

С.Н. Бобылев, А.А. Голуб, М.Ю. Ксенофонтов, А.С. Некрасов,
В.Н. Сидоренко, Ю.В. Синяк, Е.Б. Струкова



ОЖИДАЕМОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРЫ ТОПЛИВНОГО БАЛАНСА ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ РОССИИ

В работе анализируется воздействие на здоровье населения России роста загрязняющих выбросов в окружающую среду, связанных с увеличением доли угля в топливном балансе тепловых электростанций. Влияние роста уровня загрязнения воздуха на показатели заболеваемости и смертности оценивается на базе модели Экосенс, разработанной в Штутгартском Университете (Германия).

Экономический кризис в России оказал неоднозначное влияние на окружающую среду. С одной стороны, несколько снизились в связи со значительным спадом производства общие объемы загрязняющих выбросов в окружающую среду. С другой – удельные показатели загрязнения ухудшились, т. е. выбросы на единицу выпускаемой продукции возросли. Среди причин этой ситуации следует отметить структурно-технологические изменения в экономике, увеличение удельного веса в ней природно-эксплуатирующих и загрязняющих отраслей, снижение возможностей поддерживать в рабочем состоянии природоохранное оборудование, осуществлять экономию за счет его отключения и т. д. Увеличение числа автовладельцев и усиление интенсивности дорожного движения привели к росту загрязнения среды, особенно в городах. Имеющийся потенциал повышения энергоэффективности производства и соответствующие экологические выгоды не используются из-за сохраняющейся неопределенности будущей ценовой конъюнктуры внутренних энергетических рынков и возможных результатов институциональных преобразований в топливно-энергетическом комплексе. В целом общественное внимание к экологическим аспектам развития снизилось, и на первый план вышли социально-экономические проблемы, порожденные воспроизводственным кризисом. Таким образом, произошла определенная деэкологизация и общественного сознания, и системы приоритетов социально-экономической политики на уровне государства и отдельных субъектов хозяйствования.

В 2000 г. группа специалистов под руководством проф. С. Бобылева провела предварительные исследования оценки ущерба здоровью населения России от загрязнений атмосферы и воды [1]. Были получены агрегированные оценки для страны в целом за 1990-2000 гг. и выполнен прогноз на 2001-2010 гг. Однако методология оценки позволила получить лишь весьма приблизительные результаты.

Авторы данной статьи предприняли попытку оценить ущерб здоровью населения России при изменении структуры энергетического баланса с использованием модели Экосенс (EcoSense), разработанной в Штутгартском университете совместно с Институтом рационального использования энергии (ИРИЭ) Штутгартского университета под руководством проф. Р. Фридриха [2]. При этом в качестве объекта исследования выбрана схема топливоснабжения электростанций России, ее вариантная оценка на перспективу до 2010 г. выполнена в Институте народнохозяйственного прогнозирования РАН.

Представленный анализ не носит всеобъемлющего характера. Он ограничен построением достаточно реалистичных сценариев изменения структуры топливного баланса тепловых электростанций, основываясь на разработках к Энергетической стратегии России на период до 2020 года [3] и анализе возможностей частичной замены газа углем в период до 2010 г. Цель анализа – определить ущерб здоровью населения, возникающий вследствие увеличения вредных выбросов в атмосферу при расширении масштабов использования угля в электроэнергетике. В качестве показателя влияния загрязнения воздуха на здоровье населения был принят риск роста заболеваемости и смертности населения от респираторных заболеваний.

Методы оценки риска для здоровья уже были апробированы и успешно применяются в России [4-6]. Однако в основном акцентировалось внимание на локальных проблемах отдельных урбанизированных территорий, непосредственно прилегающих к источнику загрязнения. Последствия выбросов в атмосферу, обусловленные трансграничным переносом, до сих пор не были предметом исследований. Именно это обусловило обращение к модели Экосенс, которая позволяет решать подобные задачи.

Краткое описание модели Экосенс. Модель Экосенс является интегрированным программным средством для оценки воздействия загрязнения природной среды на здоровье населения. Эта модель была разработана специалистами, принимавшими участие в проектах Европейской комиссии ExternE и GARP [7-10]. Модель обеспечивает моделирование рассеивания загрязнителей в атмосфере. Для оценки последствий для здоровья населения используется база данных соответствующих показателей для всей Европы. Модель уже использовалась для аналогичных расчетов в Западной Европе, Бразилии и Китае, а также в Европе для оценки трансграничных эффектов загрязнения воздуха выбросами NO_2 , SO_2 , NH_3 и производными загрязнителями.

При этом учитываются химические реакции основных и вспомогательных загрязнителей¹, в результате которых соединения серы и азота преобразуются в твердые частицы диаметром менее 2,5 мк. ($PM_{2.5}$). Как было показано в исследованиях Гарвардского Университета [11], в конечном итоге основное негативное воздействие на здоровье населения оказывают именно мельчайшие твердые частицы диаметром менее 10 мк. (PM_{10}) и менее 2,5 мк. ($PM_{2.5}$). В модели воздействие PM_{10} учитывается также посредством перерасчета выбросов твердых частиц в выбросы мелкодисперсной фракции с помощью переводного коэффициента. При моделировании концентраций используются стандартные метеорологические модели рассеивания и метеорологические файлы международных организаций.

Категории воздействия, которые учитывались в модели в рамках настоящего исследования, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Категории воздействия на состояние здоровья человека, связанные с выбросами SO_2 , NO_x , NH_3 , и PM_{10} , учитываемые в модели Экосенс

Категория воздействия	Загрязнитель	Результат воздействия
Смертность	PM_{10} * SO_2	Сокращение продолжительности предстоящей жизни под влиянием кратко- и долгосрочного воздействия
Заболеваемость	PM_{10}	Острые респираторные заболевания Ограниченная трудоспособность

¹ NO_2 , HNO_3 , NH_4NO_3 , NH_3 , $(NH_4)_2SO_4$, SO_2 .

Сосудистые заболевания
Сердечная недостаточность
Хронический бронхит
Хронический кашель у детей
Кашель у астматиков
Заболевания нижних дыхательных путей

* Частицы диаметром менее 10 мк., в том числе вторичные частицы (сульфатные и нитратные аэрозоли).

Логика анализа. *Первый шаг:* отчетные показатели выбросов NO₂, SO₂, NH₃, привязанные к отдельным регионам территории России, вводятся в модель Экосенс и трансформируются в показатели концентрации вышеуказанных загрязняющих веществ в воздухе.

Второй шаг. Для преобразования концентрации загрязнителей в соответствующие показатели базовой смертности и заболеваемости используются данные эпидемиологических исследований (коэффициенты «доза-реакция»)², данные о заболеваемости астмой с учетом половозрастной структуры населения России, данные о средней продолжительности жизни для каждого региона России.

Третий шаг. Формируется макроструктурный сценарий энергопотребления по регионам России до 2010 г. с учетом возможного в перспективе роста доли угля в топливном балансе электростанций. На этой основе составляется сценарий выбросов в атмосферу в 2010 г. по регионам России.

Четвертый шаг. С помощью модели Экосенс анализируется изменение воздействия на здоровье населения регионов России, связанное с изменением сценария энергопотребления (частичный переход на уголь) и соответствующим увеличением загрязнения атмосферного воздуха.

Базовые характеристики воздействия на здоровье населения. Расчет ущерба окружающей среде и здоровью населения основан на сравнении двух сценариев выбросов – базового и прогнозного. Базовый сценарий предусматривает неизменный объем выбросов во всех включенных в сценарий регионах России, тогда как прогнозный – его рост, что обусловлено замещением природного газа углем на тепловых электростанциях. Разница в объемах выбросов, а следовательно, и их воздействию на состояние здоровья населения представляет собой оценку ущерба от выбранного сценария развития электроэнергетики.

Результаты расчета для базового (1998) года по регионам России приведены в табл. 2.

Показатели концентрации SO₂, PM₁₀, сульфатов и нитратов берутся как среднегодовые, а концентрации озона – как сезонные 16-часовые. Увеличение риска заболеваемости и смертности оказываются пропорциональными концентрации загрязнителя в атмосфере с коэффициентом пропорциональности «доза-реакция» [4]. Коэффициенты «доза-реакция» имеют следующую размерность:

	«число	случаев
в год/мкг на куб. м воздуха» для заболеваемости и «процент изменения ежегодной смертности/мкг на куб. м воздуха» для смертности.		

Для расчета показателей смертности в соответствии с методикой ExternE [10] было вычислено количество лет потерянной жизни (YOLL). Для всех стран, кроме России, использовались рекомендованные Европейской комиссией значения функций «доза-реакция» [2]. Соответственно потеря 157 лет жизни на 100000 чел. населения была вызвана повышением концентрации твердых частиц PM₁₀ на

² Коэффициенты «доза-реакция» разрабатываются на основе анализа реакции человека на отдельные загрязнители. Оценка коэффициентов основана на статистических исследованиях, выполненных в европейских странах и США. Результаты этих исследований были адаптированы к условиям России с учетом половозрастной структуры населения.

10 мкг/куб. м в течение года. Аналогичные вычисления с использованием данных о вероятности выживания в России дают значение потерь, равное 250 годам жизни на 100000 чел. при таком же воздействии. Данная функция применялась для расчета смертности от хронических заболеваний в РФ.

Таблица 2

Результаты расчетов состояния здоровья в базовом (1998) году

Субъект РФ	Заболееваемость (случаи хронического бронхита в год)		Показатель потерянных лет жизни, лет/год*
	детей	взрослых	
А	1	2	3
Республика			
Адыгея	2443,5	105,2	1488,4
Алтай	1717,5	73,3	1042,6
Башкирия	25237,0	1087,5	15431,2
Бурятия	1791,7	77,1	1093,5
Дагестан	12142,3	521,0	7407,7
Ингушетия	2193,6	94,3	1344,3
Кабардино-Балкария	4038,6	173,8	2470,4
Калмыкия	2628,9	112,9	1597,3
Карачаево-Черкесия	2850,3	122,7	1745,2
Карелия	3002,5	128,6	1837,0
Коми	1753,8	75,6	1069,3
Марийская	5541,4	239,0	3373,3
Мордовия	5667,8	244,3	3448,1
Северная Осетия	3317,8	142,6	2033,9
Татария	10116,0	435,5	6152,9
Тува	805,0	34,4	487,9
Удмуртия	7186,2	310,3	4379,0
Хакасия	2948,9	126,4	1812,0
Чечня	5696,8	244,9	3486,5
Чувашия	4732,8	204,1	2879,8
Якутия	252,9	11,0	154,1
Край			
Алтайский	14242,0	610,6	8661,3
Краснодарский	28304,0	1216,8	17243,7
Красноярский	34241,0	1456,7	21375,0
Приморский	30083,7	1284,9	18404,0
Ставропольский	13863,9	596,7	8439,2
Хабаровский	5153,7	220,4	3144,7
Область			
Амурская	10466,1	447,4	6396,1
Архангельская	3532,5	151,5	2159,4
Астраханская	4306,6	184,7	2626,5
Белгородская	18271,6	784,1	11155,8
Брянская	17058,0	730,4	10409,2
Владимирская	11697,4	504,5	7133,4
Волгоградская	18873,7	810,9	11474,1
Вологодская	6004,2	258,1	3660,8
Воронежская	23610,3	1015,1	14387,1
Ивановская	7444,5	320,9	4540,7
Иркутская	10648,2	454,4	6519,2
Калининградская	22212,7	947,0	13611,2
Калужская	11391,4	489,1	6940,6
Камчатская	59,6	2,6	37,2
Кемеровская	18802,0	809,9	11487,2
Кировская	6014,1	259,3	3663,7
Костромская	3681,1	158,6	2243,6
Курганская	9900,0	426,3	6048,8
Курская	17304,0	742,5	10559,2
Ленинградская	31274,0	1340,5	19154,2
Липецкая	11798,9	507,8	7187,9

Воздействие изменения структуры топливного баланса на здоровье населения РФ

Магаданская	39,8	1,7	24,3
Мурманская	3577,4	153,0	2211,1
Нижегородская	21370,0	921,4	13036,3
Новгородская	5478,2	234,5	3336,1
Новосибирская	13218,0	567,7	8050,3
Омская	9850,1	422,3	6011,8
Оренбургская	12726,8	546,4	7765,5
Орловская	9891,8	424,6	6025,2
Пензенская	9097,6	391,6	5529,6
Пермская	11171,0	482,4	6818,5

Продолжение табл. 2

А	1	2	3
Псковская	8786,5	375,4	5359,2
Ростовская	45242,0	1942,3	27613,4
Рязанская	10117,0	436,1	6171,2
Самарская	17915,9	771,9	10924,5
Саратовская	16691,7	717,8	10139,9
Сахалинская	1079,5	46,7	662,7
Свердловская	26595,0	1148,3	16369,1
Смоленская	12107,7	518,2	7386,0
Тамбовская	69,1	3,0	45,0
Тверская	11917,8	511,2	7253,6
Томская	4194,3	180,3	2555,9
Тульская	17777,0	765,8	10846,3
Тюменская	6561,5	282,4	3994,6
Ульяновская	9053,8	390,3	5513,9
Челябинская	23404,0	1009,6	14352,0
Читинская	7124,9	305,2	4351,0
Ярославская	9607,5	413,6	5859,1
Город федерального значения			
Москва	130582,0	5631,6	79878,0
Санкт-Петербург	6255,5	268,2	3835,5
Автономная область (округ)			
Агинский	184,8	7,9	112,3
Еврейская	6576,1	280,9	4017,7
Коми-Пермяцкий	427,1	18,4	260,2
Корякский	0,7	0,0	0,4
Ненецкий	51,1	2,2	31,0
Таймырский	17949,0	774,7	10941,1
Усть-Ордынский	663,1	28,5	406,4
Ханты-Мансийский	2068,3	89,3	1256,8
Чукотский	0,3	0,0	0,2
Эвенкийский	69,6	3,0	42,3
Ямало-Ненецкий	319,8	13,8	194,3
Всего	986118,5	42378,3	602580,1

* Показатель потерянных лет жизни представляет собой суммарную оценку вероятности недожития до среднестатистического возраста (в годах) для каждого жителя региона (страны) в результате реализации неблагоприятного сценария развития в среднем в каждом расчетном году. Его следует отличать от показателя риска дополнительной смертности, измеряемого в дополнительных ежегодных случаях смерти в результате реализации неблагоприятного сценария.

Для расчета лет потерянной жизни использовалось значение среднего недожития на одного заболевшего. За основу его взяты годы недожития в результате смерти от легочных заболеваний в Мексике и Индии в 1998 г. (данные Всемирного Банка) [12, 13].

Как показали расчеты, уровень заболеваемости и смертности в регионах определялся как загрязненностью атмосферы в самом регионе, так и трансграничным переносом выбросов. Абсолютные значения заболеваемости и смертности также зависят от плотности населения, поэтому Москва и Московская область существенно выделяются на фоне других регионов России.

Прогноз энергопотребления и сдвигов в структуре топливного баланса электростанций России. Прогноз энергопотребления базируется на прогнозных

оценках роста российской экономики (см. [14]). Рассматриваются два крайних экономических сценария на период до 2010 г.: *инерционный* и *высоких темпов роста*.

Инерционный сценарий (А) предполагает сохранение невысоких темпов экономического развития, исходя из существующих макроэкономических тенденций. Принимаемые меры по их изменению имеют ограниченный эффект. Сохранение инерционного развития приведет в ближайшем будущем к наступлению фазы, когда начнут проявляться последствия длительного недоинвестирования экономики. В этих условиях следует ожидать стагнации ресурсной базы страны, качественного ухудшения производственно-технологического потенциала.

Сценарий высоких темпов роста (Б) предусматривает переход к устойчивому росту российской экономики. Сценарий предполагает качественное изменение модели экономического развития уже в начале текущего десятилетия. Первостепенное внимание в сценарии уделено следующим направлениям: повышению уровня и качества жизни основной массы населения; поддержанию и развитию социальной инфраструктуры, обеспечивающей воспроизводство человеческого капитала; активизации инвестиций для качественной модернизации производственно-технологического аппарата и поддержания сырьевой базы экономики; сохранению и развитию инновационного потенциала за счет увеличения расходов на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы; обеспечению оборонной безопасности страны; выполнению обязательств по внешним платежам.

Реализация основных направлений стратегии «высоких темпов роста» и выход на траекторию динамичного развития потребуют существенных изменений основных макроэкономических пропорций. Это предполагает: ориентацию производства на внутренний спрос и сокращение импорта; разблокирование источников роста внутреннего спроса, прежде всего, за счет увеличения доходов и накоплений реального сектора; обеспечение опережающего по сравнению с конечным потреблением роста валовых сбережений и инвестиций; изменение структуры товарного производства в пользу обрабатывающей промышленности.

Оживление национальной экономики находит свое отражение в темпах и пропорциях роста энергопотребления, на уровень которого будет оказывать заметное влияние прогресс в энергосбережении³. При экономическом росте до 2010 г. от 1,3 (сценарий А) до 1,7 (сценарий Б) ожидается, что суммарное потребление конечной энергии в России возрастет всего в 1,15-1,35 раза по сравнению с 2000 г. Предполагается сокращение энергоемкости ВВП на 15-45% (табл. 3).

Таблица 3

Показатели сценариев социально-экономического развития России, использованных при построении прогнозов развития энергетики

Показатель	Сценарий А	Сценарий Б
Среднегодовые темпы роста ВВП, %		
2001-2005 гг.	3,7 (3,0-4,0)	6,2 (6,0-6,5)
2005-2010 гг.	1,7 (1,5-2,0)	5,1 (4,8-5,3)

³ В стране существует значительный экономический потенциал энергосбережения, оцениваемый, по разным источникам, в 300-450 млн. т н.э.

Воздействие изменения структуры топливного баланса на здоровье населения РФ

Изменение структуры производства ВВП Снижение энергоёмкости ВВП к концу периода, %	замедленное 13-15	ускоренное 40-45
---	--------------------------	-------------------------

Примечание. В скобках даны диапазоны изменения среднегодового темпа роста ВВП за период.

В итоге внутреннее потребление первичных энергоресурсов в России с учетом расходов топлива и энергии на производство электроэнергии и тепла может составить:

	2000 г.	2005 г.	2010 г.
<i>Сценарий А</i>			
млн. т у.т.	889	979	1021
%	100,0	110,1	114,8
<i>Сценарий Б</i>			
млн. т у.т.	889	1096	1236
%	100,0	123,3	139,0

Предполагалось, что душевое потребление энергии к 2010 г. возрастет по сравнению с 1997 г. в 1,3 и 1,5 раза (соответственно в сценариях А и Б), а производство электроэнергии в 1,3 и 1,6 раза. Соответственно производство электроэнергии в России с учетом потерь и внутреннего потребления достигнет объемов, приведенных в табл. 4.

Таблица 4

Производство электроэнергии в России

Год	Сценарий А		Сценарий Б	
	млрд. кВтч	%	млрд. кВтч	%
2000	878	100,0	878	100,0
2005	990	112,8	1110	126,4
2010	1010	115,0	1280	145,8

Доля тепловых электростанций в производстве электроэнергии в перспективе до 2010 г. несколько возрастет. Намечается рост выработки электроэнергии на ТЭС и АЭС в абсолютном выражении при некотором сокращении их доли в электробалансе (табл. 5).

Доля ТЭС в 2010 г. составит 63 и 70% (сценарий А и Б), что соответствует индексу роста производства тепла и электроэнергии на ТЭС 1,22-1,71. Соответственно на ТЭС будет произведено 638 и 895 млрд. кВт·ч электроэнергии (сценарий А и Б). Для дальнейших прогнозных расчетов была принята величина 895 млрд. кВт·ч, соответствующая сценарию Б.

Таблица 5

Прогноз производства электроэнергии по видам электростанций, млрд. кВт·ч

Вид электростанции	2000 г.	2005 г.	2010 г.	2010/1997 (индекс)
<i>Сценарий А</i>				
ТЭС	524	628	638	1,22
ГЭС	165	170	175	1,06
АЭС	131	132	135	1,03
Прочие	58	60	62	1,07

Всего	878	990	1010	1,15
<i>Сценарий Б</i>				
ТЭС	524	740	895	1,71
ГЭС	165	175	180	1,09
АЭС	131	135	140	1,07
Прочие	58	60	65	1,12
Всего	878	1110	1280	1,46

В 2000 г. тепловые электростанции потребили около 264 млн. т у.т., в том числе 80 млн. т у.т. угольного топлива, 20 – мазута и 164 – газа. При этом региональная структура потребления характеризовалась следующими особенностями, млн. т у.т.:

	Уголь	Мазут	Газ	Всего
Северо-Запад	2,3	4,3	10,4	17,0
Центр	5,1	4,5	56,5	66,1
Волга	0,2	3,1	23,7	27,0
Урал	12,7	4,6	58,4	75,7
Юг	2,5	1,4	9,3	13,2
Сибирь	39,4	0,8	3,4	43,6
Восток	17,9	1,2	1,9	21,0
Всего	80,1	19,9	163,6	263,6

Для обеспечения необходимой выработки электроэнергии по сценарию Б суммарная мощность электростанций должна возрасти с 214 млн. кВт в 2000 г. до 224 млн. кВт в 2005 г. и 247 млн. кВт в 2010 г. Ожидается, что в этот период выйдут из эксплуатации около 35 млн. кВт мощностей тепловых электростанций и 6 млн. кВт – АЭС. Вместо них должны быть введены новые мощности: на тепловых электростанциях 40-60 млн. кВт, на атомных – 7-8 млн. кВт (табл. 6).

Таблица 6

Ввод новых мощностей в электроэнергетике, млн. кВт

Вид электростанций	2001-2005 гг.	2006-2010 гг.
<i>Сценарий А</i>		
ТЭС	13	25
АЭС	2	5
ГЭС	0,2	2,5
Прочие	2	5
<i>Сценарий Б</i>		
ТЭС	20	40
АЭС	2	6
ГЭС	0,2	2,5
Прочие	2	5

Новые мощности, вводимые взамен старых для обеспечения прироста, могут использовать различные виды топлива для производства тепла и энергии. При этом социально-экономические и экологические последствия замещения углем природного газа в топливном балансе ТЭС в существенной мере определяются тем, как будет использован высвободившийся природный газ. Если российская экономика не получает «высвобожденного» природного газа (либо «высвобожденный» природный газ направляется на экспорт, либо он определяет масштабы внутренней экономии, в соответствии с которыми его добыча сокращается), то *при прочих равных условиях* замещение природного газа углем чревато негативными экологическими последствиями. Однако масштабы негативных экологических последствий могут быть уменьшены по мере распространения прогрессивных технологий транспортировки и сжигания угля, технологий очистки отходящих газов.

При построении прогнозов до 2010 г. были рассмотрены два возможных варианта формирования перспективной структуры топливопотребления тепловых электростанций России:

а) *относительно «легкий» переход на твердое топливо* (перевод на уголь преимущественно конденсационных электростанций, имеющих реальные технологические возможности сжигания угля);

б) *«тяжелый» (капиталоемкий) перевод на угольное топливо* ТЭС, включая некоторые ТЭЦ с реконструкцией систем топливообеспечения.

Установленные мощности электростанций в 2010 г. оценены с учетом ожидаемого выбытия старых и изношенных объектов в соответствии с докладом «О мерах по совершенствованию топливной политики в электроэнергетике на период до 2015 г.», подготовленного рабочей группой экспертов по заданию РАО «ЕЭС России» в 2000 г. Ввод новых мощностей определен как разность между прогнозными значениями и суммарной установленной мощностью действующих электростанций. Выработка электроэнергии на конденсационных электростанциях рассчитана через коэффициенты загрузки, которые определялись экспертным путем для каждого объекта с учетом его текущей загрузки и экономичности оборудования. Для ТЭЦ определяющим фактором являлся отпуск тепла, скорректированный на сокращение отпуска тепла от ТЭЦ, наблюдаемого в последние годы. Предполагается, что к 2010 г. отпуск тепла на ТЭЦ возрастет. Выработка электроэнергии на ТЭЦ рассчитывалась на основе электротепловых коэффициентов, характерных для начала 90-х годов. При этом величина коэффициента использования установленной мощности принималась не выше 0,95 в силу технологических особенностей теплотехнического оборудования. Такой подход обеспечил высокий уровень загрузки теплофикационных турбин и выработки электроэнергии на тепловом потреблении, как это предусмотрено правительственными решениями. Удельные расходы топлива на выработку электроэнергии на конденсационных электростанциях для 2010 г. приняты по данным 1999 г., которые скорректированы на изменение загрузки установленной мощности и структуры используемого топлива. Удельные расходы топлива на выработку электроэнергии и отпуск тепла от ТЭЦ по крупным станциям приняты по фактическим расходам на начало 90-х годов, так как в рассматриваемом сценарии к 2010 г. ТЭЦ выходят на режим работы, близкий к режиму, характерному для конца дореформенного периода.

Результаты расчетов по двум сценариям формирования структуры топливного баланса тепловых электростанций в сопоставлении с вариантом неизменной, базисной структуры топливопотребления приведены в табл. 7.

Таблица 7

Варианты топливоснабжения тепловых электростанций России в 2010 г., млн. т у.т.

Регион	Уголь	Мазут	Газ	Всего
<i>Сохранение существующей структуры топливопотребления</i>				
Северо-Запад	1,6	6,8	13,4	21,8
Центр	6,1	6,0	71,8	83,9
Волга	0,2	3,4	26,3	29,9
Урал	14,8	5,2	72,2	92,2
Юг	2,8	1,5	9,7	14,0
Сибирь	56,6	1,2	6,0	63,8
Восток	21,7	1,4	1,7	24,8
Всего	103,8	25,5	201,1	330,4

<i>«Легкий» переход на угольное топливо</i>				
Северо-Запад	2,8	6,8	12,2	21,8
Центр	15,5	4,8	64,3	84,6
Волга	0,6	3,4	26,0	30,0
Урал	20,7	5,2	66,4	92,3
Юг	8,1	0,8	5,8	14,7
Сибирь	57,4	1,2	5,2	63,8
Восток	21,7	1,4	1,7	24,8
Всего	126,8	23,6	181,6	332,0
<i>«Тяжелый» переход на угольное топливо</i>				
Северо-Запад	7,9	6,5	7,9	22,3
Центр	27,6	4,1	53,6	85,3
Волга	1,6	3,4	24,9	29,9
Урал	28,6	5,0	58,8	92,4
Юг	8,7	0,8	5,2	14,7
Сибирь	57,9	1,2	4,7	63,8
Восток	21,7	1,4	1,7	24,8
Всего	154,0	22,4	156,8	332,2

Конкретная реализация каждого из описанных сценариев зависит от взаимодействий между отраслями и хозяйственными субъектами, сопряженными в рамках рассматриваемого маневра в структуре топливоснабжения электростанций.

Оценка дополнительных выбросов по регионам. Прогноз изменения структуры топливного баланса был представлен в виде объемов использования различных видов топлива по регионам (областям России). Для построения на этой основе прогноза выбросов от энергетического сектора необходимо было использовать удельные коэффициенты выбросов основных загрязняющих веществ на единицу топлива. Авторами использовано несколько альтернативных способов расчета таких коэффициентов, разработанных Всемирным Банком и Межправительственной группой экспертов по изменению климата (IPCC). Эти подходы привели примерно к одинаковым результатам.

Результаты расчета дополнительных выбросов по регионам России в связи с переходом ТЭС на уголь приведены в табл. 8.

Таблица 8

Изменение выбросов в атмосферу по регионам в варианте «тяжелого» перехода ТЭС на уголь (1998-2010 гг.), тыс. т

Субъект РФ	Дополнительные выбросы загрязняющих веществ, тыс. т		
	Твердые частицы	SO ₂	NO _x
А	1	2	3
Республика			
Адыгея	0	0	0
Алтай	64,3	36,9	11,3
Башкирия	25,3	16,8	10,1
Бурятия	92,7	53,2	16,3
Дагестан	0	0	0
Ингушетия	0	0	0
Кабардино-Балкария	0	0	0
Калмыкия	0	0	0
Карачаево-Черкесия	0	0	0
Карелия	0	0	0
Коми	-19,9	-11,5	-2,2
Марийская	0	0	0
Мордовия	0	0,1	0,1
Северная Осетия	0	0	0
Татария	0,4	0,8	5,9
Тува	-6,2	-3,6	-1,1
Удмуртия	61,1	35	8,6
Хакасия	17,3	9,9	3

Воздействие изменения структуры топливного баланса на здоровье населения РФ

Чечня	0	0	0
Чувашия	0	0,1	0,8
Якутия	3,9	2,3	-0,4
Край			
Алтайский	0	0	0
Краснодарский	0	-0,1	-1,9
Красноярский	189,9	109	33,4
Приморский	0,1	0	0
Ставропольский	176,7	100,5	24,1
Хабаровский	41,0	23,5	7,5
Область			
Амурская	9,2	5,3	1,6
Архангельская	0	1,9	0
Астраханская	0	0	-1,1
Белгородская	0	0	0,2
Брянская	0	0	0
Владимирская	44,9	25,7	6
Волгоградская	0	0,3	2,2
Вологодская	39,3	22,3	7,3

Продолжение табл. 8

А	1	2	3
Воронежская	42,4	24,1	5,3
Ивановская	36,4	20,9	5,2
Иркутская	94,8	54,4	16,5
Калининградская	0	0,3	0
Калужская	0	0	-0,1
Камчатская	0	-0,1	0
Кемеровская	59,1	33,9	10,7
Кировская	55,1	31,7	8,9
Костромская	22,6	13	4
Курганская	102,1	58,6	16,5
Курская	0	0,1	0,9
Ленинградская	56,3	39	7,4
Липецкая	0	-0,1	-0,7
Магаданская	0,3	0,7	0,1
Московская	189,6	108,5	41,9
Мурманская	12,3	6,6	2,2
Нижегородская	1	0,9	1,3
Новгородская	16,4	9,4	1,8
Новосибирская	50,6	29,1	9,4
Омская	26,8	16	6
Оренбургская	0	0	2,6
Орловская	0	0	0,1
Пензенская	0	0	0
Пермская	56,3	32,4	11,4
Псковская	40,4	23,1	5,2
Ростовская	51	28,7	9,2
Рязанская	149,5	84,6	21,8
Самарская	34,6	19,5	1,5
Саратовская	0	0,1	0,4
Сахалинская	5	2,9	0,9
Свердловская	147,4	84,5	25
Смоленская	63,1	35,6	10,4
Тамбовская	0	0,1	0,7
Тверская	45,8	26,2	6
Томская	16,7	9,6	2,9
Тульская	122,1	69,7	18,3
Тюменская*	0	0	1,9
Тюменская	0	0	-8,9
Ульяновская	0	0,2	0,6
Челябинская	37,2	21,4	11,8
Читинская	-31	-17,9	-6,8
Ярославская	38	22,1	6,4
Автономная область (округ)			
Еврейская	0	0	0
Чукотский	-0,7	-0,4	-0,1
Всего	2281,6	1318	390,6

* Без Ханты-Мансийского и Ямало-Ненецкого автономных округов.

Оценка смертности и заболеваемости в связи с увеличением выбросов, вызванных дополнительным сжиганием угля на электростанциях, даны в табл. 9.

По оценкам, в 1998 г. заболеваемость острым хроническим бронхитом в целом по России составляла около 7,2 случаев на 1000 чел. в год, что дало в целом по стране более 1 млн. заболеваний в год, около 95% этой величины приходится на детей. Такая заболеваемость сопровождается сокращением продолжительности жизни примерно на 4,2 года на 1000 чел., что составляет более 600 тыс. лет в год в пересчете на все население страны. Однако существуют регионы, где эти показатели намного выше. К ним можно отнести Москву и прилегающие области, Ленинградскую и Калининградскую области, а также ряд регионов в восточной части страны.

Таблица 9

Эффект дополнительных выбросов загрязняющих веществ от сжигания дополнительного угля в электроэнергетике в 2010 г.

Субъект РФ	Население, тыс. чел. (1998 г.)	Расчетное число заболеваний в 1998 г. на 1000 чел./год	Сокращение продолжительности жизни в 1998 г., лет/1000 чел.	Рост заболеваний к 2010 г. в связи с переходом ТЭС на уголь, %	Дополнительное сокращение продолжительности жизни к 2010 г., %
А	1	2	3	4	5
Республика					
Адыгея	450	5,66	3,31	1,60	1,61
Алтай	202	8,87	5,16	1,22	1,24
Башкирия	4111	6,40	3,75	1,56	1,56
Бурятия	1046	1,79	1,05	5,92	5,96
Дагестан	2095	6,04	3,54	1,13	1,13
Ингушетия	313	7,31	4,29	1,64	1,64
Кабардино-Балкария	792	5,32	3,12	1,84	1,85
Калмыкия	317	8,65	5,04	1,50	1,50
Карачаево-Черкесия	436	6,82	4,00	2,14	2,15
Карелия	776	4,03	2,37	1,01	1,01
Коми	1161	1,58	0,92	1,75	1,74
Марийская	763	7,58	4,42	2,82	2,83
Мордовия	944	6,26	3,65	2,41	3,35
Северная Осетия	663	5,22	3,07	1,32	1,32
Татария	3774	2,80	1,63	3,67	3,67
Тува	310	2,71	1,57	0,88	0,88
Удмуртия	1636	4,58	2,68	3,14	3,15
Хакасия	584	5,27	3,10	1,77	1,77
Чечня	797	7,46	4,37	1,72	1,72
Чувашия	1359	3,63	2,12	2,37	2,37
Якутия	1003	0,26	0,15	1,09	1,10
Край					
Алтайский	2672	5,63	3,24	0,88	0,90
Краснодарский	5075	5,82	3,40	1,10	1,10
Красноярский	3080	11,59	6,94	1,05	0,00
Приморский	2216	14,16	8,31	0,02	0,02
Ставропольский	2682	5,39	3,15	3,69	3,72
Хабаровский	1546	3,48	2,03	0,40	0,41
Область					
Амурская	1023	10,67	5,27	0,11	0,13
Архангельская	1492	2,47	1,45	1,47	1,47
Астраханская	1029	4,36	2,55	0,85	0,85
Белгородская	1484	12,84	7,52	0,60	0,59
Брянская	1465	12,14	7,11	0,69	0,69
Владимирская	1631	7,48	4,37	4,41	4,44
Волгоградская	2701	7,29	4,25	1,04	1,04

Воздействие изменения структуры топливного баланса на здоровье населения РФ

Вологодская	1339	3,93	2,73	3,16	2,67
Воронежская	2486	9,50	5,79	1,35	1,30
Ивановская	1246	6,23	3,64	4,36	4,39
Иркутская	2774	4,00	1,99	1,69	2,01
Калининградская	943	24,56	14,43	0,04	0,04
Калужская	1094	10,86	6,34	2,04	2,06
Камчатская	396	0,16	0,09	-0,02	-0,03
Кемеровская	3023	6,49	3,80	1,49	1,50
Кировская	1613	2,03	2,27	5,95	3,12
Костромская	797	4,82	2,82	3,78	3,80
Курганская	1106	9,34	5,47	2,03	2,04
Курская	1336	13,51	7,90	0,70	0,70
Ленинградская	1682	19,39	11,39	1,56	1,57
Липецкая	1248	9,86	5,76	1,89	1,90
Магаданская	246	0,17	0,10	1,13	1,11
Мурманская	1017	3,67	2,17	0,29	0,29
Нижегородская	3697	6,03	3,53	3,53	3,53
Новгородская	738	7,74	4,52	1,39	1,40
Новосибирская	2749	5,01	2,93	1,27	1,28
Омская	2179	4,71	3,68	1,27	0,96
Оренбургская	2230	5,95	3,48	0,98	0,98

Продолжение табл. 9

А	1	2	3	4	5
Орловская	907	11,37	5,54	1,27	1,52
Пензенская	1549	6,13	3,57	2,15	2,15
Пермская	2986	3,90	1,95	3,18	3,75
Псковская	820	11,17	6,54	0,74	0,74
Ростовская	4404	10,71	6,27	0,82	0,82
Рязанская	1307	8,07	4,72	4,19	4,23
Самарская	3309	5,65	3,30	1,81	1,81
Саратовская	2724	6,39	3,72	1,50	1,50
Сахалинская	620	1,82	1,39	2,87	2,92
Свердловская	4656	5,96	3,52	2,25	2,25
Смоленская	1157	10,91	6,38	1,15	1,16
Тамбовская	1292	0,06	0,03	322,25	302,31
Тверская	1633	7,61	4,44	2,28	2,29
Томская	1073	4,08	2,38	1,48	1,49
Тульская	1786	10,38	6,07	3,27	3,30
Тюменская	3211	1,20	1,24	3,80	2,14
Ульяновская	1483	6,37	3,72	1,93	1,93
Челябинская	3681	6,63	3,90	1,46	1,46
Читинская	1277	5,82	3,41	0,26	0,26
Ярославская	1435	6,98	4,08	3,61	3,63
Город федерального значения					
Москва	8629	15,79	9,26	2,31	2,34
Санкт-Петербург	4749	1,37	0,81	1,66	1,68
Автономная область (округ)					
Агинский	78	2,39	1,44	0,93	0,89
Еврейская	205	28,57	19,60	0,11	0,09
Коми-Пермяцкий	154	2,89	1,69	3,21	3,21
Корякский	31	0,12	0,01	0,00	0,00
Ненецкий	47	1,13	0,66	0,58	0,58
Таймырский	44	425,54	248,66	0,01	0,01
Усть-Ордынский	144	4,80	2,82	2,52	2,53
Ханты-Мансийский	1358	1,59	0,93	1,55	1,55
Чукотский	81	0,00	0,00	0,00	0,00
Эвенкийский	20	3,63	2,12	1,21	1,21
Ямало-Ненецкий	497	0,67	0,39	0,90	0,90
Всего	142914	7,20	4,22	1,94	1,96

В результате изменения структуры энергобаланса, т. е. увеличения в нем доли угля, в целом по России за 10 лет (к 2010 г.) будет потеряно около 118 тыс. лет жизни, или примерно около 12 тыс. лет ежегодно. Это эквивалентно 2-процентному росту преждевременной смертности ежегодно. В наибольшей степени пострадает европейская часть России. В традиционных регионах с высокой степенью

заболеваемости ожидается, что смертность возрастет на 25-45% по сравнению с уровнем 1998 г. При этом в результате трансграничного переноса вредные выбросы в одном регионе будут распространяться на большие территории и оказывать существенное влияние на другие регионы. Одним из ярких примеров является Нижегородская область. Несмотря на то, что прирост выбросов на территории этой области от энергетического сектора практически равен нулю, смертность от загрязнения воздуха возрастет на треть.

Особого внимания заслуживает Москва и Московская область. Данные расчета нуждаются в уточнении, потому что в такой постановке задачи очень важна привязка источников выбросов и реципиентов к местности. Даже небольшие сдвиги при большой плотности населения могут дать существенную разницу в конечных цифрах. Пока лишь можно утверждать, что дополнительная смертность, вызванная негативным влиянием энергетического сектора в Москве и Московской области будет составлять от 2 до 4 тыс. случаев в год.

Заметно увеличится трансграничный перенос загрязнения из региона в регион. В табл. 10 приведены регионы, где максимально (более чем на 100%) растет критериальный показатель выбросов SO₂ и смертность (более чем на 20%), а также «страдающие регионы», где не увеличивается загрязнение атмосферы по внутренним причинам, но значительно (на 20%) возрастает смертность. В результате трансграничного переноса за пределы России дополнительные случаи смерти в сопредельных странах достигнут 600 в год.

Таблица 10

Распределение максимального прироста выбросов и смертности по регионам

Регионы, в которых		Регионы-реципиенты трансграничного переноса
рост SO ₂ составляет более 100%	рост смертности составляет более 20%	
Бурятия	Чувашия	Карачаево-Черкесия Марийская Республика Мордовия Нижегородская область Пензенская область Тюменская область* Чувашия
Владимирская область	Ивановская область	
Ивановская область	Карачаево-Черкесия	
Курганская область	Кировская область	
Московская область	Костромская область	
Новгородская область	Курганская область	
Псковская область	Московская область	
Смоленская область	Нижегородская область	
Ставропольский край	Пензенская область	
Тверская область	Пермская область	
Томская область	Бурятия	
Тульская область	Марийская Республика	
Удмуртия	Мордовия	
	Рязанская область	
	Ставропольский край	
	Свердловская область	
	Тамбовская область	
	Тульская область	
	Тюменская область*	
	Тверская область	
	Удмуртия	
	Владимирская область	
	Вологодская область	
	Ярославская область	

* Без Ханты-Мансийского и Ямало-Ненецкого автономных округов.

Чтобы правильно интерпретировать полученные результаты, необходимо учесть следующие обстоятельства:

- в расчетах используется строгая консервативная оценка изменения выбросов;
- модель Экосенс не дает достаточно точных оценок воздействия загрязнителей на локальном уровне – оценки оказываются заниженными, риск для здоровья

равномерно распределяется по территории (в противоположность тому, что в реальной действительности он зависит от близости к очагу загрязнения);

– рассматривается изменение структуры потребления топлива только для «большой» энергетики и игнорируется негативное воздействие малых котельных, транспорта, металлургии, промышленности строительных материалов.

Однако даже при таком консервативном подходе экономическая оценка ущерба только от дополнительной смертности в случае частичной замены газа на уголь, по нашим оценкам, приближается к 3% ВВП.

Выводы. Деятельность энергетического сектора приводит к выбросам как парниковых газов, оказывающих глобальное воздействие на климат планеты, так и обычных загрязнителей, негативно воздействующих на окружающую среду, и прежде всего, на здоровье населения. Повышение энергоэффективности и использование «экологически чистого» газа позволяет сократить негативное воздействие на климат, а также предотвратить рост заболеваемости и смертности от воздушного загрязнения. Наибольшую опасность для России представляет быстрое увеличение доли угля в энергобалансе при условии его сжигания на уже существующем сильно изношенном оборудовании. Приведенные расчеты показали, что подобный сценарий приведет дополнительно к заметному увеличению смертности в первую очередь в европейской части России.

Сценарии с низким и высоким потреблением угля различаются не только неодинаковым воздействием на здоровье и окружающую среду, но и объемом выбросов парниковых газов. Киотский протокол установил для России квоту на эти выбросы. Фактически он сформировал новый ресурс, имеющий экономическую ценность. Но как показывает российский опыт, экономическая значимость природных ресурсов обычно недооценивается. И возникающая в природно-эксплуатирующем секторе рента распределяется по различным звеньям производственно-технологической цепочки. Активная политика по сокращению выбросов парниковых газов с учетом их настоящей и перспективной ценности может уже сейчас привести к снижению локального загрязнения и, следовательно, уменьшению отрицательных последствий для здоровья населения.

Этот вопрос должен занять важное место в процедурах разработки и реализации экономической политики на федеральном и региональном уровнях. Квотирование выбросов парниковых газов окажет влияние почти на все секторы российской экономики. Фактически это обратная сторона национальной энергетической политики и, таким образом, она связана с экспортом энергоресурсов, ценами на нефть и газ, товары и услуги, требующие больших затрат энергии. Ценность этого ресурса, которая может быть определена на основе рентного подхода, создает значительные для отечественного бизнеса стимулы к участию в распределении прав на этот ресурс, а затем к приватизации экономической ренты от его использования.

Российские граждане получили бы значительно больше выгод от Киотского протокола, если его реализация была бы гармонизирована и скоординирована с политикой охраны окружающей среды и управления природными ресурсами, сохранением здоровья населения. Исследования, проводимые с помощью модели Экосенс, позволяют количественно оценить эти выгоды.

Литература

1. Бобылев С.Н., Сидоренко В.Н., Сафонов Ю.В., Авалиани С.Л., Струкова Е.Б., Голуб А.А. *Макроэкономическая оценка издержек для здоровья населения России от загрязнения окружающей среды*. М.: Институт Всемирного Банка, Фонд защиты природы, 2002.
2. Friedrich, R. and Bickel, P. (eds.) *Environmental Costs of Transport*. Springer-Verlag, Berlin, 2001.

3. Энергетическая стратегия России на период до 2020 года. www.mtr.gov.ru/docs/32/103.html.
4. Онищенко Г., Новиков С., Рахманин Ю., Авалиани С., Буштуева К. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Под ред. Ю. Рахманина, Г. Онищенко. М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002.
5. Сидоренко В.Н. Здоровье населения России: макроэкономическая оценка риска от загрязнения окружающей среды / Материалы научной конференции «Ломоносовские чтения-2001». М.: ТЕИС, 2001.
6. Сидоренко В.Н., Дросте-Франк Б., Ксенофонтов М.Ю. Оценка воздействия от загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения России с использованием модели «Экосенс» / Материалы научной конференции «Ломоносовские чтения-2002». М.: ТЕИС, 2002.
7. European Commission (1996). Green Accounting Research Project (GARP I), Green Accounting in Europe, The role of Damage Estimation, Four Case Studies. European Commission, DGXII, Science, Research, and Development, Brussels.
8. European Commission (1999a). Externalities of Energy., Vol. 7 Methodology 1998 update. European Commission, DG XII, Brussels.
9. European Commission (1999b). Green Accounting Research Project II (GARP II). European Commission, DGXII, Science, Research, and Development, Final Report, Contract ENV4-CT96-0285, Brussels.
10. European Commission (2000). ExternE Core/Transport, final report, No. JOS3CT-97-0015, Brussels.
11. Larson, B., S.Avaliani, A.Golub, et al.1999. The Economics of Air Pollution Health Risk in Russia: A Case study in Volgograd" World Development, 27: 1803-19.
12. World Bank Group (2001a). 2001 World Development Indicators database. <http://www.worldbank.org/data/databytopic/keyrefs.html>, Status from: 15/10/2001
13. World Bank Group (2001b). Learning Modules – Life Expectancy. The World Bank Group. <http://www.worldbank.org/depweb/english/modules/social/life/databig.htm>, Status from: 15/10/2001.
14. Ивантер В.В., Говтвань О.Д., Ксенофонтов М.Ю, Панфилов В.С., Узяков М.Н. Экономика роста (концепция развития России в среднесрочной перспективе) // Проблемы прогнозирования. 2000. № 1.