



Центр по эффективному использованию энергии (ЦЭНЭФ)

И.А. Башмаков и А.Д. Мышак

**ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ
ВЫБРОСЫ ПАРНИКОВЫХ
ГАЗОВ В СЕКТОРЕ
«ЭНЕРГЕТИКА» РОССИИ:
1990-2050**

Москва, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ КАДАСТРОВ НАЦИОНАЛЬНОГО ДОКЛАДА И ЦЭНЭФ В 2010 Г.	6
1.1. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СЕКТОР КАК ИСТОЧНИК ВЫБРОСОВ ПГ	6
1.2. Единый топливно-энергетический баланс	6
1.3. Коэффициенты выбросов	7
1.4. Суммарные выбросы от сжигания топлива	9
1.5. Технологически выбросы и утечки	11
1.6. ИТОГИ ОЦЕНКИ ПОРОЖДЕННЫХ ЭНЕРГЕТИКОЙ ВЫБРОСОВ В 2010 Г.	12
1.7. Выбросы ПГ в России при производстве и при потреблении	13
1.8. Основные выводы	15
2. АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛИВШИХ ДИНАМИКУ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ, НА ОСНОВЕ ДАННЫХ НАЦИОНАЛЬНОГО ДОКЛАДА О КАДАСТРЕ	17
2.1. Методические подходы и информационная база	17
2.2. Динамика и структура выбросов ПГ в секторе «Энергетика»	18
2.3. Анализ факторов, определивших динамику выбросов CO ₂ от сжигания топлива	24
2.3.1. Динамика показателей экономической активности	24
2.3.2. Динамика потребления топлива	25
2.3.3. Динамика удельных выбросов	27
2.3.4. Результаты декомпозиционного анализа за 1990-2010 гг. на основе данных Национального доклада о кадастре.....	28
2.3.5. Анализ факторов, определявших технологические выбросы и утечки	31
2.4. Анализ факторов, определявших выбросы всех ПГ за счет всех источников в секторе «Энергетика».....	32
3. АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛИВШИХ ДИНАМИКУ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ, НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ЦЭНЭФ	34
3.1. Методические подходы и информационная база анализа.....	34
3.2. Динамика и структура выбросов CO ₂ в секторе «Энергетика»	35
3.3. Анализ факторов, определивших динамику выбросов CO ₂ от сжигания топлива	36
3.3.1. Динамика показателей экономической активности	36
3.3.2. Динамика потребления топлива и энергии	37
3.3.3. Динамика энергоемкости	38
3.3.4. Динамика доли топлива в потреблении энергии	39
3.3.5. Динамика удельных выбросов CO ₂ на единицу расхода топлива	40
3.3.6. Результаты декомпозиционного анализа динамики выбросов CO ₂ за 2000-2011 гг. на основе данных ЦЭНЭФ.....	41
3.4. Анализ факторов, определявших технологические выбросы и утечки.....	43
3.5. Анализ факторов, определявших выбросы всех ПГ за счет всех источников в секторе энергетика.....	45
3.6. Основные выводы	46
4. АНАЛИЗ ЗАРУБЕЖНЫХ СИСТЕМ УЧЕТА ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛИВШИХ ДИНАМИКУ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ	50
5. ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ПГ В СЕКТОРЕ «ЭНЕРГЕТИКА»	52
5.1. Определение потенциала снижения выбросов ПГ.....	52
5.2. Физические объемы экономии энергии.....	55
5.3. Физические объемы снижения выбросов ПГ	57
5.4. Основные выводы	60

Введение

Целью данной работы является проведение анализа основных факторов, которые определяют динамику эмиссии парниковых газов, порожденных сектором энергетики Российской Федерации, в ретроспективе (1990-2011 гг.)

Официальная информация об объемах выбросов парниковых газов (ПГ) в России приводится в «Национальном докладе о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990-2010 гг.» (далее – Национальный доклад), который представляется Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) и готовится Институтом глобального климата и экологии Росгидромета и РАН. Такой доклад готовится ежегодно и представляется в секретариат РКИК ООН в соответствии с обязательствами России как страны-участницы РКИК ООН, относящейся к Приложению I, в которое входят развитые страны и страны с переходной экономикой. Последний доклад представлен в 2012 г. с данными за 1990-2010 гг. В этом докладе и прилагающихся файлах приводится информация об объемах выбросов парниковых газов и процедурах их оценки. Однако в них нет информации о том, какие именно факторы определяют динамику выбросов парниковых газов.

Еще в 1990 г. Й. Кайя предложил тождество для анализа воздействия факторов, которые определяют динамику эмиссии ПГ (Кайя, 1990). С тех пор было предложено много модификаций этого тождества, и такое направление анализа развивалось довольно динамично. Факторный анализ все чаще применяется при оценке динамики выбросов парниковых газов. Анализируя опыт 43 исследований по применению методов структурного декомпозиционного анализа, Б. Су и Б. Анг пришли к выводу, что в последние годы все больше исследований посвящается выявлению роли факторов, определяющих выбросы парниковых газов, и в отдельных исследованиях число таких факторов достигает 8¹.

Знание их вклада позволяет лучше управлять процессами контроля выбросов ПГ и оценивать эффективность и интенсивность применения отдельных инструментов политики такого контроля. Более того, Пятый Оценочный доклад, который готовит Третья Рабочая Группа МГЭИК активно использует именно этот подход как для структурирования представляемых результатов, так и для определения направления и набора мер политики по смягчению воздействия антропогенной деятельности на изменение климата. Поэтому также важно понять, где находится Россия в этой системе координат по сравнению с другими странами.

В 2012 г. ЦЭНЭФ выполнил работу «Российская система учета повышения энергоэффективности и экономии энергии»², которая заложила основу для запуска на постоянной основе российской системы учета повышения энергоэффективности и экономии энергии. Многие предложения этой работы были включены в принятый распоряжением Правительства РФ №1794 от 27.09.2012 «План мероприятий по совершенствованию государственного регулирования в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности в Российской Федерации». В этой работе было

¹ B. Su and B.W. Ang. Structural decomposition analysis applied to energy and emissions: Some methodological developments. Energy Economics. Volume 34. Issue 1. 2011. Pp. 177-188.

² И.А. Башмаков и А.Д. Мышак. «Российская система учета повышения энергоэффективности и экономии энергии». <http://www.cenef.ru>; И.А. Башмаков и А.Д. Мышак. «Российская система учета повышения энергоэффективности и экономии энергии». Вопросы экономики. № 11, 2012; И.А. Башмаков и А.Д. Мышак. Академия энергетики. Измерение и учет энергоэффективности. № 8. 2012.

указано, что дальнейшее ее развитие может идти по нескольким направлениям, включая дополнение анализа данными по выбросам парниковых газов, порождаемым производством и использованием энергетических ресурсов³. Такие разделы имеются во многих национальных системах учета повышения энергоэффективности. Данная работа является реализацией такого развития.

Для ее проведения нужна детальная информация по производству, транспорту, распределению и потреблению энергетических ресурсов. Такая информация содержится в едином топливно-энергетическом балансе (ЕТЭБ). Информация в ЕТЭБ организована иначе, чем в Национальном докладе. ЕТЭБ более ориентирован на отражение технологического среза использования энергии, что позволяет оценить вклад политики по продвижению энергоэффективных и низкоуглеродных технологий, позволяет выделить технологический фактор эволюции выбросов ПГ, порождаемых энергетикой. Этой возможности практически нет при использовании данных по энергопотреблению в формате, представленном в Национальном докладе. Однако, чтобы результаты данной работы могли использоваться в Национальном докладе, необходимо показать степень различий в объемах и структуре выбросов ПГ, порождаемых энергетикой. Эти отличия могут порождаться как определениями секторов и подсекторов потребления энергии, так и различиями в удельных коэффициентах эмиссии. При этом авторы стремились в максимально возможной степени свести последние различия к минимуму.

Данная работа также предполагает сравнение прогнозных оценок и выявление факторов, определяющих выбросы ПГ в прогнозах для Российской Федерации. Прогнозы, как правило, имеют базовые уровни выбросов, не совпадающие с данными Национального доклада. Поэтому для корректного сопоставления результатов прогноза важно выяснить различия в методиках оценки выбросов.

И оценки антропогенных выбросов парниковых газов для Российской Федерации Национального доклада, и оценки различных прогнозных групп, как правило, формируются на основе применения «Руководящих принципов национальных инвентаризаций парниковых газов» (МГЭИК, 2006 г.) Основными секторами, в которых имеют место выбросы или абсорбция парниковых газов, являются «энергетика»; «промышленные процессы»; «использование растворителей и другой продукции»; «сельское хозяйство»; «землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство» и «отходы». В данной работе дан кадастр выбросов только в секторе «энергетика». В России на него приходится 83% всех выбросов ПГ (без учета чистых стоков в секторе лесопользования и лесоведения). В соответствии со статьей 12 пункта 1а РКИК ООН, Российский Национальный кадастр включает информацию о следующих парниковых газах: диоксид углерода (CO₂), метан (CH₄), закись азота (N₂O), гидрофторуглероды (ГФУ), перфторуглероды (ПФУ) и гексафторид серы (SF₆). Данная работа включает информацию только о диоксиде углерода (CO₂), метане (CH₄) и закиси азота (N₂O).

Данные по потреблению энергии могут различаться по схеме их организации и по уровню детализации. Оценки ЦЭНЭФ и кадастр Национального доклада полностью опираются на официальную статистику, но по-разному ее преобразуют. Все показатели по потреблению топлива или другим видам деятельности, необходимые для оценки эмиссии ПГ, либо прямо получены из данных статистики, либо являются результатом пересчета данных форм статистической отчетности.

Факторный анализ в секторе «энергетика» проведен на базе ретроспективных данных за период 1990-2010 гг. на основе данных Национального доклада и за период 2000-2011 гг.

³ В последние годы появляется все больше работ именно по выявлению роли факторов, определяющих динамику выбросов парниковых газов. В. Su and B.W. Ang. Structural decomposition analysis applied to energy and emissions: Some methodological developments. Energy Economics. Volume 34. Issue 1. 2011. Pp. 177-188.

на основе данных инвентаризации ПГ ЦЭНЭФ. Чтобы было ясно, насколько эти результаты сопоставимы, первая глава данного отчета посвящена сравнению данных по выбросам из Национального доклада и данных ЦЭНЭФ. Оно проводится подробно по основным секторам потребления энергии. Вторая глава представляет результаты факторного анализа, полученные на основе данных кадастра выбросов Национального доклада. В третьей главе описаны результаты факторного анализа на основе данных ЦЭНЭФ. Если в первом случае есть возможность оценить вклад только трех факторов: изменения структуры экономики на сравнительно агрегированном уровне, снижения удельных расходов топлива в разных секторах и изменения удельного содержания ПГ на единицу расходуемого топлива, то при использовании подхода к инвентаризации ЦЭНЭФ появляются дополнительные возможности: более детального анализа вклада структурного фактора, оценки вклада технологического фактора, факторов изменения погодных условий, загрузки производственных мощностей, изменения цен на энергоносители, удельного содержания ПГ на единицу топлива и доли нетопливных энергоносителей в потреблении энергии при производстве различных продуктов, работ и услуг. Таким образом, число факторов расширяется с 3 до 7, что дает существенно более глубокое понимание причин, определяющих динамику выбросов ПГ. В четвертой главе описывается зарубежный опыт анализа факторов, управляющих динамикой выбросов ПГ в секторе «энергетика». В пятой главе представлены результаты оценки технологического потенциала снижения выбросов ПГ в России по состоянию на 2010 г.

И.А. Башмаков

Лауреат Нобелевской премии мира за 2007 г. в составе Межправительственной группы экспертов по изменению климата

Исполнительный директор Центра по эффективному использованию энергии (ООО «ЦЭНЭФ»)

1. Сравнение результатов кадастров Национального доклада и ЦЭНЭФ в 2010 г.

1.1. Энергетический сектор как источник выбросов ПГ

«Энергетический сектор» в широком смысле включает в себя разведку и добычу первичных энергетических источников; обогащение и преобразование первичных источников энергии в более пригодные для использования формы энергии на нефтеперерабатывающих заводах, коксохимических заводах, электростанциях и котельных; передачу и распределение топлива, а также стационарное и мобильное использование топлива.

Источники и коэффициенты эмиссии парниковых газов от энергетических отраслей (раздел 1.А.1 по классификации МГЭИК) определены в соответствии с положениями главы 1 «Введение», главы 2 «Стационарное сжигание топлива» и главы 4 «Летучие выбросы» т. 2 «Энергетика» «Руководящих принципов национальных инвентаризаций парниковых газов» (МГЭИК, 2006 г.) Подробно использование этой методики для условий России показано в «Национальном докладе».

При оценке эмиссии МГЭИК рекомендует применять два базовых подхода: эталонный (references) и секторальный (sectoral). Эталонный подход обеспечивает методологию для оценки выбросов парниковых газов (в первом приближении) на основе данных о потреблении в стране конкретного вида топлива без разбивки по видам его использования, но с учетом международной бункеровки воздушных и водных судов и использования топлива на неэнергетические нужды. Для его реализации требуются только статистические данные о потреблении и производстве топлива, а также данные о внешней торговле топливом, изменениях в запасах и потреблении на неэнергетические нужды. При использовании секторального подхода выделяются источники выбросов – отдельные направления использования топлива. Именно этот подход используется в данной работе с выделением значительного числа секторов.

1.2. Единый топливно-энергетический баланс

МГЭИК считает, что оценка выбросов парниковых газов на основе энергетических балансов обеспечивает проверку на систематические ошибки⁴. В Приложении 2 к «Национальному сообщению» приведен «баланс энергоресурсов» Российской Федерации за 2010 г. Формат «баланса энергоресурсов», используемый Росстатом, не менялся с 1958 г. В последние годы добавилась только детализация потребления энергии по видам экономической деятельности в промышленности.

Основой методического подхода к оценке и прогнозированию динамики эмиссии ПГ в данной работе является использование модели единого топливно-энергетического баланса (ЕТЭБ). Это позволяет формировать анализ и прогноз балансов потребления топлива,

⁴ «Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК. Том 2. «Энергетика», раздел 2.4.2.

электроэнергии и тепловой энергии на фоне и в среде прогноза полной энергетической картины страны. В ЕТЭБ в явном виде отражены параметры эффективности использования энергии при производстве наиболее энергоемких продуктов и услуг и преобразовании энергоносителей, что позволяет в явном виде учитывать эффекты изменения технологической политики на формирование ЕТЭБ и потребности в сжигании топлива.

Такая схема систематизации энергетической информации позволяет учитывать эволюцию продуктовой и технологической основы производства, а это позволяет проводить как анализ ретроспективной динамики удельных технологических коэффициентов по каждому сектору, так и анализ технологических перспектив в отдельных отраслях. Избранный подход позволяет развивать модель спроса на энергоносители с использованием гипотез об интенсивности технологической и продуктовой перестройки и выявить решающие технологии, повышение энергетической эффективности которых способно ослаблять проблему энергодефицита.

В модели ЕТЭБ рассматриваются семь первичных энергоресурсов – уголь, сырая нефть, природный газ, прочие виды твердого топлива, гидроэнергия и НВЭИ, атомная энергия – и шесть видов вторичных энергоносителей – уголь, нефтепродукты, природный газ, прочие виды твердого топлива, электроэнергия и тепловая энергия. Использовались только статистические данные по производству и использованию топлива, собранные из форм отчетности Государственной службы статистики.

Для «прочих видов твердого топлива» только часть их сжигания учитывается в кадастре эмиссии. Выбросы CO_2 от сжигания биомассы оцениваются и учитываются в секторе «сельское хозяйство и лесопользование/землепользование» (СХЛХДВЗ). Выбросы от сжигания биотоплива учитываются только как информационные элементы и не включаются в секторальные или национальные итоги. Отражение их в ЕТЭБ важно по причине возможности замещения органического топлива. По «прочим видам твердого топлива» только часть, которая сжигается в целях получения энергии, включается в качестве информационного элемента в сектор «Энергетика». Выбросы CH_4 и N_2O , тем не менее, оцениваются и включаются в этот сектор и в национальные итоговые величины, вследствие того что их воздействие является дополнительным к оценкам запасов топлива в секторе СХЛХДВЗ.

1.3. Коэффициенты выбросов

Как отмечено в методике МГЭИК, эффективное сжигание топлива обеспечивает окисление максимального количества углерода в топливе, поэтому коэффициенты выбросов CO_2 при сжигании топлива являются относительно нечувствительными к организации процесса горения, и следовательно, в первую очередь зависят от содержания в топливе углерода. Коэффициенты выбросов имеют некоторый уровень неопределенности значений. Этот уровень заметно выше для выбросов CH_4 и N_2O , поскольку, помимо вида топлива, они сильно зависят от применяемых технологий его сжигания. В данной работе использовались только базовые значения коэффициентов или значения «по умолчанию» (табл. 1.2). Они полностью соответствуют данным «Руководящих принципов национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК».

В методике МГЭИК расчет потребления топлива ведется в джоулях. Однако в российской энергетической статистике принято рассчитывать показатели в тоннах условного топлива (тут). Поэтому показатели методики МГЭИК были пересчитаны для определения значений коэффициентов эмиссии в расчете на 1 тут.

Коэффициенты выбросов CH_4 и N_2O для каждого сектора различаются из-за разных технологий сжигания на различных установках. Коэффициенты табл. 1.2 используются

для технологий без контроля выбросов. Они определены на основе использования экспертных оценок обширной группы экспертов по кадастру. Как будет показано ниже, коэффициенты, представленные в электронных материалах «Национального доклада», очень близки к значениям по умолчанию коэффициентов, рекомендованных МГЭИК. В инвентаризации ЦЭНЭФ также использованы базовые коэффициенты выбросов уровня 1 для технологических выбросов и утечек, определенные для стран с переходной экономикой.

Росстат предоставляет данные по потреблению 23 видов топлива: уголь бурый и каменный; сланцы; угольный концентрат; угольные брикеты; кокс металлургический; коксик и коксовая мелочь; газ горючий искусственный коксовый; газ горючий искусственный доменный и пр.; нефть, включая газовый конденсат; газ нефтеперерабатывающих предприятий сухой; газ сжиженный; бензины; керосины и др.; дизельное топливо; мазут топочный; топливо печное бытовое (ТПБ); прочие нефтепродукты; газ горючий природный (естественный); дрова для отопления; прочие виды твердого топлива.

Для каждого вида топлива имеются свои коэффициенты выбросов (табл. 1.2). Однако работать с таким числом топлив (и представлять по ним результаты) сложно, поэтому все 23 вида топлива в инвентаризации ЦЭНЭФ объединяет в 5 укрупненных групп: уголь, сырая нефть, нефтепродукты, природный газ, а также прочие виды твердого топлива (табл. 1.3). Такая группировка максимально близка классификации МЭА, за исключением лишь того факта, что торф топливный, а также брикеты и полубрикеты торфяные относятся не к углю, а к прочему твердому топливу. В ряде случаев по мере необходимости выделяются отдельные виды топлива, в т.ч. биомасса.

На основе данных о коэффициентах выбросов и объемах сжигания для каждого вида топлива по этим группам ежегодно рассчитываются средневзвешенные коэффициенты выбросов. Поскольку ежегодно удельный вес отдельных топлив в составе групп меняется, коэффициенты выбросов для каждой группы не являются постоянными и меняются во времени вслед за изменением состава топлив.

Таблица 1.1. Формирование групп топлив

Название групп топлив	Составляющие групп топлив								
	Уголь	уголь бурый	уголь каменный	сланцы	угольный концентрат	угольные брикеты	кокс металлургический	коксовая мелочь	газ горючий искусственный коксовый
Сырая нефть	сырая нефть, включая газовый конденсат								
Нефтепродукты	газ нефтеперерабатывающих предприятий сухой		газ сжиженный	бензины	керосины и др.	дизельное топливо	мазут топочный	топливо печное бытовое (ТПБ)	прочие нефтепродукты
Природный газ	газ горючий природный (естественный)								
Прочие виды твердого топлива	торф топливный		брикеты и полубрикеты торфяные			дрова для отопления		прочие виды твердого топлива	

Источник: ЦЭНЭФ

Определение укрупненных видов топлива в целом соответствует Методике МГЭИК (т. 2 раздел 1.4.1.1)⁵, однако, МГЭИК в «Руководящих принципах» использует несколько иную группировку топлив. В твердые топлива включается также торф. В жидкие топлива включается сырая нефть и газовый конденсат, то есть две группы – сырая нефть и нефтепродукты - объединяются. Выделены группа «биомасса», в которую помимо «прочих видов твердого топлива», включаются древесный уголь, биотопливо и биогаз, свалочный газ, отходы целлюлозно-бумажной промышленности (черный щелок) и др. В российской статистике данных по многим из этих позиций нет. Многие из них проходят по позиции «прочие виды твердого топлива», которая включает отходы производств, бытовые отходы, прочие виды естественного топлива – торфяная крошка, солома, камыш, хворост, костра, стебли кукурузы, лузга, отходы лесозаготовок и деревообработки, а также использованные в качестве топлива демонтированные деревянные шпалы, рудничная стойка, столбы связи, деревянная тара, бревна разобранных старых зданий и т.п. – однако, без расшифровки. Поэтому «прочие виды твердого топлива» различаются в основном в классификации данной работы и в группировке топлив МГЭИК за счет торфа. В отличие от выбросов от сжигания биотоплива, которые в отчетных таблицах учитываются как информационные элементы, выбросы от сжигания торфа включаются в секторальные и национальные итоги.

Ниже дано сравнение оценок кадастра выбросов Национального доклада и инвентаризации ЦЭНЭФ за 2010 г. (последний год, по которому есть данные Национального доклада) по отдельным секторам в формате, который используется при предоставлении официальных данных в табличной форме в РКИК.

1.4. Суммарные выбросы от сжигания топлива

Сравнение суммарных выбросов от сжигания топлива, представленных в Национальном докладе и полученных ЦЭНЭФ, показывает, что итоговые оценки довольно близки. При коррекции данных ЦЭНЭФ на использование кокса в черной металлургии различие по выбросам CO₂ получается равным 2,6% (табл. 1.21). Различие по суммарному выбросу трех ПГ равно 2,5%. Это попадает в рекомендуемый МГЭИК интервал точности оценок выбросов. Разброс оценки выбросов CO₂ по эталонному и секторному методам в Национальном докладе равен 2,2%. Отклонение оценки ЦЭНЭФ от оценки по эталонному методу равно только 0,5%. МЭА оценивает выбросы только CO₂ в России в 2010 г. в 1581,37 млн. т⁶, что выше оценки Национального доклада на 12%. При сравнении с инвентаризацией ЦЭНЭФ (без поправки на использование кокса в черной металлургии) расхождение равно почти 4%.

Распределение эмиссии по секторам в Национальном докладе и в оценках ЦЭНЭФ существенно различается. Наибольшие расхождения имеют место в промышленности, на автомобильном транспорте и в сфере услуг. Данные МЭА для России по секторам за 2010 г. еще не опубликованы. Для 2009 г. МЭА дает следующий расклад выбросов CO₂ по секторам: энергетические отрасли – 812,7 млн. т, обрабатывающая промышленность и строительство – 274,3 млн. т, транспорт – 226 млн. т, из которого автомобильный – 136,8 млн. т, прочие сектора – 153,2 млн. т, из которых жилищный сектор – 117,2 млн. т.⁷

В целом, по данным Национального доклада можно выделить 17 секторов-источников эмиссии для последующего проведения факторного анализа (табл. 1.21). Детализация инвентаризации ЦЭНЭФ позволяет провести такой анализ по 44 секторам и более адекватно отражает разнесение выбросов по таким секторам как промышленность,

⁵ Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК, 2006.

⁶ Key world energy statistics. 2012. IEA. 2012.

⁷ CO₂ emission from fuel combustion. 2011 Edition. IEA. 2011.

автомобильный транспорт и в сфере услуг. Проведение декомпозиционного анализа на этих двух множествах данных позволит взаимно проверить и дополнить их результаты.

Таблица 1.2. Оценки выбросов парниковых газов в процессах стационарного сжигания топлива в «прочих секторах» в 2010 г. (тыс. т)

	Национальный доклад			ЕТЭБ – ЦЭНЭФ		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
1.А. Сжигание топлива	1406577,30	161,29	21,48	1522147,47	73,73	23,27
То же, без учета использования кокса в черной металлургии				1443308,12	72,99	22,16
Жидкие топлива	285195,04	39,87	13,23	300779,17	15,57	14,42
Твердые топлива	304494,35	59,01	5,48	402243,34	20,23	6,58
Газообразные топлива	793041,03	27,31	1,43	800018,78	25,32	1,42
Биомасса		28,36	0,67	3043,54	7,26	0,22
Прочие топлива	23846,87	6,74	0,67	19106,19	5,34	0,62
Эталонный подход	1436589,46					
1.А.1. Энергетические отрасли	889416,46	20,76	6,09	878237,44	19,94	6,39
а. Производство электроэнергии и тепла	818825,74	18,21	5,59	829408,56	18,36	6,18
б. Нефтепереработка	41507,03	1,86	0,39	31057,97	1,18	0,17
с. Добыча твердого топлива и прочие отрасли энергетического комплекса	29083,69	0,69	0,11	17770,92	0,40	0,05
1.А.2 Обрабатывающая промышленность и строительство	137765,77	18,57	1,87	210491,64	18,33	2,40
То же, без учета использования кокса в черной металлургии				131652,29	17,59	1,30
а. Черная металлургия	47828,71	4,90	0,37	117298,41	9,01	1,33
б. Цветная металлургия						
с. Химическая промышленность	12864,87	1,30	0,11	2674,95	0,06	0,01
д. Целлюлозно-бумажная промышленность	3253,03	0,42	0,05	521,85	0,02	0,00
е. Пищевая промышленность	5524,78	0,40	0,03	1098,55	0,04	0,01
ф. Прочие отрасли промышленности	68294,37	11,54	1,31	88897,89	9,20	1,06
1.А.3 Транспорт	218812,33	32,42	12,18	275234,89	12,50	13,89
а. Гражданская авиация	8868,60	0,06	0,25	10289,22	0,07	0,29
б. Дорожный транспорт	127537,53	30,59	11,75	178619,46	10,69	13,35
с. Железнодорожный транспорт	4733,83	0,32	0,04	6990,79	0,37	0,11
д. Водный транспорт	1078,57	0,07	0,01	1720,76	0,08	0,06
е. Прочие виды транспорта	76593,81	1,37	0,14	76974,75	1,37	0,14
1.А.4 Прочие сектора	134668,96	58,20	0,79	182598,53	23,84	0,69
а. Сфера услуг	2587,40	0,73	0,03	65261,02	7,79	0,22
б. Жилищный сектор	111910,15	52,23	0,58	109344,16	14,91	0,39
с. Сельское хозяйство/ лесоводство/рыболовство	20171,41	5,25	0,19	7907,18	1,04	0,06
1.А.5 Прочие источники	25913,77	31,34	0,54	86,17	0,30	0,05

Источники: Национальный доклад и ЦЭНЭФ

1.5. Технологически выбросы и утечки

Оцениваются выбросы трех ПГ: CO₂, CH₄ и N₂O. В Национальном докладе используется подход уровня 1, то есть для расчета выбросов CO₂ используются определенные МГЭИК коэффициенты выбросов CO₂, CH₄ и N₂O (табл. 4.2.5 Главы 4 «Летучие выбросы» т. 2 «Энергетика» «Руководящих принципов национальных инвентаризаций парниковых газов» для развивающихся стран и стран с переходной экономикой). В этом случае объемы выбросов определяются как произведение соответствующих индикаторов активности (добычи топлив, объемов их транспортировки или протяженности трубопроводов и т.п.) на коэффициенты выбросов.

Данные о деятельности, необходимые для оценки летучих выбросов, технологических выбросов и утечек парниковых газов в системах угле-, нефте- и газоснабжения включают статистические данные об инфраструктуре (например, описи технических средств/установок, единиц процесса, трубопроводов и компонентов оборудования), а также данные о зарегистрированных выбросах в случае разливов, случайных выбросов и утечек и ущерба, нанесенного третьей стороной. Данные о деятельности, использованные в Национальном докладе и в инвентаризации ЦЭНЭФ, довольно близки, но все же есть отдельные отличия (табл. 1.24). Отдельные источники статистической информации часто дают несовпадающие данные. В этом могут скрываться причины таких различий показателей об объемах деятельности.

В системах нефте- и газоснабжения источники летучих выбросов включают протечки оборудования, потери от испарения, вентиляцию, сжигание в факелах, сжигание и случайные высвобождения (например, повреждение труб при землекопных работах, выбросы из скважин и проливы). Некоторые из этих источников выбросов являются умышленными или преднамеренными (например, емкости, уплотнители и процесс вентиляции и системы сжигания в факелах), и поэтому сравнительно хорошо описаны, тем не менее количество и состав выбросов, как правило, сопряжены с существенной неопределенностью.

Коэффициенты технологических выбросов и утечек парниковых газов имеют высокую степень неопределенности. Поэтому, чтобы не открывать «ящик Пандоры» при обсуждении их значений использовались коэффициенты, применяемые в Национальном докладе. Проверка их расчета оставляет вопросы по их соответствию коэффициентам по умолчанию, которые рекомендует МГЭИК для стран с переходной экономикой в главе 4 «Летучие выбросы» т. 2 «Энергетика» «Руководящих принципов национальных инвентаризаций парниковых газов» (МГЭИК, 2006 г.)

Таким образом, источником расхождений оценок Национального доклада и оценок ЦЭНЭФ являются только расхождения в данных по объему деятельности. Оценки получились довольно близкими (табл. 1.25).

Таблица 1.3. Оценки выбросов парниковых газов от технологических выбросов и утечек в 2010 г. (тыс. т)

Наименование показателя	Национальный доклад			ЦЭНЭФ		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Всего выбросов парниковых газов от технологических выбросов и утечек	33271,21	17571,93	0,38	31014,41	20979,25	0,32
1. В. 1. Добыча и переработка угля		2204,92		2237,23		
i. Подземным способом		1398,54		1401,95		
Добыча		1195,44		1230,98		
Выбросы после добычи		203,10		170,97		
Дренированный метан				1,55		

Наименование показателя	Национальный доклад			ЦЭНЭФ		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
ii. Открытым способом		806,39		833,73		
Добыча		806,39		818,90		
Выбросы после добычи		IE		14,83		
1. В. 2. а. Нефть	195,65	883,77		229,79	895,22	
I. Разведка	35,51	12,98		69,86	25,54	
ii. Добыча	152,95	821,38		153,24	822,94	
iii. Транспорт	0,28	3,10		0,28	3,10	
iv. Нефтепереработка и хранение	NE	9,22			9,18	
v. Распределение нефтепродуктов	NE	NE				
vi. Прочие	6,91	37,10		6,42	34,46	
1. В. 2. б. Природный газ	83,46	13467,33		83,80	16845,68	
I. Разведка	1,67	0,68		1,67	0,68	
ii. Добыча	79,10	2353,40		79,45	2363,81	
iii. Транспорт	2,69	4780,10		2,69	4777,43	
v. Распределение газа	NE	2997,08			6022,52	
v. Прочие утечки	NE	3336,08			3681,24	
<i>на промышленных предприятиях и электростанциях</i>	NE	3097,40			3172,89	
<i>в жилищном секторе и сфере услуг</i>	NE	238,68			385,64	
1. В. 2. с. Утечки	8,53	817,62		8,52	816,60	8,53
i. Нефть	6,80	782,29		6,81	783,78	6,80
ii. Газ	1,43	IE		1,42		1,43
iii. Совместно нефть и газ	0,31	35,33		0,29	32,82	0,31
Сжигание в факелах	32983,57	198,28	0,38	30692,29	184,53	32983,57
i. Нефть	IE	IE	IE			IE
ii. Газ	2423,57	14,92	0,03	2434,29	14,98	2423,57
iii. Совместно нефть и газ	30560,00	183,36	0,35	28258,00	169,55	30560,00

Источники: Национальный доклад и ЦЭНЭФ

1.6. Итоги оценки порожденных энергетикой выбросов в 2010 г.

Сумма всех выбросов от всех источников в секторе «энергетика», оцененных в Национальном докладе, получилась довольно близкой оценкам ЦЭНЭФ (табл. 1.26). Поэтому результаты факторного анализа на более детализированной базе данных по источникам выбросов, который проведен на основе оценок ЦЭНЭФ, можно считать в достаточной мере отражающими ситуацию с выбросами ПГ в России. Некоторые расхождения в структуре выбросов мало влияют на оценку их итоговых объемов. Эти расхождения существенно меньше, чем с оценками из зарубежных источников.

Существенно более значимые расхождения имеются с другими источниками данных по выбросам в России. Так база данных EDGAR 4.2 оценивает выбросы в России от сектора энергетики и производства цемента в 2010 г. равными 1750 млн. т. CO₂⁸. Если сложить данные Национального доклада по сектору «энергетика» с данными по производству цемента и даже с данными по черной металлургии, то получится 1575 млн. т. CO₂. Если учитывать полную сумму секторов «энергетика» и «промышленность», то получается 1592 млн. т. CO₂. То есть, оценка базы данных EDGAR 4.2 по меньшей мере на 10% превышает оценку Национального доклада. При этом разница в оценках этих двух

⁸ J.G.J. Olivier, G. Janssens-Maenhout, J.A.H.W. Peters, J. Wilson. LONG-TERM TREND IN GLOBAL CO₂ EMISSIONS 2011 report. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague, 2011; European Union, 2011.

источников за 1990 г. минимальна. Так что база данных EDGAR 4.2 намеренно, или в силу методологических проблем существенно занижает размер снижения выбросов CO₂ в России после 1990 г. Согласно их оценкам, выбросы CO₂ в России в 1990-2010 гг. снизились только 28%, тогда как Национальный доклад дает оценку снижения равную 37%. Оценки базы данных EDGAR 4.2 по России нельзя считать адекватными.

Таблица 1.4. Оценки выбросов парниковых газов от сжигания топлива, а также от технологических выбросов и утечек в 2010 г. (тыс. т)

Наименование показателя	Национальный доклад			ЦЭНЭФ		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Сжигание топлива	1 406 577,30	161,29	21,48	1 443 308,12	72,99	22,16
Всего выбросов парниковых газов от технологических выбросов и утечек	33 271,21	17 571,93	0,38	31 014,41	20 979,25	0,32
Всего	1 439 848,51	17 733,22	21,86	1 474 322,53	21 052,24	22,48

Источники: Национальный доклад и ЦЭНЭФ

Оценки Бритиш Петролеум выбросов в России от сектора «энергетика» за 2010 г. равны 1628,6 млн. т. CO₂⁹. В этих расчетах учитывается использование топлива на производство цемента и продукции черной металлургии, но возможно, не вычитается углерод, содержащийся в топливе, используемом на неэнергетические нужды. Последняя компонента эквивалентна выбросам 110 млн. т. CO₂. С учетом такой коррекции оценка Бритиш Петролеум снизилась бы до 1518 тыс. т. CO₂, что близко оценке Национального доклада при учете выбросов в процессах производства цемента и продукции черной металлургии. По данным Бритиш Петролеум выбросы CO₂ в России в 1990-2010 гг. снизились на 31%.

По данным МЭА за 1990-2010 гг. выбросы CO₂ от сектора «энергетика» снизились на 27% и составили в 2010 г. 1581 млн. т. CO₂¹⁰. Последняя цифра довольно близка оценкам Национального доклада за 2010 г. (1592 млн. т с учетом промышленных выбросов).

В целом можно отметить, что:

- ⇒ при сравнении оценок выбросов CO₂ от сектора «энергетика» из разных источников очень важно точно определить состав агрегированных показателей;
- ⇒ зарубежные источники, как правило:
 - завышают объемы выбросов CO₂ Россией от сектора «энергетика»;
 - занижают степень снижения выбросов в 1990-2010 гг.

Авторам Национального доклада необходимо уделять вопросу сопоставления оценок и выявлению ошибок в оценках зарубежных источников более серьезное внимание. Это особенно важно, поскольку аналитическое и политическое сообщества часто пользуются именно данными этих источников, а не данными Национального доклада.

1.7. Выбросы ПГ в России при производстве и при потреблении

В последние годы в связи с обсуждением проблемы «утечки» ПГ – переноса энергоемких производств, а вместе с ними и источников выбросов ПГ из развитых в развивающиеся страны – стало развиваться новое направление исследований – учет воплощенного в товарах, поступающих во внешнюю торговлю выбросов ПГ и учет выбросов от источников, связанных с производством товаров и услуг к источникам, связанным с их

⁹ BP Statistical Review of World Energy June 2012. BP. 2012.

¹⁰ CO₂ Emission from fuel combustion. 2011 Edition.. International Energy Agency. 2011

потреблением. В последнем случае источники находятся в разных странах, где производились товары и их компоненты, но выбросы приписываются стране в которой эти товары потребляются. То есть объем выбросов при производстве корректируется на сальдо выбросов воплощенных во внешней торговле. Для проведения таких расчетов используется аппарат межрегионального межотраслевого баланса (MRIO). В рамках этого подхода продукция каждой страны разделяется на продукцию, которая производится и потребляется в этой же стране и продукцию, которая поступает во внешнеторговый оборот. Затем с использованием данных межотраслевых балансов (МОБ) торговых партнеров оцениваются воплощенные в них выбросы CO₂ и определяется сальдо «торговли» воплощенными в товарах выбросами. Параметры MRIO для разных стран оцениваются на базе данных проекта международной торговли (The Global Trade Analysis Project - GTAP). Точность таких расчетов можно определить в пределах $\pm 20\%$. Источниками неопределенности являются: разнесение выбросов CO₂ по отраслям межотраслевого баланса в каждой стране (как правило, степень детализации МОБ выше, чем степень детализации в инвентаризации ПГ), возможное несовпадение коэффициентов прямых затрат МОБ для товаров поступающих во внешнюю торговлю и используемых в стране производства товаров в силу различия в их номенклатуре, использование запаздывающих данных по МОБ и данных за разные годы для разных стран, различие в методиках перевода данных МОБ из цен одного года в цены другого года и др. Поскольку в каждой стране продукция для экспорта может производиться с использованием товаров не только местного производства, но и поступивших из других стран и даже прошедших многостадийную переработку в разных странах (энергоресурсов, материалов, комплектующих), постольку для оценки воплощенных в экспортных товарах ПГ могут использоваться разные подходы, что приводит к различию результатов полученных разными авторами. Плюсом такого подхода является возможность, используя инструмент межотраслевого баланса, учитывать как прямые, так и косвенные выбросы на всех стадиях производства продукции.

Согласно исследованию Г. Петерса и Э. Хертвика получается, что в России в 2001 г. эмиссия CO₂, оцененная со стороны производства (1503 млн. т CO₂) оказалась существенно выше эмиссии, оцененной со стороны потребления (1178 млн. т CO₂)¹¹. То есть чистая «утечка» эмиссии (325 млн. т) оказалась равна 27,5% от оценки выбросов CO₂ при потреблении (1178 млн. т без учета транспорта, сферы услуг и жилых зданий). Таким образом, доля выбросов оцененных по потреблению в России равна лишь 78% от выбросов, оцененных по производству. Самым крупным экспортером выбросов в 2001 г. был Китай (586 млн. т). Крупнейшими импортерами выбросов оказались США (439 млн. т), Япония (198 млн. т) и Германия (140 млн. т).

В другой работе Г. Петерса и др. дана средняя оценка чистой «утечки» (чистый экспорт) эмиссии из России в размере (337 млн. т или 23% от выбросов CO₂ при потреблении)¹². Для Китая эта оценка равна 878 млн. т. Схожая оценка для России за 2005 г. дана ОЭСР – 375 млн. т¹³. М. Брукнер и др. оценили выбросы CO₂ в России со стороны производства в 1995 г. равными 901 млн. т, а со стороны потребления – 715 млн. т. Соответствующие оценки для 2005 г. равны 1129 и 729 млн. т.¹⁴

¹¹ G. Peters and E. Hertwich. (2008). CO2 Embodied in International Trade with Implications for Global Climate Policy. *Environmental Science & Technology*. Vol. 42, Nj. 5, 2008. pp. 1401-1407.

¹² G. P. Peters, J.C. Minx, C.L. Weber, and O. Edenhofer. *Growth in emission transfers via international trade from 1990 to 2008*. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2011 May 24; 108(21): 8903–8908. Published online 2011 April 25. doi: [10.1073/pnas.1006388108](https://doi.org/10.1073/pnas.1006388108).

¹³ <http://www.oecd.org/sti/inputoutput/co2>

¹⁴ M. Bruckner, S. Giljum, C. Lutz and K.S. Wiebe. Consumption-based CO2 Emissions and Carbon Leakage: Results from the Global Resource Accounting Model GRAM Version from April 30, 2010 submitted to the International Conference on Economic Modeling (Ecomod 2010).

По оценкам К. Лутца и К. Вейбе позиция России как чистого экспортера выбросов сохранится до 2020 г., когда объем выбросов при оценке со стороны производства составит 1337-1480 млн. т, а со стороны спроса – 998-1081 млн. т. То есть, чистый экспорт эмиссии будет равен 339-416 млн. т.¹⁵

С. Дэвис и К. Калдейра приводят оценки удельных выбросов CO₂ в расчете на единицу экспорта и импорта в России равные в 2004 г. соответственно 2,43 и 0,85 кгCO₂/долл. на единицу товарного импорта и экспорта соответственно¹⁶. Эти оценки с учетом дефлирования можно использовать для проведения упрощенных расчетов выбросов CO₂ оцененных на основе потребления.

В целом приведенные выше оценки показывают, что выбросы CO₂ воплощенные в потребляемых в России товарах и услугах равны лишь примерно 70% от выбросов, которые учитываются при инвентаризации на основе источников в процессах производства товаров и услуг.

1.8. ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Резюмируя результаты сравнения инвентаризации выбросов ПГ на основе данных Национального доклада и ЦЭНЭФ, можно сформулировать следующие основные выводы:

- ⇒ МГЭИК рекомендует делать оценку выбросов парниковых газов на основе энергетических балансов. «Баланс энергоресурсов» РФ в формате предлагаемом Росстатом, не позволяет эффективно использовать такую возможность. Поэтому ЦЭНЭФ в качестве основного методического подхода к оценке эмиссии ПГ использует сформированный им единый топливно-энергетический баланс (ЕТЭБ).
- ⇒ Данные по сжиганию топлива в секторе «энергетические отрасли» Национального доклада и оценки на основе ЕТЭБ ЦЭНЭФ различаются сравнительно мало, особенно при производстве электрической и тепловой энергии. Для нефтепереработки и добычи топлива различия более существенные;
- ⇒ Данные по сжиганию топлива в секторе «обрабатывающая промышленность и строительство» Национального доклада и оценки на основе ЕТЭБ ЦЭНЭФ различаются только на 0,1%. Однако, поскольку группировка данных по промышленности осуществлена разными способами, по отдельным направлениям использования энергии различия существенны;
- ⇒ Оценки эмиссии парниковых газов от сжигания топлива на объектах «прочих секторов» оказались близкими для жилищного сектора. По остальным секторам, как и в целом по «прочим секторам», расхождения довольно значительные, что объясняется различием в определении объемов потребления топлива в этих секторах. Полученные ЦЭНЭФ оценки можно считать более надежными;
- ⇒ Сравнение данных о потреблении топлива на транспорте Национального доклада и ЦЭНЭФ показывает наличие существенных расхождений по всем видам транспорта, за исключением трубопроводного;
- ⇒ В целом, по данным Национального доклада можно выделить 17 секторов-источников эмиссии для последующего проведения факторного анализа. Детализация инвентаризации ЦЭНЭФ позволяет провести такой анализ по 44

¹⁵ C. Lutz and K.S. Wiebe. Consumption-based carbon emissions in a post-Kyoto regime until 2020. Paper for the Final WIOD Conference: Causes and Consequences of Globalization. Groningen, The Netherlands, April 24-26, 2012

¹⁶ S.J. Davis and K. Caldeira. (2010). Consumption based accounting of CO₂ emissions. PNAS/ March 23, 2010, Vol. 107, No.12. pp. 5687-5692.

секторам и более адекватно отражает разнесение выбросов по таким секторам как промышленность, автомобильный транспорт и сфера услуг. Проведение декомпозиционного анализа на этих двух множествах данных позволит взаимно проверить и дополнить их результаты;

- ⇒ Сумма всех выбросов от всех источников в секторе «энергетика», оцененных в Национальном докладе, получилась довольно близкой оценкам ЦЭНЭФ. Поэтому результаты факторного анализа на более детализированной базе данных по источникам выбросов, который проведен на основе оценок ЦЭНЭФ, можно считать в достаточной мере отражающими ситуацию с выбросами ПГ в России;
- ⇒ Авторам Национального доклада необходимо уделять более серьезное внимание вопросу сопоставления оценок и выявлению ошибок в оценках зарубежных источников. Это особенно важно, поскольку аналитическое и политическое сообщества часто пользуются именно данными этих источников, а не данными Национального доклада;
- ⇒ Выбросы CO₂ воплощенные в потребляемых в России товарах и услугах равны примерно 70% от выбросов, которые учитываются при инвентаризации на основе источников в процессах производства товаров и услуг. Этот аспект может быть важен в политических дискуссиях об ответственности и равенстве при формулировании обязательств по контролю за выбросами ПГ.

2. Анализ факторов, определивших динамику выбросов парниковых газов, на основе данных Национального доклада о кадастре

2.1. Методические подходы и информационная база

Задачи декомпозиционного (факторного) анализа динамики выбросов парниковых газов сводятся к тому, чтобы:

- ⇒ Показать, за счет каких основных факторов (роста ВВП и экономической активности в секторах, являющихся источниками выбросов, с учетом разницы в ее динамике по секторам, удельных расходов топлива или энергии на единицу экономической активности, удельных выбросов CO₂ или нескольких ПГ на единицу сожженного или произведенного топлива и др. при наличии более широкой базы данных для анализа) происходит динамика выбросов ПГ;
- ⇒ Определить вклад управляемых и неуправляемых (динамика ВВП под влиянием деловых циклов и т.п.) факторов;
- ⇒ Вычленить и оценить роль технологического фактора;
- ⇒ Понять, какова роль структурной, технологической и экологической политики в определении динамики выбросов ПГ;
- ⇒ Понять, насколько факторы, определяющие динамику выбросов, связаны между собой, и оценить количественно степень такой связи;
- ⇒ Определить потенциал дальнейшего снижения выбросов за счет продолжения совершенствования структуры экономики, внедрения новых энергоэффективных и низкоуглеродных технологий, совершенствования топливно-энергетического баланса страны;
- ⇒ Сформировать основы для прогнозирования динамики выбросов и выяснить, какие обязательства по контролю эмиссии ПГ может взять на себя Россия;
- ⇒ Сформировать базу для постоянного мониторинга вклада отдельных факторов в динамику выбросов и включать результаты на постоянной основе в Национальный доклад;
- ⇒ Повысить эффективность и обоснованность разработки политики РФ по контролю над выбросами ПГ.

Для решения этих задач на основе тождества Й. Кайи (см. ниже) проводится определение вклада отдельных факторов в динамику выбросов ПГ. Существует множество модификаций тождества Й. Кайи. Конкретное его выражение определено не только целями исследования, но и возможностями его информационной базы.

В данной работе проводится декомпозиционный анализ на двух базах данных. В данном разделе используются данные Национального доклада по кадастру ПГ, а в следующем – данные инвентаризации ЦЭНЭФ. Эти две базы данных позволяют с разной степенью

детализации проводить факторный анализ. База данных Национального доклада позволяет охватить более широкий горизонт анализа – 1990-2010 гг., а база данных ЦЭНЭФ – более широкий спектр секторов и больший набор факторов.

Данные Национального доклада, дополненные ЦЭНЭФ данными по индикаторам экономической активности, позволяют выявить вклад только трех факторов:

- ⇒ роста ВВП и экономической активности в секторах, являющихся источниками выбросов с учетом разницы в ее динамике по секторам;
- ⇒ удельных расходов топлива на единицу экономической активности;
- ⇒ удельных выбросов ПГ на единицу сожженного или произведенного топлива.

Анализ проводится на четырех уровнях детализации:

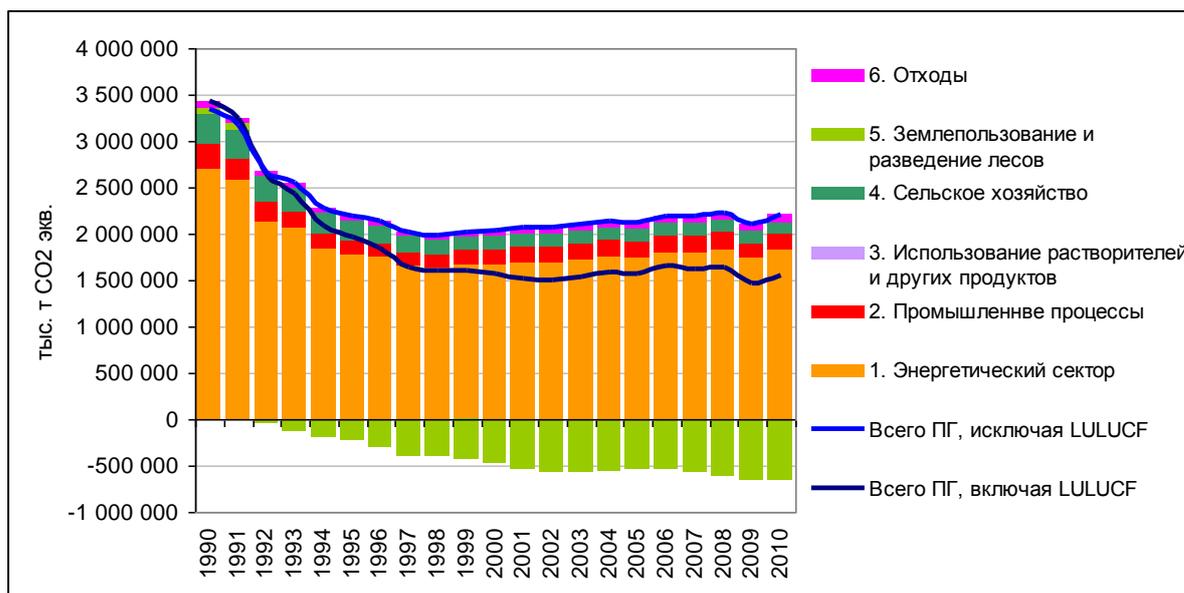
- ⇒ только для CO₂ при сжигании топлива;
- ⇒ для CO₂, CH₄ и N₂O при сжигании топлива;
- ⇒ для CO₂, CH₄ и N₂O от технологических выбросов;
- ⇒ для CO₂, CH₄ и N₂O при сжигании топлива и от технологических выбросов.

В данной главе используются только данные Национального доклада по выбросам ПГ в 1990-2010 гг.

2.2. Динамика и структура выбросов ПГ в секторе «энергетика»

Данные Национального доклада позволяют провести анализ динамики и структуры выбросов ПГ в Российской Федерации в 1990-2010 гг. В этот период существенно сократились выбросы и выросли объемы стоков. Наиболее существенное снижение выбросов происходило в 1990-1998 гг. (рис. 2.1).

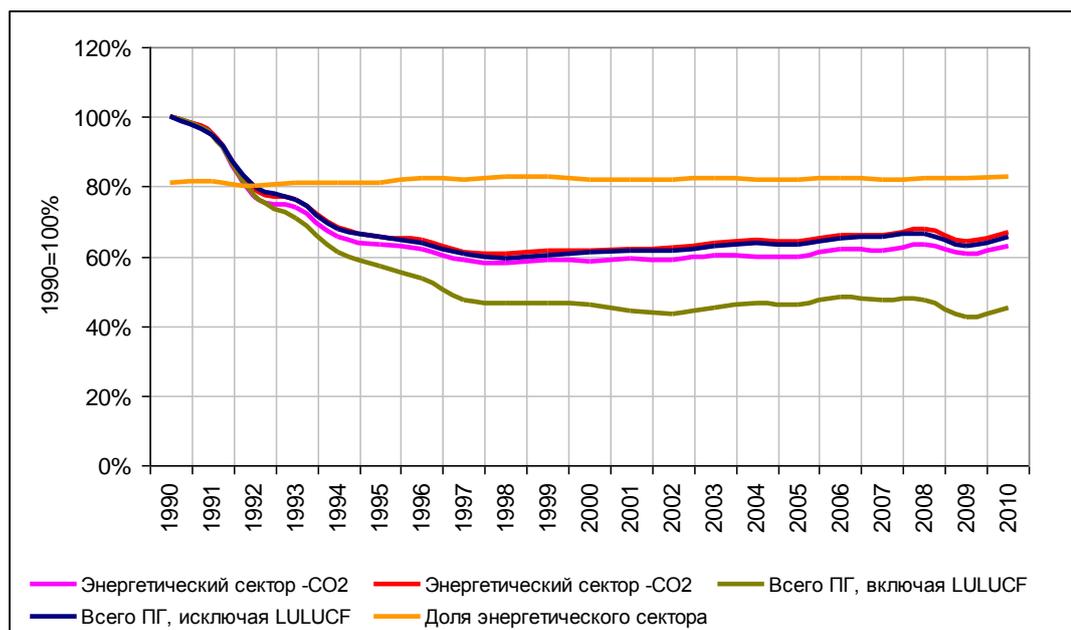
Рисунок 2.1 - Динамика и структура выбросов по основным секторам в Российской Федерации



Источник: ЦЭНЭФ по данным Национального доклада

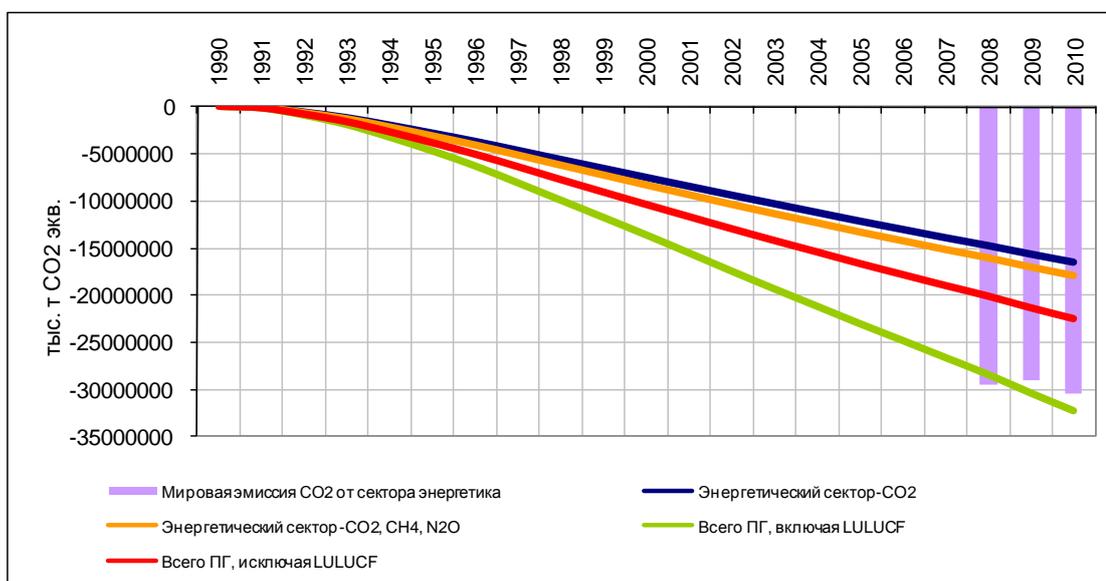
Затем выбросы стали медленно расти, что компенсировалось ростом стоков. В итоге в 2010 г. в России выбросы и стоки всех ПГ из всех источников оказались на 55% ниже уровня 1990 г. (рис. 2.2). Это один из самых высоких показателей снижения в мире. Выбросы ПГ энергетическим сектором в 2010 г. были ниже 1990 г. на 33%, а выбросы CO₂ – на 37%. После 1998 г. выбросы росли очень медленно. Доля энергетического сектора в суммарном объеме выбросов (без учета стоков) на всем периоде колебалась в пределах 80-83%, иными словами, этот сектор доминировал в структуре выбросов. В 1991-2010 гг. кумулятивное снижение выбросов ПГ в России (с учетом стоков) составило 32,3 млрд. т CO₂-экв. (рис. 2.3). Это больше глобального годового выброса CO₂ от сектора «энергетика», равного 30,4 млрд. т CO₂-экв.

Рисунок 2.2 - Динамика выбросов CO₂ и всех ПГ в Российской Федерации



Источник: ЦЭНЭФ по данным Национального доклада

Рисунок 2.3 - Динамика кумулятивного снижения выбросов ПГ в Российской Федерации



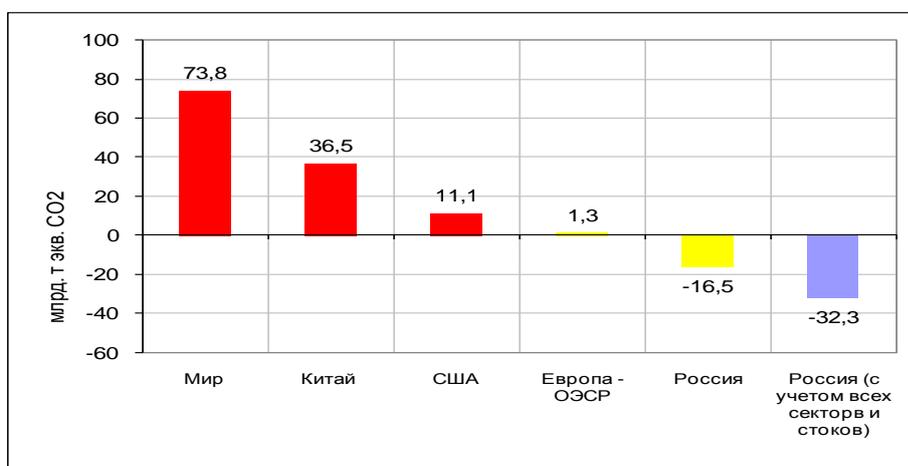
Источник: ЦЭНЭФ по данным Национального доклада

Если выбросы CO₂ от сектора «энергетика» в мире выросли на 45%, то в России они снизились на 37%. Даже если брать кумулятивное снижение выбросов CO₂ только от сектора «энергетика» в России за 1991-2010 гг., то:

- ⇒ оно составило 54% от суммарной глобальной эмиссии CO₂ в 2010 г.;
- ⇒ почти равно 5-летней эмиссии ЕС (снижение выбросов в 1991-2010 на 12%);
- ⇒ превышает 3-летнюю эмиссию США (рост в 1991-2010 гг. на 10,3%);
- ⇒ превышает 2-летнюю эмиссию Китая (рост в 1991-2010 гг. на 223%).

Таким образом, в 1991-2010 гг. Россия являлась мировым лидером по кумулятивному снижению выбросов ПГ и в значительной степени компенсировала кумулятивный прирост выбросов в других регионах мира (на 22% в мире, на 45% в Китае, с запасом в США, см. рис. 2.4).

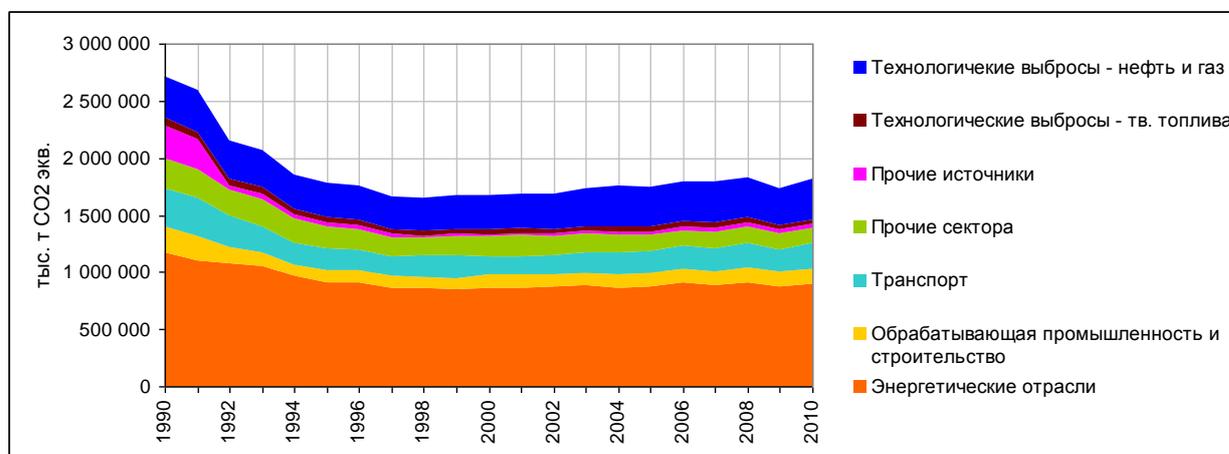
Рисунок 2.4 - Приросты суммарных выбросов ПГ в мире в целом и в разных регионах в 1991-2010 гг. сверх уровня 1990 г.



Источник: ЦЭНЭФ по данным Национального доклада и МЭА

Предметом анализа в данной работе является только сектор «энергетика». Динамика выбросов всех ПГ, порожденных этим сектором, показана на рис. 2.5. Структура выбросов менялась только в 1990-1993 гг., а затем оставалась довольно стабильной (рис. 2.6).

Рисунок 2.5 - Динамика выбросов ПГ в секторе энергетика

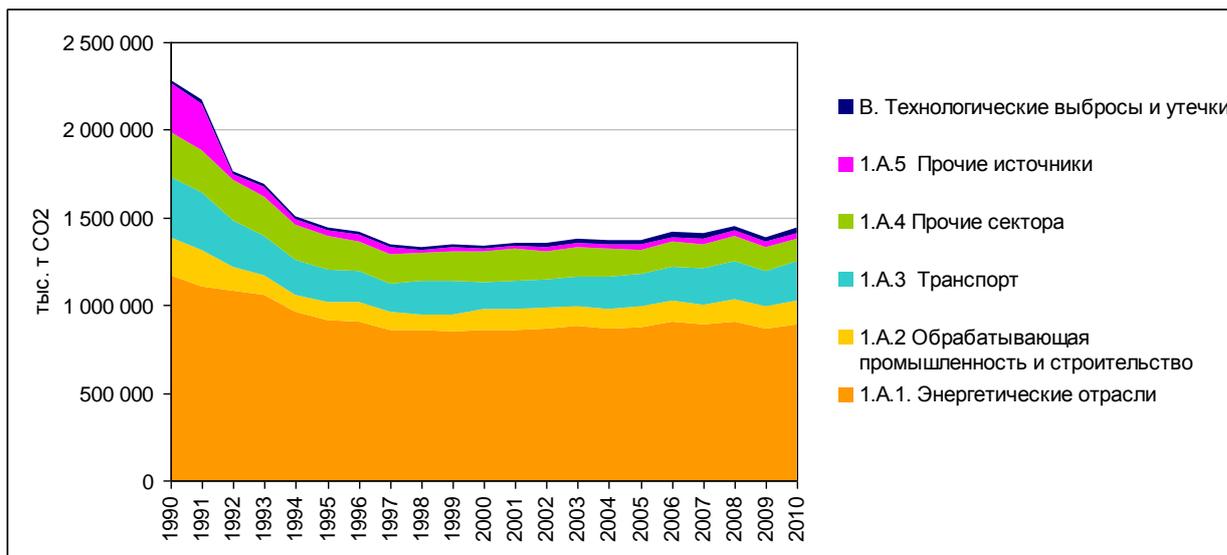


Источник: ЦЭНЭФ по данным Национального доклада

В структуре выбросов доминируют энергетические отрасли и технологические выбросы и утечки от тех же энергетических отраслей. В целом, на отрасли ТЭК в 2010 г. пришлось 71% всех выбросов этого сектора. Доля технологических утечек и выбросов довольно значительна (22%), и их нельзя игнорировать в ходе анализа. На долю промышленности и строительства приходится 8%, на долю транспорта – 12%, сферы услуг, жилищного сектора и прочих секторов – 7%.

Динамика выбросов CO₂ в секторе «энергетика» практически получается за счет исключения из расчета технологических выбросов и утечек и коррекции на выбросы N₂O (рис. 2.7).

Рисунок 2.6 - Динамика выбросов CO₂ в секторе «энергетика»



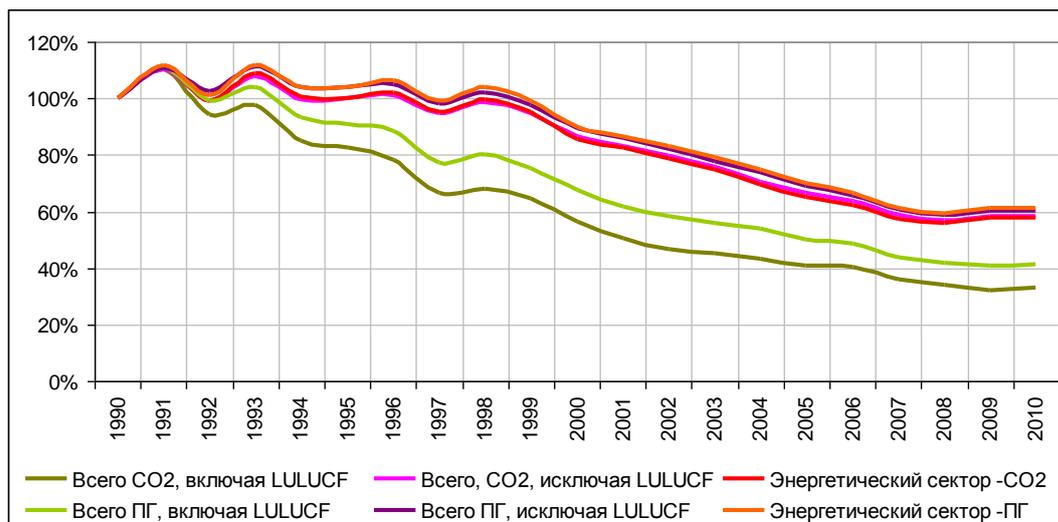
Источник: ЦЭНЭФ по данным Национального доклада

В структуре выбросов CO₂ снижается роль отраслей ТЭК до 64% в 2010 г. и растет доля других секторов (рис. 2.8). На долю промышленности и строительства приходится 10%, на долю транспорта – 15%, сферы услуг, жилищного сектора и прочих секторов – 10%.

Для выяснения факторов и причин динамики выбросов ПГ в России необходимо ввести в анализ дополнительные данные. Сначала вводится только ВВП. Это дает возможность оценить удельные выбросы всех ПГ и ПГ, порождаемых сектором «энергетика», на единицу ВВП (углеродоемкость ВВП, рис. 2.8). При расчетах, включающих все источники эмиссии и все стоки, получается, что «углеродоемкость» ВВП снизилась в 3 раза. При учете выбросов ПГ только от сектора «энергетика» «углеродоемкость» ВВП снизилась на 39%. При этом до 1993 г. она росла и только потом стада динамично снижаться.

При учете выбросов только CO₂ от сектора «энергетика» уже истинная углеродоемкость ВВП снизилась на 42% при таком же неровном характере динамики. Введение в анализ только параметра ВВП мало что проясняет в причинах динамики выбросов.

Рисунок 2.7 - Динамика удельных выбросов ПГ на единицу ВВП

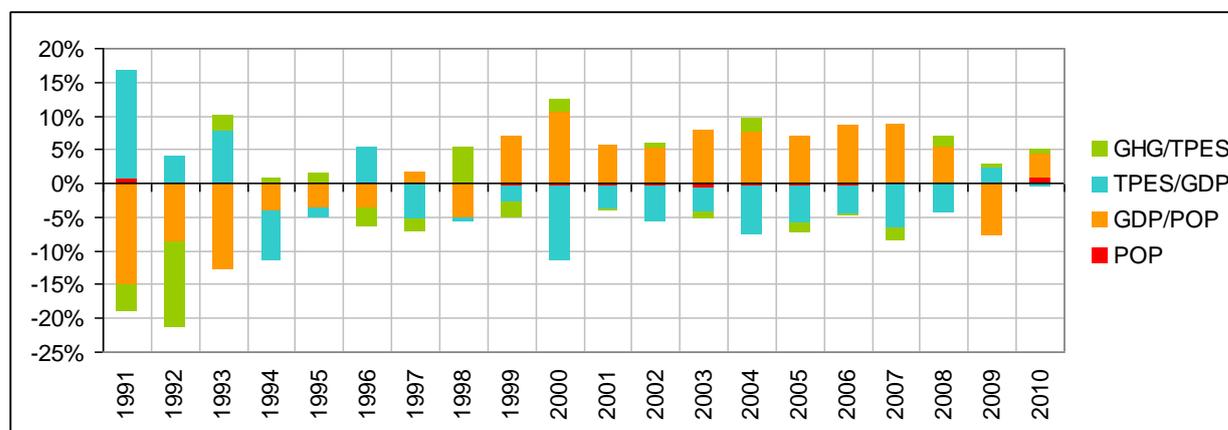


Источник: ЦЭНЭФ

На уровне анализа агрегированной динамики выбросов по сектору «энергетика» на следующем шаге, помимо ВВП (GDP), вводятся два дополнительных параметра, позволяющие сформировать тождество Кайи: численность населения (POP) и потребление первичной энергии (TPES). Разложение проведено только для сектора «энергетика» с использованием как данных по выбросам всех ПГ, так и данных по выбросам только CO₂ (рис. 2.9 и 2.10). Разложение ведется по темпам роста отдельных факторов. Полученные результаты выглядят довольно похоже (рис. 2.10 и рис. 2.11).

Динамика численности населения сказывалась незначительно. Важным фактором явился показатель динамики дохода – ВВП на душу населения. Его падение в 1991-1996 гг., 1998 г. и 2009 г. способствовало снижению выбросов. Напротив, его рост в прочие годы вел к повышению выбросов. Очевидно, что фактор изменения энергоемкости ВВП изменялся в противофазе с темпами экономического роста. Поэтому он в значительной степени нейтрализовал влияние фактора роста ВВП на душу населения и замедлял падение выбросов в годы кризисов и их рост в годы подъемов.

Рисунок 2.8 - Вклад отдельных факторов в годовую динамику выбросов ПГ в секторе «энергетика»

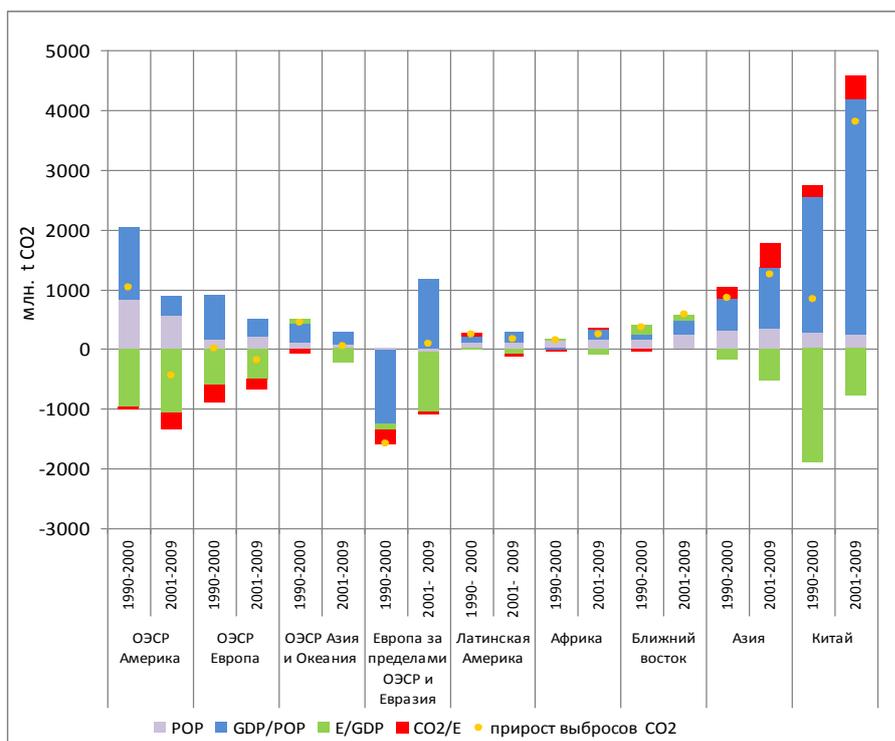


Источник: ЦЭНЭФ

Показатель удельного выброса ПГ на единицу энергии, или удельной углеродоемкости первичной энергии, в очень ограниченной степени влиял на динамику эмиссии. При этом

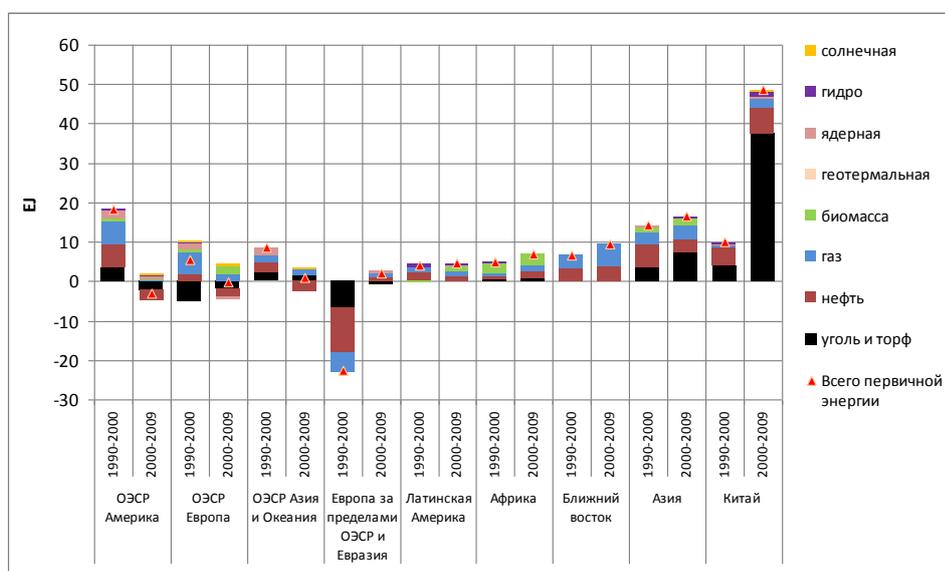
в отношении удельных выбросов всех ПГ он приводил в росту эмиссии в течение 10 лет из 20, а в отношении только CO₂ – в течение 8 лет. При этом оба показателя удельных выбросов ПГ на единицу энергии в 2010 г. превышали уровень 1992 г. То есть заметное снижение этого показателя длилось только два года, а затем России так и не удалось в течение последующих 18 лет снизить удельные выбросы ПГ и CO₂ в расчете на единицу первичной энергии. В этом отношении Россия оказалась ближе к развивающимся странам, чем к развитым (рис. 2.12 и рис. 2.13).

Рисунок 2.9 - Вклад отдельных факторов в изменение выбросов CO₂ сектором «энергетика» в разных регионах мира



Источник: ЦЭНЭФ

Рисунок 2.10 - Приросты потребления отдельных видов первичных энергоресурсов в разных регионах мира



США и странам Европы удалось заметно снизить углеродоемкость энергии в 2000-2009 гг. в основном за счет развития возобновляемых источников энергии при абсолютном снижении использования угля. В России такая политика отсутствовала.

Таким образом, в России в 1990-2010 гг. два основных фактора определяли динамику выбросов ПГ: рост экономики и повышение энергоэффективности, которые оказались связаны друг с другом через фактор структурных сдвигов. Причину этой связи, оставаясь на агрегированном уровне анализа, раскрыть нельзя. Для этого нужно существенно более детально, чем на рис. 2.5 и 2.7, представить структуру выбросов и определить факторы, определяющие динамику выбросов в каждом детализированном подсекторе (драйверы), понять, как изменялись показатели экономической активности в каждом из этих подсекторов, как менялись удельные расходы топлива на единицу активности, как менялись удельные выбросы на единицу потребляемого топлива, а затем получить интегральные характеристики вклада отдельных факторов.

2.3. Анализ факторов, определивших динамику выбросов CO₂ от сжигания топлива

2.3.1. Динамика показателей экономической активности

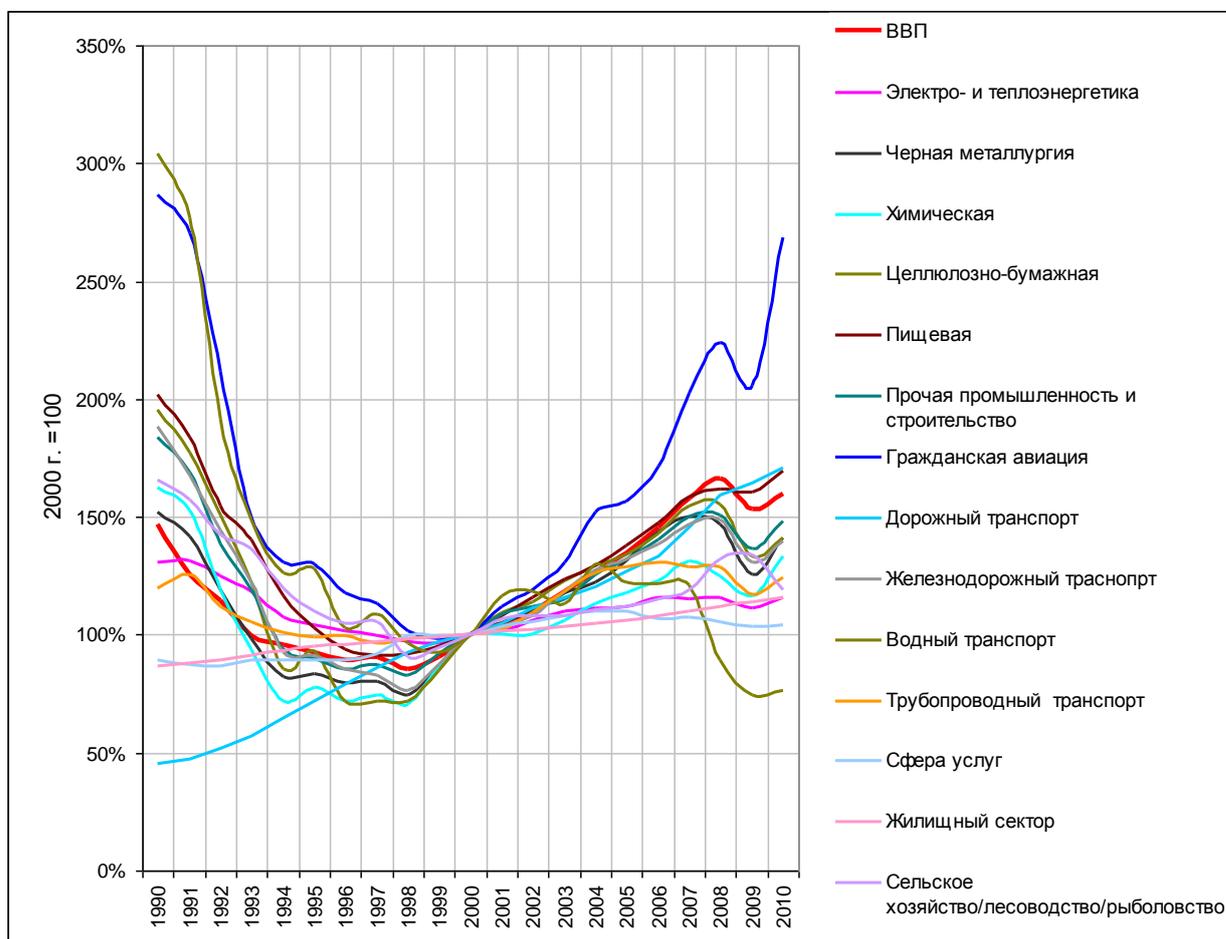
При анализе факторов, которые определяли выбросы CO₂ только от сжигания топлива, на основе данных Национального доклада можно выделить 15 основных источников выбросов, включая 6 источников в промышленности, 5 источников на транспорте и 4 источника в прочих секторах. Динамика показателей экономической активности для этих 15 источников выбросов показана на рис. 2.15.

В качестве показателей экономической активности для 6 источников в промышленности использовались индексы производства промышленной продукции в соответствующих отраслях, как наиболее адекватные характеристики изменения физических объемов продукции. Поскольку разделение энергетических отраслей на три источника – производство электрической и тепловой энергии, нефтепереработка и добыча топлива – стало производиться только с 2004 г., для этого сектора использовался индекс производства продукции. На долю этого источника в 2010 г. пришлось 92% всех выбросов CO₂ от подсектора «энергетические отрасли». Для транспорта использовались показатели транспортной работы – сумма грузооборота и пассажирооборота (только грузооборота на трубопроводном транспорте). Для дорожного транспорта использовался показатель числа транспортных средств (легковых и грузовых автомобилей и автобусов). Для жилищного сектора в качестве экономического индикатора использовалась площадь жилых зданий. Росстат не дает данных по площади организаций сферы услуг. Поэтому для этого сектора использовался составной индекс на основе данных о динамике числа учреждений образования и здравоохранения, а также числа занятых в сфере торговли. Поскольку прочие источники выбросов не расшифровываются, то для них использовался индекс роста ВВП.

При общем сходстве динамики этих показателей – спад в 1991-1998 гг. и рост начиная с 1999 г. – темпы изменения всех показателей экономической активности довольно существенно различались. Эти различия являются важным фактором, определяющим динамику выбросов. Так, показатель индекса производства по виду экономической деятельности «производство и распределение электроэнергии, газа и воды» менялся намного медленнее, чем ВВП, а именно эта сфера деятельности является главным

источником выбросов CO₂ от сжигания топлива. Показатели числа автотранспортных средств и площади жилых зданий в отличие от других индикаторов росли на протяжении всего периода 1991-2010 гг. Влияние разности в скорости изменения показателей экономической активности отражает роль структурного фактора (выражения 1-3).

Рисунок 2.11 - Динамика основных индикаторов экономической активности по секторам – источникам выбросов CO₂



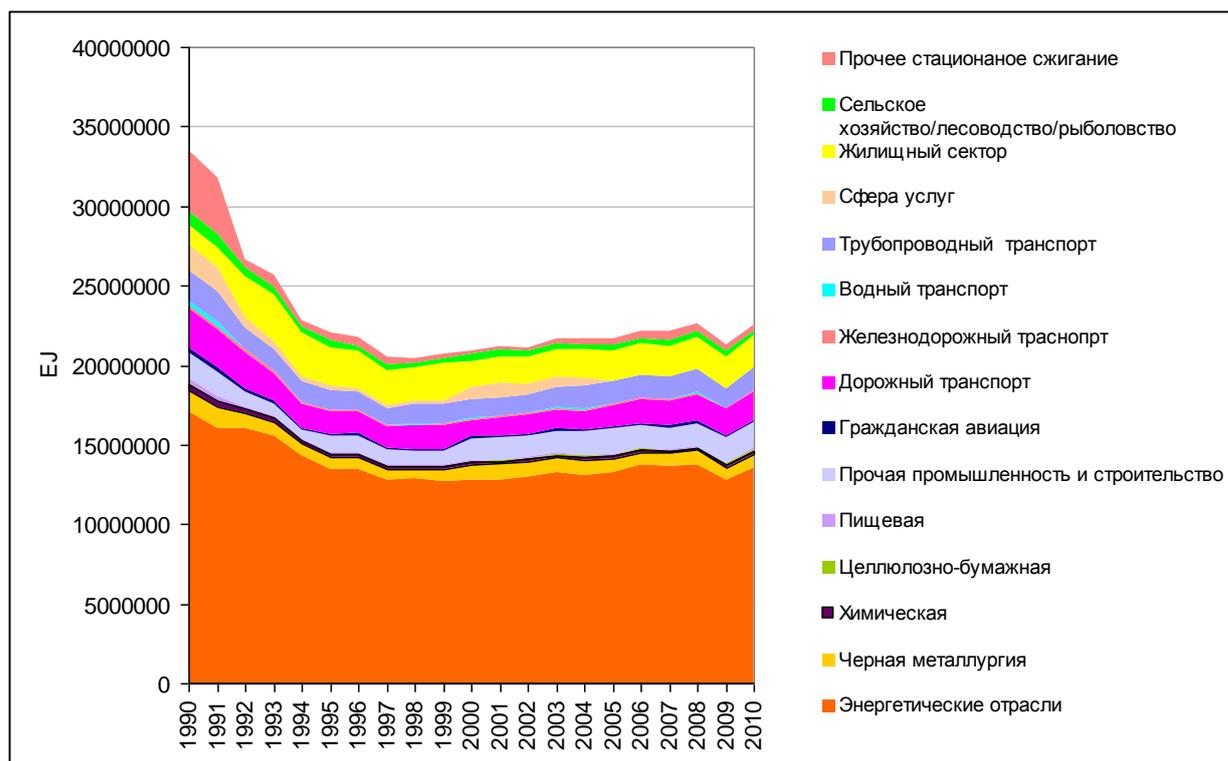
Источник: ЦЭНЭФ по данным Росстата

2.3.2. Динамика потребления топлива

Вслед за динамикой экономической активности изменялось потребление топлива в указанных 15 секторах – источниках выбросов. Потребление топлива дается включая потребление биомассы. Динамика суммарного потребления топлива в значительной мере определена динамикой его потребления в подсекторах «энергетические отрасли», «автомобильный транспорт» и «жилые здания». Сравнительно высокая по мировым стандартам доля подсектора «энергетические отрасли» определена высоким уровнем теплофикации и централизованного теплоснабжения.

Важно определить динамику удельных расходов топлива на единицу экономической активности. Удельные расходы топлива существенно отличаются от удельных расходов энергии, поскольку в электро- и теплоэнергетике они не учитывают энергию от АЭС, ГЭС, ГеоТЭС и НВИЭ, а в секторах конечного потребления энергии они не учитывают электроэнергию, и теплоэнергию от централизованных источников, а также от децентрализованных на основе НВЭИ.

Рисунок 2.12 - Динамика потребления топлива по секторам – источникам выбросов CO₂



Источник: ЦЭНЭФ по данным Национального доклада

Анализ динамики удельных расходов топлива на единицу экономической активности по секторам – источникам выбросов CO₂ (рис. 2.17) показал, что для многих показателей характерна высокая степень неравномерности динамики показателей, хотя **в жизни** они изменяются существенно более плавно.

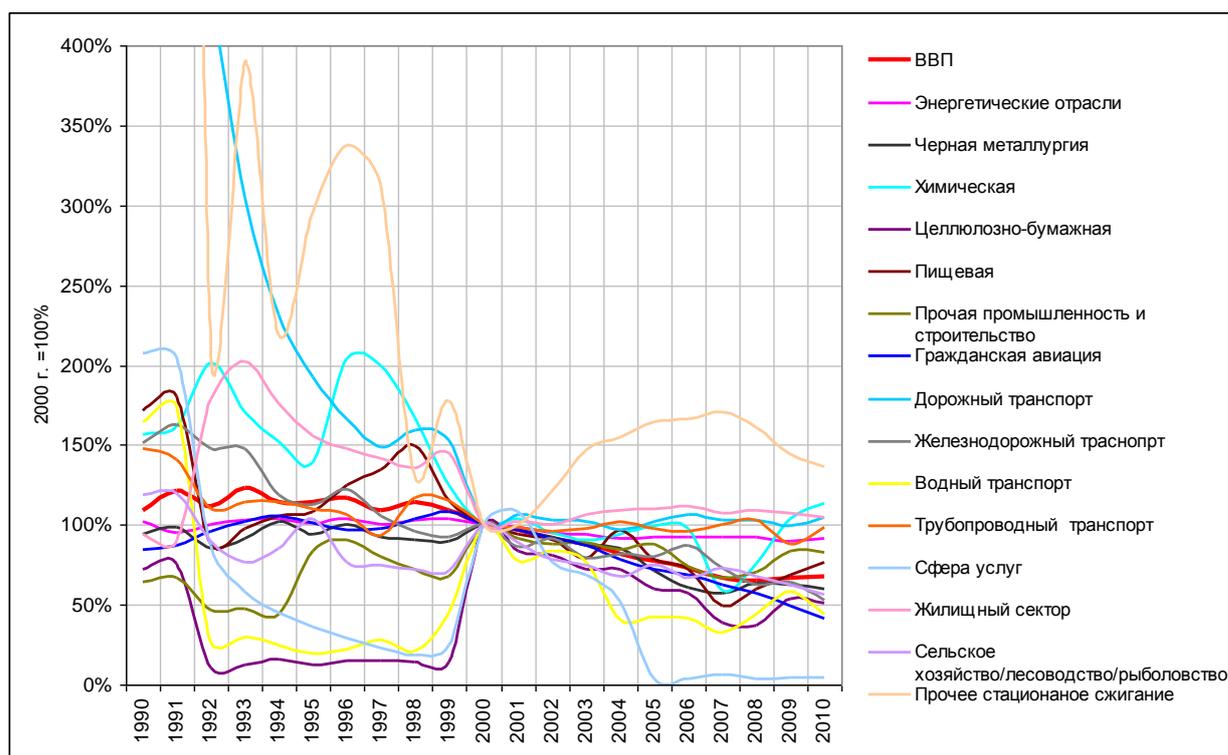
Причин неустойчивой динамики удельных расходов топлива может быть несколько:

- ⇒ неадекватность индексов экономической активности (во многих случаях не продукты, не работа а индексы производства);
- ⇒ низкая надежность данных по потреблению топлива;
- ⇒ изменение систем статистического учета в течение 1990-2010 гг.

Как показывает анализ, главная причина – низкая надежность данных по потреблению топлива для многих источников выбросов CO₂ от сжигания топлива. Данные по потреблению топлива для этих секторов не проходят тест на динамическую устойчивость. По многим показателям имеет место резкий перелом в 2000 г. После 2000 г. довольно неустойчив показатель для сферы услуг: в 2006 г. происходит его резкое падение. Остальные удельные показатели более устойчивы после 2000 г.

Важно также отметить рост удельных расходов топлива на дорожном транспорте и в жилом секторе в 2010 г. по сравнению с уровнем 2000 г., а также очень медленное их снижение в электро- и теплоэнергетике.

Рисунок 2.13 - Динамика удельных расходов топлива на единицу экономической активности по секторам – источникам выбросов CO₂



Источник: ЦЭНЭФ

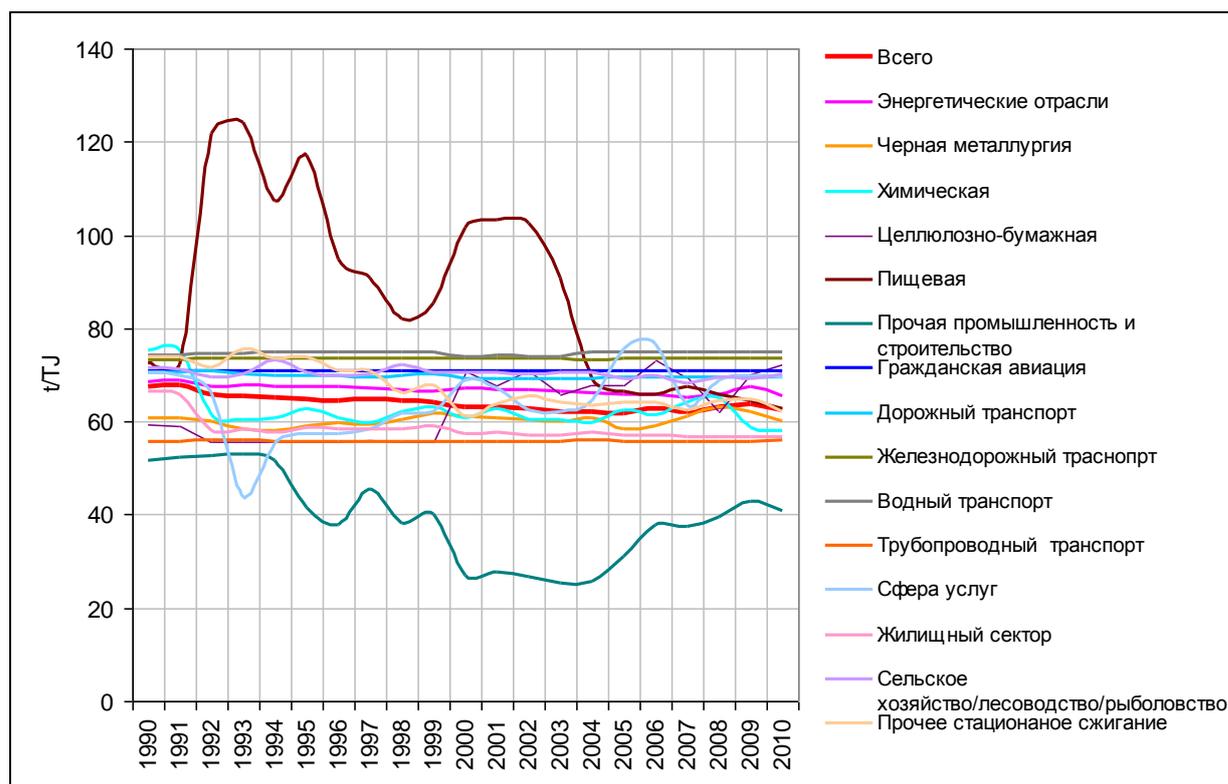
2.3.3. Динамика удельных выбросов

Последний фактор, который влияет на динамику выбросов, – удельные выбросы CO₂ на единицу расхода топлива (рис. 2.18). В отношении этих показателей следует отметить, что:

- ⇒ их динамика в 1990-2010 гг. довольно устойчива, за исключением только двух секторов: пищевой промышленности и прочей промышленности и строительства;
- ⇒ причины нестабильности динамики удельных выбросов по пищевой промышленности и прочей промышленности и строительства следует выяснять, но столь резких колебаний этого показателя быть не должно;
- ⇒ в 2010 г. по сравнению с 1990 г. удельные выбросы выросли в целлюлозно-бумажной промышленности и на водном транспорте;
- ⇒ в 2010 г. по сравнению с 2000 г. удельные выбросы выросли в целлюлозно-бумажной промышленности, в прочей промышленности и строительстве, на дорожном и водном транспорте, в сфере услуг и по прочему стационарному сжиганию.

Это означает, что после 2000 г. по многим видам деятельности структура потребляемых топлив изменялась в пользу более углеродоемких их видов, и декарбонизации топлив за счет роста использования природного газа или биомассы не происходило.

Рисунок 2.14 - Динамика удельных выбросов CO₂ на единицу расхода топлива по секторам – источникам выбросов



Источник: ЦЭНЭФ по данным Национального доклада

2.3.4. Результаты декомпозиционного анализа за 1990-2010 гг. на основе данных Национального доклада о кадастре

«Спагетти», изображенные на рис. 2.15, 2.17 и 2.18, не позволяют получить представление о том, какие факторы и в какой степени определяли интегральную динамику выбросов CO₂ от сжигания топлива. Для выявления их роли ниже проведен анализ по расчетной схеме, описанной в разделе 2.2.

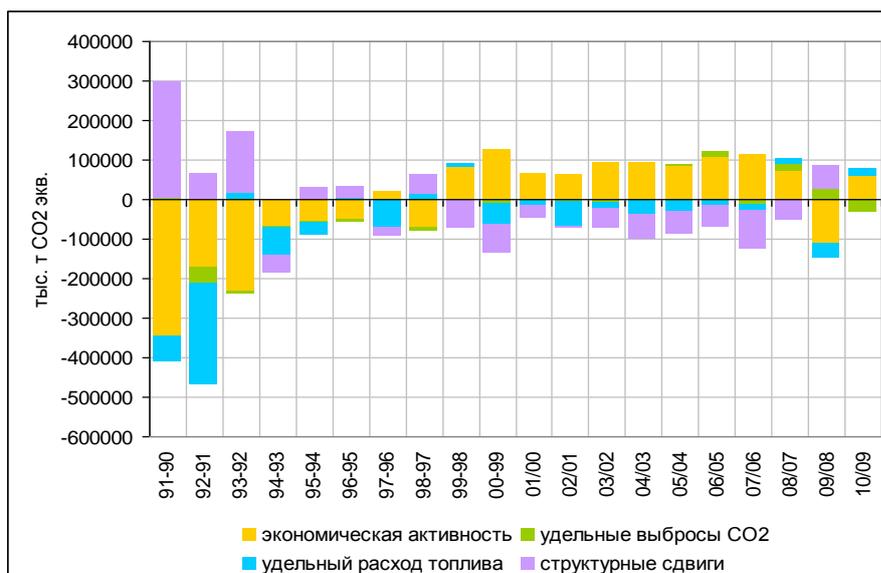
Изменение выбросов CO₂ представлено как результат сочетания влияния следующих факторов: роста экономической активности, структурных сдвигов в экономике (за счет разной скорости изменения показателей экономической активности по сравнению с ВВП); изменения удельных расходов топлива на единицу экономической активности и изменения удельных выбросов CO₂ на единицу расхода топлива.

Для выявления вклада этих факторов проводится декомпозиционный анализ. Анализ проводился для 15 секторов – источников выбросов от сжигания топлива. Результаты декомпозиционного анализа на основе данных Национального доклада дают результаты, близкие изображенным на рис. 2.11, но теперь выраженные в объемах эмиссии. Фактор снижения энергоемкости на рис. 2.11 теперь разбивается на два: вклад структурных сдвигов в экономике и изменение удельных расходов топлива.

Вплоть до 1995 г. падение экономической активности приводило к снижению выбросов. Это затем повторялось в годы кризисов: 1998 г. и 2009 г. В 2009 г. за счет этого фактора выбросы снизились на 113,4 млн. т CO₂. Снижение выбросов в 1991-1996 гг. за счет падения экономической активности проходило неравномерно в разных секторах.

Медленно снижалась активность в энергетических отраслях, а в жилом секторе и на автомобильном транспорте она росла. Поэтому падение ВВП сопровождалось существенно более медленным падением выбросов, поскольку оно было в значительной мере нейтрализовано структурными сдвигами в экономике. То же самое происходило в 1998 г. и 2009 г. Другими словами, поскольку основными источниками выбросов являются сектора, слабо подверженные циклическим колебаниям экономической конъюнктуры – энергетические отрасли, жилищный сектор и автомобильный транспорт, – при падении ВВП структурный фактор относительно замедляет падение выбросов, а при росте ВВП, напротив, замедляет их рост.

Рисунок 2.15 - Вклад четырех факторов в годовую динамику выбросов CO₂ от сжигания топлива



Источник: ЦЭНЭФ

Вопрос: при каких темпах роста ВВП вклад фактора структурных сдвигов минимальный?
 Ответ: при отсутствии роста ВВП (рис. 2.20). При дополнительном росте ВВП на 1% вклад структурного фактора нейтрализует рост выбросов CO₂ на 0,65%. При падении ВВП на 1% он, напротив, на такую же величину замедляет падение выбросов. Таким образом, при прочих равных условиях, на каждый процент роста ВВП выбросы растут только на 0,35%. На ближайшую перспективу темпы роста ВВП России составят около 3,7-3,8% в год. Это значит, что при прочих равных условиях выбросы CO₂ будут расти только на 1,3% в год. При сохранении средних темпов снижения удельного потребления топлива (2,1% в год в 1990-2010 гг.) и средних темпов снижения удельного содержания углерода в топливе (0,4% в год) выбросы CO₂ могут снижаться более чем на 1% в год.

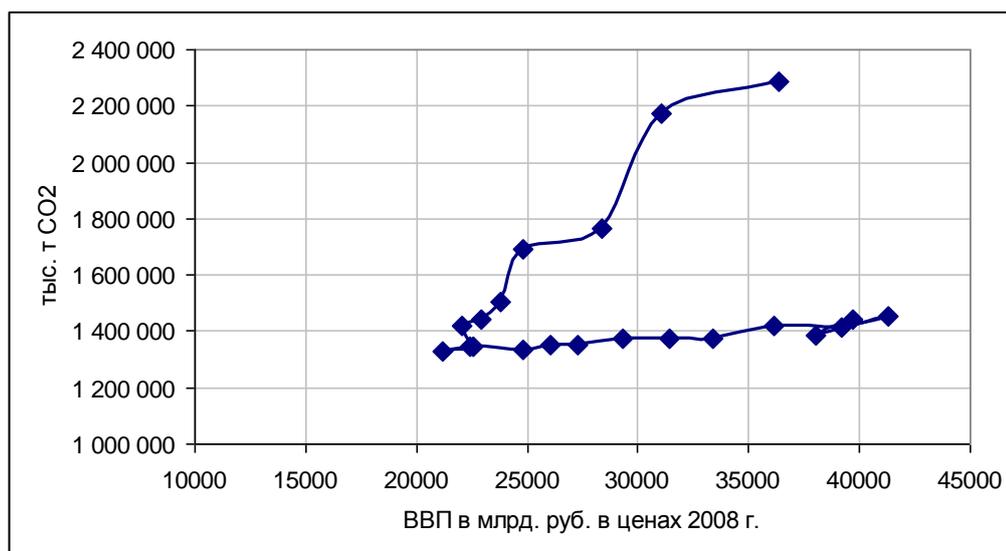
То, что ранее было отнесено к снижению энергоёмкости (рис. 2.11), на самом деле в основном является результатом неравномерности динамики разных секторов и не имеет отношения к технологическому прогрессу в повышении энергоэффективности. В годы экономического роста – 1997 г., 1999-2008 гг. – структурный фактор в значительной степени сдерживал рост выбросов.

В 2010 г. он практически был нейтральным. Таким образом, можно сказать, что политика структурного реформирования российской экономики – снижение доли оборонного комплекса, рост доли сферы услуг, снижение производства на энерго- и материалоемких предприятиях, которые не выдержали конкуренции в 90-е годы – внесла существенный вклад в торможение выбросов и практического «декаплинга» (роста экономики при стабилизации выбросов CO₂). При этом Россия оказалась единственной страной в мире,

обеспечившей практически декаплинг при высоких темпах роста экономики. ВВП России в 1998-2010 гг. вырос на 87,4%, а выбросы CO₂ – только на 8,6%, то есть росли в среднем в год в 8 раз медленнее.

Жизнь полностью посрамила тезисы А. Илларионова о том, что сдерживание выбросов CO₂ чревато для России потерями экономического роста. Если бы в 2006-2008 гг. российская экономика росла без перегрева (примерно на 5% в год), не стараясь воплотить еще один ложный тезис А. Илларионова об удвоении ВВП за 7 лет, то, возможно, прироста выбросов CO₂ в 1998-2010 гг. не было бы вовсе.

Рисунок 2.16 - Динамика ВВП и выбросов CO₂



Источник: ЦЭНЭФ

Помимо специальных мер, направленных, главным образом, на смягчение последствий изменения климата и потенциально сопряженных с дополнительными затратами, существуют также «рамочные» или «фоновые» меры, которые обеспечивают очень существенное сокращение выбросов в качестве побочного эффекта структурных и рыночных реформ. В 1990-х годах многие страны с переходной экономикой, развитые и развивающиеся страны провели радикальные рыночные реформы, включая макроэкономические стабилизационные пакеты мероприятий, либерализацию финансовой системы, налоговые реформы, приватизацию государственных предприятий, либерализацию торговли и энергетических рынков. Принятые меры были, главным образом, обусловлены желанием повысить общую эффективность экономики, но они оказали значительное влияние на выбросы через воздействие на мотивацию, на уровни экономической активности, на структуру производства, технологии, модели потребления и энергоиспользование¹⁷. Значительная часть снижения выбросов парниковых газов, достигнутого в России, Германии, Великобритании и на Украине, является следствием такой «рамочной» политики.

Снижение выбросов в России явилось следствием перехода России к рыночной экономике и может рассматриваться как результат проводимой политики демилитаризации, дерегулирования, приватизации, либерализации цен, демонополизации, структурных изменений, перехода на природный газ, деятельности по повышению эффективности

¹⁷ См. подробнее в Башмаков И.А. и К. Джемпа. Политика, меры и инструменты для смягчения последствий изменения климата. Тезисы докладов. Всемирная конференция по изменению климата. М., Россия. 29 сентября - 3 октября 2003. сс. 492-520.

использования энергии. В начале 1990-х годов Россия заплатила колоссальную цену – 4000 долл. США/т CO₂ – за это снижение эмиссии парниковых газов¹⁸.

Любая внутренняя политика оказывает прямое или косвенное влияние на эмиссию. Этот аргумент является ключом к дискуссиям о «горячем воздухе», выводя на передний план сложные вопросы о распределении эффектов снижения эмиссии между «специфическими» и «рамочными» мерами, предпринимаемыми на национальном уровне. Вряд ли оправдано навешивание на единицы снижения эмиссии различных политических или цветных ярлыков («зеленые», «горячий воздух» и т.д.).

Специфическая политика смягчения климата должна быть скоординирована с рамочной политикой. Последняя не только имеет значительный косвенный эффект снижения выбросов парниковых газов, но и создает условия для эффективной реализации специфической политики смягчения последствий изменения климата. Таким образом, важны последовательность и комбинация специфических мер и структурных реформ.

Многие «специфические» политические решения уже находятся в стадии реализации. Эффективность политики в значительной мере обусловлена социальными условиями, в которых она реализуется, в том числе наличием или отсутствием рациональности при принятии решений вследствие лоббирования заинтересованными группами, инерцией и затратами на разработку и реализацию политики, воздействием системы ценностей и т.д. Эти соображения так же важны при оценке политики, как, например, ее экологическая или экономическая эффективность, воздействие на распределение доходов, доходы государства или дополнительные эффекты.

Фактор удельных расходов топлива также существенно сказывался на динамике выбросов¹⁹. Исключениями явились 1993 г., 1996 г., 1998-1999 гг., 2008 г. и 2010 г. Наиболее значительным его вклад был в год начала реформ – 1992 г. – за счет резкого снижения использования угля в промышленности. Фактор удельных выбросов CO₂ оказывал умеренное воздействие на динамику выбросов, играя то на их понижение, то на рост. Наиболее значимым его влияние было в 1992 г. и 2010 г.

Если брать только период после 1998 г., то получается, что три рассмотренных фактора практически нейтрализовали рост выбросов CO₂, порождавшийся экономическим ростом. На долю структурных сдвигов в экономике пришлось 64% снижения выбросов; на долю изменения удельных расходов топлива на единицу экономической активности – 32%; и на долю изменения удельных выбросов CO₂ на единицу расхода топлива – 4%.

2.3.5. Анализ факторов, определявших технологические выбросы и утечки

На долю технологических выбросов и утечек приходится около 22% всех выбросов ПГ от сектора «энергетика». Поэтому важно провести анализ факторов, определяющих их динамику. Набор факторов в этом случае сокращается с четырех до трех: экономическая активность, структурные сдвиги, изменение удельных выбросов ПГ на единицу экономической активности. Все показатели для расчета – экономической активности и объемов выбросов – взяты из Национального доклада. Тестирование данных на динамическую устойчивость выявило наличие отдельных проблем.

Основная часть коэффициентов выбросов стабильна на всем интервале анализа. Однако часть коэффициентов выбросов – удельные выбросы при добыче угля подземным способом, на одну нефтяную и газовую скважину – снижается. Это может быть

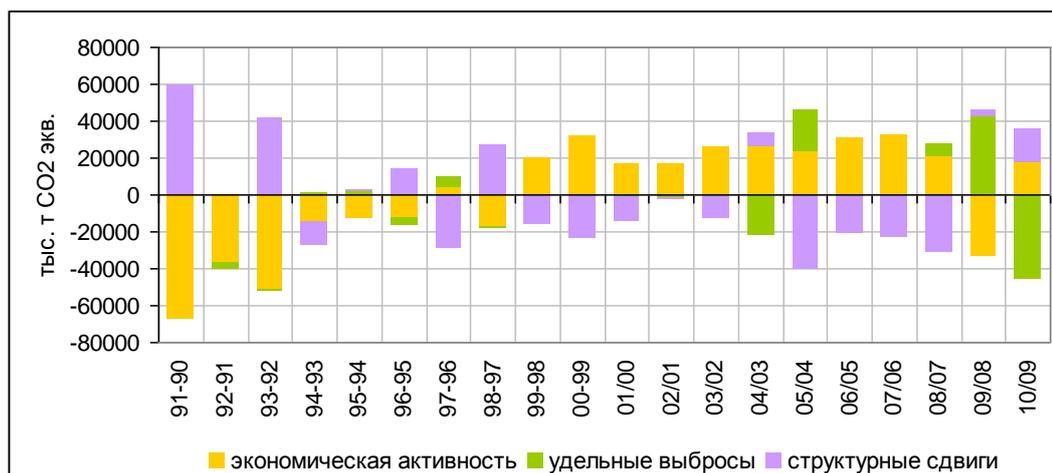
¹⁸ Bashmakov I. Costs and benefits of CO₂ emission reduction in Russia. In “Costs, Impacts, and Benefits of CO₂ Mitigation”. Y. Kaya, N. Nakichenovich, W. Nordhouse, F. Toth. Editors. IIASA. June 1993. pp.453-474.

¹⁹ Следует учесть необходимость уточнения данных по этому параметру (см. раздел 2.5).

следствием изменения характеристик этих источников выбросов. Часть коэффициентов – удельные выбросы при добыче угля открытым способом – растет. Для части коэффициентов есть резкие скачки в отдельные годы. Например, удельные выбросы при потреблении газа оказались в 2010 г. на 20% ниже, чем в 2009 г. Таких коэффициентов еще два: технологические потери при магистральном транспорте газа и его распределении. Таким образом, вызывает некоторые вопросы качество оценки удельных выбросов для 6 из 18 видов деятельности, по которым оцениваются технологические выбросы и утечки. Поскольку при формировании российского кадастра ПГ используются в основном коэффициенты по умолчанию, эти величины должны быть устойчивы.

Кроме того, методика МГЭИК предполагает оценивать выбросы при бурении новых скважин в расчете на одну новую скважину, а в Национальном докладе используется показатель всего действующего фонда скважин, что приводит к завышению выбросов от этого источника. Однако его величина незначительна (4%), поэтому на результаты дальнейшего анализа этот факт влияет мало. На самом деле, вклад фактора удельных выбросов должен был быть равен нулю, но по причинам, описанным выше, он принимает не нулевые значения (рис. 2.23 и табл. 2.3).

Рисунок 2.17 - Вклад факторов в годовую динамику выбросов ПГ от технологических выбросов и утечек



Источник: ЦЭНЭФ

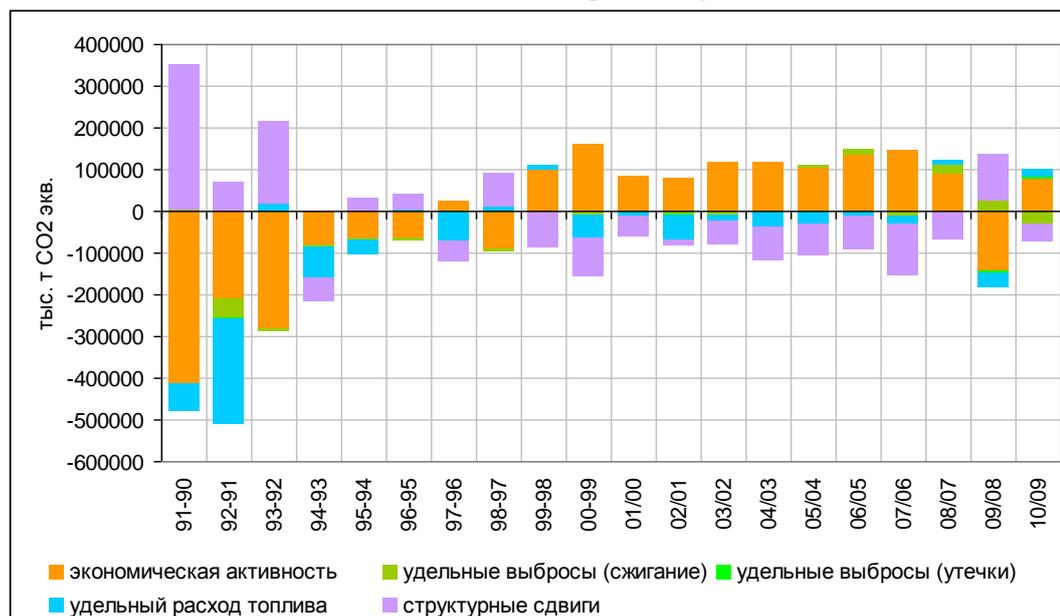
Как и в случае со сжиганием топлива, структурные сдвиги в существенной степени нейтрализовали вклад фактора экономической активности. В качестве интегральной характеристики экономической активности использовался ВВП. Технологические выбросы и утечки в основном связаны с добычей, транспортом и потреблением угля, нефти и газа. Эти показатели изменяются существенно менее динамично, чем ВВП. Поэтому в годы спада структурный фактор тормозит снижение выбросов, а в годы подъема тормозит их рост.

2.4. Анализ факторов, определявших выбросы всех ПГ за счет всех источников в секторе «энергетика»

В данном разделе сводятся результаты анализа вклада факторов, определявших эмиссию от сжигания топлив, и факторов, определявших технологические выбросы и утечки. Всего получается 32 источника эмиссии по разным видам деятельности. При учете всех

источников данные по вкладу отдельных факторов корректируются (рис. 2.24 и табл. 2.4), но не принципиально.

Рисунок 2.18 - Вклад факторов в годовую динамику выбросов ПГ от сжигания топлива, а также от технологических выбросов и утечек



Источник: ЦЭНЭФ

В 1990-2010 гг. выбросы ПГ в секторе «энергетика» снизились на 897 млн. т CO_{2-экв.} Фактор экономической активности в целом за весь этот двадцатилетний период привел к росту выбросов на 190 млн. т CO_{2-экв.} Этот рост с лихвой был перекрыт факторами: снижения удельных выбросов (-115 млн. т CO_{2-экв.}), снижения удельных расходов топлива на единицу экономической активности (-833 млн. т CO_{2-экв.}) и фактором структурных сдвигов (-140 млн. т CO_{2-экв.}).

После 1998 г. выбросы выросли на 176 млн. т CO_{2-экв.} Фактор экономической активности привел к росту выбросов на 1077 млн. т CO_{2-экв.} Этот рост в значительной степени нейтрализован тремя факторами: снижения удельных выбросов (-17 млн. т CO_{2-экв.}), снижения удельных расходов топлива на единицу экономической активности (-239 млн. т CO_{2-экв.}) и фактором структурных сдвигов (-645 млн. т CO_{2-экв.}).

В период после 1998 г.: на долю структурных сдвигов в экономике пришлось 72% снижения выбросов; на долю изменения удельных расходов топлива на единицу экономической активности – 26%; на долю изменения удельных выбросов CO₂ на единицу расхода топлива – 2%.

Если бы с 1998 г. экономический рост происходил равномерно во всех сферах деятельности и не было прогресса в снижении удельных расходов топлива и снижении удельных выбросов, то в 2010 г. выбросы ПГ в секторе «энергетика» превысили бы уровень 1990 г. на 7%.

Успехи в реализации структурных реформ 90-х годов дали свои плоды в нулевых годах и обеспечили почти три четверти снижения выбросов.

Важную роль играл фактор снижения удельного расхода топлива, который обеспечил около четверти снижения выбросов.

Наконец, практическое отсутствие политики в сфере повышения доли низкоуглеродных топлив и биомассы, медленный прогресс в утилизации шахтного метана, в снижении сжигания попутного газа в факелах практически не сказывался на снижении выбросов.

3. Анализ факторов, определивших динамику выбросов парниковых газов, на основе данных ЦЭНЭФ

3.1. Методические подходы и информационная база анализа

По данным Национального доклада можно выделить 17 секторов – источников эмиссии при сжигании топлива для последующего проведения факторного анализа. Уровень детализации инвентаризации выбросов ПГ ЦЭНЭФ позволяет провести такой анализ по 44 секторам потребления топлива и по 20 видам деятельности, порождающим технологические выбросы и утечки, а также более адекватно отразить разнесение выбросов по таким секторам как промышленность, автомобильный транспорт и сфера услуг. Информационная база ЦЭНЭФ позволяет выделить дополнительные факторы для объяснения динамики выбросов: удельный расход энергии на единицу экономической активности (энергоёмкость), доля топливных энергоносителей в обеспечении потребности каждого из секторов в энергии и удельные выбросы ПГ в расчете на потребляемое топливо.

Выбросы ПГ от сжигания топлива представляются в виде суммы выбросов в 44 секторах и подсекторах экономики с выделением влияния 5 факторов:

$$GHG = \sum_i GHG_{ij} = \sum_i A_i * e_i * fe_i * ghgf_i = A * \sum_i S_i * e_i * fe_i * ghgf_i \quad (3.1)$$

где:

GHG и GHG_i – выбросы в целом и в секторе i ($GHG = CO_2 + 21 * CH_4 + 310 * N_2O$);

A и A_i – индикаторы экономической активности для экономики в целом и для сектора i ;

e_i – энергоёмкость производства продукции, работ или услуг в секторе i ;

fe_i – отношение потребления топлива к потреблению энергии в секторе i ;

$ghgf_i$ – удельная эмиссия ПГ на единицу потребленного топлива в секторе i ;

S_i – доля сектора i в индикаторе экономической активности для экономики в целом (в случае если они определяются в одних единицах) или отношение параметра активности в секторе i к индикатору экономической активности для экономики в целом.

Показатель энергоёмкости можно определить как функцию следующих переменных:

$$e_i^t = en_{it} * CAP_{it}^a * (EP_{it} / P_{it})^b * HDD_{it}^c \quad (3.2)$$

где:

en_{it} – удельный расход энергии на производство продукта по технологии i в году t при условии нормальной (проектной) загрузки технологии;

CAP_{it} – уровень загрузки мощностей по производству товаров, работ и услуг i в году t ;

EP_{it} – средняя цена на энергоресурсы, используемые при производстве продукта i в году t ;

P_{it} – цена продукции, работы или услуги i в году t ;

HDD^t – градусосутки отопительного периода в году t – фактор погодных условий.

Тогда изменение удельного расхода энергии можно разложить на составляющие:

$$\frac{e_{it}}{e_{it-1}} - 1 = Ae_i + a * \left(\frac{CAP_{it}}{CAP_{it-1}} - 1 \right) + b * \left[\left(\frac{EP_{it}}{P_{it}} \right) / \left(\frac{EP_{it-1}}{P_{it-1}} \right) - 1 \right] + c * \left(\frac{HDD_t^b}{HDD_{t-1}} - 1 \right) + \varepsilon, \quad (3.3)$$

где Ae_i – оценка среднего темпа снижения удельного расхода энергии на производство продукта i по технологии i в «нормальных» условиях.

Совмещение в анализе выражений (3.1) и (3.3) позволяет выявить влияние 8 факторов по 44 секторам сжигания топлива. Кроме того, группировка данных по энергетике, промышленности и жилищному сектору осуществлена другим способом, что позволяет проводить анализ вклада отдельных низкоуглеродных технологий и оценивать потенциал экономии энергии. При определении факторов, определявших технологические выбросы и утечки, степень детализации не меняется.

Таким образом, информационная база ЦЭНЭФ позволяет провести существенно более подробный анализ вклада отдельных факторов в эволюцию выбросов ПГ, но на более коротком интервале времени: 2000-2011 гг. Появляется возможность определить динамику выбросов в 2011 г., что невозможно сделать на основе данных Национального доклада, которые ограничены 2010 г.

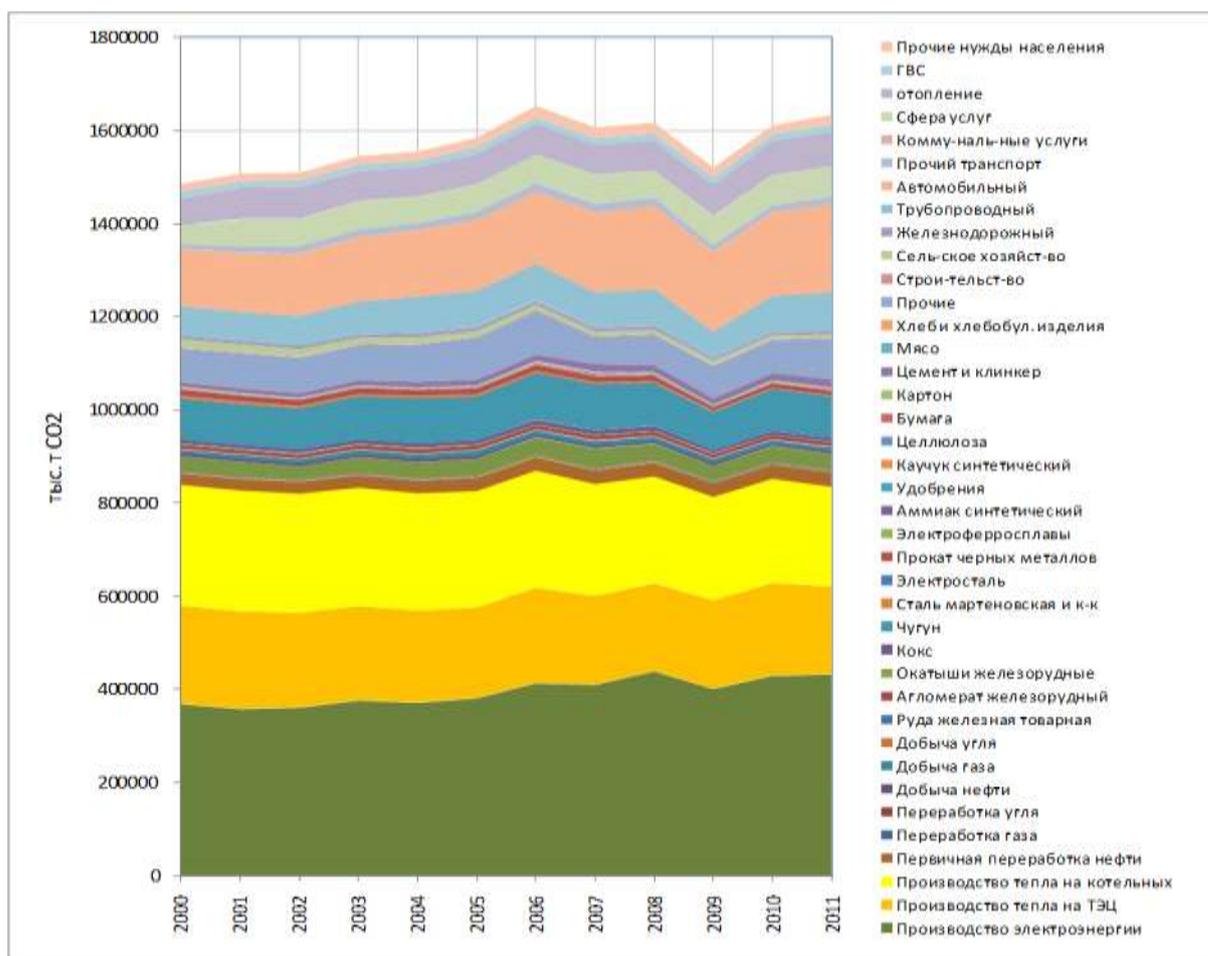
Проведение декомпозиционного анализа на информационной базе ЦЭНЭФ в дополнение к уже полученным в главе 2 результатам позволяет взаимно проверить и дополнить результаты анализа и повысить степень надежности его выводов.

3.2. Динамика и структура выбросов CO₂ в секторе «энергетика»

Данные ЦЭНЭФ позволяют провести анализ динамики и структуры выбросов CO₂ в Российской Федерации в 2000-2011 гг. В период 2000-2006 гг. выбросы увеличились на 11%, затем при сохранении роста экономики они даже сократились к 2008 г. на 2,2% и резко упали на 6% в кризисном 2009 г. Затем, по мере восстановления экономики, к 2011 г. они вернулись на уровень, который все еще был на 1% ниже значения 2006 г. (рис. 3.1). Таким образом, последние 5 лет выбросы CO₂ от сектора энергетика в России не росли при росте ВВП за эти годы на 15%.

Основными источниками прироста выбросов стали: автомобильный транспорт (46% прироста), выработка электроэнергии (44%), здания (31%), трубопроводный транспорт (14%) и промышленность (10%). Основными источниками снижения выбросов стали: производство тепловой энергии на электростанциях и котельных (компенсировали 46% прироста) и сельское хозяйство (компенсировало 7% прироста).

Рисунок 3.1 - Динамика и структура выбросов по основным секторам в Российской Федерации по данным ЦЭНЭФ



Источник: ЦЭНЭФ

3.3. Анализ факторов, определивших динамику выбросов CO₂ от сжигания топлива

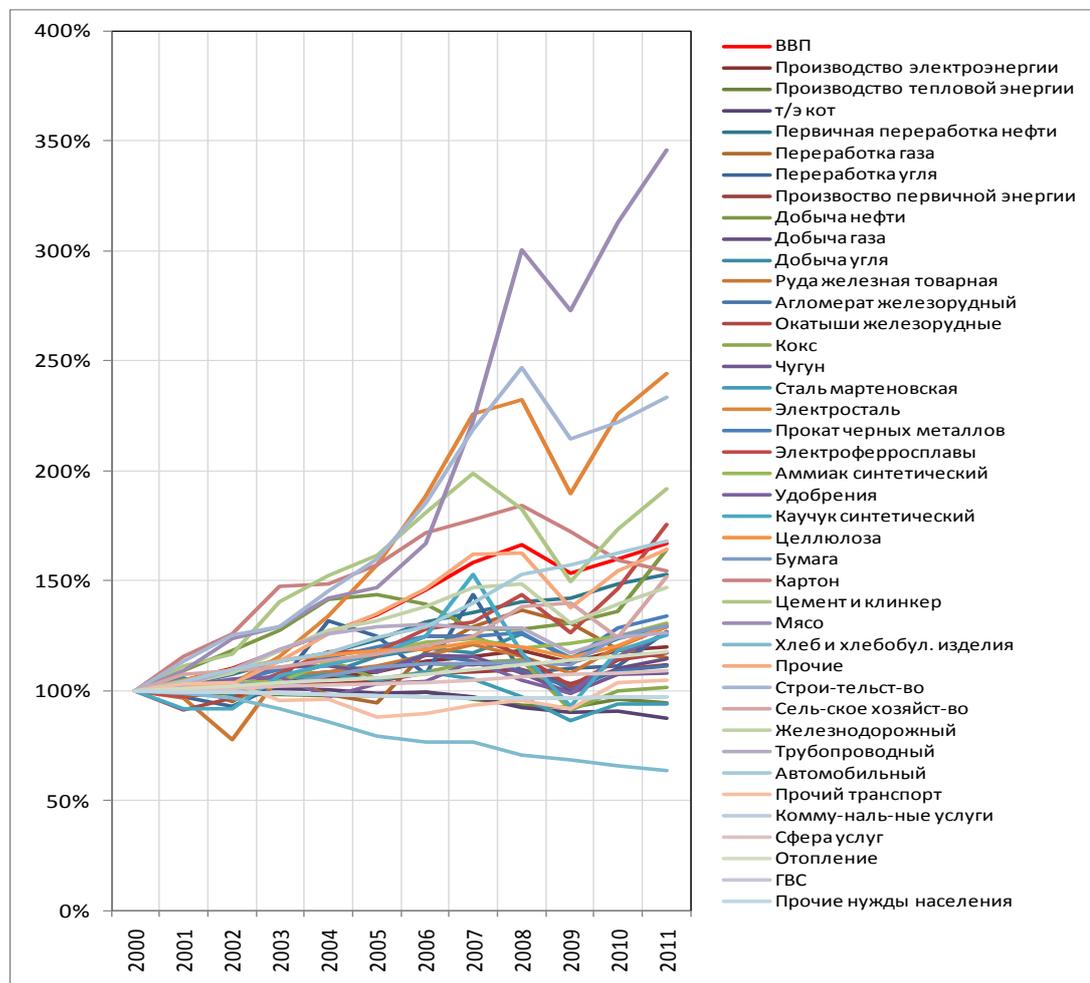
3.3.1. Динамика показателей экономической активности

При анализе факторов, которые определяли выбросы CO₂ только от сжигания топлива, на основе данных ЦЭНЭФ можно выделить 44 основных источников выбросов, включая 3 источника в тепло- и электроэнергетике, 25 источников в промышленности, 4 источника на транспорте, 3 источника в жилищном секторе и 9 источников в прочих секторах.

Показатели экономической активности для этих 44 источников выбросов отражаются объемами производства электроэнергии, тепловой энергии, прочих видов промышленной продукции, транспортной работы для основных видов транспорта, числом автомобилей для автомобильного транспорта, индексами производства продукции для строительства и сельского хозяйства, площадью зданий и численностью населения для коммунального хозяйства, сферы услуг и жилищного хозяйства. В качестве основного индикатора экономической активности, по отношению к которому определяется динамика прочих индикаторов (выражение 3.1), используется показатель ВВП.

Динамика всех индикаторов происходила довольно неравномерно (рис. 3.3). Поэтому значительное воздействие на динамику выбросов CO₂ должны оказывать структурные сдвиги в экономике, отражаемые параметром S в выражении 3.1.

Рисунок 3.2 - Динамика показателей экономической активности по 44 секторам – источникам выбросов



Источник: ЦЭНЭФ

3.3.2. Динамика потребления топлива и энергии

Вслед за динамикой экономической активности изменялось потребление энергии и топлива в указанных 44 секторах – источниках выбросов. Данные по потреблению топлива включают потребление биомассы. Динамика суммарного потребления топлива в значительной мере определена динамикой его потребления в подсекторах «энергетические отрасли», автомобильный транспорт и жилые здания. Сравнительно высокая по мировым стандартам доля подсектора «энергетические отрасли» определена высоким уровнем теплофикации и централизованного теплоснабжения.

Потребление первичной энергии снизилось в кризисном 2009 г. Наименее уязвимыми к кризисному снижению потребления энергии в 2009 г. оказались сфера услуг и жилищный сектор, а наиболее уязвимыми – промышленность, транспорт и электроэнергетика (рис. 3.4). В 2010 г. потребление первичной энергии практически вышло на уровень докризисного максимума 2008 г., а в 2011 г. превысило его на 2,1%.

3.3.3. Динамика энергоемкости

Важным показателем, определяющим соотношение между изменением экономической активности и потреблением энергии, является энергоемкость производства продуктов, работ и услуг. Динамика энергоемкости в каждом из секторов – источников выбросов CO₂ существенно различается. В одних секторах происходит динамичное снижение энергоемкости, тогда как в других она либо стабильна, либо даже растет. К последним секторам относятся: производство электроэнергии и тепла на ТЭС, переработка газа, расход энергии на трубопроводном транспорте, на прочих видах транспорта, в коммунальном хозяйстве, в сфере услуг, на прочие нужды населения в жилищном секторе.

На динамике энергоемкости сказываются не только параметры эффективности технологий, но и:

- изменение уровня загрузки производственных мощностей. При росте загрузки энергоемкость снижается в силу сокращения отношения условно-постоянных расходов энергии (на освещение, отопление, вентиляцию производственных помещений, на работу оборудования на холостом ходу и т.п.) к объему производства продукции. Напротив, при снижении загрузки удельный расход энергии растет;
- изменение цен на энергоносители относительно цен на готовую продукцию, услуги, работы в каждом секторе или относительно индекса цен потребительских товаров для жилищного сектора²⁰;
- изменение погодных условий, выраженное показателем градусо-суток отопительного сезона²¹. При росте этого показателя растут расходы на отопление жилых и общественных зданий, а также производственных помещений;
- благоустройство жилищного фонда и обеспеченность населения бытовыми приборами. Отнесение потребления энергии в жилищном секторе к площади жилых домов или к числу проживающих в качестве показателя удельного расхода энергии искажает оценку вклада технического фактора, поскольку может расти доля отапливаемых площадей, и (или) доля населения, оснащенного системами горячего водоснабжения, и (или) число и мощность электробытовых приборов на единицу жилой площади, на одно домохозяйство или на одного проживающего.

Вычленение влияния технологического фактора позволяет оценить динамику индекса энергоэффективности за счет совершенствования технологической базы экономики и позволило определить, что:

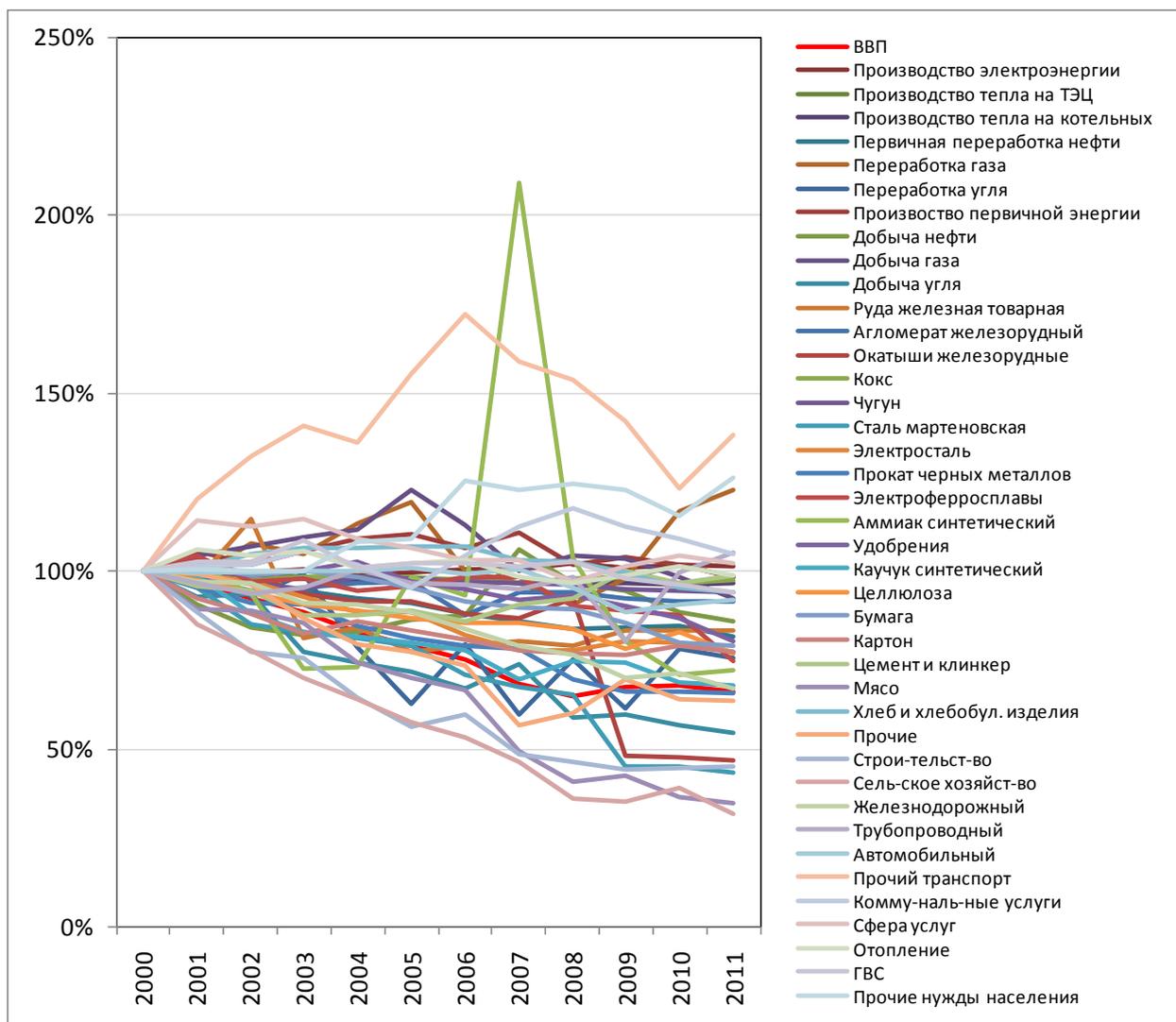
- индекс энергоэффективности, отражающий прогресс в совершенствовании технологий, в 2000-2011 гг. снизился только на 6%;
- вклад технологического фактора в снижение энергоемкости ВВП не превысил 1% в год;
- это примерно так же, как и в развитых странах;
- сократить технологический разрыв с ними в уровне энергоэффективности в 2000-2010 гг. практически не удалось;

²⁰ Для потребителей важна не столько динамика цен на энергоносители, сколько динамика доли расходов на их приобретение в доходе. См. И.А. Башмаков. Пороговые значения способности и готовности населения оплачивать жилищно-коммунальные услуги. «Вопросы экономики» № 4, 2004; I. Bashmakov. Three Laws of Energy Transitions. Energy Policy. July 2007.

²¹ Нормирование удельных расходов энергии на отопление ведется в последние годы в расчете на 1 м² на градусо-сутки отопительного периода. Градусо-сутки отопительного периода для Российской Федерации в целом оценены как средняя величина по 31 региону России.

- реализация федеральной политики повышения энергоэффективности должна быть нацелена на более динамичное сокращение индекса энергоэффективности и сокращение технологического разрыва с ведущими странами для повышения конкурентоспособности российской экономики.

Рисунок 3.3 - Динамика энергоемкости производства



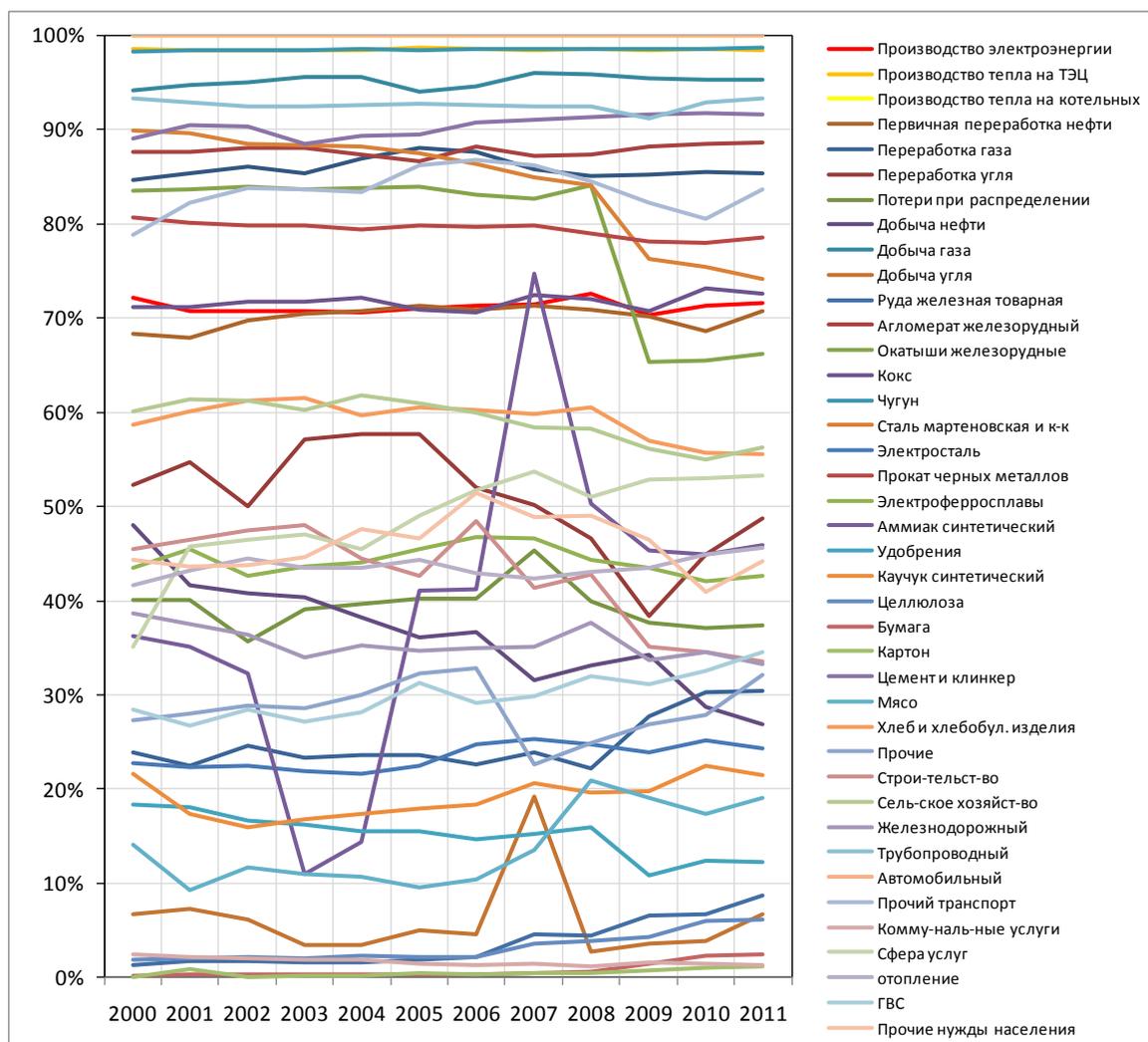
Источник: ЦЭНЭФ

3.3.4. Динамика доли топлива в потреблении энергии

В каждом секторе – источнике выбросов CO₂ потребление энергии складывается из топливных и нетопливных видов энергоносителей. Доля топливных источников энергии существенно различается: от 1% при производстве картона до 100% в автомобильном транспорте и на котельных (рис. 3.7).

Столь существенные различия в доле топлива по секторам при разной скорости их развития оказывают значительное влияние на динамику выбросов. Во многих секторах доля топлива менялась со временем. Эти изменения были разнонаправлены. В 2000-2011 гг. она выросла в сфере услуг, в отоплении и ГВС жилых зданий, на прочем транспорте, в добыче газа, при производстве кокса и чугуна, железной руды, аммиака синтетического и ряда других промышленных продуктов.

Рисунок 3.4 - Динамика доли топлива в потреблении энергии

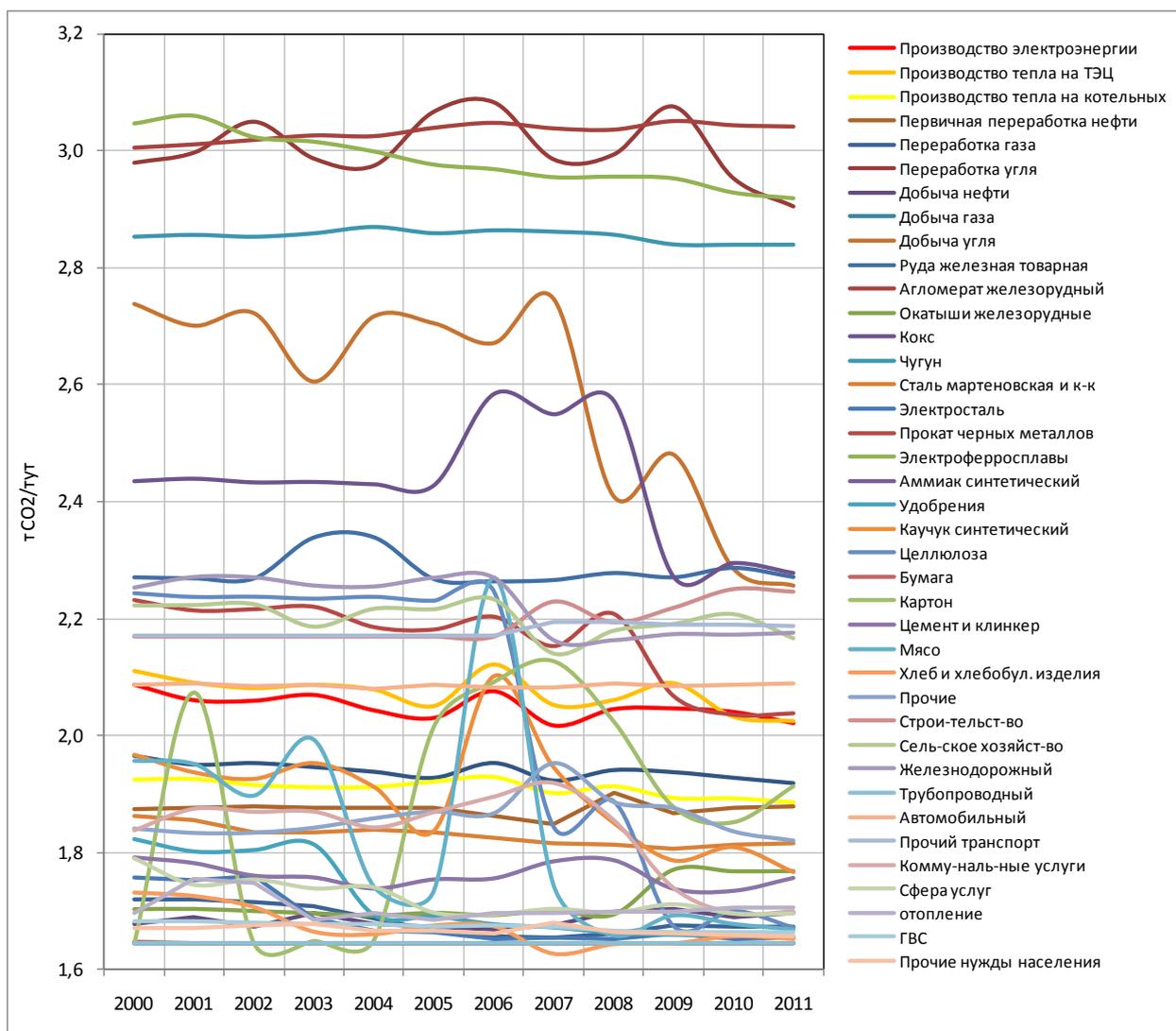


Источник: ЦЭНЭФ

3.3.5. Динамика удельных выбросов CO₂ на единицу расхода топлива

Удельные выбросы на единицу энергии также существенно различаются по секторам (рис. 3.8). Этот показатель определялся на основе оценки среднего коэффициента выбросов по 23 видам топлива для каждого сектора. Поскольку композиция потребляемых топлив меняется во времени, многие из этих коэффициентов также меняются во времени, при этом некоторые – весьма существенно. Снижению удельных выбросов CO₂ на единицу расхода топлива способствуют: рост доли использования природного газа и рост доли использования биомассы.

Рисунок 3.5 - Динамика удельных выбросов CO₂ на единицу расхода топлива



Источник: ЦЭНЭФ

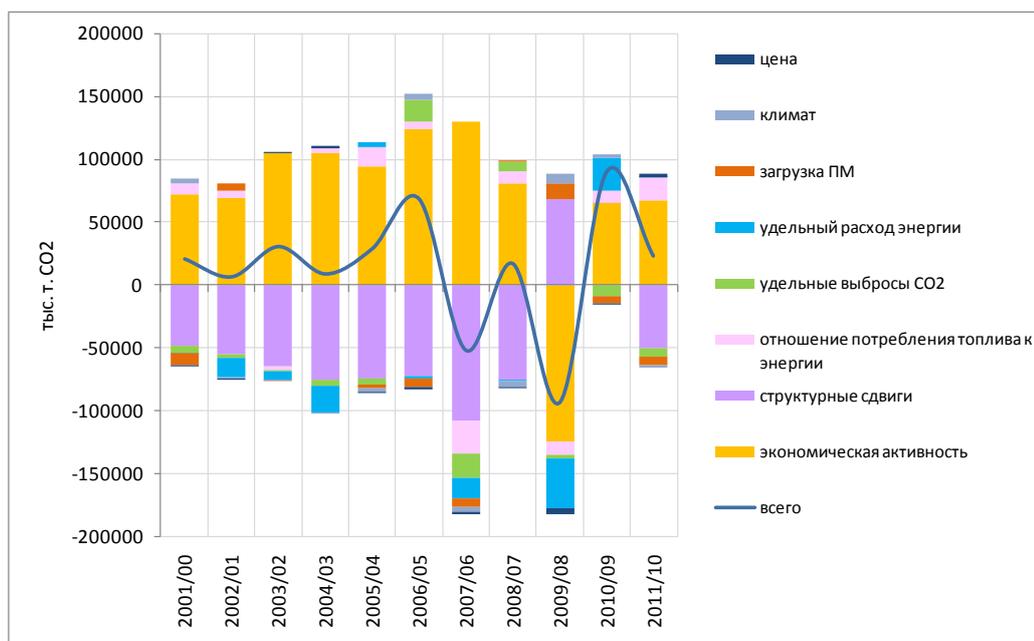
3.3.6. Результаты декомпозиционного анализа динамики выбросов CO₂ за 2000-2011 гг. на основе данных ЦЭНЭФ

Изменение выбросов CO₂ представлено как результат сочетания влияния следующих 5 факторов: рост экономической активности, структурные сдвиги в экономике (за счет разной скорости изменения показателей экономической активности по сравнению с ВВП); энергоемкость; изменение доли топлива в потреблении энергии и изменение удельных выбросов CO₂ на единицу расхода топлива. Для выявления вклада этих факторов проводится декомпозиционный анализ для 44 секторов – источников выбросов от сжигания топлива.

При расширении списка факторов (рис. 3.10 и табл. 3.2) суммарный вклад фактора удельного расхода энергии за 2000-2011 гг. снижается с 87 млн. т CO₂ (табл. 3.1) до 69 млн. т CO₂ (табл. 3.2). Вклад этого фактора в снижение выбросов сокращается с 13,3% до 10,3%, а разница в 3% распределяется между ростом загрузки производственных мощностей (2,7%) и фактором роста цен на энергоносители (0,6%). Фактор изменения загрузки производственных мощностей имеет циклическую природу, и его влияние

сродни воздействию структурных сдвигов. Восстановительный рост 2000-2008 гг. происходил в основном за счет этого фактора, а не за счет строительства новых мощностей. Восстановление позитивной экономической динамики после кризиса 2009 г. имело такую же природу. На всех этих отрезках времени фактор загрузки производственных мощностей сдерживал рост потребления энергии, а вслед за ним и рост выбросов. В кризисном 2009 г. снижению энергоемкости препятствовали погодный фактор (более холодный год) и падение загрузки производственных мощностей.

Рисунок 3.6 - Вклад восьми факторов в годовую динамику выбросов CO₂ от сжигания топлива (расчет по данным ЦЭНЭФ)



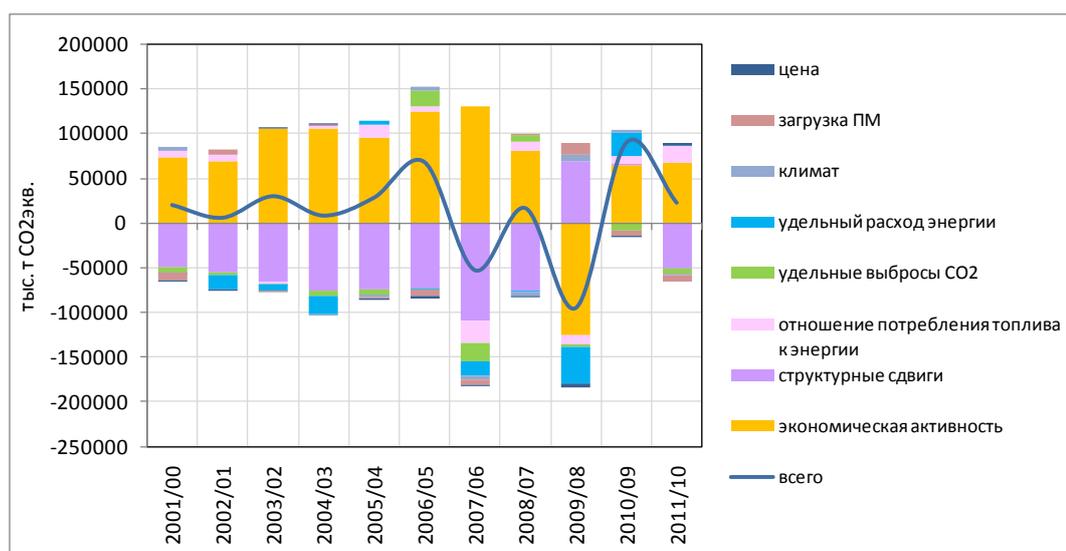
Источник: ЦЭНЭФ

На основе данных ЦЭНЭФ проведена проверка вывода, полученного в главе 1, о вкладе структурного фактора. На отрезке времени 2000-2010 гг., по данным Национального доклада, получается, что каждый процент прироста ВВП сопровождается снижением выбросов на 0,59% (на 0,65% при использовании для оценки зависимости всего временного интервала 1990-2010 гг.) Оценка по данным ЦЭНЭФ дает практически такой же результат: каждый процент прироста ВВП сопровождается снижением выбросов на 0,63% (рис. 3.11). При использовании в расчетах также циклического влияния загрузки производственных мощностей получается, что при росте ВВП на 1% вклад структурного фактора нейтрализует рост выбросов CO₂ на 0,7% (рис. 3.11).

При учете трех ПГ полученные выше выводы существенно не меняются (рис. 3.12 и табл. 3.3). Таким образом, при прочих равных условиях, на каждый процент роста ВВП выбросы растут только на 0,3%.

На ближайшую перспективу темпы роста ВВП России составят около 3,7-3,8% в год. Это значит, что, при прочих равных условиях, выбросы CO₂ будут расти только на 1,0-1,1% в год. То есть для нейтрализации этого роста нужно, чтобы за счет технологических факторов – снижения энергоемкости и роста вклада малоуглеродных источников энергии – обеспечивалось снижение выбросов на 1% в год, или удвоение по сравнению с 2000-2011 гг.

Рисунок 3.7 - Вклад восьми факторов в годовую динамику выбросов трех ПГ от сжигания топлива (расчет по данным ЦЭНЭФ)



Источник: ЦЭНЭФ

Достаточно сказать, что только за счет реализации мер государственной программы Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности до 2020 года» эффект от технологического совершенствования энергоэффективности должен составить 13,5% снижения энергоемкости ВВП в 2011-2020 гг., или 1,4% в год. Иными словами, успешная реализация этой программы позволила бы не только обеспечить стабилизацию выбросов на уровне на 37% ниже значения 1990 г., но и снизить их к 2020 г. до 40% от уровня 1990 г. Для того чтобы снижение от уровня 1990 г. к 2030 г. составило 50%, снижение энергоемкости и рост вклада малоуглеродных источников энергии должны обеспечивалось снижением выбросов на 2% в год.

3.4. Анализ факторов, определявших технологические выбросы и утечки

Оценка технологических выбросов и утечек проводилась ЦЭНЭФ с использованием уточненных по сравнению с Национальным докладом параметров экономической активности и ряда коэффициентов выбросов. По оценке ЦЭНЭФ, всего технологические выбросы и утечки составили в 2010 г. 418 млн. т. CO_{2-экв} (против оценки Национального доклада 404 млн. т. CO_{2-экв}).

Существует значительная неопределенность в определении технологических выбросов и утечек. Так, объем сжигания попутного природного газа в факелах в России, по данным наблюдений со спутников, составляет около 60 млрд. м³, согласно оценке Всемирного банка, он составил: в 2010 г. – 35,6 млрд. м³, в 2011 г. – 37,4 млрд. м³²². По данным Минприроды, он составил 15,5 и 16,8 млрд. м³, а по данным Росстата – 14,1 и 15,9 млрд. м³²³. В базе данных ЕМИСС приведены данные ЦДУ ТЭК по объему добычи попутного нефтяного газа в России в 2011 г. (59,3 млрд. м³) и по объему его сжигания (15,95 млрд. м³). Получается, что доля сжигания попутного нефтяного газа равна 26,9%. По данным журнала «Бурение и нефть», добыча попутного нефтяного газа в России в 2011 г.

²² L. Watts. Flaring in carbon world. Global forum on flaring and venting reduction and natural gas utilization. London. 2012.

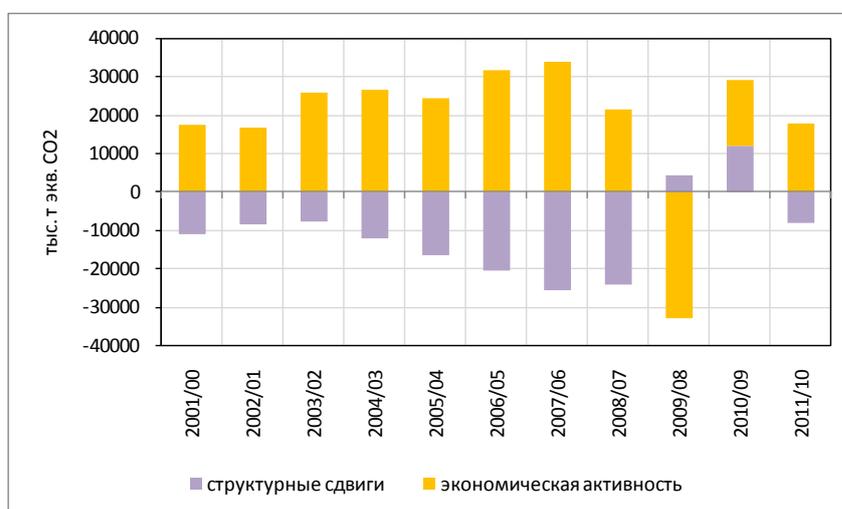
²³ Коммерсантъ. 26.10.2012. с.6.

составила 67,8 млрд. м³, а сжигание в факелах – 16,3 млрд. м³, что дает долю сжигания 24%²⁴.

По состоянию на начало 2012 г. предписываемого уровня эффективной утилизации попутного нефтяного газа – 95% – достигли только «Сургутнефтегаз» и «Гатнефть». Высокое значение этого показателя имеют также операторы СРП, ТНК-ВР и «Башнефть». Государственные компании «Роснефть» (доля сжигания 49%, абсолютный прирост сжигания в 2011 г. – 1 млрд. м³) и «Газпромнефть» (39%) являются аутсайдерами по эффективному использованию ПНГ. Абсолютные объемы сжигания попутного газа в 2011 г. выросли также в ТНК-ВР и у Русснефти.

В расчетах ЦЭНЭФ коэффициенты выбросов во времени не менялись. Поэтому вклад изменения коэффициентов выбросов равен нулю, и фактически оказалось возможным оценить влияние только двух факторов: экономическая активность и структурные сдвиги (рис. 3.13).

Рисунок 3.8 - Вклад факторов в динамику выбросов ПГ от технологических выбросов и утечек на основе данных ЦЭНЭФ



Источник: ЦЭНЭФ

Как и в случае со сжиганием топлива, структурные сдвиги – более медленный рост добычи, переработки, транспортировки и потребления топлива в годы подъема и более медленное их снижение в годы кризиса по сравнению с ВВП – в существенной степени нейтрализовали вклад фактора экономической активности.

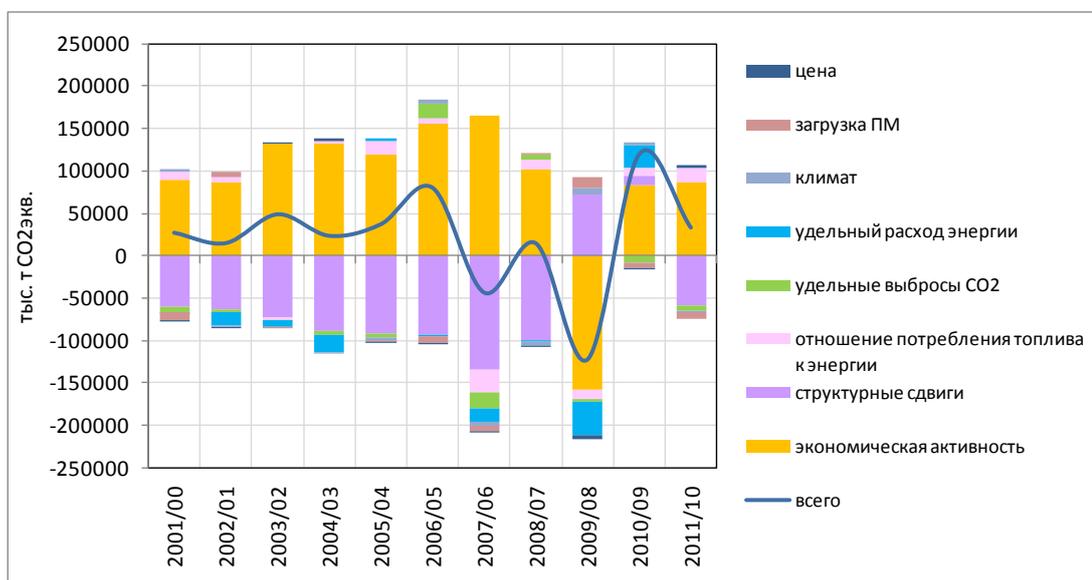
В целом, за 2000-2011 гг. выбросы за счет технологических выбросов и утечек выросли на 82 млн. т. CO_{2-экв} против их роста за счет сжигания топлива на 150 млн. т. CO_{2-экв.}, или составили 35% прироста всех выбросов трех ПГ в секторе энергетика. Иными словами, технологические выбросы и утечки – очень важный фактор прироста выбросов, и анализу факторов, определяющих их динамику, должно уделяться значительное внимание. В перспективе до 2020 г. предполагается, что добыча нефти на некоторое время стабилизируется, а затем начнет сокращаться. То же произойдет с добычей природного газа, но на 10-20 лет позднее. То есть стабилизация технологических выбросов и утечек, которая наметилась после 2007 г., может стать основой их динамики в ближайшие годы с последующим сокращением после 2020-2030 гг.

²⁴База данных ЕМИСС. См. также А.Г. Коржубаев, Д.А. Ламерт, Л.В. Эдер. Проблемы и перспективы эффективного использования попутного нефтяного газа в России. Бурение и нефть. Апрель 2012 г.

3.5. Анализ факторов, определявших выбросы всех ПГ за счет всех источников в секторе энергетика

В данном разделе сведены результаты анализа вклада факторов, определявших эмиссию от сжигания топлив, и факторов, определявших технологические выбросы и утечки, полученные при использовании оценок выбросов ЦЭНЭФ. При учете всех источников данные по масштабу вклада отдельных факторов несколько корректируются, но не принципиально, при сохранении динамики и отражающих ее форм кривых. Это видно при сравнении рис. 3.1 и 3.14, а также табл. 3.2 и 3.4. Повышается вклад экономической активности и структурного фактора.

Рисунок 3.9 - Вклад восьми факторов в годовую динамику выбросов трех ПГ от сжигания топлива, а также от технологических выбросов и утечек (расчет по данным ЦЭНЭФ)



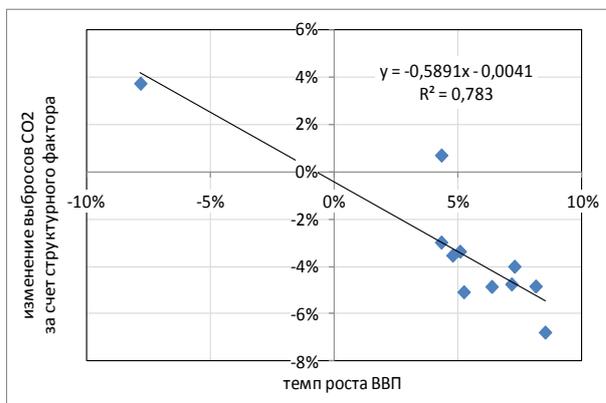
Источник: ЦЭНЭФ

Прирост выбросов трех ПГ в секторе энергетика в 2000-2011 гг. составил 230 млн. т $CO_{2-экв}$. За счет факторов, которые стимулировали рост выбросов, прирост составил 1020 млн. т $CO_{2-экв}$. На долю роста экономической активности пришлось 96% прироста, на рост доли топлива в потребляемой энергии – 3,5%, и еще 0,5% пришлось на погодный фактор (2011 г. был холоднее 2000 г.).

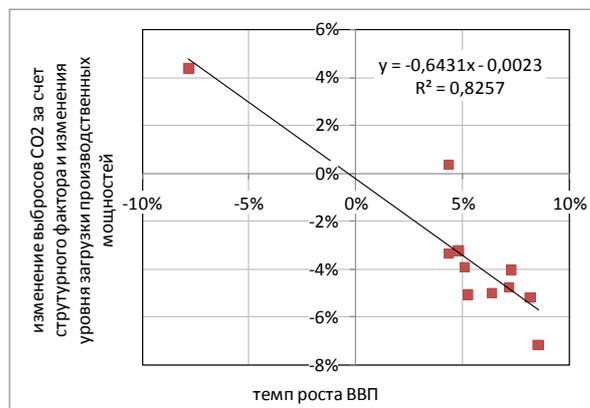
Этот прирост в значительной мере (на 790 млн. т $CO_{2-экв}$) компенсировался факторами, которые снижали выбросы. Структурные сдвиги обеспечили 84,1% такого эффекта, снижение удельных выбросов ПГ на единицу топлива за счет роста доли использования природного газа – еще на 4,2%; повышение энергоэффективности – на 8,8%; рост загрузки производственных мощностей – на 2,3%, а ценовой фактор – на 0,5%.

Оценка по данным ЦЭНЭФ для всех источников выбросов позволяет уточнить полученный ранее вывод: каждый процент прироста (снижения) ВВП сопровождается ростом (снижением) выбросов ПГ в секторе энергетика только на 0,3% (рис. 3.15). При использовании в расчетах также циклического влияния загрузки производственных мощностей получается, что при росте ВВП на 1% вклад структурного фактора нейтрализует рост выбросов CO_2 на 0,64% (рис. 3.15).

Рисунок 3.10 - Зависимость вклада структурного фактора и фактора изменения загрузки производственных мощностей от темпов роста ВВП при оценке выбросов трех ПГ и от сжигания топлива, а также от технологических выбросов и утечек



а) - вклад структурного фактора



б) - вклад структурного фактора и фактора изменения загрузки производственных мощностей

Источник: ЦЭНЭФ

То есть при ожидаемых темпах роста на 3,7-3,8% в год в ближайшие годы для удержания выбросов на уровне 2011 г. нужно, чтобы технологическое повышение энергоэффективности и декарбонизация используемых энергоресурсов позволили снижать удельные выбросы ПГ в секторе энергетика на 1,3% в год. Это более чем посильная задача.

3.6. ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Полученные результаты позволяют уточнить основные выводы, полученные в главе 2. Резюмируя результаты декомпозиционного анализа выбросов ПГ на основе данных ЦЭНЭФ, можно сформулировать следующие основные выводы:

- ⇒ в 1991-2011 гг. Россия являлась мировым лидером по кумулятивному снижению выбросов ПГ и в значительной степени компенсировала прирост выбросов в других регионах мира;
- ⇒ в 1991-2011 гг. кумулятивное снижение выбросов ПГ в России (с учетом стоков) превысило 33 млрд. т $\text{CO}_2\text{-экв.}$, что больше глобального годового выброса CO_2 от сектора энергетика, равного в 2011 г. примерно 33 млрд. т CO_2 ;
- ⇒ если выбросы CO_2 от сектора энергетика в 1990-2010 гг. в мире выросли на 45%, то в России они снизились на 37%. Кумулятивное снижение выбросов CO_2 от сектора энергетика в России за 1991-2011 гг. равно 5-летней эмиссии ЕС, превышает 3-летнюю эмиссию США и 2-х летнюю эмиссию Китая;
- ⇒ в структуре выбросов доминируют энергетические отрасли и технологические выбросы и утечки от тех же энергетических отраслей. В целом, на отрасли ТЭК в 2010 г. пришлось 71% всех выбросов от сектора энергетика;
- ⇒ в 2000-2011 гг. на долю технологических выбросов и утечек пришлось 35% прироста выбросов от сектора энергетика, а остальное – на сжигание топлива;
- ⇒ при расчетах, включающих все источники эмиссии и все стоки, получается, что в 1990-2011 гг. «углеродоемкость» ВВП снизилась в 3 раза. При учете выбросов ПГ

- только от сектора энергетика «углеродоемкость» ВВП снизилась на 40%. При учете выбросов только CO₂ от сектора энергетика «углеродоемкость» ВВП снизилась на 44%;
- ⇒ основными источниками прироста выбросов в 2000-2011 гг. стали: автомобильный транспорт (46% прироста), выработка электроэнергии (44%), здания (31%), трубопроводный транспорт (14%) и промышленность (10%);
 - ⇒ основными источниками снижения выбросов в 2000-2011 гг. стали: производство тепловой энергии на электростанциях и котельных (компенсировали 46% прироста) и сельское хозяйство (компенсировало 7% прироста);
 - ⇒ вплоть до 1995 г. падение экономической активности приводило к снижению выбросов. Это затем повторялось в годы кризисов: 1998 г. и 2009 г. В 2009 г. за счет этого фактора выбросы от сжигания топлива снизились на 125 млн. т CO_{2-экв.}, а от всех источников – на 172 млн. т CO_{2-экв.};
 - ⇒ прирост выбросов трех ПГ в секторе энергетика в 2000-2011 гг. составил 230 млн. т CO_{2-экв.};
 - ⇒ за счет факторов, которые стимулировали рост выбросов, прирост составил 1020 млн. т CO_{2-экв.}. На долю роста экономической активности пришлось 96% прироста, на рост доли топлива в потребляемой энергии – 3,5%, и еще 0,5% пришлось на погодный фактор (2011 г. был холоднее 2000 г.);
 - ⇒ если бы в 2000-2011 г. экономический рост происходил равномерно во всех сферах деятельности, и не было бы прогресса в снижении удельных расходов энергии и снижения удельных выбросов, то в 2011 г. выбросы ПГ в секторе энергетика превысили бы уровень 1990 г. на 3,6%;
 - ⇒ однако в действительности выбросы ПГ в 2011 г. оставались ниже этого уровня на 36%. То есть фактически различные меры политики по снижению выбросов позволили только в 2000-2010 гг. снизить выбросы на 40% по сравнению с базовой линией. Это разительно контрастирует с широко распространенным мнением, что главной причиной снижения выбросов в России стал экономический кризис первой половины 90-х годов. Если бы причиной был только этот фактор, и никакие другие меры политики не давали бы эффекта, то в 2011 г. в России выбросы уже превышали бы уровень 1990 г.;
 - ⇒ компенсация прироста выбросов в размере 790 млн. т CO_{2-экв.} была обеспечена факторами, которые их снижали: структурные сдвиги обеспечили 84,1% такого снижения, снижение удельных выбросов ПГ на единицу топлива за счет роста доли использования природного газа – еще 4,2%; повышение энергоэффективности – 8,8%; рост загрузки производственных мощностей – 2,3%, а ценовой фактор – 0,5%;
 - ⇒ политика структурного реформирования российской экономики внесла основной вклад в торможение выбросов и обеспечила практический «декаплинг» при высоких темпах роста экономики России;
 - ⇒ повышение эффективности использования энергии также обеспечило заметный вклад в снижение выбросов. Однако он мог бы быть существенно большим. Индекс энергоэффективности, отражающий прогресс в совершенствовании технологий, в 2000-2011 гг. снизился только на 6%. Вклад технологического фактора в снижение энергоемкости ВВП не превысил 1% в год. Это примерно так же, как и в развитых странах. Сократить технологический разрыв с ними в уровне энергоэффективности в 2000-2010 гг. практически не удалось. Реализация федеральной политики повышения энергоэффективности должна быть нацелена на более динамичное сокращение индекса энергоэффективности и сокращение технологического

- разрыва с ведущими странами для повышения конкурентоспособности российской экономики;
- ⇒ фактор роста доли топлива в потреблении энергии практически перекрыл действие фактора снижения выбросов ПГ на единицу потребляемого топлива за счет роста доли природного газа и вытеснения из энергобаланса угля. В итоге, фактор удельного выброса ПГ на единицу энергии или удельной углеродоемкости первичной энергии в очень ограниченной степени влиял на динамику эмиссии. В этом отношении Россия оказалась ближе к развивающимся странам, чем к развитым. Доля нетопливных источников энергии и биомассы в 2000-2011 гг. практически не выросла, и в потреблении первичной энергии сохранялось доминирование органических топлив на уровне выше 90%;
 - ⇒ ценовой фактор в очень ограниченной мере влиял на динамику выбросов. Рост цен на энергоносители во многих секторах компенсировался ростом цен на продукцию этих секторов, что не приводило к росту доли энергетических издержек. Наибольшее влияние этот фактор продемонстрировал в жилищном секторе, где, однако, доминируют нетопливные виды энергии: тепловая энергия и электроэнергия;
 - ⇒ каждый процент прироста (снижения) ВВП сопровождался ростом (снижением) выбросов ПГ в секторе энергетика только на 0,35%. Поскольку основными источниками выбросов являются сектора, слабо подверженные циклическим колебаниям экономической конъюнктуры, – отрасли ТЭК, жилищный сектор и автомобильный транспорт, – при падении ВВП структурный фактор относительно замедляет падение выбросов, а при росте ВВП, напротив, замедляет их рост. Эффект влияния циклических факторов усиливается при учете колебаний загрузки производственных мощностей: при ее падении в фазе кризиса удельные расходы энергии, а вслед за ними и удельные выбросы растут, а при снижении – напротив, падают;
 - ⇒ на ближайшую перспективу темпы роста ВВП России оцениваются на уровне 3,7-3,8% в год. Это значит, что, при прочих равных условиях, выбросы ПГ будут расти немногим менее чем на 1,3% в год. То есть задача стабилизации выбросов на уровне 2011 г. (или на 36% ниже уровня 1990 г.) решается при снижении выбросов ПГ за счет технологических факторов как повышения энергоэффективности, так и перехода к использованию энергоресурсов с низкими или нулевыми выбросами ПГ только на 1,3% в год. Это более чем решаемая задача;
 - ⇒ при повышении темпов снижения удельных выбросов за счет технологических факторов до 2% выбросы трех ПГ от сектора энергетика составят 55% от уровня 1990 г. в 2020 г. и 50% в 2030 г. То есть при достижимом ускорении влияния технологического фактора на снижение выбросов Россия уже к 2030 г. может решить задачу снижения выбросов ПГ в секторе энергетика на 50% относительно уровня 1990 г.;
 - ⇒ если зафиксированные в 2000-2011 гг. соотношения темпов роста ВВП и темпов роста выбросов модифицируются в перспективе в сторону более динамичного роста последних, то при вероятном снижении темпов роста ВВП в 2020-2030 гг. все же сохраняется возможность удерживать выбросы ПГ в 2020-2030 гг. на уровне на 36-50% ниже значения 1990 г.;
 - ⇒ реальная действительность посрамила тезисы А. Илларионова о том, что сдерживание выбросов CO₂ чревато для России потерями экономического роста. Если бы в 2006-2008 гг. российская экономика росла без перегрева (примерно на 5% в год), не стараясь воплотить еще один ложный тезис А. Илларионова об

удвоении ВВП за 7 лет, то, возможно, прироста выбросов CO₂ и ПГ в целом в 1998-2011 гг. в России не было бы вовсе. Главная ошибка А. Илларионова в том, что он не учел эффект структурных сдвигов и механически перенес результаты межстранового анализа для стран с инвестиционной моделью роста (рост в значительной степени за счет строительства новых мощностей) на Россию, в которой в 2000-2011 гг. доминировал восстановительный рост (прирост производства в основном за счет повышения загрузки имеющихся производственных мощностей, а не строительства новых);

⇒ для того чтобы выяснить, насколько возможно перенесение результатов ретроспективного анализа за 2000-2011 гг. на перспективу, необходимо провести анализ потенциала снижения выбросов парниковых газов и динамики выбросов парниковых газов, порождаемых сектором энергетика, соответствующих разным сценариям прогноза развития экономики и энергетике России.

4. Анализ зарубежных систем учета факторов, определивших динамику выбросов парниковых газов

За рубежом анализ факторов, определяющих динамику выбросов парниковых газов в последние годы стал довольно распространенным направлением исследований. Опубликованы сотни статей на эту тему. В них используются разные методы и подходы, они представляют результаты для отдельных стран или групп стран. Особенно много в последние годы появилось исследований по Китаю, который с 2008 г. возглавил список стран по масштабам выбросов ПГ. В России же таких исследований практически нет. Данная работа является, видимо, первой.

Основные выводы изучения опыта анализа рассмотренных зарубежных источников можно сформулировать следующим образом:

- ⇒ за рубежом анализ факторов, определяющих динамику выбросов парниковых газов в последние годы стал довольно распространенным направлением исследований. В России же таких исследований практически нет. Данная работа является, видимо, первой;
- ⇒ для всех стран основным фактором роста выбросов ПГ явился рост ВВП;
- ⇒ секторами, где выбросы ПГ растут наиболее динамично, являются электроэнергетика и транспорт;
- ⇒ повышение энергоэффективности стало главным фактором который частично, или полностью компенсировал воздействие роста ВВП;
- ⇒ изменение в структуре потребляемых топлив оказывало небольшое негативное воздействие на сдерживание роста эмиссии ПГ во многих развивающихся странах и заметное позитивное воздействие – в развитых. Россия оказалась ближе к первым, чем к последним;
- ⇒ суммарный эффект трех факторов – состава органических топлив, доли топлива в потреблении первичной энергии и повышения энергоэффективности – полностью перекрыл влияние фактора роста ВВП в ряде стран. Для этих стран не обнаружено никакой связи между повышением компенсирующего влияния этих трех факторов и уровнем ВВП. То есть, нет оснований утверждать, что переход к низкоуглеродной экономике тормозит экономический рост;
- ⇒ чем выше уровень развития страны, тем при прочих равных условиях, выше вклад структурного фактора. Фактор структуры экономики способствовал повышению выбросов CO₂ во многих развивающихся странах. Однако это не жесткая зависимость;
- ⇒ опыт Китая показывает, что инвестиционная перегрузка экономики при очень высокой норме накопления и двухзначных цифрах годового роста ВВП приводит к перестройке структуры экономики в пользу энергоемких видов промышленной продукции и при таких темпах роста структурный фактор, который ранее тормозил рост выбросов ПГ, начинает его ускорять. По-видимому, существуют:
 - уровень развития экономики, до достижения которого структурные сдвиги не сдерживают а ускоряют рост выбросов;

- по достижении этого уровня:
 - порог скорости роста ВВП (более 2% в год), за пределами которого ускоряется снижение выбросов за счет структурных и технологических факторов;
 - порог скорости роста ВВП (примерно на 9-10% в год), за пределами которого, структурные сдвиги в экономике уже перестают сдерживать рост выбросов ПГ, даже если ранее это имело место;
- ⇒ сочетание факторов тормозящих рост выбросов ПГ в других странах существенно отличалось от того, что имело место в России. Вклад структурного фактора в России оказался самым значительным.

5. Интегральная оценка технического потенциала снижения выбросов ПГ в секторе «энергетика»

5.1. Определение потенциала снижения выбросов ПГ

Методы и подходы по оценке потенциала снижения выбросов ПГ от сектора «энергетика» в основном базируются на методах оценки потенциала экономии энергии, но дополняются эффектами замещения топлива в электро- и теплоэнергетике и оценкой снижения выбросов ПГ при добыче топлива в размерах, равных экономии потребления этих видов топлива.

Методика оценки потенциала экономии энергии на уровне Российской Федерации и ее регионов отлажена при подготовке совместного доклада Группы Всемирного банка, Международной финансовой корпорации и ЦЭНЭФ по оценке потенциала энергосбережения для России²⁵ и в рамках проекта ТАСИС «Привлечение инвестиций в энергосберегающие проекты регионов России» для трех регионов Российской Федерации (Свердловской, Тверской и Ростовской областей). Оценки потенциала повышения энергоэффективности, полученные ЦЭНЭФ по этой методике, использованы в качестве официальных в государственной программе Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года», одним из основных разработчиков которой являлся ЦЭНЭФ²⁶.

В зависимости от цели исследования существует практика определения потенциала повышения энергоэффективности по сравнению с «практическим минимумом»²⁷ или со «средним потреблением за рубежом». Последний подход использован МЭА в главе по России в «Обзоре мировой энергетики» за 2011 г.²⁸ В данной работе использован первый подход.

За рубежом, как и в России, все предприятия, здания, электростанции и другие энергопотребляющие установки имеют типовое распределение по параметрам энергоэффективности (рис. 5.1).

Там, где это было возможно, все энергопотребляющие установки (или их представительная выборка) были распределены по уровню энергетической эффективности. Все установки были разделены на три группы: «зеленую» (самые эффективные, соответствующие «практическому минимальному» удельному расходу), «желтую» (с удельными расходами выше «зеленой» зоны, но ниже «среднего зарубежного» уровня) и

²⁵ См. Энергоэффективность в России: скрытый резерв. Группа Всемирного банка и ЦЭНЭФ. М., 2008; Башмаков И. Российский ресурс энергоэффективности: масштабы, затраты и выгоды. // Вопросы экономики. 2009. № 2.

²⁶ См. Приложение 1 к Государственной программе РФ «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года».

²⁷ Энергоэффективность в России: скрытый резерв. Группа Всемирного банка и ЦЭНЭФ. М., 2008; “Resource of energy efficiency in Russia: scale, costs and benefits” на сайте www.cenef.ru; Energy technology perspectives 2010. Scenarios and strategies to 2050. IEA/OECD. Paris. 2010; Energy technology transitions for industry. Strategies for the next industrial revolution. IEA/OECD. Paris. 2009.

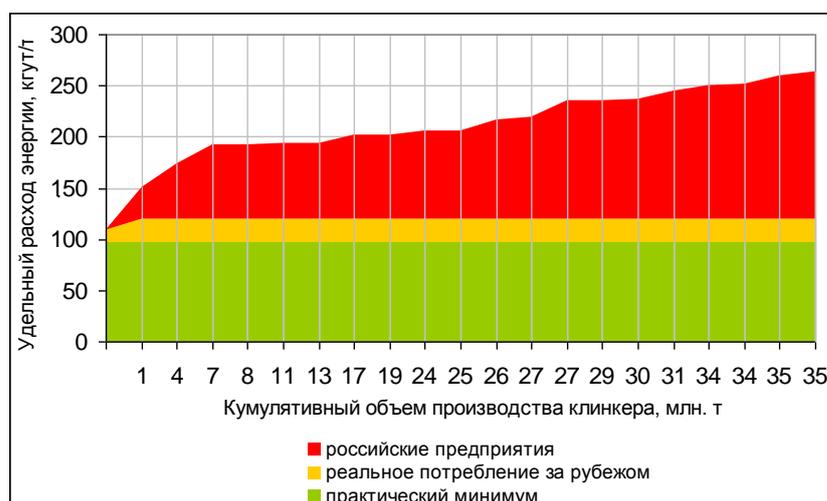
²⁸ World Energy Outlook. 2011. IEA/OECD. Paris. 2011.

«красную» (все установки с удельными расходами выше «среднего зарубежного» уровня) (рис. 5.2).

Потенциал повышения энергоэффективности в каждом секторе определяется как произведение уровня экономической активности в этом секторе на разницу фактического (среднего по России) удельного расхода энергии на производство единицы продукции, работы или услуги за базовый год и «практического минимума» – значения удельного расхода для наиболее энергоэффективных технологий, технических средств или зданий, используемых при производстве аналогичных продукции, работ или услуг. Это верхняя оценка потенциала. Нижней границей оценки может быть сравнение с «реальным потреблением за рубежом».

Для сравнения показателей энергоемкости использовались данные о «практическом минимальном» удельном расходе, достигнутом где-либо в мире на установках, находящихся в практической эксплуатации, и «реальное потребление за рубежом», или «средний зарубежный» уровень. С ними сравнивались «лучший» и «средний» российские показатели.

Рисунок 5.1 – Кривые распределения удельных расходов энергии на производство клинкера



Источники: Energy technology transitions for industry. Strategies for the next industrial revolution. OECD/IEA. 2009, и ЦЭНЭФ на основе данных Росстата

В работе использованы три основных определения потенциала повышения энергоэффективности:

Технический (технологический) потенциал оценен при допущении, что все оборудование мгновенно заменяется на лучшие образцы, соответствующие «практическому минимальному» удельному расходу. Технический потенциал показывает только гипотетические возможности энергосбережения без учета затрат и других ограничений на его реализацию. Он может быть оценен как результат «сбрасывания» красной зоны (нижняя оценка) или красной и желтой зон (верхняя оценка). Для оценки технического потенциала повышения энергоэффективности использовалась информация только по уже практически опробованным технологиям.

Экономический потенциал – часть технического потенциала, которая экономически привлекательна при использовании общественных критериев принятия инвестиционных решений: нормы дисконтирования 6%, вмененной цены энергии (экспортная цена природного газа), экологических и прочих дополнительных затрат (например, цены углерода). На реализацию этого потенциала

требуется время, определяемое скоростью замены основного энергопотребляющего оборудования.

Рыночный потенциал – часть экономического потенциала, использовать которую экономически целесообразно при применении частных критериев принятия инвестиционных решений в реальных рыночных условиях (фактические цены на оборудование и энергоносители, налоги и др.)

Существуют три основных различия при оценке экономического и рыночного потенциалов:

- различаются процедура принятия инвестиционных решений – централизованное или децентрализованное (из-за этой разницы в плановой экономике, при прочих равных условиях, энергоёмкость всегда в два и более раз выше, чем в рыночной);
- нормы дисконтирования – стоимость денег и восприятие риска (12% для промышленности и 33-50% для домохозяйств). Более высокая альтернативная стоимость капитала для домохозяйств обусловлена рядом причин: домохозяйства, как правило, менее охотно идут на риск, связанный с инвестициями в энергосберегающие мероприятия; для реализации сколько-нибудь значительных капиталовложений им приходится брать кредиты по процентным ставкам, установленным для частных заемщиков; или, при наличии свободных средств, у них есть более важные (в их глазах) сферы для инвестирования;
- состав эффектов – реальные, а не вмененные цены, учет налогов и льгот, включение дополнительных экологических и прочих затрат.

Можно выделить еще две градации потенциала повышения энергоэффективности:

информационно-обеспеченный потенциал – часть рыночного потенциала, оформленная в виде программ, ТЭО или индивидуальных решений, подготовленных по результатам сбора и анализа информации;

финансово обеспеченный потенциал – часть информационно-обеспеченного потенциала, относительно которой приняты решения о выделении средств на реализацию мероприятий.

Оценка потенциала снижения выбросов ПГ на этом не кончается.

Оценка потенциала снижения выбросов ПГ за счет совершенствования технологий. Потенциальная экономия энергии по каждому виду экономической деятельности затем разбивается на экономию отдельных видов энергоносителей. Это распределение проводится на основе оценки набора энергоносителей, которые экономятся при внедрении технологий, соответствующих «практическому минимальному» удельному расходу энергии. Такие расчеты позволяют оценить прямую экономию топлива в каждом виде экономической деятельности при внедрении лучших технологий. Использование усредненных по видам топлива, включенным в отдельные группы энергоносителей, коэффициентов (см. главы 1 и 2) позволяет оценить соответствующее снижение выбросов CO₂, CH₄ и N₂O.

Оценка потенциала косвенного снижения выбросов ПГ за счет экономии электрической и тепловой энергии у конечных потребителей. За счет получения экономии электроэнергии и тепловой энергии в секторах конечного потребления снижается потребность в выработке электрической и тепловой энергии, а значит, и потребность в использовании топлива на эти нужды. Этот эффект оценивается в форме косвенной экономии. Он получается в электро- и теплоэнергетике, а также при переработке топлива (в основном, при нефтепереработке), но формируется за счет мер в секторах конечного потребления энергии. Оценка косвенной экономии топлива проводилась при сохранении фактических объемов выработки электрической и тепловой

энергии в 2010 г. на нетопливных источниках энергии (АЭС, ГЭС и НВЭИ, а также утилизация тепловой энергии). Экономия отдельных видов топлива за счет косвенного эффекта определялась пропорционально потреблению топлива.

Оценка снижения выбросов ПГ за счет замещения топлив в электро- и теплоэнергетике. Дополнительного снижения выбросов можно добиться за счет замещения оставшихся объемов углеродоемких видов топлива (угля и нефтепродуктов) менее углеродоемкими (природный газ), оставаясь в пределах потребления природного газа в 2010 г.

Оценка снижения технологических утечек и выбросов ПГ за счет снижения объемов добычи топлива. Существенным источником выбросов ПГ в секторе «энергетика» являются технологические утечки и выбросы в процессах добычи топлива. Прямая и косвенная экономия топлива, а также возможности замещения одних видов топлива другими (при условии сохранения объемов их экспорта) снижают потребность в добыче топлив и приводят к изменениям в структуре добычи. Это, в свою очередь, приводит к формированию дополнительного эффекта в виде снижения технологических утечек и выбросов.

Таким образом, оценка потенциала снижения выбросов проводится по четырем составляющим:

- снижение выбросов ПГ за счет совершенствования технологий;
- косвенное снижение выбросов ПГ за счет экономии электрической и тепловой энергии у конечных потребителей;
- снижение выбросов ПГ за счет замещения топлив в электро- и теплоэнергетике;
- снижение технологических утечек и выбросов ПГ за счет снижения объемов добычи топлива.

5.2. Физические объемы экономии энергии

Оценка технического потенциала повышения энергоэффективности в России показала, что он составляет 48% от уровня потребления первичной энергии в 2010 г. В абсолютных объемах это 459 млн. тут с учетом сокращения сжигания попутного газа в факелах (табл. 5.1). Потенциал эквивалентен 64% добычи нефти в России в 2010 г., или 61% добычи газа в 2010 г. Он примерно равен годовому потреблению первичной энергии в таких странах, как Франция, Великобритания или Украина, или 2% от мирового потребления первичной энергии.

Потенциал экономии рассчитан при допущении, что экономия в секторах конечного потребления энергии дает косвенную экономию в секторах преобразования топлива и генерации электрической и тепловой энергии за счет снижения потребности в них у конечных потребителей. Технологическая экономия в секторах преобразования топлива оценена в расчете на объемы производства 2010 г. за вычетом экономии соответствующих ресурсов при полной реализации потенциала у конечных потребителей.

Технический потенциал повышения эффективности использования конечной энергии²⁹ составляет 226 млн. тут: в зданиях – 105 млн. тут (в жилых зданиях – 90 млн. тут, в зданиях сферы услуг – 15 млн. тут); в промышленности (без ТЭК) потенциал составляет

²⁹ Под конечной энергией понимается потребление энергии всеми потребителями за вычетом потерь и использования энергии на собственные нужды при производстве электрической и тепловой энергии, переработки и передачи топлива и энергии по централизованным системам энергоснабжения.

76 млн. туг, что превышает годовое потребление энергии в таких странах, как Польша, Нидерланды или Турция; потенциал на транспорте оценен в 42 млн. туг.

Потенциал экономии конечной энергии удваивается, если в расчет включаются косвенные эффекты, а также учитывается результат повышения эффективности технологий в ТЭК (табл. 5.1). Снижение потребности конечных потребителей при полномасштабной реализации у них потенциала энергосбережения дополняется снижением потребности в электроэнергии на 29 млн. туг, в тепле – на 38 млн. туг, в производстве и преобразовании топлива – на 14 млн. туг. Кроме того, совершенствование технологий производства электроэнергии дает экономию 47 млн. туг, тепла – 54 млн. туг (в т.ч. за счет роста утилизации вторичного тепла), переработки топлива и прочих технологий в ТЭК – 11 млн. туг. Пропорции между косвенными и технологическими эффектами в ТЭК меняются в зависимости от прогресса в деле экономии энергии у конечных потребителей. При его отсутствии эффект от экономии на совершенствовании технологий в ТЭК будет существенно выше.

Таблица 5.1 Технический потенциал повышения энергоэффективности в России в 2010 г. (тыс. туг)

	Экономия энергии	Уголь	Сырая нефть	Нефтепродукты	Природный газ	Прочие тв. топлива	Электроэнергия	Тепло
Всего с эффектом замещения	459225	120353	1084	68260	263314	6214	0	0
Всего	453484	88489	1084	67222	290474	6214	0	0
Сжигание попутного газа в факелах	11283				11283			
Производство электроэнергии	95531	63111	45	2055	67616	342	-37638	0
эффект замещения	5741	28818			-23077			
Производство электроэнергии	89790	34293	45	2055	90693	342	-37638	0
технологическая экономия	60369	21022	0	958	47981	90	-9682	0
косвенная экономия	29420	13271	45	1097	42712	252	-27956	0
Производство тепловой энергии	81039	41672	1039	12389	152838	5510	1271	-133680
эффект замещения	0	3045		1 038	-4083			
Производство тепловой энергии	81039	38627	1039	11351	156921	5510	1271	-133680
технологическая экономия	42673	9543	0	1894	35752	1410	568	-6495
косвенная экономия	38366	29083	1039	9457	121169	4099	703	-127185
Переработка нефти	24292	112	0	19168	715	289	801	3208
технологическая экономия	10332	91	0	6188	578	234	647	2594
косвенная экономия	13960	21	0	12980	137	55	153	614
Переработка газа	1076	0	0	18	307	0	253	498
технологическая экономия	830	0	0	14	237	0	195	384
косвенная экономия	246	0	0	4	70	0	58	114
Переработка угля	240	77	0	1	0	0	37	126
технологическая экономия	108	48	0	1	0	0	23	36
косвенная экономия	132	29	0	0	0	0	14	89
Собственные нужды	4948	0	0	0	0	0	4726	222
технологическая экономия	2891	0	0	0	0	0	2881	10
косвенная экономия	2056	0	0	0	0	0	1845	211
Потери	22197	0	0	0	0	0	7451	14746
технологическая экономия	8269	0	0	0	0	0	4799	3470
косвенная экономия	13928	0	0	0	0	0	2652	11276
Конечное потребление	218620	15381	0	34629	30556	73	23100	114881
Промышленность	76182	15381	0	1394	17826	58	15222	26301
Сельское хозяйство	2253	0	0	1547	22	0	26	658
Транспорт	42067	0	0	31606	8671	15	1694	80

Коммунальный сектор	864	0	0	0	0	0	864	0
Сфера услуг	15202	0	0	8	1907	0	4084	9203
Жилые здания	82052	0	0	74	2130	0	1209	78639

Источник: ЦЭНЭФ-XXI.

Полная реализация потенциала повышения эффективности использования электроэнергии позволит сократить потребление электроэнергии на 395 млрд. кВт-ч, или на 39% от уровня потребления 2010 г. Основная часть потенциала приходится на здания (107 млрд. кВт-ч), за которыми следует промышленность (124 млрд. кВт-ч). Повышение эффективности использования тепловой энергии и сокращение ее потерь в сетях может дать экономию 1068 млн. Гкал, или 67% от уровня потребления тепла в 2010 г. Вновь главный потенциал «заключен» в зданиях (614 млн. Гкал), за ними следует обрабатывающая промышленность (184 млн. Гкал). Потенциал снижения потребления природного газа равен 228 млрд. м³, или 49% от уровня его потребления в 2010 г., и существенно превышает экспорт газа из России в 2008-2010 гг. На долю конечных потребителей приходится 26 млрд. м³, еще 10 млрд. м³ – на сокращение сжигания попутного газа в факелах за счет его утилизации; 132 млрд. м³ – на сокращение потребности в тепле и совершенствование технологий его производства; еще 79 млрд. м³ – на сокращение потребности в электроэнергии и повышение эффективности электростанций. Потенциал снижения потребления жидкого топлива равен 69 млн. т, или 39% от его потребления в 2010 г. Основная его доля (46%) приходится на транспорт. Потенциал экономии угля равен 120 млн. т, или 84% потребления. Около 85% его величины сосредоточено в электро- и теплоэнергетике.

5.3. Физические объемы снижения выбросов ПГ

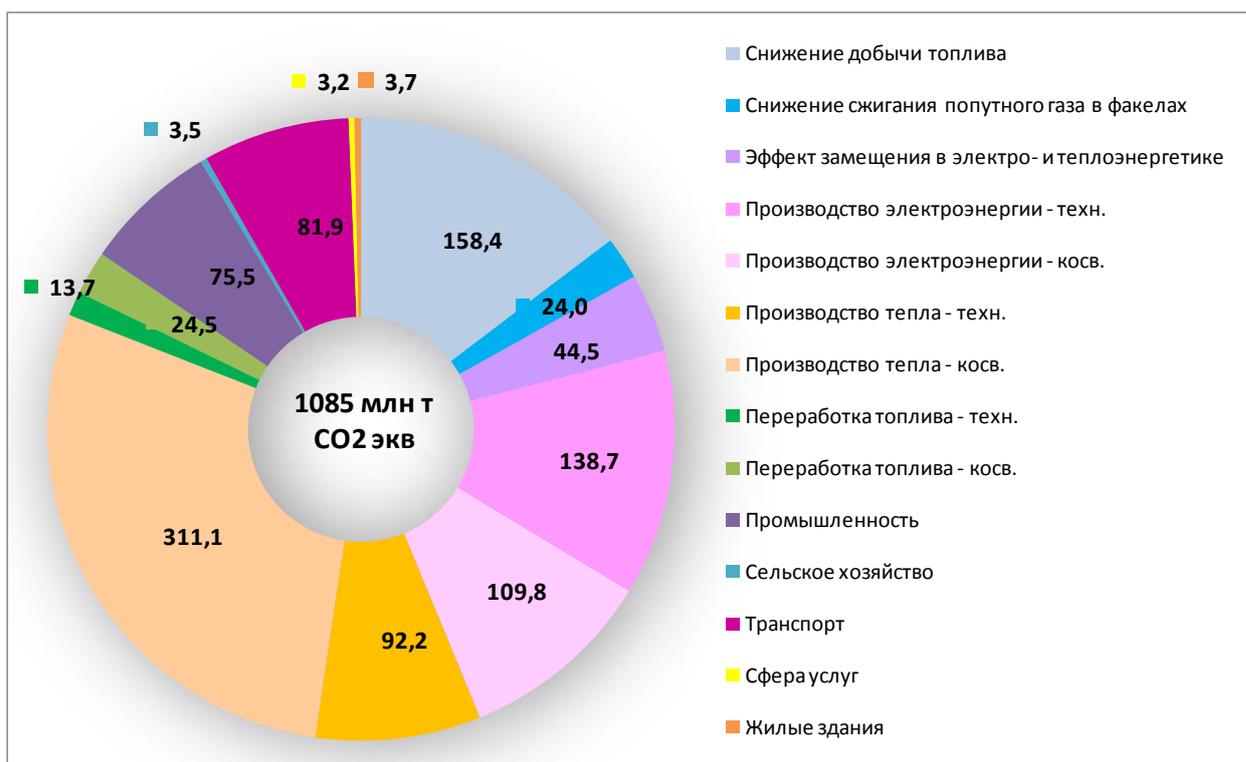
Потенциал снижения выбросов ПГ в секторе «энергетика» оценен для трех ПГ: CO₂, CH₄ и N₂O по четырем указанным выше составляющим эффекта. Результаты оценки даны как для каждого газа, так и для итоговой оценки по трем ПГ (табл. 5.2-5.5).

Оценка технического потенциала снижения выбросов трех ПГ в секторе «энергетика» по состоянию на 2010 г. показала, что он равен 1085 млн. т CO₂-экв., или 54% от уровня выбросов 2010 г. Потенциал снижения выбросов CO₂ равен 920 млн. т CO₂ (59%), CH₄ – 7,7 млн. т (37%), N₂O – 11,2 тыс. т (48%).

Распределение потенциала по секторам показывает, что его основная часть сосредоточена в производстве электрической и тепловой энергии (рис. 5.3), при условии что вся косвенная экономия приписывается именно этому сектору.

Однако значительная часть косвенной экономии получается за счет реализации мер по повышению энергоэффективности у конечных потребителей, поэтому она должна быть разнесена по этим секторам по четырем эффектам: экономия электроэнергии, экономия тепловой энергии, переработка топлива и снижение выбросов и утечек в процессах добычи топлива (рис. 5.4). Очевидно, что косвенное снижение выбросов, связанных с мерами в промышленности и в зданиях, довольно существенно.

Рисунок 5.2 – Прямой вклад секторов в потенциал снижения выбросов трех ПГ в секторе «энергетика» в России в 2010 г. (млн. т CO₂-экв.)

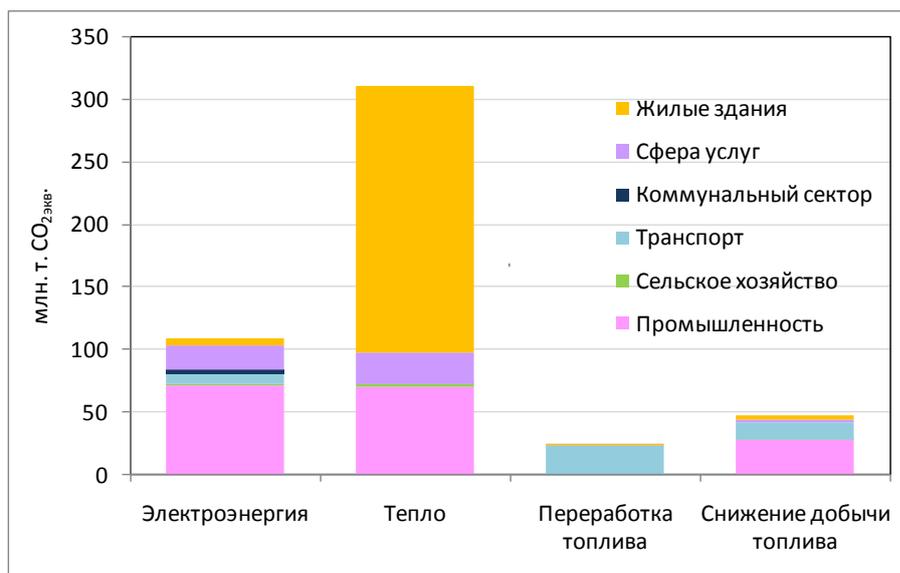


Источник: ЦЭНЭФ

Таблица 5.2 Технический потенциал снижения выбросов трех ПГ в секторе «энергетика» в 2010 г. (тыс. т CO₂-экв.)

	Всего	Уголь	Сырая нефть	Нефте-продукты	Природный газ	Прочие тв. топлива
Всего	1084656	350144	2366	143154	575226	13765
Снижение добычи угля, нефти и газа	158438	19891	29	1772	136746	0
Всего	926218	330253	2338	141383	438480	13765
Сжигание попутного газа в факелах	23990	0	0	0	23990	0
Всего с эффектом замещения	902228	330253	2338	141383	414490	13765
Всего	857750	243355	2338	139103	459189	13765
Производство электроэнергии с эффектом замещения	289003	171987	97	4611	111279	1028
эффект замещения	40554	78533	0	0	-37979	0
Производство электроэнергии	248449	93454	97	4611	149258	1028
технологическая экономия	138675	57289	0	2150	78965	271
косвенная экономия	109774	36165	97	2462	70293	757
Производство тепловой энергии с эффектом замещения	407196	114454	2241	27206	251534	11761
эффект замещения	3923	8364	0	2279	-6720	0
Производство тепловой энергии	403272	106090	2241	24927	258254	11761

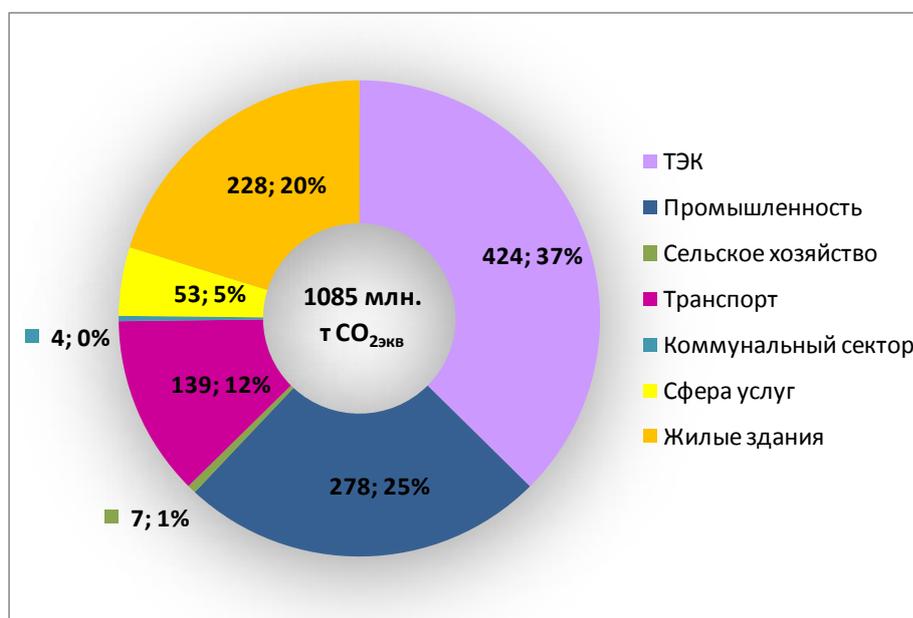
Рисунок 5.3 – Учет косвенных эффектов при оценке вклада секторов в потенциал снижения выбросов трех ПГ в секторе «энергетика» в России в 2010 г. (млн. т CO₂-экв.)



Источник: ЦЭНЭФ

Модификация структуры снижения выбросов за счет перераспределения косвенных эффектов по секторам конечного потребления энергии существенно меняет картину потенциала снижения выбросов (рис. 5.5).

Рисунок 5.4 – Прямой и косвенный вклад секторов в потенциал снижения выбросов трех ПГ в секторе «энергетика» в России в 2010 г. (млн. т CO₂-экв.)



Источник: ЦЭНЭФ

Доля конечных секторов повышается до 63%, при этом на долю промышленности приходится 25% потенциала, транспорта – 12%, жилых и общественных зданий – 25%. Таким образом, реализация потенциала снижения выбросов возможна за счет экономии энергии именно в этих секторах.

Проведенный анализ не рассматривал возможности замещения видов энергии у конечных потребителей. При учете этого фактора потенциал снижения выбросов может существенно вырасти. Но и без того ясно, что он вполне достаточен для обеспечения снижения удельных выбросов ПГ на 1-2% в год на протяжении довольно длительного отрезка времени.

Следует отметить, что потенциал снижения выбросов показывает гипотетические возможности без учета многих ограничений. Например, региональная недоступность природного газа не позволяет реально перевести многие источники электрической или тепловой энергии с угля на природный газ. Отдельные меры по реализации потенциала могут оказаться слишком дорогими или растянутыми во времени по причине длительных сроков службы и медленного оборота физических элементов основного капитала. Поэтому важно понять, насколько теоретические возможности снижения выбросов могут практически реализоваться, и как они отражаются в прогнозах динамики выбросов ПГ в России на ближайшие 40 лет.

5.4. ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

Оценка технического потенциала снижения выбросов трех ПГ – CO₂, CH₄ и N₂O – проведена на базе оценки потенциала экономии энергии по четырем составляющим эффекта:

- ⇒ снижение выбросов ПГ за счет совершенствования технологий;
- ⇒ косвенное снижение выбросов ПГ за счет экономии электрической и тепловой энергии у конечных потребителей;
- ⇒ снижение выбросов ПГ за счет замещения топлив в электро- и теплоэнергетике;
- ⇒ снижение технологических утечек и выбросов ПГ за счет снижения объемов добычи топлива.

Оценка технического потенциала повышения энергоэффективности в России показала, что он составляет 48% от уровня потребления первичной энергии в 2010 г. В абсолютных объемах это 459 млн. т с учетом сокращения сжигания попутного газа в факелах.

Оценка технического потенциала снижения выбросов трех ПГ в секторе «энергетика» по состоянию на 2010 г. показала, что:

- ⇒ он равен 1085 млн. т CO_{2-экв.}, или 54% от уровня выбросов 2010 г. Потенциал снижения выбросов CO₂ равен 920 млн. т CO₂ (59%), CH₄ – 7,7 млн. т (37%), N₂O – 11,2 тыс. т (48%);
- ⇒ при распределении косвенных эффектов по секторам конечного потребления энергии получается, что на долю отраслей ТЭК приходится 37% потенциала снижения выбросов ПГ, на долю промышленности – 25%, транспорта – 12%, жилых и общественных зданий – 25%;
- ⇒ потенциал достаточен для обеспечения снижения удельных выбросов ПГ на 1-2% в год на протяжении довольно длительного отрезка времени;
- ⇒ потенциал снижения выбросов показывает только гипотетические возможности без учета многих ограничений. Важно понять, насколько они могут практически реализоваться, и как они отражаются в прогнозах динамики выбросов ПГ в России на ближайшие 40 лет.

Проведенный анализ не рассматривал возможности замещения видов энергии у конечных потребителей. При учете этого фактора потенциал снижения выбросов может существенно вырасти.