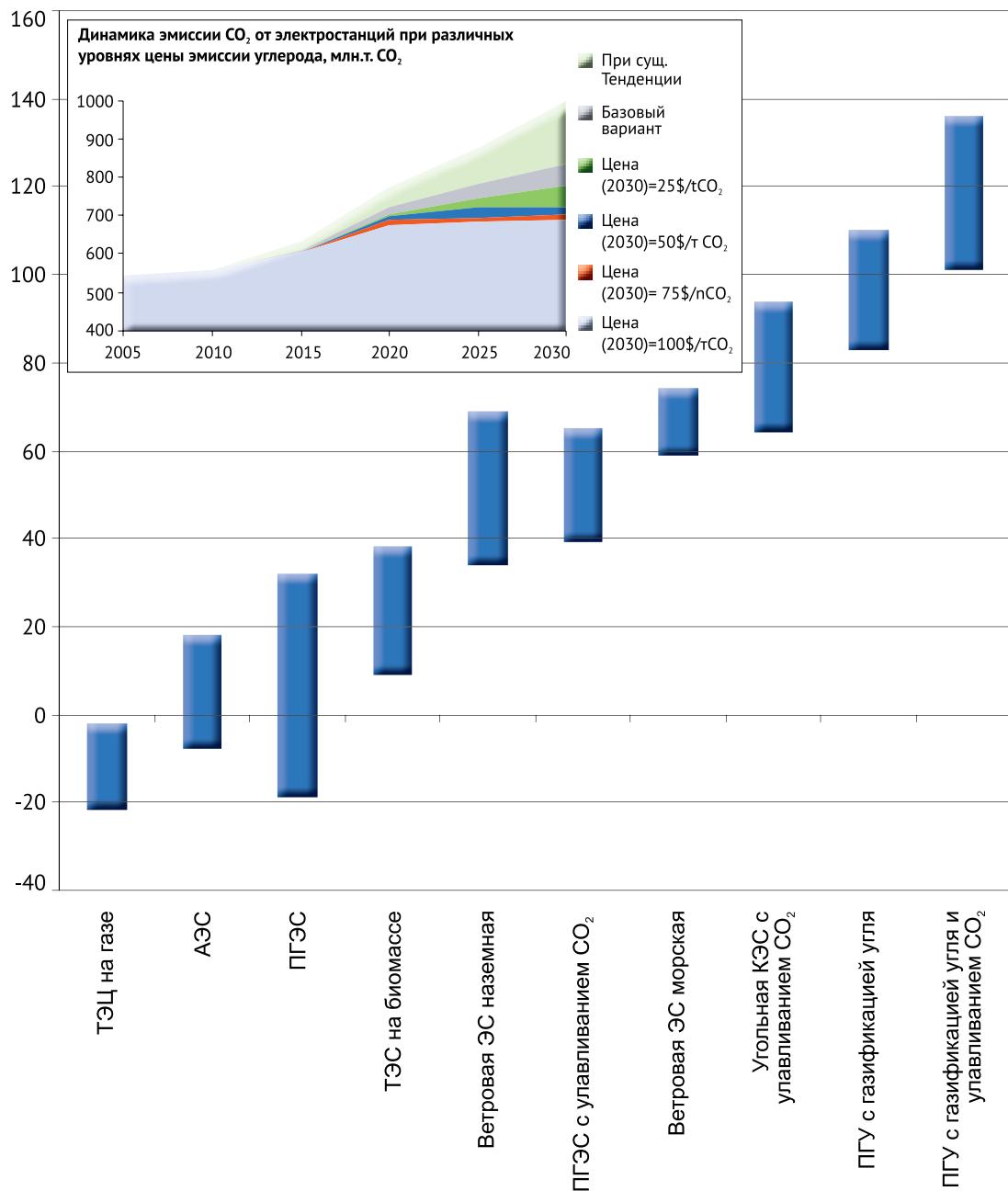


Структура действующих и новых мощностей, %



Потребление первичных энергоресурсов электростанциями для двух сценариев, млн. т у.т.

Стоимость избегания эмиссии CO₂ для различных типов электростанций, долл./т CO₂



Блок нефти и нефтепереработки



Нефтяной блок предназначен для решения следующих задач:

- долгосрочный прогноз развития нефтяного комплекса, согласованный с интересами нефтяных компаний при различных сценариях внешних и внутренних цен и режимах налогового и таможенного регулирования;
- оптимизация и риск-анализ вариантов добычи, транспортировки и переработки нефти, обеспечивающих устойчивое развитие нефтяной отрасли при заданных прогнозах мировых цен;
- выбор технологически реализуемых и экономически оправданных вариантов развития добычи, переработки, транспорта, экспорта нефти и нефтепродуктов и расчет финансового состояния основных газовых и нефтяных компаний.



к.э.н. Ольга ЕЛИСЕЕВА,
зав. лабораторией научных основ
развития и регулирования систем
газо- и нефтеснабжения ИНЭИ РАН



к.т.н. Александр ЛУКЬЯНОВ,
в.н.с. лаборатории научных основ
развития и регулирования систем
газо- и нефтеснабжения ИНЭИ РАН

Особенностями нефтяного блока являются:

- **Не имеющая аналогов в России возможность оптимизации и риск анализа вариантов долгосрочного развития производственных и финансовых процессов по цепочке добыча–транспорт–переработка нефти–транспорт нефтепродуктов.**
- Вероятностная оценка результатов разведки и прироста запасов как составной части стратегии нефтяной компании, влияющей на инвестиции и будущие доходы
- **Гибкость** модельного блока в части модификации под постановки задачи, различные горизонты прогнозирования и детализацию описания объекта исследования (продукты/территория/технология и т.д.).
- **Уникальные и постоянно актуализируемые базы данных по 3000 месторождений, системам нефтепроводов и крупным НПЗ.**



Структура

В нефтяном блоке формируется прогноз развития нефтяного комплекса, рациональные варианты добычи, транспортировки и переработки нефти, обеспечивающие устойчивое развитие отрасли и стабильное состояние компаний

В состав модельного блока входят:

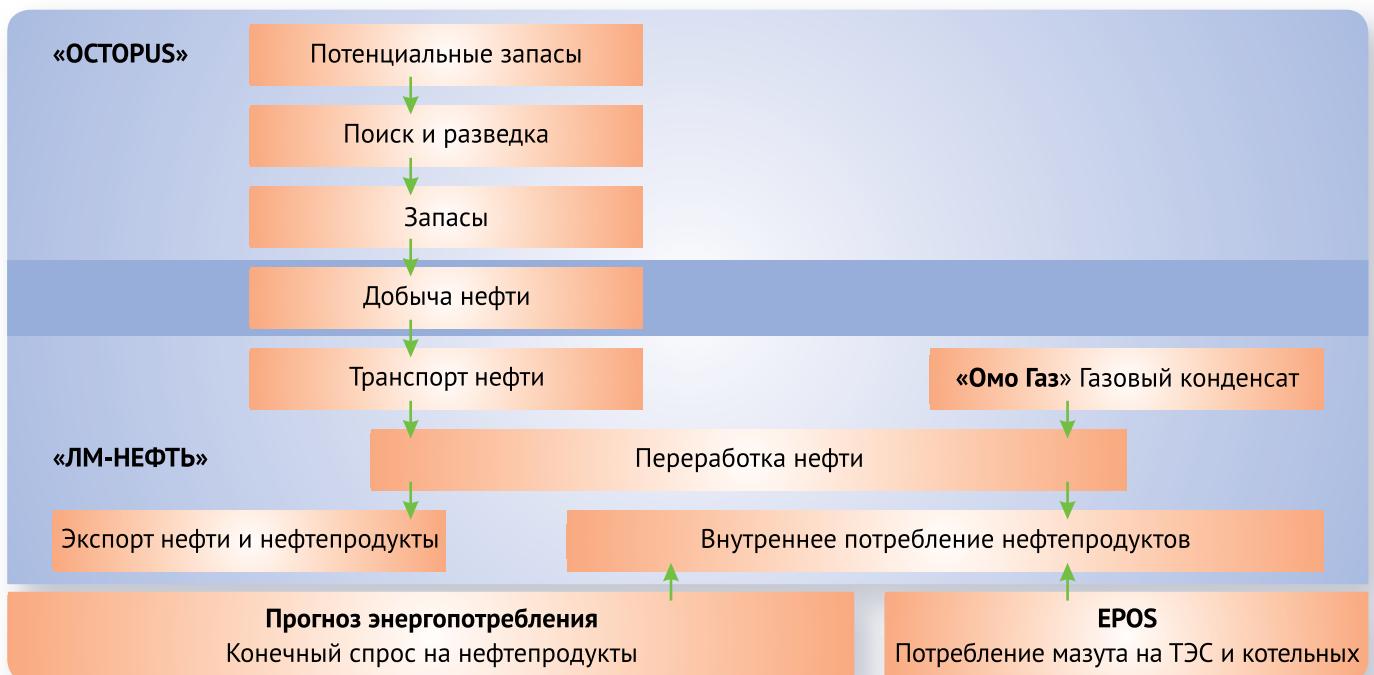
1. «ОСТОРУС» – имитационно-оптимизационная производственно-финансовая система прогноза добычи нефти (на перспективу до 50 лет) на базе оценки эффективности и риск-анализа инвестиционных проектов с помощью алгоритма нелинейной оптимизации, которая обеспечивает:
 - имитация процесса поступления запасов в результате поиска и разведки месторождений;
 - моделирование и оптимизацию процессов освоения месторождений по всем нефтегазоносным провинциям (и поименно – по крупным проектам);
 - экономически обоснованное распределение добычи нефти между месторождениями (открытыми, но неразбуренными; находящимися в разведке; неоткрытыми) и районами;
 - оценку эффективности проектов разведки и освоения месторождений, проведение риск-анализа проектов добычи с учетом неопределенности рыночных цен нефти и налоговых условий;
 - риск-анализ для нефтяных компаний и нефтяной промышленности в целом как оценку вероятности наступления неприемлемых с финансовой точки зрения событий.

2. «ЛМ-НЕФТЬ» – производственно-финансовая динамическая оптимизационная модель транспортировки и переработки нефти и газового конденсата и объемов поставок сырой нефти и нефтепродуктов на внутренний и внешний рынки, описывает:
 - поставки нефти по агрегированной сети нефтепроводов до НПЗ и на экспорт через систему континентальных нефтепроводов и портов;
 - переработку нефти на действующих и новых НПЗ, и последующие поставки светлых и темных нефтепродуктов на внутренние и внешние рынки.

3. ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ:

- отчетные производственно-экономические данные по объектам нефтяной отрасли и НПЗ;
- отчетные финансовые показатели нефтяных компаний;
- прогноз потребности в нефти, основных нефтепродуктах по регионам России;
- прогнозные оценки емкости внешних рынков нефти и нефтепродуктов;
- схемы развития отрасли, актуальные инвестиционные программы нефтяных компаний;
- технико-экономические показатели инвестиционных проектов по добыче нефти, новым нефтепроводам, НПЗ.

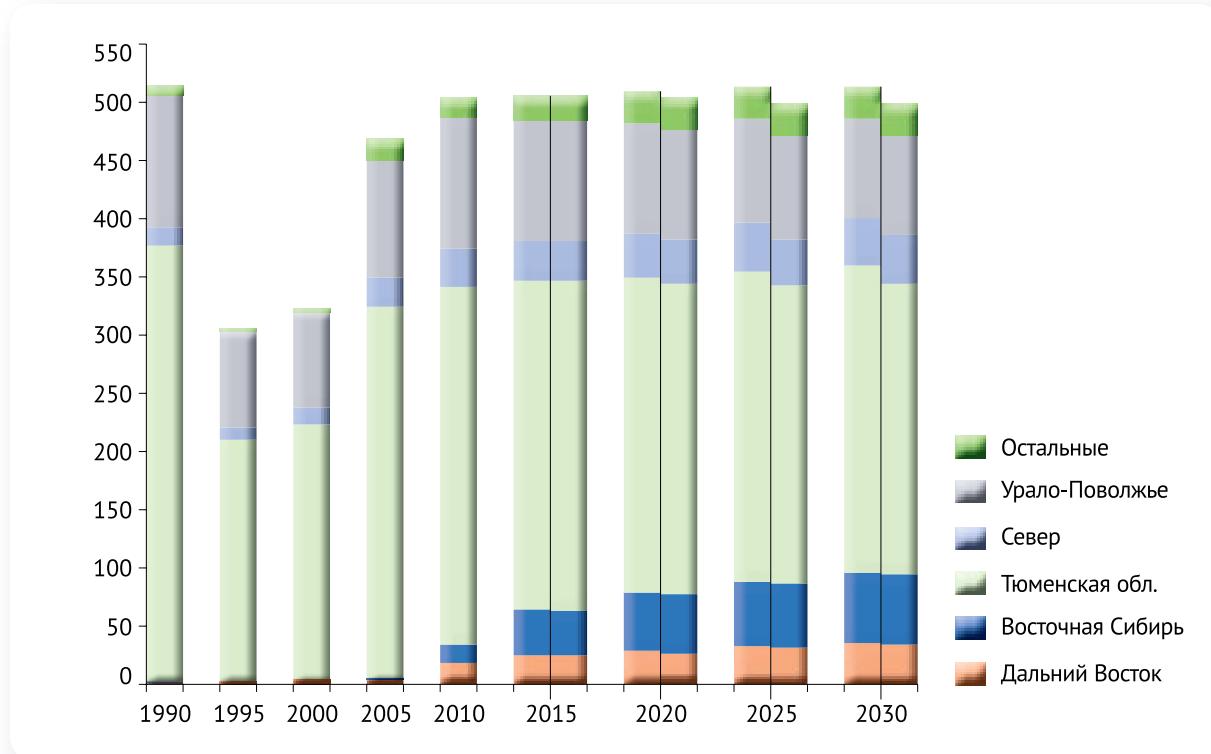
Схема прогнозирования нефтяного комплекса («Омо Нефть»)



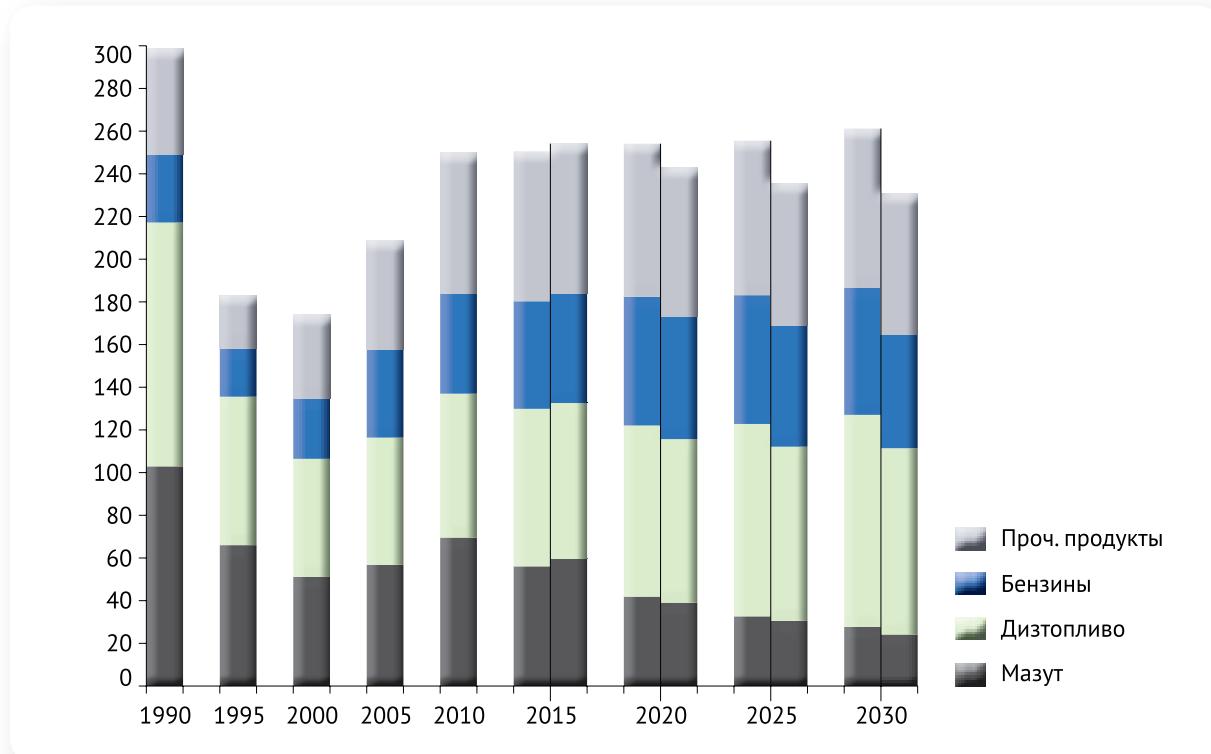
Результаты

- Балансы нефти и нефтепродуктов (мазута, моторного топлива) по регионам России с учетом эффективных объемов экспорта и импорта;
- Финансовые балансы нефтяной отрасли России и ведущих компаний с оценкой роста капитализации и динамики рейтинговых показателей;
- Рекомендации по приоритетным инвестиционным проектам в добыче, транспортировке и переработке нефти, которые обеспечивают рост капитализации нефтяных активов с учетом оценки рисков их реализации и мер по управлению рисками;
- Динамика разведки и освоения запасов и добычи нефти:
 - по семи нефтегазоносным провинциям России;
 - с выделением до 30 крупнейших и 300 крупных месторождений;
 - с агрегированием остальных около трех тысяч месторождений по районам добычи и стадиям разработки.
- Объемы транспортировки и переработки нефти:
 - по 28 действующим НПЗ (с учетом конструкции и расширения) и новым НПЗ;
 - по агрегированной сети нефтепроводов до НПЗ;
 - по экспортным нефтепроводам («Дружба 1» и «Дружба 2», БТС 1 и 2, ВСТО);
- Поставки на рынок:
 - нефть;
 - темные нефтепродукты (мазут);
 - светлые нефтепродукты (бензин, дизтопливо);
- Финансово-экономическая оценка:
 - эффективности разведки и освоения каждого месторождения;
 - эффективности разведки и освоения отдельных нефтедобывающих районов;
 - вариантов развития нефтяной отрасли и нефтяных компаний;
 - риск-анализ инвестиционных проектов в добыче;
 - оценка способов управления риском инвестиционных проектов и программ.

Добыча нефти для двух сценариев, млн. т



Продукты переработки для двух сценариев, млн. т



Газовый блок



Газовый блок обеспечивает долгосрочное прогнозирование развития производственной базы газовой отрасли, экспорта и поставок газа на внутренний рынок, которые обоснованы энергетическими потребностями экономики и условиями финансовой устойчивости газовых компаний при различных сценариях мировых цен, а также при различных вариантах ценообразования на газ в России и режимах налогового и таможенного регулирования.

Среди уникальных особенностей блока:

- **Оригинальная динамическая модель развития газовой отрасли «ОмоГаз»** обеспечивает оптимизацию и риск-анализ вариантов развития газовых компаний, их работы на внутреннем рынке, экспорта, импорта газа и оказания транспортных услуг – по годам на текущее десятилетие и по пятилеткам до 2050 г.
- **Наряду с развитием добычи, переработки, сжижения и транспортировки сетевого и сжиженного газа и конденсата описывается движение финансовых потоков** ОАО «Газпром» (ведущей газовой компании России) и других производителей газа с учетом их взаимодействия на рынке.
- **Гибкость модельного блока** в части модификации под постановки задачи, различные горизонты прогнозирования и детализацию описания газовой отрасли как производственно-хозяйственной системы.
- **Накоплены и постоянно актуализируются уникальные базы данных по газовым месторождениям и системе магистральных газопроводов ЕСГ.**

1. **Линейная оптимационная производственно-финансовая модель газовой отрасли** в динамической постановке включает следующие взаимосвязанные блоки:

- Производственный блок, в котором описываются динамические и технологические взаимосвязи производственных процессов добычи, переработки, сжижения и транспортировки сетевого газа, СПГ и конденсата на внутренний и внешние рынки в виде системы балансовых ограничений.
- Финансовый блок, в котором отражены условия финансового баланса ОАО «Газпром» и независимых газопроизводителей, а также оценивается динамика доходов, расходов, дивидендов, активов, собственного и заёмного капитала.
- Рейтинговый блок, в котором определяются условия (рейтинги) финансовой устойчивости и рост капитализации компаний при реализации производственно-финансовых решений.
- Блок расчета рисков производственно-финансовых программ газовой отрасли.



к.э.н. Ольга ЕЛИСЕЕВА,
зав. лабораторией научных основ
развития и регулирования систем
газо- и нефтеснабжения ИНЭИ РАН



к.т.н. Александр ЛУКЬЯНОВ,
в.н.с. лаборатории научных основ
развития и регулирования систем
газо- и нефтеснабжения ИНЭИ РАН

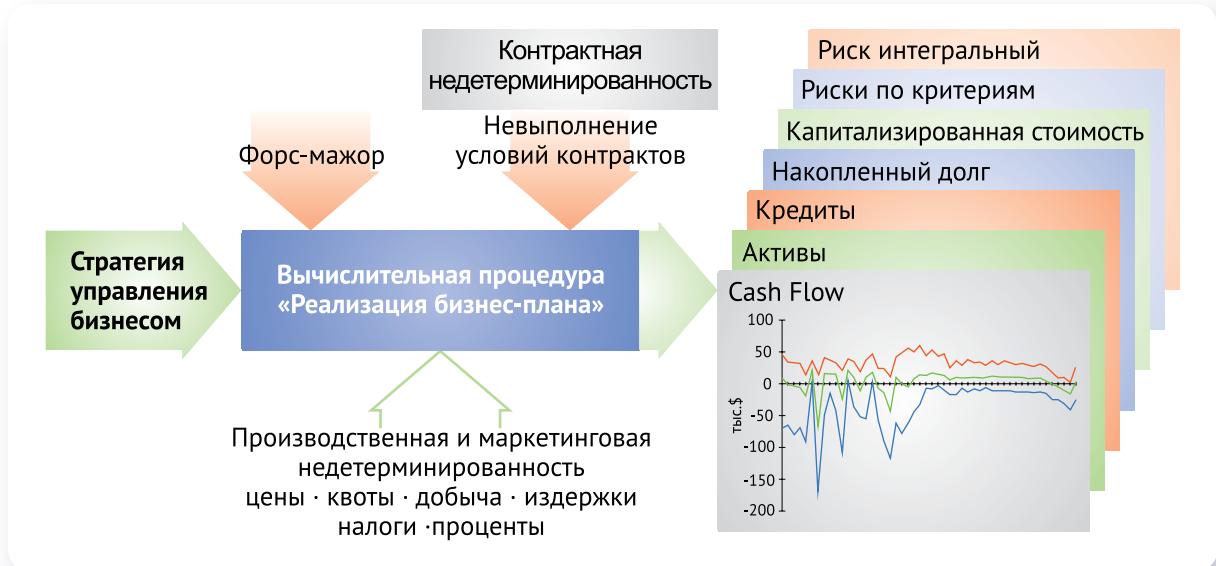
Структура

Газовый блок обеспечивает долгосрочное прогнозирование развития производственной базы газовой отрасли, экспорта и поставок газа на внутренний рынок, которые обоснованы энергетическими потребностями экономики и условиями финансовой устойчивости газовых компаний при различных сценариях внешних условий

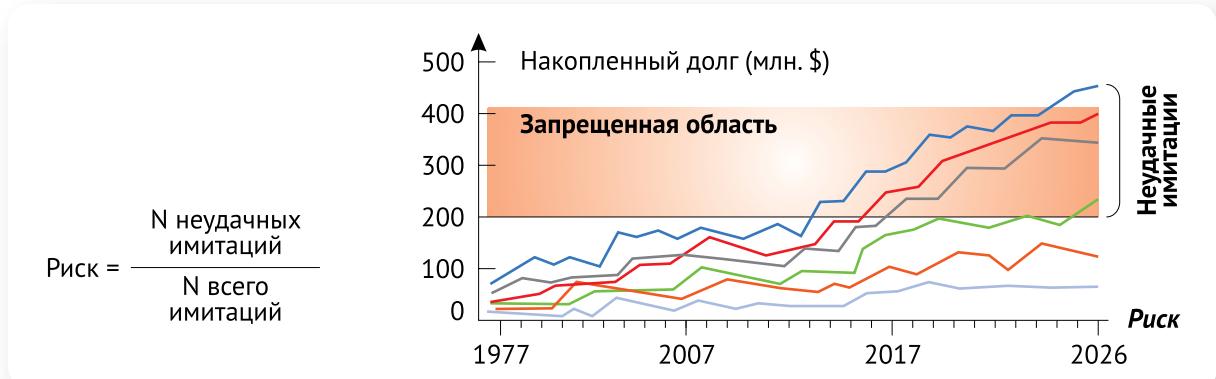
2. Информационно-аналитические ресурсы:

- Отчетные производственно-экономические данные по объектам газовой отрасли (месторождения, газопроводы, ГПЗ).
- Отчетные финансовые показатели газовых компаний.
- Прогноз потребности в газе по 27 узлам газотранспортной сети с возможностью дезагрегирования до 83 субъектов РФ.
- Прогнозные оценки емкости внешних рынков из мировой модели рынка газа (ММРГ).
- Актуальные инвестиционные программы ОАО «Газпром» и независимых производителей газа.
- Технико-экономические показатели инвестиционных проектов по добыче газа, развитию газотранспортной сети, проектов по переработке газа и СПГ.

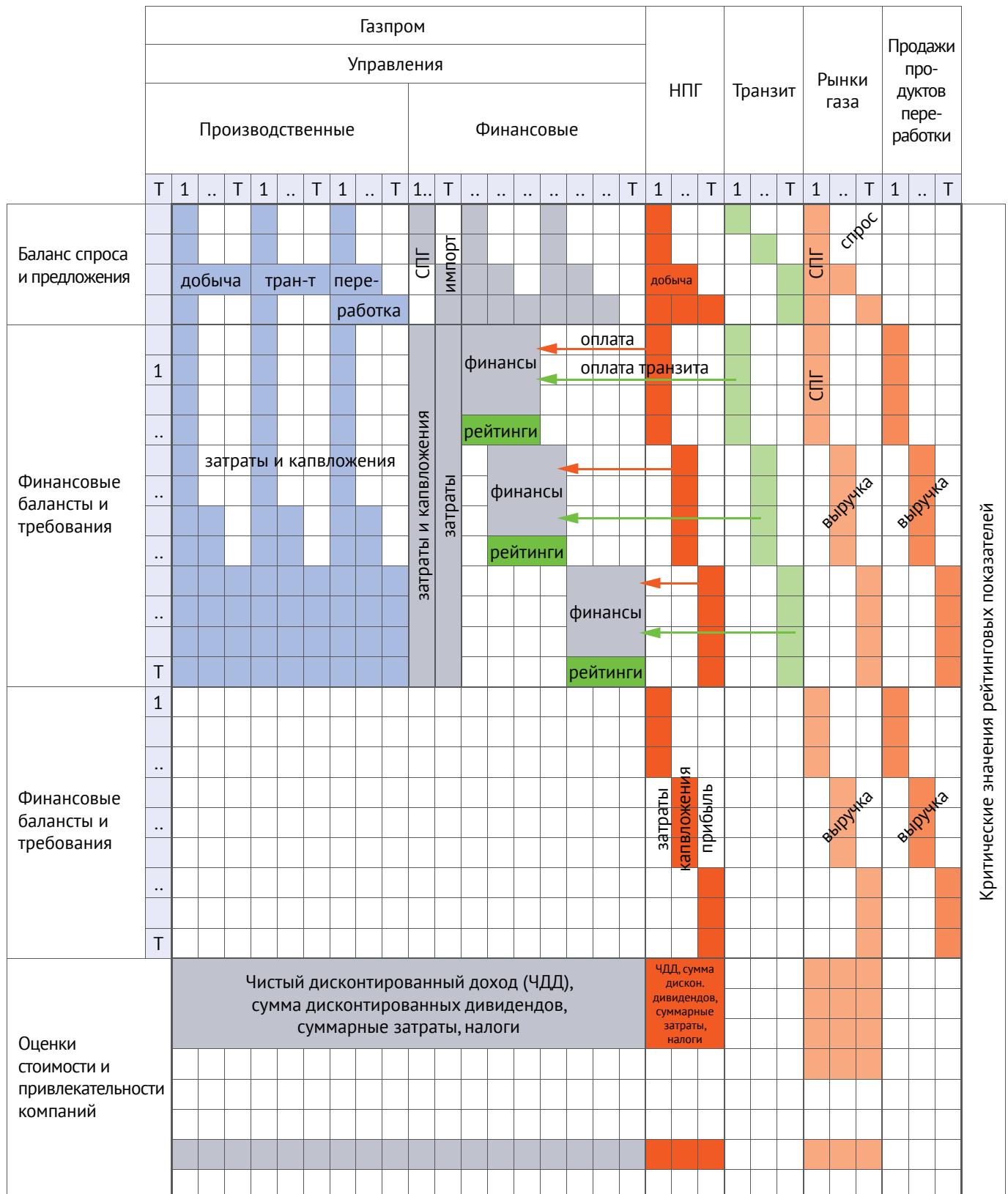
Риск-анализ стратегий управления бизнесом в компании и отрасли



Риск-анализ стратегии развития отрасли, компании



Структура газового блока «Омо Газ»

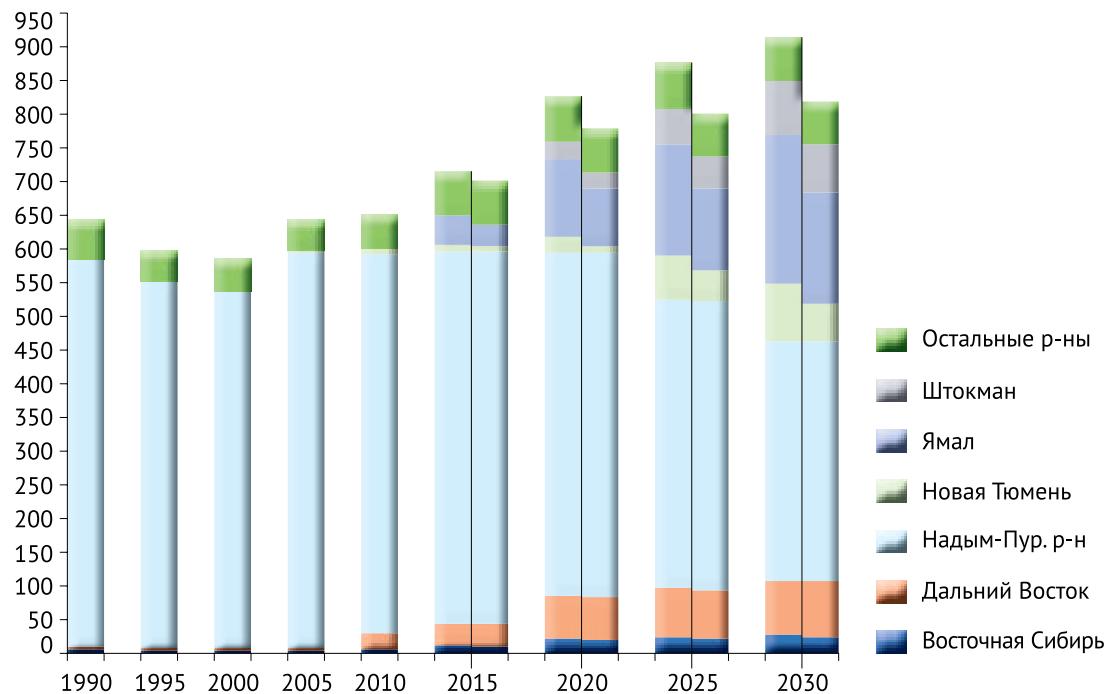


Критические значения рейтинговых показателей

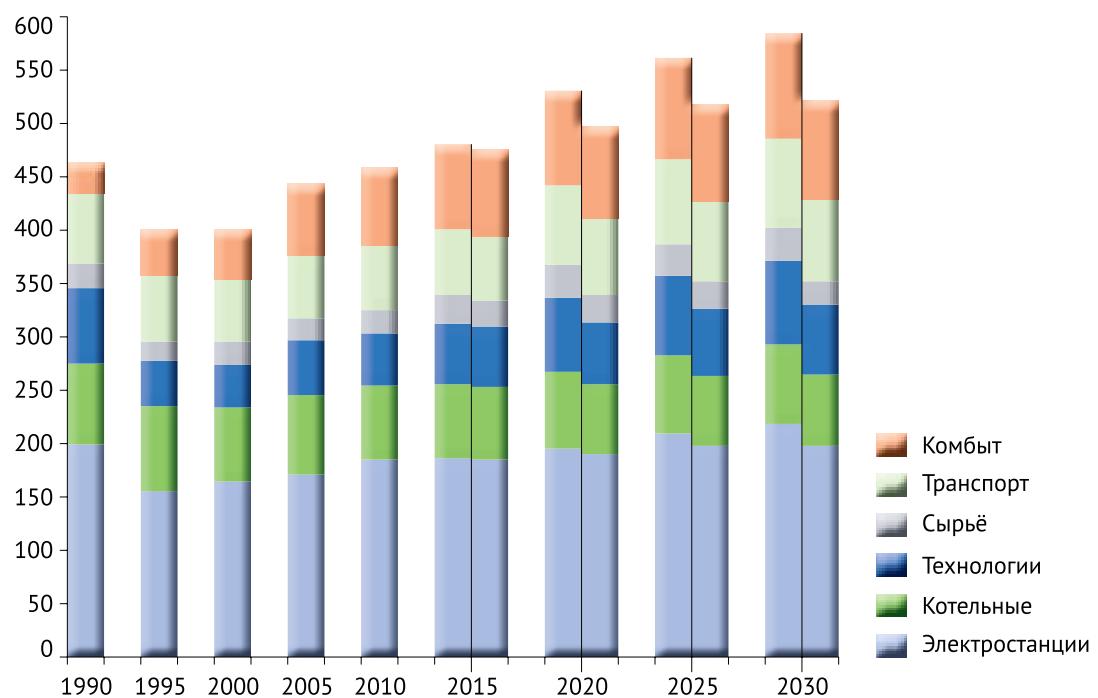
Результаты

- Балансы газа по регионам России с учетом эффективных объемов экспорта и импорта газа.
- Прогноз равновесных цен на рынках сетевого и сжиженного природного газа с учётом динамики финансового состояния крупных компаний, при которых обеспечивается коммерческая и общественная эффективность инвестиционных проектов и производственных программ, а также устойчивость выбранной стратегии развития отдельных компаний и отрасли в целом.
- Рациональные (по критериям общественной и коммерческой эффективности) объёмы добычи газа по компаниям, по всем газодобывающим субъектам России, регионам газодобычи и по крупным проектам (Штокман, Ямал, акватория Обско-Тазовских губ, Гыдан, Ковыкта, Чаянда, Сахалин и т.д.) с учетом производственно-экономических показателей освоения разведанных запасов газа, возможностей научно-технического прогресса в подготовке запасов и разработке месторождений газа.
- Оценка размеров и эффективности экспорта и импорта газа при заданных ценовых параметрах и ёмкости внешних рынков, в том числе, экспорт в Европу по существующим и перспективным направлениям (Финляндия, Белоруссия-ЕС, Украина-ЕС, Турция – Трансбалканский, Турция-Голубой поток, Nord Stream, Южный поток), а также экспорт на Востоке по направлениям (Алтай-Китай, Восток-Китай, Корея), СПГ по производителям (Штокман, Сахалин).
- Оптимальные варианты развития сети магистрального транспорта газа (Европейская часть, Восток, Средняя Азия-Центр) в разрезе агрегированной сети действующих и новых магистральных газопроводов – всего свыше 60 участков.
- Финансовые балансы газовой отрасли России и ведущих компаний с оценкой роста капитализации и динамики рейтинговых показателей, в зависимости от внешних (регулирование, налогообложение, уровень цен) факторов, а также производственной, инвестиционной и кредитной активности компаний.
- Оценка рисков инвестиционной программы газовой компании и способов управления рисками.
- Рекомендации по приоритетным инвестиционным проектам в добывче, транспортировке и переработке газа, обеспечивающим рост капитализации ОАО «Газпром» и других газопроизводителей с учетом оценки рисков их реализации.

Добыча газа для двух сценариев, млрд. куб. м



Потребление газа для двух сценариев, млрд. куб. м



Угольный блок



Модели угольного блока позволяют получать рациональные варианты развития отрасли в рамках имитационной процедуры согласования спроса на коксующиеся и энергетические угли в стране и за рубежом с возможностями развития основных бассейнов и угольных компаний.

Особенности блока:

- **Уникальная по детализации многоуровневая система имитационного моделирования** перспектив развития отдельных месторождений и бассейнов, угледобывающих компаний и отрасли в целом;
- **Гибкость** имитационного модельного блока в части его адаптации под различные постановки задачи с разным горизонтом прогнозирования и детализацией в региональном, корпоративном и технологическом разрезах;
- **Обширные постоянно обновляемые базы данных** производственных и финансово-экономических показателей отрасли, компаний и проектов для информационного обеспечения модельных расчетов и прогнозов.



к.э.н. **Людмила ПЛАКИТИНА**,
зав. лабораторией научных основ
развития и регулирования угольной
промышленности ИНЭИ РАН

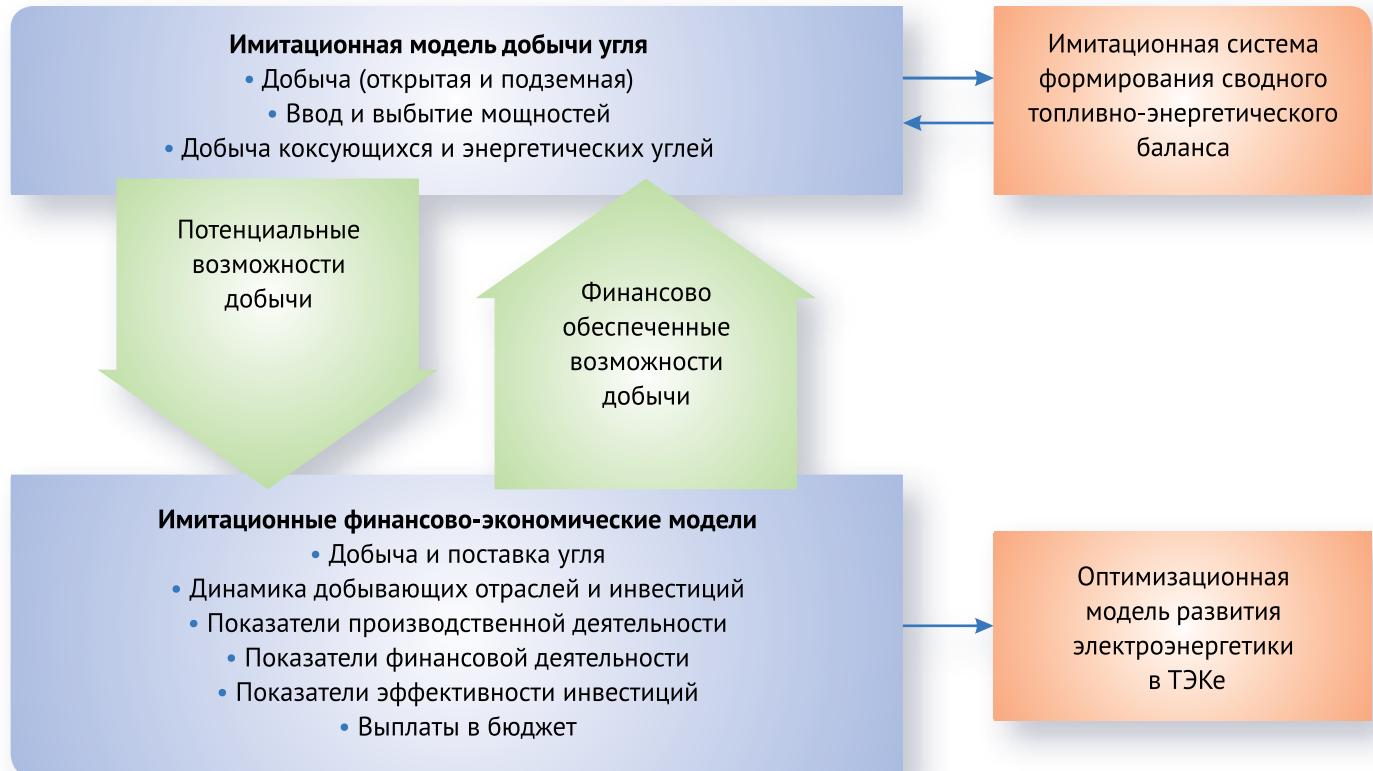
Угольный блок объединяет в своем составе имитационные модели добычи угля и финансово-экономические модели, которые позволяют определять согласованные между собой производственные, технико-экономические, инвестиционные и финансовые показатели развития отрасли, бассейнов, месторождений. По территории рассматриваются уровни страны, федеральных округов, 29 субъектов РФ с месторождениями угля. Производственная структура включает в себя 8 бассейнов и 26 основных месторождений угля. Хозяйственная структура отрасли в период с 2000 до 2010 гг. рассматривается с выделением до 150 угольных компаний и до 300 угледобывающих предприятий.

Финансово-экономические имитационные модели обеспечивают ретроспективный анализ и прогнозирование основных показателей развития угольной отрасли в целом, отдельных бассейнов, месторождений и компаний по добыче угля на период до 20 лет – с характеристикой источников финансирования инвестиций, распределения чистой прибыли, эффективности развития производства, выплат в бюджет, налоговой нагрузки, рейтинговых показателей финансовой устойчивости и минимальной цены угля у производителей и потребителей, обеспечивающей рентабельность производства. Отдельное внимание уделяется имитационному анализу ценовой ситуации на внешних и внутренних рынках и определению равновесных объемов добычи и цен угля.

Структура

В угольном блоке рассчитываются различные варианты развития отрасли в рамках согласования спроса на коксующиеся и энергетические угли в стране и за рубежом с возможностями развития основных бассейнов и угольных компаний

Схема прогнозирования развития угольной промышленности на основе имитационных моделей

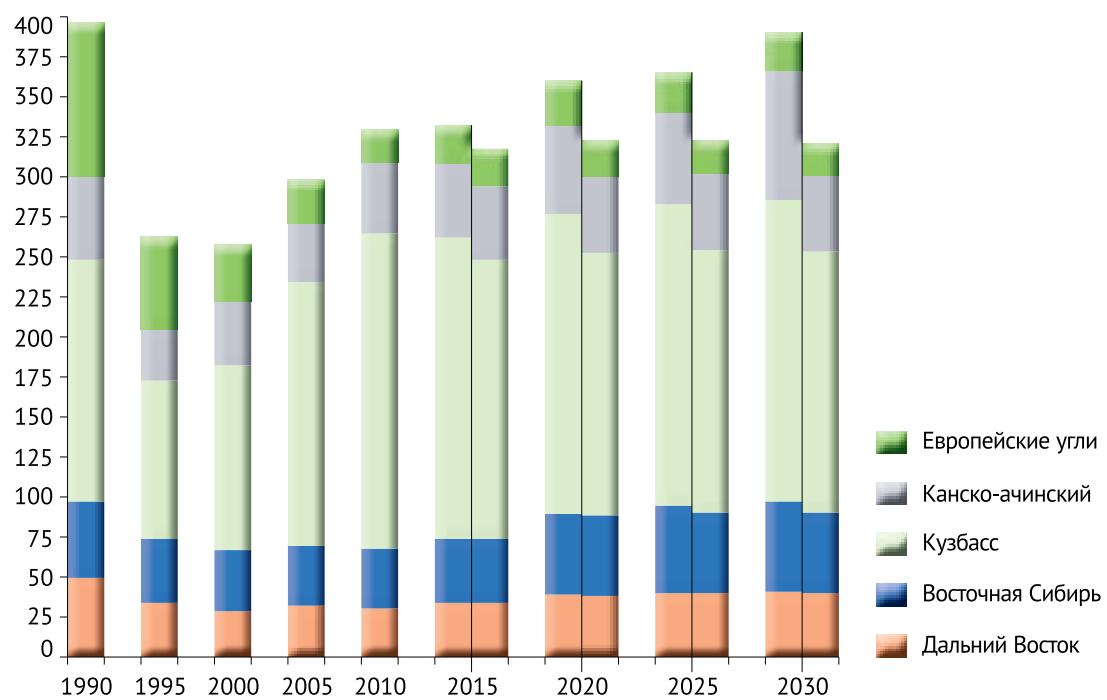


Результаты

- Анализ влияния внутренних и внешних условий на развитие отрасли.
- Оценка последствий изменения налоговых ставок, удорожания материальных и инвестиционных затрат, роста производительности труда в отрасли.
- Определение цен производителей и потребителей энергетических и коксующихся углей на внутреннем рынке с учётом динамики мировых цен.
- Анализ ретроспективных цен энергетических и коксующихся углей, поставляемых на внешний и внутренний рынки.
- Установление «коридора цен» на энергетический уголь, удовлетворяющих условиям межтопливной конкуренции угля с газом в электроэнергетике.
- Установление потенциальных возможностей добычи угля по бассейнам и месторождениям, компаниям по добыче угля, субъектам РФ, федеральным округам и отрасли в целом.

- Прогноз основных показателей производственной и финансово-экономической деятельности угольной промышленности под заданную потребность в угле.
- Анализ ретроспективных и перспективных показателей развития производственных и финансово-экономических показателей угольной промышленности
- Анализ ретроспективных показателей добычи угля по основным регионам и странам мира, в том числе каменного и бурого, коксующегося и энергетического, добываемого открытым и подземным способами.
- Анализ ретроспективных показателей экспорта и импорта угля по основным регионам и странам мира, в том числе коксующегося и энергетического.
- Анализ ретроспективных показателей объемов поставок коксующихся и энергетических углей в Японию и страны ЕС, в том числе коксующегося и энергетического.
- Анализ и прогноз цен на российские энергетические и коксующиеся угли, поставляемые в Японию и страны ЕС.

Добыча угля для двух сценариев, млн. т



Опыт применения комплекса SCANER

Более 15 лет SCANER и его отдельные компоненты регулярно применяются для решения широкого круга прогнозных задач – от трёх циклов разработки Энергетической стратегии России и генеральных схем развития топливно-энергетических отраслей до обоснования путей реформирования энергетических рынков и разработки скользящих пятилетних планов-прогнозов развития ведущих энергетических компаний

Основным направлением использования SCANER в ИНЭИ РАН комплекса является выработка рекомендаций по совершенствованию политики государства в сфере энергетики

Более 15 лет SCANER и его отдельные компоненты регулярно применяются для решения широкого круга прогнозных задач – от трёх циклов разработки Энергетической стратегии России и генеральных схем развития топливно-энергетических отраслей до обоснования путей реформирования энергетических рынков и разработки скользящих пятилетних планов-прогнозов развития ведущих энергетических компаний.

Сегодня SCANER является также фундаментом долгосрочного планирования деятельности ряда крупных российских энергетических компаний на отечественном и зарубежном рынках. Несколько десятков выполненных исследований подтверждают адекватность методологии и приемлемую «технологичность» инструментария прогнозирования для получения необходимых результатов в приемлемые сроки.

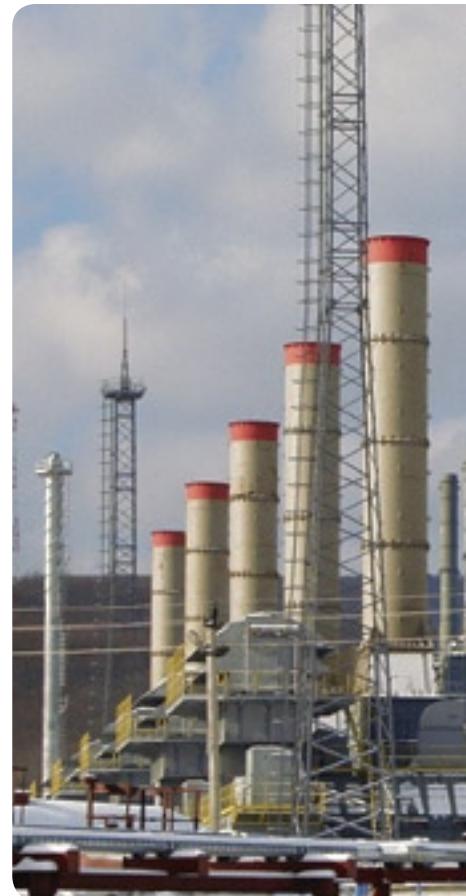
Главное направление использования в ИНЭИ РАН комплекса SCANER – выработка рекомендаций по совершенствованию политики государства в сфере энергетики с учетом сбалансированности интересов производителей и потребителей энергии, исходя из целей развития экономики и ситуации на внешних энергетических рынках. Рекомендации включают:

- Разработку и экспертизу программных документов, касающихся перспектив развития ТЭК и экономики (например, Энергетическая стратегия России и стратегии (схемы) развития отраслей ТЭК).
- Направления политики государства по повышению энергоэффективности экономики страны в целом, снижению энергоёмкости её отдельных секторов.
- Формирование долгосрочных государственных приоритетов и выработка позиции России в международных соглашениях к пост-киотскому процессу по снижению эмиссии парниковых газов, оценка экономических перспектив и анализ различных мер, стимулирующих низкоуглеродное развитие экономики и энергетики страны.
- Определения целей, методов, средств и сроков реформирования внутренних энергетических рынков.
- Тарифное регулирование естественно монопольных сфер деятельности компаний ТЭК.

- Определение рациональных параметров ценовой и инвестиционной политики государства в сфере производства, транспортировки и реализации топливно-энергетических ресурсов.
- Регулирование налогообложения производства, транспортировки, реализации и потребления топливно-энергетических ресурсов в стране.
- Таможенное регулирование внешней торговли энергоресурсами и импорта машин и оборудования для нужд капитального строительства компаний ТЭК.

Еще одним важным направлением использования комплекса SCANER является подготовка исследований для энергетических компаний с анализом возможностей и рисков развития бизнеса в России и в различных регионах мира. Исследования включают:

- Решение задач стратегического планирования и управления, а также оценку перспектив развития российских и мировых энергетических рынков.
- Управление рисками и обоснование стратегических решений за счет уточнения прогнозного спроса на свои товары/услуги и ценовой конъюнктуры.
- Разработку долгосрочных инвестиционных программ компаний ТЭК на основе комплексного прогноза внешней среды (макроэкономической ситуации, динамики спроса и ценовой конъюнктуры внутренних и внешних энергетических рынков, институциональных и регулятивных факторов) и проведение риск-анализа с выработкой рекомендаций по повышению устойчивости инвестпрограммы.
- Оценку рыночных ниш на внешнем и внутреннем рынках и разработку маркетинговых стратегий.
- Оценку долгосрочных перспектив развития и диверсификации энергетического бизнеса компаний, обоснование эффективной производственной и инновационной стратегий, обеспечивающих рост капитализации.
- Разработку программ модернизации и развития собственного энергопроизводства, обоснование эффективности энергосберегающих мер.



SCANER активно применяется при проведении исследований для энергетических компаний с анализом возможностей и рисков развития бизнеса в России и за рубежом

Сокращения

АЭС	атомная электростанция
ВИЭ	возобновляемые источники энергии
ВЭД	виды экономической деятельности
ГАЭС	гидроаккумулирующая электростанция
ГК	газовый конденсат
ГПЗ	газоперерабатывающий завод
ГЭС	гидроэлектростанция
ЕСГ	единая система газоснабжения
ЕЭС	единая энергетическая система
КПТ	котельно-печное топливо
КЭС	конденсационная электростанция
МТ	моторное топливо
НПЗ	нефтеперерабатывающий завод
ОКВЭД	отраслевой классификатор видов экономической деятельности
СиН	топливо, расходуемое в качестве сырья и на нетопливные нужды
СПГ	сжиженный природный газ
ТЭБ	топливно-энергетический баланс
ТЭК	топливно-энергетический комплекс
ТЭР	топливно-энергетические ресурсы
ТЭС	тепловая электростанция
ТЭЦ	теплоэлектроцентраль

Ключевые публикации

1. Мелентьев Л. А. Системные исследования в энергетике / Л. А. Мелентьев. – М. : Наука, 1983 – 455 с.
2. Поспелов Г. С. Процедуры и алгоритмы формирования комплексных программ / Г. С. Поспелов, В. А. Ириков, А. Е. Курилов. – М. : Наука, 1985.
3. Eskin V. E. Oil in the USSR Energy / Eskin V. E., Zlochevsky A. S., Luokyanov A. S., Ruodkevich A. M. // A Simulation Analysis, Energy Exploration & Exploration. – 1990. – Nos. 1 & 2. – Vol. 8.
4. Лукьянов А. С. Количественная оценка риска при выборе стратегии инвестирования в системах энергетики / А. С. Лукьянов, В. И. Эскин, Л. М. Шевчук // Известия РАН. Энергетика. – 1995. – № 6.
5. Волкова Е. А Методы системного анализа эффективности технического перевооружения тепловых электростанций / Е. А. Волкова, Л. И. Мардер, А. А. Мызин // Электрические станции. – 1997. – № 11.
6. Браилов В. П. Методический подход к прогнозированию развития атомных и тепловых электростанций на перспективу до 2030 года и предварительные результаты прогноза / В. П. Браилов, Е. А. Волкова, Л. В. Урванцева, В. С. Шульгина // Известия РАН. Энергетика. – 1999. – № 5.
7. Шевчук Л. М. Риск-анализ в задачах стратегического планирования для крупных энергетических компаний / Л. М. Шевчук, А. С. Лукьянов, А. А. Кудрявцев // Известия РАН. Энергетика. – 2000. – Т. 2.
8. Шапот Д. В. Методы решения задач полилинейного программирования / Д. В. Шапот, А. М. Лукацкий // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2001. – Т. 41. – № 5. – С. 680–691.
9. Макаров А. А. Инструментальные средства для количественного исследования взаимосвязей энергетики и экономики / А. А. Макаров, Д. В. Шапот, А. М. Лукацкий, В. А. Малахов // Экономика и математические методы. – 2002. – Т. 38. – № 1. – С. 45–56.
10. Магалимов И. В. Методика прогнозирования потребности в энергоресурсах в отраслях народного хозяйства // Теплоэнергетика. – 2002. – № 10. – С. 73–77.
11. Карбовский И. Н. Конкурентные отношения на несовершенных товарных рынках / И. Н. Карбовский, А. М. Лукацкий, А. А. Меньшикова, Д. В. Шапот // Автоматика и телемеханика. – 2003. – № 7. – С. 94–108.
12. Модельно-компьютерный комплекс для разработки энергетической стратегии и мониторинга хода её реализации // Энергетика России – стратегия развития. – М., 2003. – С. 677–750.
13. Шапот Д. В. Концепция многоагентного имитационного моделирования экономического поведения производителей товаров и услуг / Д. В. Шапот, И. Н. Карбовский, А. М. Лукацкий, Г. В. Федорова // Экономика и математические методы. – 2004. – № 2.
14. Малахов В. А. Методика исследования влияния динамики регулируемых цен на энергоносители на развитие экономики

- России / В. А. Малахов, Д. В. Шапот // Известия РАН. Энергетика. – 2004. – № 4.
15. Елисеева О. Обоснование основных параметров конкурентного сектора российского рынка газа / О. Елисеева, В. Малахов, А. Макаров, Д. Шапот // Газовый бизнес. Российское газовое общество. – 2006. – Март-апр.
 16. Макаров А. А. Методические основы разработки перспектив развития электроэнергетики / А. А. Макаров, Ф. В. Веселов, Е. А. Волкова, А. С. Макарова. – М. : ИНЭИ, 2007 – 102 с.
 17. Филиппов С. П. Интегрированный подход к прогнозированию потребностей страны и регионов в энергоносителях на долгосрочную перспективу // Вестник СГТУ. – 2008. – № 1 (31). – С. 13–27.
 18. Митрова Т. Евразийский газовый рынок // Нефть России. – 2008. – № 2. – Февр.
 19. Малахов В. А. Подходы к прогнозированию спроса на электроэнергию в стране // Проблемы прогнозирования. – 2009. – № 2 (113). – С. 57–62.
 20. Веселов Ф. В. Методы и инструментарий прогнозирования развития электроэнергетики / Ф. В. Веселов, Е. А. Волкова, А. Е. Курилов, А. С. Макарова, А. А. Хоршев // Известия РАН. Энергетика. – 2010. – № 4. – С. 82–94.
 21. Макаров А. А. Методы и результаты прогнозирования развития энергетики России // Известия РАН. Энергетика. – 2010. – № 4. – С. 26–40.
 22. Плакиткина Л. С. Имитационные модели для прогнозирования развития угольной промышленности России // Известия РАН. Энергетика. – 2010. – № 4. – С. 162–175.
 23. Малахов В. А. Модель исследования макроэкономических последствий ограничений эмиссии парниковых газов / В. А. Малахов, Т. Г. Дубынина // Экономика и математические методы. – 2010. – Т. 46. – № 2. – С. 102–119.
 24. Филиппов С. П. Прогнозирование энергопотребления с использованием комплекса аддитивных имитационных моделей // Известия РАН. Энергетика. – 2010. – № 4. – С. 41–55.
 25. Елисеева О. А. Исследование перспектив и анализ рисков развития газовой отрасли России в условиях неопределенности / О. А. Елисеева, А. С. Лукьянов, А. Э. Тарасов // Известия РАН. Энергетика. – 2010. – № 4. – С. 124–138.
 26. Кулагин В. Методология долгосрочного прогнозирования мировой энергетики: перспективы развития до 2030 г. / В. Кулагин, Т. Митрова // ТЭК: стратегии развития. – 2011. – № 2. – Март-апр. – Приложение.
 27. Кулагин В. SCANNER : отслеживая энергетические горизонты / В. Кулагин, Т. Митрова, А. Макаров // ТЭК: стратегии развития. – 2011. – № 1. – Янв.-февр. – Приложение.