

Е.Р. Магарил, д-р техн. наук, профессор,  
Л.Л. Абржина, канд. экон. наук,  
А.С. Голубева, аспирант,<sup>1</sup>  
г. Екатеринбург

## ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

В статье приводится характеристика состояния запасов и добычи основных видов топливно-энергетических ресурсов. Рассмотрены эколого-экономические последствия экстенсивного развития мировой энергетики. Проведена оценка динамики экономического ущерба от выбросов углекислого газа при сгорании моторного топлива, производимого в России.

**Ключевые слова:** топливно-энергетические ресурсы, доказанные запасы, добыча, площадь лесов, эмиссия CO<sub>2</sub>, экономический ущерб, ущербоемкость.

Оценки имеющихся в мире и России топливно-энергетических ресурсов достаточно противоречивы, как, соответственно, и прогнозы их восполнения на ближайшую и отдаленную перспективу. Звучат как предупреждения о скором исчерпании, так и оптимистичные прогнозы быстрой замены новыми альтернативными источниками.

До начала XX в. основным энергетическим ресурсом была древесина, уступившая место широкому использованию угля, затем наступила эра потребления нефти и газа, придавшая ускорение экономическому развитию, что в свою очередь увеличило потребность в энергии (в последние десятилетия удваивается каждые 13–14 лет).

Позднее началось использование ядерной энергии.

Накопленная мировая добыча нефти по состоянию на 01.01.2010 г. оценивалась в 140,0 млрд т [1]. При этом, начиная с 2005 г., ежегодная добыча стала близкой к 4,0 млрд т/год и существенно не меняется, несмотря на высокий уровень мировых цен. Ведущую роль в накопленной добыче сыграли традиционные нефтедобывающие страны. В табл. 1 приведены данные, характеризующие соотношение запасов и добычи нефти в мире (по статистической информации, содержащейся в глобальном отчете по мировой энергетике [2]).

Приведенные данные об уровнях добычи и разведанных запасах демонстрируют широкий диапазон колебаний отношения «разведанные запасы/годовая добыча». Следует отметить, что это отношение прямо не отражает обеспеченность ресурсами нефтедобывающей промышленности, и его уменьшение чаще всего указывает на недостаточный размах геологоразведочных работ. Кроме того, это может быть связано с исчерпанием крупных месторождений или снижением качества нефти, а также с системными ошибками государственного управления ресурсным потенциалом недр.

<sup>1</sup> Магарил Елена Роменовна – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой экономики природопользования НОЦ «ИНЖЭК» Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина; e-mail: magaril67@mail.ru.

Абржина Лариса Леонидовна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики природопользования НОЦ «ИНЖЭК» Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, e-mail: larisa.abrzhdina@mail.ru.

Голубева Алла Сергеевна – аспирант кафедры экономики природопользования НОЦ «ИНЖЭК» Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина; e-mail: allushka555@mail.ru.

Предварительно оцененные известные месторождения и прогнозные геологические ресурсы в нефтеносных зонах и бассейнах, включая шельфы Северного Ледовитого океана, составляющие не менее 200 млрд т [3, 4], дополняют разведанные доказанные мировые запасы нефти. С учетом прогнозируемого максимального роста уровней годовой нефтедобычи к 30–40-м гг. текущего столетия 4,2–4,5 млрд т/год, раз-

веданные сегодня мировые запасы нефти и прогнозные ресурсы позволяют в конце текущего столетия добывать нефть на уровне 2,5–3,5 млрд т/год [1].

В нефтяной промышленности России за последние 20 лет, к сожалению, не было открыто крупных месторождений нефти, а прирост разведанных запасов за счет мелких месторождений и увеличение в эксплуатируемых запасах доли тяжелых неф-

Таблица 1  
Характеристика доказанных запасов и добычи нефти на начало 2012 г.

Страна (регион)	Запасы нефти, млрд т	Доля в мировых запасах, %	Добыча нефти, млн т/год	Доля в мировой добыче, %	Отношение запасов к современному уровню добычи, лет
США	3,7	1,9	352,3	8,8	10,8
Канада	28,2	10,6	172,6	4,3	Более 100 лет
Мексика	1,6	0,7	145,1	3,6	10,6
Северная Америка	33,5	13,2	670,0	16,8	41,7
Латинская Америка	50,5	19,7	379,9	9,5	Более 100 лет
Европа и Евразия, в том числе	19,0	8,5	838,8	21,0	22,3
РФ	12,1	5,3	511,4	12,8	23,5
Казахстан	3,9	1,8	82,4	2,1	44,7
Азербайджан	1,0	0,4	45,6	1,1	20,6
Норвегия	0,8	0,4	93,4	2,3	9,2
Ближний и Средний Восток, в том числе	108,2	48,1	1301,4	32,6	78,7
Саудовская Аравия	36,5	16,1	525,8	13,2	65,2
Иран	20,8	9,1	205,8	5,2	95,8
Ирак	19,3	8,7	136,9	3,4	Более 100 лет
Кувейт	14,0	6,1	140,0	3,5	97,0
ОАЭ	13,0	5,9	150,1	3,8	80,7
Остальная Азия и Австралия	5,5	2,5	388,1	9,7	14,0
Африка	17,6	8,0	417,4	10,4	41,2
Мир, всего	234,3	100,0	3995,6	100,0	54,2
В том числе, страны ОПЕК	168,4	72,4	1695,9	42,4	91,5

тей требуют более интенсивного разворота поисковых геологических и геофизических работ. Наиболее перспективными по нефти и газу становятся шельфовые акватории, в первую очередь в арктических зонах России.

Сокращение запасов и возрастающие трудности добычи нефти в XXI в. будут все в большей степени требовать развития технологии безостаточной переработки нефти в моторные топлива при высоких эксплуатационных и экологических их свойствах [5, 6].

Разведанные доказанные запасы природного газа в мире составляют около 208 трлн м<sup>3</sup>, первое место в мире занимает Россия (21,4 % общих запасов). Предварительно оцененные запасы и прогнозные ресурсы газа в России существенно превышают накопленную добычу.

Накопленная мировая добыча природного свободного и попутного горючего газа оценивается в 90,0 трлн м<sup>3</sup>, причем за последние 20 лет добыча природного газа возросла в 1,7 раза и составила в 2011 г. 3,276 трлн м<sup>3</sup>. На Россию и США приходится около 40 % мировой его добычи. Данные табл. 2 характеризуют запасы и добычу природного газа в мире (по статистической информации [2]).

Намечаемое увеличение мировой добычи природного газа обеспечено его ресурсами до конца текущего столетия с учетом того, что прогнозные ресурсы свободного и попутного горючего газа существенно превышают нефтяные ресурсы.

Попутный нефтяной газ выделяется в значительном (10 %) количестве при добыче нефти. Одним из возможных путей его утилизации является переработка на газоперерабатывающих заводах с получением жидкого газа, который является самым экологически чистым из моторных топлив нефтяного происхождения. Решение этой задачи могло бы надежно на длительную перспективу обеспечить топливом транспорт и другие технические средства. Однако в

России существенная часть полученного нефтяного газа вместо переработки сжигается на факелах – в Тюменской области, по видимому, больше чем во всем остальном мире. Таким образом, нефтяные компании наносят не только экономический ущерб государству, уничтожая невозобновимый природный ресурс стоимостью десятки миллиардов рублей ежегодно, но и огромный экологический ущерб [5, 6].

Разведанные подтвержденные запасы углей в мире в целом превышают 860 млрд т (табл. 3, по статистической информации [2]) при общих разведанных запасах 3,6 трлн т. По запасам угля Россия занимает третье место в мире после США и Китая.

Накопленную добычу каменных и бурых углей, учитывая отсутствие системного учета объемов их добычи до второй половины XX в., можно оценить только по косвенным данным. За 20 лет (с 1990 до 2010 гг.) в мире было добыто более 1 трлн т каменных и бурых углей (без коксующихся) [1].

Основными странами, добывающими сегодня угли, используемые в энергетике, являются Китай, США, Австралия, Индия, Россия и Германия. Запасы углей для обеспечения намечаемых уровней производства электроэнергии вполне достаточны не только на XXI в., но и на более продолжительное время, однако электроэнергетика, использующая угли, оказывает сильное негативное воздействие на окружающую среду выбросами токсичных веществ и парниковых газов, кроме того, высоки расходы на добычу и транспортировку углей. Таким образом, рост доли углей в балансе природных энергетических источников в XXI в. является серьезной проблемой, требующей радикальных научно-технических решений.

Возрастающее потребление невозобновляемых природных энергетических ресурсов определяется стремительным ростом населения Земли и его потребностей. На начало 2012 г. потребление первичной энергии в мире превысило 12 млрд т. н. э.

Таблица 2

Характеристика доказанных запасов и добычи природного газа на начало 2012 г.

Страна (регион)	Запасы газа, трлн м <sup>3</sup>	Доля в мировых запасах, %	Добыча газа, млрд м <sup>3</sup> /год	Доля в мировой добыче, %	Отношение запасов к современному уровню добычи, лет
США	8,5	4,1	651,3	20,0	13,0
Канада	2,0	1,0	160,5	4,9	12,4
Мексика	0,4	0,2	52,5	1,6	6,7
Северная Америка	10,8	5,2	864,2	26,5	12,5
Латинская Америка	7,6	3,6	167,7	5,1	45,2
Европа и Евразия, в том числе	78,7	37,8	1036,4	31,6	75,9
РФ	44,6	21,4	607,0	18,5	73,5
Туркменистан	24,3	11,7	59,5	1,8	более 100 лет
Норвегия	2,1	1,0	101,4	3,1	20,4
Ближний и Средний Восток, в том числе	80,0	38,4	526,1	16,0	85,8
Иран	33,1	15,9	151,8	4,6	более 100 лет
Катар	25,0	12,0	146,8	4,5	более 100 лет
Саудовская Аравия	8,2	3,9	99,2	3,0	82,1
ОАЭ	6,1	2,9	51,7	1,6	более 100 лет
Остальная Азия и Австралия	16,8	8,0	479,1	14,6	35,0
Африка	14,5	7,0	202,7	6,2	71,7
Мир, всего	208,4	100,0	3276,2	100,0	63,6

Таблица 3

Характеристика доказанных запасов и добычи угля на начало 2012 г.

Страна (регион)	Запасы угля, млрд т	Доля в мировых запасах, %	Добыча угля, млн т	Доля в мировой добыче, %	Отношение запасов к современному уровню добычи, лет
1	2	3	4	5	6
США	237,295	27,6	992,8	14,1	239
Канада	6,582	0,8	68,2	0,9	97
Мексика	1,211	0,1	15,7	0,2	77

1	2	3	4	5	6
<b>Северная Америка</b>	<b>245,088</b>	<b>28,5</b>	<b>1076,7</b>	<b>15,2</b>	<b>228</b>
<b>Латинская Америка</b>	<b>12,508</b>	<b>1,5</b>	<b>101,2</b>	<b>1,6</b>	<b>124</b>
<b>Европа и Евразия, в том числе</b>	<b>304,604</b>	<b>35,4</b>	<b>1256,8</b>	<b>11,6</b>	<b>242</b>
РФ	157,010	18,2	333,5	4,0	471
Германия	40,699	4,7	188,6	1,1	216
Украина	33,873	3,9	86,8	1,1	390
Казахстан	33,600	3,9	115,9	1,5	290
<b>Ближний и Средний Восток и Африка</b>	<b>32,895</b>	<b>3,8</b>	<b>259,5</b>	<b>3,7</b>	<b>126</b>
<b>Остальная Азия и Австралия, в том числе</b>	<b>265,843</b>	<b>30,9</b>	<b>5000,1</b>	<b>67,9</b>	<b>53</b>
Китай	114,500	13,3	3520,0	49,5	33
Австралия	76,400	8,9	415,5	5,8	184
Индия	60,600	7,0	588,5	5,6	103
<b>Мир, всего</b>	<b>860,938</b>	<b>100</b>	<b>7695,4</b>	<b>100,0</b>	<b>112</b>

Потребление первичной энергии распределено по странам и регионам крайне неравномерно. Основными потребителями энергоресурсов: являются США (19,04 % общего энергопотребления), Китай (20,26 %) и Россия (5,8 %).

Происходит расширение источников потребляемой энергии, и появляются новые, меняющие структуру баланса энергетических ресурсов. В табл. 4 представлена структура мирового потребления энергии.

В суммарном энергопотреблении доля нефти составляет более 30 %, углей – около 30 %, природного газа – 24 %, тогда как вклад ядерной энергии, гидроэнергии и энергии возобновимых источников (солнечной, ветровой и др.) составляет всего 13 %.

Изменение структуры потребляемых энергоресурсов связано с научно-техниче-

ским прогрессом и в целом с экономическим развитием. Примечательно, что при увеличении количества существенных источников энергии за 100 лет с двух до шести, ни один из них к настоящему времени не утратил своего значения. Эти энергоресурсы постепенно перешли в категорию традиционных, имеющих в балансе разную долю. Современные прогностические споры чаще всего и сводятся к определению доли каждого из них в будущем.

По прогнозу IEA на период до 2030 г. ожидается следующее изменение вклада в общее производство энергии каждого из существенных в настоящее время источников (рис. 1), то есть ведущую роль будут играть по-прежнему уголь, природный газ и гидроэнергетика. Атомная энергетика по оценкам не выйдет на третье место раньше 2050 г.

Использование энергетических ресурсов является одним из основных показателей уровня развития цивилизации. Потребление нефти, газа, угля в развитых странах значительно выше, чем в развивающихся, многие из которых не обеспечены собственными энергоресурсами, что приводит к зависимости от экспорта, а также усугубляет проблему уничтожения лесов с целью использования древесины в качестве энергоносителя. Распределение лесов на субрегиональном уровне и ежегодное изменение их площади по данным показано в табл. 5 (рассчитано по данным [11]).

В лесах сосредоточены большие запасы углерода. По данным Глобальной оценки лесных ресурсов ФАО в 2010 г., мировые леса в одной только биомассе хранят 289 Гт углерода. В мире в целом запасы накопленного углерода в лесной биомассе, главным образом, вследствие сокращения общей площади лесов, в период с 2005 по 2010 гг. ежегодно сокращались на 0,5 гигатонны (рис. 2).

В настоящее время наблюдается ускоренный ввод энергетических мощностей в Китае, Индии, Бразилии, Индонезии – крупных развивающихся странах второй волны

Таблица 4

Мировое потребление энергии [2]

Потребление энергии, млн т. н. э.	На начало 2011 г.	Доля в мировом потреблении, %	На начало 2012 г.	Доля в мировом потреблении, %
Нефть	4031,9	33,7	4059,1	33,1
Природный газ	2843,1	23,7	2905,6	23,7
Уголь	3532,0	29,5	3724,3	30,3
Ядерная энергия	626,3	5,2	599,3	4,9
Гидроэнергетика	778,9	6,5	791,5	6,4
Возобновимые источники	165,5	1,4	194,8	1,6
<b>Всего</b>	<b>11977,8</b>	<b>100,0</b>	<b>12274,6</b>	<b>100,0</b>

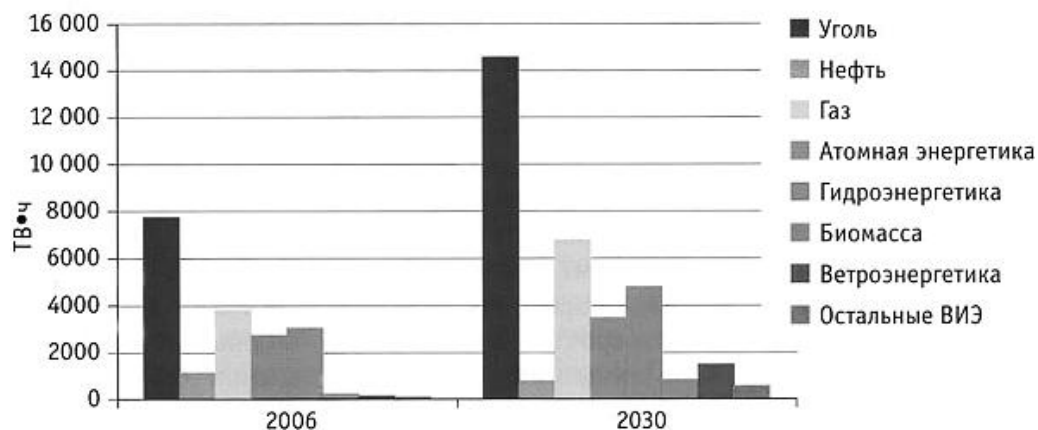


Рис. 1. Мировое производство электроэнергии по источникам первичной энергии [10]

Таблица 5

Распределение лесов по регионам и субрегионам в 2010 г. и ежегодное изменение их площади

Регион/Субрегион	Лесная площадь			Ежегодное изменение площади лесов, 2000–2010 гг.	
	1000 га	Процент от общей лесной площади в мире	Процент от всей территории (лесистость)	1000 га/год	Процент
Восточная и Южная Африка	267 517	7	27	–1839	–0,66
Северная Африка	78 814	2	8	–41	–0,05
Западная и Центральная Африка	328 088	8	32	–1535	–0,46
Всего по Африке	674 419	17	23	–3414	–0,49
Восточная Азия	254 626	6	22	2781	1,16
Южная и Юго-Восточная Азия	294 373	7	35	–677	–0,23
Западная и Центральная Азия	43 513	1	4	131	0,31
Всего по Азии	592 512	15	19	2235	0,39
Российская Федерация	809 090	20	49	–18	не существенно
Европа без учета Российской Федерации	195 911	5	34	694	0,36
Всего по Европе	1 005 001	25	45	676	0,07
Карибский бассейн	6933	0	30	50	0,75
Центральная Америка	19 499	0	38	–248	–1,19
Северная Америка	678 961	17	33	188	0,03
Всего по Северной и Центральной Америке	<b>705 393</b>	<b>17</b>	<b>33</b>	<b>–10</b>	не существенно
Всего по Океании	191 384	5	23	–700	–0,36
Всего по Южной Америке	864 351	21	49	–3 997	–0,45
Весь мир	4 033 060	100	31	–5211	–0,13

индустриализации, экологические последствия которой обещают быть еще более разрушительными, чем первой. Это увеличивает рост мирового энергопотребления, несмотря на энергоэффективную политику в экономически развитых странах.

Экстенсивное развитие мировой энергетики приводит к обострению экологических проблем, поэтому необходим переход к рациональному энергопотреблению. Наибольшая эффективность использования энергии наблюдается у стран, расположенных на побережье, с минимальными климатическими колебаниями, свойственными морскому климату. Россия – самая энергонезэффективная страна мира. В 2009 г. мы потребили 389 млрд м<sup>3</sup> газа – столько, сколько Германия, Франция, Япония, Китай, Индия, Южная Корея и Тайвань вместе взятые (а их совокупный номинальный ВВП превышает российский в 15 раз). При этом четверть всего потребленного газа пошла на обеспечение самой газотранспортной системы, качающей этот газ по России и за рубеж. Еще 50–55 млрд м<sup>3</sup> газа теряется при добыче и транспортировке [12].

Основным компонентом техногенных выбросов, поступающих в атмосферу от многочисленных источников – систем, ис-

пользующих сжигание органического топлива для производства энергии различных видов, является углекислый газ, отрицательное экологическое воздействие которого связывается с влиянием на климат. Следует отметить, что выбросы CO<sub>2</sub> коррелируют с выбросами токсичных веществ [13], косвенно характеризуя динамику поллютивной нагрузки. С другой стороны, требования снижения выбросов углекислого газа, выдвигаемые Киотским протоколом, основаны не только на климатических, но и экономических соображениях, ввиду соответствия увеличения объемов выбросов росту потребления ископаемого топлива [14].

Основываясь на данных по потреблению углеводородных энергетических ресурсов [2], мы оценили динамику поступления в атмосферу CO<sub>2</sub> от антропогенных источников при сжигании топлив. При расчетах принималось во внимание процентное содержание углерода (по массе): в природном газе – 75 %, в нефти – усреднено 84 %, в углях – усреднено, с учетом доли в общих запасах каменных и бурых углей – 79,11 %. Полагаем, что весь объем потребляемых топливно-энергетических ресурсов сжигается, пренебрегая расходами на нефтехимическую промышленность. Общая формула

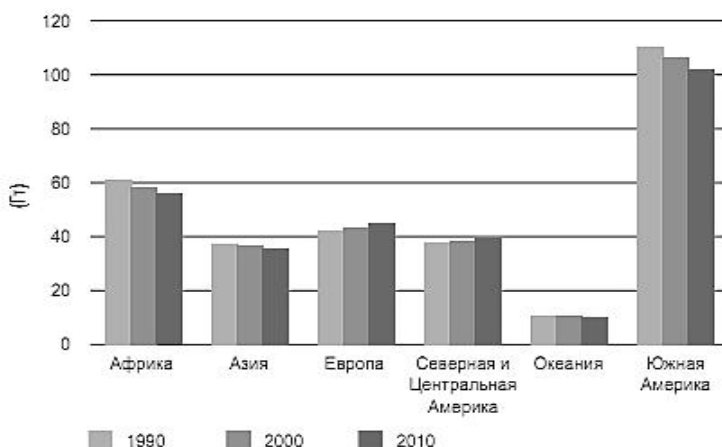


Рис. 2. Тенденции изменения накопления углерода в лесной биомассе, 1990–2010 гг. [11]



для расчета выбросов углекислого газа  $G_{CO_2}$  при сжигании органического топлива:

$$G_{CO_2} = 3,67 \cdot G_T \cdot \frac{C}{100}, \quad (1)$$

где  $G_T$  – масса потребляемого за год топлива, по видам;  $C$  – содержание углерода в данном виде топлива, в процентах; 3,67 – коэффициент пересчета углерода в выбросы углекислого газа при сжигании топлива.

Для природного газа пересчет статистических данных, приводимых в объемных единицах, в массовые, с учетом молярной массы природного газа (16 кг/моль) производили по формуле 2:

$$G_{пг} = V_{пг} \cdot \frac{16}{22,4} = 0,7143 \cdot V_{пг}, \quad (2)$$

где  $G_{пг}$  – вес природного газа, сжигаемого за отчетный период, в млрд т;  $V_{пг}$  – объем природного газа, сжигаемого за отчетный период, в млрд м<sup>3</sup>.

Для угля пересчет потребления из единиц млн т. н. э. в млн т производили по коэффициентам, рассчитываемым отдельно для каждого года из соотношения статистических данных по добыче в указанных единицах (колебание коэффициента связано с изменением усредненного качества углей).

Результаты проведенной оценки динамики выбросов CO<sub>2</sub>, как по отдельным видам топливных ресурсов, так и при сжигании суммарно углеводородных топлив для мира в целом, а также в удельных показателях в расчете на единицу ВМП (в ценах 2000 г.) приведены на рис. 3, 4.

На рис. 5 приведены результаты расчета динамики выбросов углекислого газа в расчете на 1 км<sup>2</sup> поверхности Земли (при расчете использовали данные о площади [15]) при сжигании нефти, газа, угля и в целом при потреблении углеводородного топлива.

Проведенный анализ демонстрирует рост мирового потребления энергетических

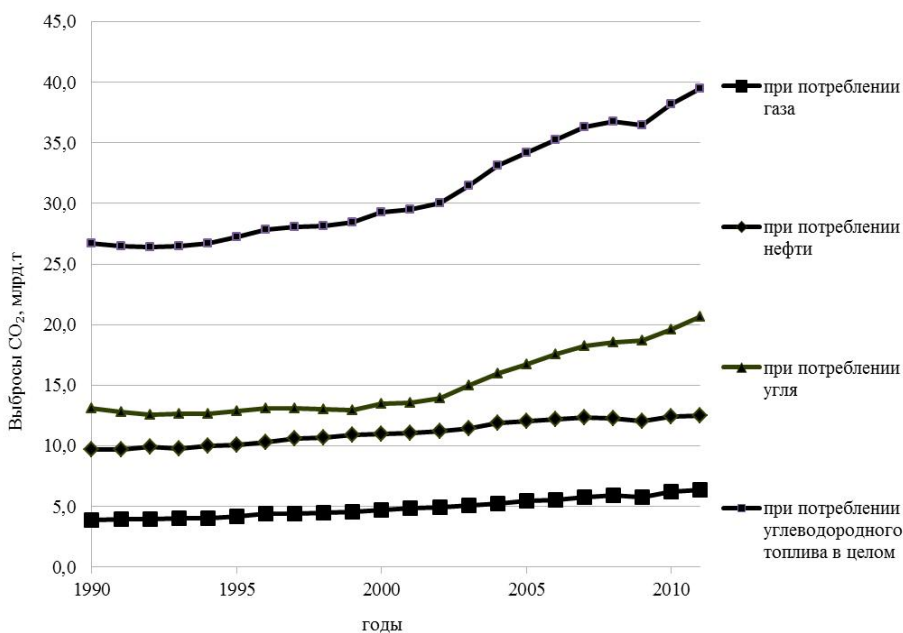


Рис. 3. Динамика выбросов углекислого газа при мировом потреблении топливно-энергетических ресурсов

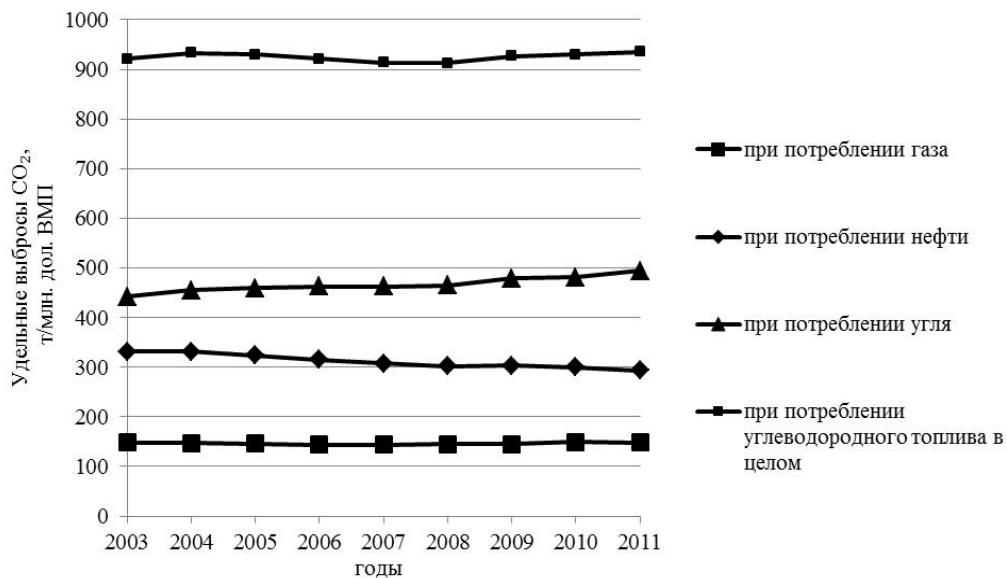


Рис. 4. Динамика удельных выбросов углекислого газа на единицу ВВП при потреблении топливно-энергетических ресурсов

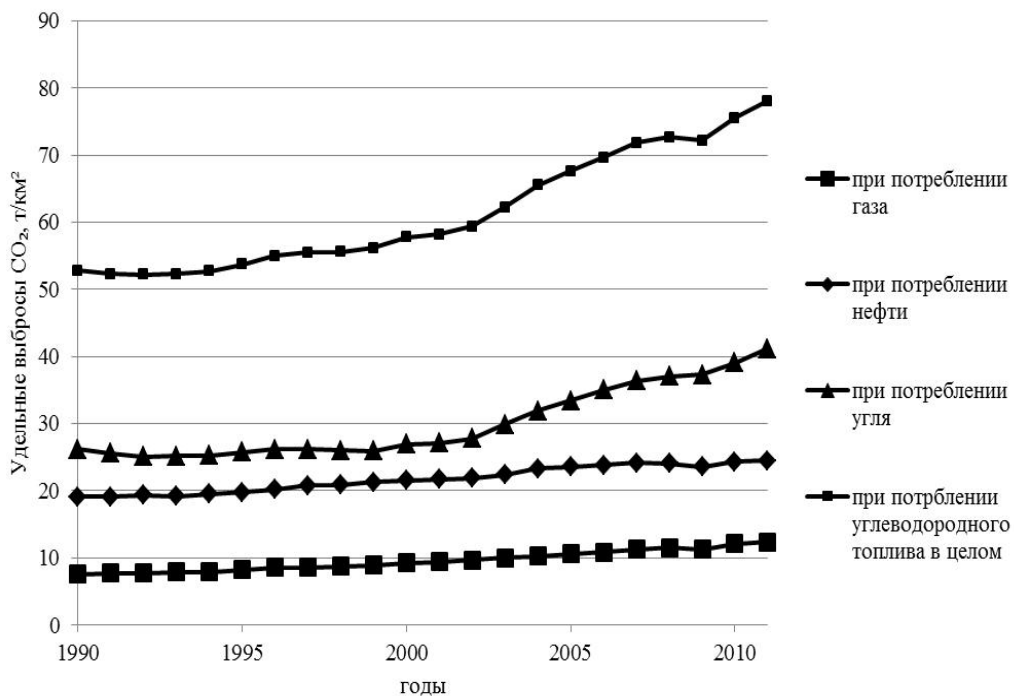


Рис. 5. Удельные выбросы углекислого газа на 1 км<sup>2</sup> поверхности Земли

ресурсов, что ведет к увеличению выбросов углекислого газа. Это неизбежно приводит к увеличению негативной нагрузки на окружающую среду во всем мире.

В частности, рост выбросов CO<sub>2</sub> при общем сокращении площади лесов (табл. 5, рис. 6) усугубляет проблему роста содержания парниковых газов в атмосфере, ведущего к изменению климата на планете.

Результаты расчета динамики поступления углекислого газа при потреблении углеводородных топлив в России (по данным о потреблении топлив [10]), а также удельные показатели выбросов в расчете на 1 км<sup>2</sup>

площади земель РФ и на единицу ВВП (в ценах 2000 г. [16]) приведены в табл. 6, 7.

Снижение выбросов углекислого газа для России связано с уменьшением потребления энергоресурсов, что объясняется спадом производства с начала 90-х гг.

Основным потребителем нефти и нефтепродуктов является транспорт (рис. 7).

Рассчитав вклад транспортного сектора в глобальную эмиссию углекислого газа, Международное энергетическое агентство при оценке снижения потребления нефти в наиболее оптимистичном из сценариев ускоренного развития технологий

Таблица 6

Динамика поступления углекислого газа при потреблении топливно-энергетических ресурсов в России

Топливо-энергетические ресурсы	Выбросы углекислого газа, млн т/удельные выбросы, т/км <sup>2</sup> земель РФ				
	1992 г.	1997 г.	2002 г.	2007 г.	2011 г.
Нефть	728,2/42,65	397,6/23,29	377,6/22,12	380,7/22,30	418,9/24,53
Газ	795,2/46,57	695,1/39,10	722,3/42,30	817,2/48,56	834,0/48,84
Уголь	1020,0/59,73	651,5/40,77	651,6/38,16	574,1/33,62	559,1/32,74
Суммарно	2543,4/148,95	1761,5/103,16	1751,6/102,58	1783,9/104,47	1812,0/106,12

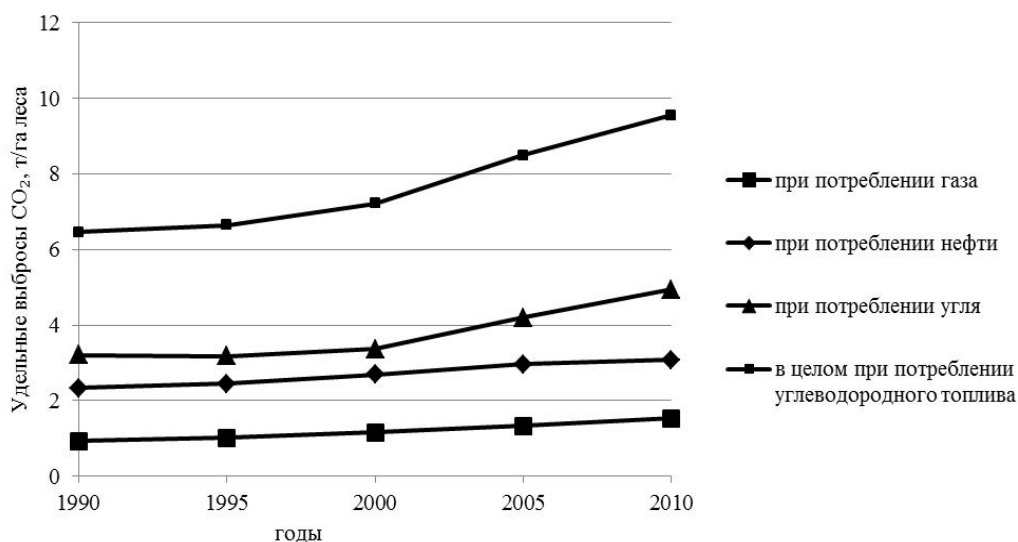


Рис. 6. Удельные выбросы углекислого газа на 1 га площади лесов в мире

(Accelerated Technology scenarios) к 2050 г. на долю транспорта отнесло 62 % (рис. 8) [18, 19].

Сжигание бензина и дизельного топлива при эксплуатации автомобилей наносит значительный ущерб окружающей среде как от загрязнения токсичными вещества-

ми, так и от выбросов углекислого газа (которые вносят основной вклад в структуру выбросов CO<sub>2</sub> от транспорта). Число автомобилей в мире непрерывно увеличивается и еще в 2010 г. превысило миллиард.

В России при общем спаде производства после 1990 г. продолжался поступательный

Таблица 7

Динамика поступления удельных выбросов углекислого газа при потреблении топливно-энергетических ресурсов на единицу ВВП РФ

Удельные выбросы углекислого газа, т/тыс. дол. США	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.
при потреблении нефти	1,26	1,16	1,09	1,07	0,93	0,93	0,97	0,96	0,97
при потреблении газа	2,46	2,35	2,25	2,12	2,02	1,89	1,92	1,96	1,92
при потреблении угля	2,14	1,88	1,67	1,58	1,40	1,44	1,42	1,34	1,29
при потреблении топливно-энергетических ресурсов в целом	5,86	5,40	5,01	4,77	4,35	4,26	4,31	4,25	4,18

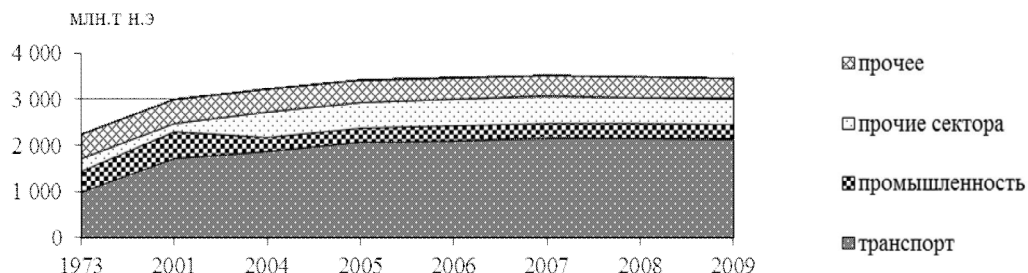


Рис. 7. Потребление нефти и нефтепродуктов в мире по секторам [17]

рост автопарка (табл. 8), происходящий при практически неизменном качестве потребляемых топлив.

Это привело к росту валовых выбросов углекислого газа автотранспортом (рис. 9, по данным о потреблении топлив [20]). Эмиссию CO<sub>2</sub> рассчитали по формуле 1. Содержание углерода в топливе составляет в среднем для бензина – 85 %, дизельного топлива – 87 %.

Основная доля выбросов CO<sub>2</sub> автотранспортом России, потребляющим жидкие моторные топлива, формируется за счет сжигания бензина, при этом наше государство занимает первое место в мире по разведанным доказанным запасам природного газа, что создает огромный потенциал перехода на высокоэкологичное газобалонное топливо.

Следует отметить, что потребителем дизельного топлива, которое производится

нефтеперерабатывающей промышленностью в значительно больших объемах, чем бензин, является не только автотранспорт, но и железнодорожный, водный транспорт, военная, сельскохозяйственная техника. С учетом этого валовые выбросы углекислого газа при сжигании производимого за год дизельного топлива больше, чем для бензина. В 2012 г. нефтепереработкой России произведено 38,2 млн т бензина и 69,3 млн т дизельного топлива [23], выбросы углекислого газа при их потреблении, согласно нашему расчету, составили 119,2 и 221,3 млн т соответственно.

На основе методического подхода к оценке ущерба от выбросов углекислого газа [24], мы оценили изменение за рассматриваемый период экономического ущерба, вызываемого поступлением в окружающую среду углекислого газа при сжигании мо-

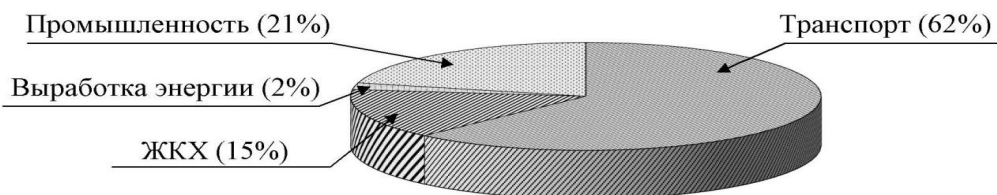


Рис. 8. Вклад отдельных источников в сокращение потребления нефти к 2050 г.

Таблица 8

Динамика числа автомобилей в РФ, тыс. шт. [21]

№	Наименование	Годы								
		2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1	Грузовые автомобили	4 401	4 848	4 929	5 168	5 349	5 323	5 414	5 545	5 712
2	Автобусы*	640	792	824	882	894	896	894	902	925
3	Легковые автомобили	20 353	25 570	26 794	29 405	32 021	33 084	34 354	36 415	38 748
	<b>ИТОГО</b>	<b>25 394</b>	<b>31 210</b>	<b>32 547</b>	<b>35 455</b>	<b>38 264</b>	<b>39 303</b>	<b>40 662</b>	<b>42 862</b>	<b>45 385</b>

\* По данным [22]

торных топлив. Для расчетов использовали формулу:

$$Y_{CO_2} = y_{CO_2} \cdot G_{CO_2} \cdot J_d, \quad (3)$$

где  $y_{CO_2}$  – удельный экономический ущерб от поступления в атмосферный воздух одной тонны углекислого газа, в качестве которого была принята экономическая оценка стоимости снижения выбросов парниковых газов, определенная исходя из стоимости 1 т экв.  $CO_2$ , в размере 400 рублей в соответствии с Государственной программой Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года» [25];  $G_{CO_2}$  – факти-

ческая масса углекислого газа, поступившего при сжигании углеводородного топлива в атмосферный воздух за отчетный период, в млн т;  $J_d$  – индекс-дефлятор, применяемый для пересчета показателя ущерба, выраженного в текущих (действующих) ценах, в базисные (сопоставимые) цены.

На рис. 10 приведена динамика экономического ущерба от выбросов углекислого газа при потреблении производимого бензина и дизельного топлива для России в текущих и сопоставимых ценах (2010 года) ценах.

Количество полученной при сжигании органического топлива энергии возможно

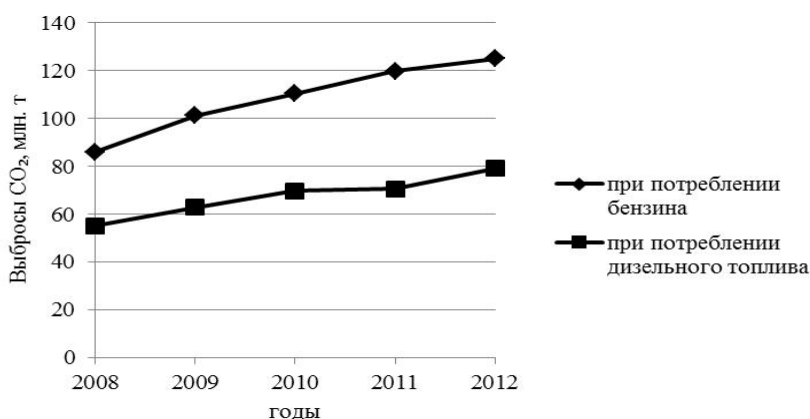


Рис. 9. Динамика выбросов углекислого газа при потреблении моторных топлив автотранспортом в России

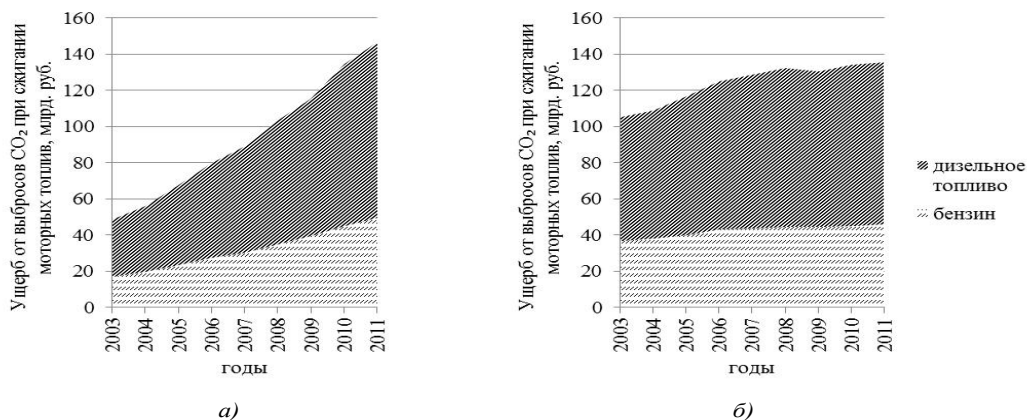


Рис. 10. Динамика экономического ущерба от выбросов углекислого газа при сжигании моторных топлив: а – в текущих ценах; б – в сопоставимых ценах

рассчитать, учитывая что удельная теплота сгорания для бензина составляет 44 МДж/кг, для дизельного топлива – 42,7 МДж/кг [26, 28]. Расчеты показали, что удельный ущерб по углекислому газу в расчете на единицу энергии (ущербоемость по углекислому газу энергии, вырабатываемой при сжигании топлива), составляет для бензина 28,36 руб./ГДж, для дизельного топлива – 29,91 руб./ГДж (в ценах 2010 года).

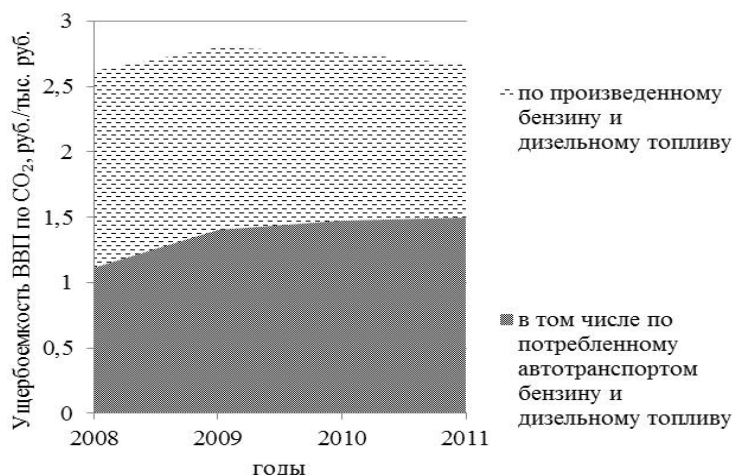
На рис. 11 приведен результат оценки динамики экономического ущерба от выбросов углекислого газа в расчете на единицу ВВП (ущербоемости ВВП по углекислому газу) для России при сжигании произведенных моторных топлив в целом для транспорта и потребленного автотранспортом (рассчитано с использованием данных [20, 21]).

Таким образом, для России в настоящем периоде характерно увеличение доли выбросов углекислого газа, (а также ущербности ВВП по углекислому газу) за счет потребления бензина и дизельного топлива автотранспортом и сокращение общих выбросов углекислого газа при потреблении топливно-энергетических ресурсов.

Рост выбросов автотранспортом связан с тем, что ввиду роста автопарка, объем потре-

бления топлив, качество которых существенно не меняется, непрерывно увеличивается и растет с большими темпами, чем объем ВВП. Значительное повышение ущербности ВВП в 2009 г. объясняется тем, что в связи с мировым экономическим кризисом, затронувшем и Россию, объем производства моторных топлив снизился в меньшей степени, чем общий объем ВВП. Некоторое снижение ущербности ВВП в 2010–2011 гг. при расчете по произведенному топливу связано с тем, что производство топлив увеличивалось с меньшим темпом, чем ВВП.

Учитывая весьма высокую сложность решения проблемы замены значительной доли традиционных невозобновляемых энергетических ресурсов новыми источниками энергии в XXI в., представляется крайне важным объединение усилий ученых разных стран и выделение значительных ресурсов для ее разрешения. В России одной из приоритетных является задача повышения топливной экономичности автомобильного транспорта. Ее решение приведет (при прочих равных условиях) к снижению ущербности ВВП по углекислому газу, выбрасываемому в атмосферу при сгорании моторных топлив, а также потребления бензинов и дизельных топлив.



*Рис. 11. Ущербность ВВП по углекислому газу за счет сжигания моторного топлива, в том числе при потреблении автотранспортом*

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. World Policy and Resources Research. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.wprg.ru>.
2. BP Global Statistical Review of World Energy, 2012. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.bp.com>.
3. Лаверов Н.П., Дмитриевский, Богоявленский В.И. Фундаментальные аспекты освоения нефтегазовых ресурсов арктического шельфа России // Арктика. 2011. № 1. С. 26–37.
4. Конторович А.Э., Конторович В.А. Геология и ресурсы углеводородов шельфов арктических морей России // Материалы Совета РАН по изучению Арктики. НИСО УрО РАН. Екатеринбург : 2010.
5. Магарил Е.Р. Модернизация нефтепереработки как фактор устойчивого развития автотранспорта // Вестник УрФУ. Серия экономика и управление. 2011. № 4. С. 32–37.
6. Магарил Е.Р., Магарил Р.З. Возможности обеспечения экологической безопасности автотранспорта модернизацией нефтепереработки // Известия вузов. Нефть и газ. 2012. № 2. С. 116–122.
7. NEA, IAEA Uranium 2005 – Resources, Production and Demand. OECD Publishing, 2006.
8. Nuclear Energy Today: second edition. OECD, 2012. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.oecd-nea.org/pub/nuclearenergytoday/6885-nuclear-energy-today.pdf>.
9. World Nuclear Association. Uranium, from mine to mill. WNA pocket guide 2011. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.world-nuclear.org/uploadedFiles/Pocket%20Guide%202009%20Uranium.pdf>.
10. International Energy Agency. World Energy Outlook 2008. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.worldenergyoutlook.org>.
11. Документ ФАО по лесному хозяйству 163 «Глобальная оценка лесных ресурсов 2010 года. Основной отчет». Рим, 2011 [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.un.org/ru/publications/pdfs/forest\\_resources\\_assessment\\_2010\\_rus.pdf](http://www.un.org/ru/publications/pdfs/forest_resources_assessment_2010_rus.pdf).
12. Иноземцев В. Деньги для модернизации // Известия. 2010. № 185 (28200).
13. Магарил Е.Р., Магарил Р.З. Моторные топлива : учеб. пособие. 2-е изд. М. : КДУ, 2010. 160 с.
14. Голубева А.С. Магарил Е.Р. Обоснование необходимости сокращения эмиссии CO<sub>2</sub> автотранспортным сектором // Вестник УрФУ. Серия экономика и управление. 2012. № 2. С. 109–117.
15. Сайт финансовой статистики и макроэкономического описания стран мира. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://finstat.bozo.ru>.
16. Всемирный банк. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://databank.worldbank.org/data/views/reports/tableview.aspx>.
17. Key World Energy Statistics 2011.
18. Energy Technology Perspectives. Scenarios and Strategies to 2050. Paris : International Energy Agency, 2006. 486 p.
19. Гусаров А.П. Потребление топлива и выбросы CO<sub>2</sub> автомобилями // Журнал автомобильных инженеров. 2009. №3 (56). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.aae-press.ru/j0056/art012.htm>.
20. Аналитическое агентство «Авто-стат». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.autostat.ru>.
21. Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.gks.ru>.
22. За рулем. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.zr.ru/content/>



- news/516055-za\_8\_let\_avtopark\_rossii\_vygos\_pochti\_v\_1\_5\_raza/.
23. Аналитический бюллетень «Нефтегазодобывающая и нефтеперерабатывающая промышленность: тенденции и прогнозы». 2012. № 9. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.giarating.ru>.
  24. Абржина Л.Л., Магарил Е.Р. Методический подход к экономической оценке ущерба атмосферному воздуху // Вестник УГТУ–УПИ. Серия экономика и управление. 2008. № 2 (91). С. 100–103.
  25. Государственная программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://government.ru/gov/results/13912/>.
  26. Физическая энциклопедия / под ред. А.М. Прохорова. Т. 5. М. : Большая Российская энциклопедия, 1998.
  27. Справочный портал. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.calc.ru/126.html>.