



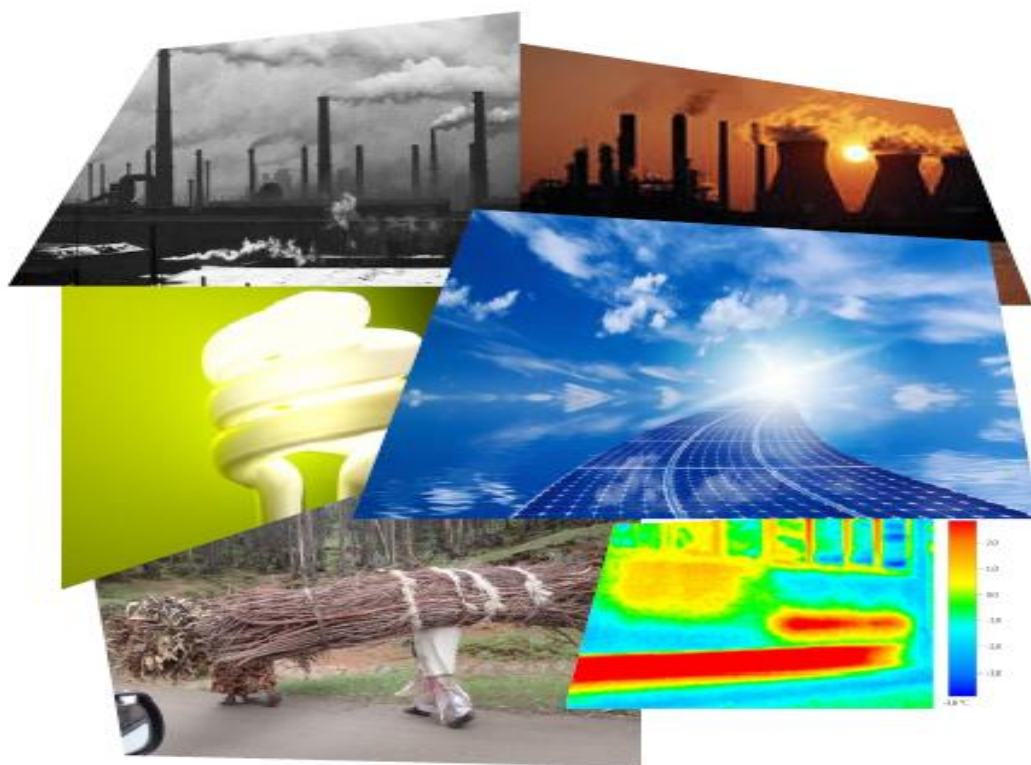
Центр по эффективному использованию энергии (ЦЭНЭФ)

**И.А. Башмаков и А.Д. Мышак**

# **Затраты и выгоды низкоуглеродной экономики и трансформации общества в России.**

## **Перспективы до и после 2050 г.**

**Резюме для всех, кому интересны  
вопросы стабилизации климата на планете**



**Москва, март 2014 г.**



## Введение

В данной брошюре представлены основные результаты исследования *«Затраты и выгоды низкоуглеродной экономики и трансформации общества в России. Перспективы до и после 2050 г.»* в форме, доступной для всех, кому интересны вопросы стабилизации климата на планете. Результаты представлены в виде ответов на дюжину часто задаваемых вопросов.

Работа была организована Центром по эффективному использованию энергии (ЦЭНЭФ) в сотрудничестве с экспертами Института народнохозяйственного прогнозирования Российской академии наук (ИНП РАН), Института энергетических исследований Российской академии наук (ИНЭИ РАН), Российской академии народного хозяйства и государственной службы (РАНХиГС), Института экономической политики им. Е.Т. Гайдара, Массачусетского технологического института (MIT). Использовались также результаты, полученные экспертами Международного энергетического Агентства.

Авторы и исследовательские группы, которые приняли участие в работе:

О.В. Луговой	Российская академия народного хозяйства и государственной службы (РАНХиГС)
Д.С. Гордеев В.Ю. Поташников	Институт экономической политики им. Е.Т. Гайдара
А.А. Макаров	Институт энергетических исследований Российской академии наук (ИНЭИ РАН)
С.В. Пальцев и Е.Б. Калинина	Массачусетский технологический институт (MIT) Независимый эксперт
Ю.В. Синяк	Институт народнохозяйственного прогнозирования Российской академии наук (ИНП РАН)

Данное исследование – уникальный для России проект, в рамках которого экспертами разных исследовательских групп были разработаны сценарии динамики выбросов парниковых газов (ПГ), порожденных сектором «энергетика» (все виды деятельности, в которых сжигается топливо или происходит утечка в атмосферу ПГ при добыче, транспортировке и конечном использовании топлива) Российской Федерации. Предварительно были определены и согласованы условия расчетов для формирования долгосрочных прогнозов траекторий выбросов ПГ для обеспечения как большей сопоставимости результатов прогнозов, так и более полного охвата и структурирования «пространства решений» задачи контроля за выбросами.

Целью данного проекта являлось определение затрат и выгод, связанных со стратегиями низкоуглеродного развития России до середины XXI века и далее, и исследование вопроса о том, является ли низкоуглеродное развитие экономики тормозом или источником экономического роста в России. Участие нескольких российских и зарубежных прогнозных групп позволило получить взвешенные и сбалансированные ответы на 12 вопросов, включая вопрос о возможных обязательствах по контролю выбросов ПГ, которые может взять на себя Россия в период до 2030 г. и до 2050 г. Задача брошюры – в сжатой и ясной форме представить основные итоги работы этих исследовательских групп.

И.А. Башмаков

Исполнительный директор ЦЭНЭФ

Лауреат Нобелевской премии мира 2007 г. в составе учрежденной ООН и Всемирной метеорологической организацией Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК)



## Вопрос 1. Каковы параметры, причины и последствия изменения глобального климата?

Первая рабочая группа Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК, IPCC) в своем Пятом оценочном докладе (IPCC 5AR WG1, 2013) «Изменение климата 2013: Физическая научная основа» на основе анализа новейших научных данных, полученных в последние годы международным научным сообществом в сфере анализа и прогноза процессов изменения климата, пришла к следующим выводам:

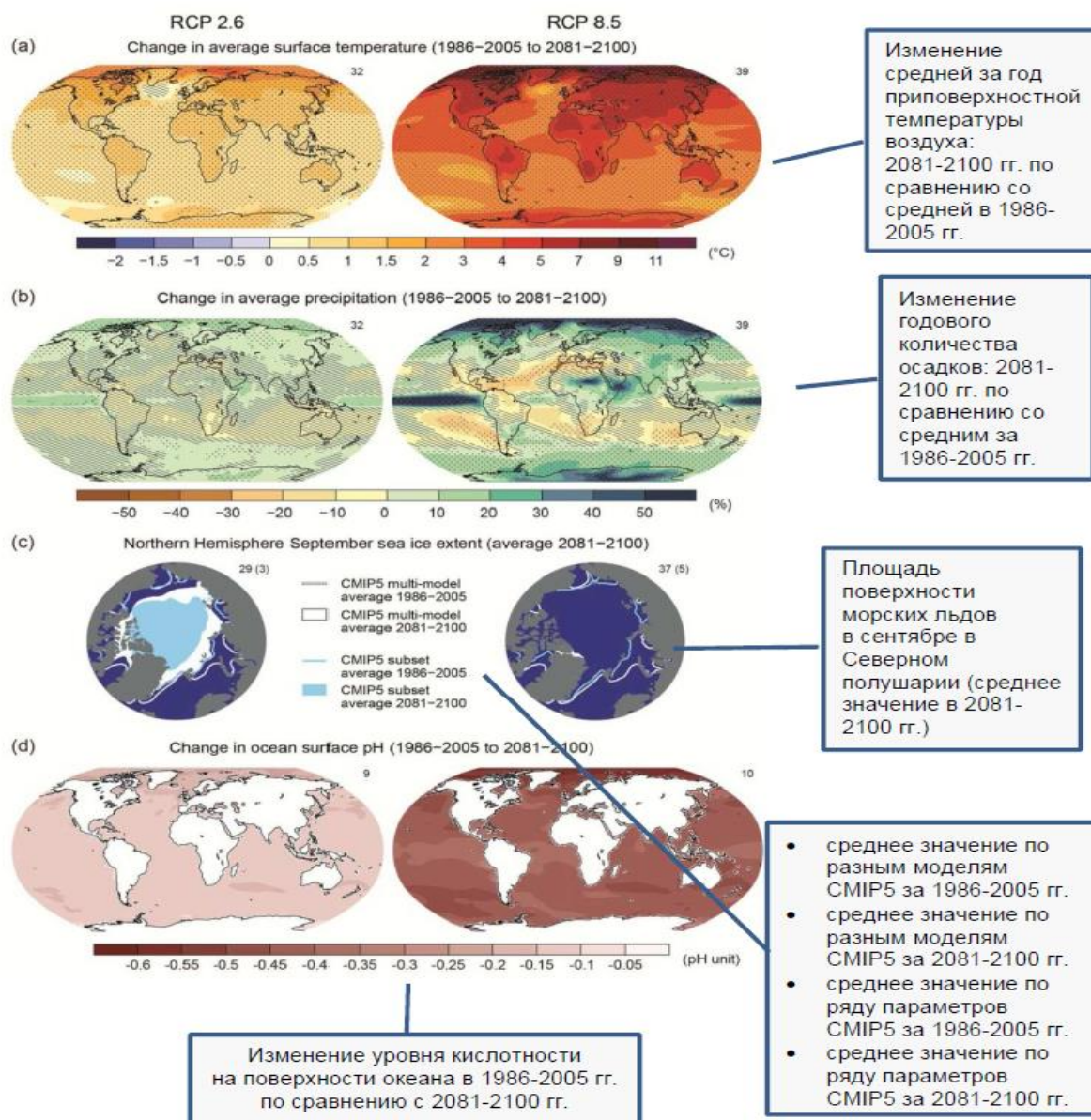
- **Факт потепления климата не подлежит сомнению**, и многие из наблюдаемых с 1950-х годов изменений не имели прецедентов на протяжении от десятков до тысяч лет. Произошло потепление атмосферы и океана, сократились запасы снега и льда, поднялся уровень океана, возросла концентрация парниковых газов;
- **Каждое из трех последних десятилетий характеризовалось более высокой температурой у поверхности Земли, чем любое другое десятилетие, начиная с 1850 г.** В северном полушарии 1983-2012 годы, вероятно, были самым теплым 30-летним периодом за последние 1400 лет;
- **За последние два десятилетия ледовые щиты Гренландии и Антарктики уменьшились в объеме**, ледники продолжали сокращаться почти во всем мире, площадь арктических морских льдов и весеннего снежного покрова в северном полушарии продолжала уменьшаться;
- **Повышение уровня океана с середины XIX-го века происходило быстрее, чем в среднем за два предыдущих тысячелетия.** На протяжении 1901-2010 гг. уровень Мирового океана поднялся на 0,19 м;
- **Концентрации диоксида углерода (CO<sub>2</sub>, углекислый газ), метана и закиси азота в атмосфере выросли до беспрецедентных за последние, по крайней мере, 800 тысяч лет уровней.** Концентрация CO<sub>2</sub> увеличилась на 40% с доиндустриального периода, главным образом за счет выбросов от сжигания топлива и, во вторую очередь, за счет выбросов от изменений в землепользовании<sup>1</sup>. На поглощение океаном приходится около 30% антропогенных выбросов диоксида углерода, что приводит к подкислению океана;
- **За период с 1750 г. по 2011 г. в результате выбросов CO<sub>2</sub> от сжигания топлива и при производстве цемента в атмосферу высвободилось 375 млрд т С (углерода), в то время как высвобождение углерода в результате обезлесивания и прочих изменений землепользования оценивается в 180 млрд т С.** В результате совокупная антропогенная (порожденная влиянием человеческой деятельности) эмиссия составила 555 млрд т С. Из этой совокупной антропогенной эмиссии CO<sub>2</sub> 155 млрд т С поглощено океаном, 240 млрд т С накоплено в атмосфере и 160 млрд т С в природных экосистемах суши (совокупное остаточное поглощение почвой);
- **Влияние человека на климатическую систему не подлежит сомнению.** Было установлено влияние человека на повышение температур атмосферы и океана, изменение глобального круговорота воды, уменьшение количества снега и льда, повышение уровня Мирового океана и на некоторые экстремальные климатические явления;

<sup>1</sup> Орошение земли, вырубка лесов могут изменить водный баланс, способность Земли отражать солнечные лучи и оказать значительное влияние на климат



- **Чрезвычайно вероятно, что влияние человека было доминирующей причиной потепления**, наблюдаемого с середины XX-го века и более половины наблюдаемого повышения средней глобальной температуры приповерхностного слоя воздуха в 1951-2010 гг. обусловлено антропогенным повышением концентраций парниковых газов и другими антропогенными воздействиями;
- **Продолжающаяся эмиссия парниковых газов будет являться причиной дальнейшего потепления и изменений во всех компонентах климатической системы** (рис. 1). Ограничение климатических изменений потребует значительного и непрерывного снижения выбросов парниковых газов.

**Рисунок 1. Карты средних значений, полученных по моделям по двум сценариям радиационного воздействия для 2081-2100 гг., (а) среднегодового изменения температуры приповерхностного слоя воздуха, (б) среднего процента изменений среднегодового количества осадков, (с) площади морского льда в сентябре в Северном полушарии и (д) изменения рН в поверхностном слое океана**



Источник: «Изменение климата 2013: Физическая научная основа». Резюме для лиц, принимающих решения. Доклад Первой рабочей группы Пятого оценочного доклада Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК, IPCC 5AR WG1).



Таким образом, **мировой наукой установлено, что влияние человека является доминирующей причиной потепления.** Способность природных систем поглощать парниковые газы ограничена. Поэтому, как в случае с попыткой добавить воды в полный стакан, после чего она проливается на скатерть, даже небольшие по сравнению с огромным объемом циркулирующего в природе углерода дополнительные выбросы парниковых газов – ежегодно по 30-32 млрд т  $\text{CO}_2\text{-экв}$ <sup>2</sup> выбросы ПГ от сжигания топлива - ведут к повышению их концентрации в атмосфере и глобальному потеплению.

Очевидно, что очень существенные климатические изменения ожидаются на территории России и в ее акватории с возможным потеплением в самых северных регионах до 8-10°C (рис. 1). По мнению специалистов<sup>3</sup>, в России:

- **повышение температуры в последние 100 лет в полтора-два раза превышало темпы глобального потепления**, а скорость потепления в последние десятилетия возросла в несколько раз;
- **изменения климата все в большей степени будут влиять на здоровье и на условия хозяйственной деятельности**, особенно в северных территориях, где сконцентрирована добыча углеводородов;
- **ущерб от изменения климата, включая экстремальные и опасные природные явления, может достигать в среднем 2% ВВП**, а на отдельных, но довольно обширных территориях – до 5% ВВП. Могут появиться климатические барьеры на пути экономического роста. Наряду с отрицательным воздействием возможны и положительные эффекты. Однако ожидается, что баланс – совокупный эффект от изменений климата на территории России – будет характеризоваться превышением издержек над выгодами.

### **Вставка 1. Что такое ВВП?**

В качестве индикатора макроэкономической активности как правило, используется ВВП. Валовой внутренний продукт (ВВП) является важнейшим показателем результата производственной деятельности. ВВП может быть рассчитан тремя методами – производственным методом, методом использования доходов и методом формирования источников доходов. При расчете производственным методом ВВП получается как сумма валовой добавленной стоимости всех отраслей и налоги минус субсидии на продукты. Валовая добавленная стоимость исчисляется как разность между выпуском товаров и услуг и промежуточным потреблением. Промежуточное потребление состоит из стоимости товаров и услуг, которые трансформируются или полностью потребляются в процессе производства в отчетном периоде. Потребление основного капитала не входит в состав промежуточного потребления. ВВП рассчитанный методом использования доходов, представляет собой сумму расходов на конечное потребление, валовое накопление, а также экспорт минус импорт. ВВП, полученный методом формирования по источникам доходов, складывается из оплаты труда валовой прибыли и разницы налогов и субсидий на производство и импорт.

К ВВП довольно много претензий как к несовершенному индикатору устойчивого развития. Это породило многочисленные альтернативные концепции и агрегированные показатели развития экономики: зеленый рост, зеленая экономика, зеленый национальный продукт, истинные сбережения, истинный прогресс, индекс развития человеческого потенциала, валовый показатель национального счастья, индекс лучшей жизни, сжимающая экономика, совокупный (включающий, всесторонний) индекс благосостояния и др. Однако, сами эти индикаторы имеют недостатки, а их расчет требует большого дополнительного объема данных. Поэтому показатель ВВП продолжает доминировать.

<sup>2</sup>  $\text{CO}_2\text{-эквивалент}$  – единица, позволяющая сравнивать объемы разных газов, используя их потенциал глобального потепления (ПГП). Количество газа приравнивается к количеству  $\text{CO}_2$  с тем же ПГП.

<sup>3</sup> Оценка макроэкономических последствий изменения климата. П.р. В.М. Катцова и Б.Н. Порфирьева. Роскомгидромет. М. 2011.



## Вопрос 2. Каковы глобальные тенденции динамики выбросов парниковых газов?

В 2000-2010 гг. выбросы парниковых газов от сжигания топлива росли быстрее (на 2,2% в год), чем в три предшествующих десятилетия (на 1,3% в год в 1970-2000 гг.), несмотря на глобальный экономический кризис и на усилия растущего числа стран реализовать Рамочную конвенцию ООН об изменении климата и Киотский протокол. За последние четыре десятилетия накопленные<sup>4</sup> с 1750 г. выбросы углекислого газа удвоились: с 900 млрд т CO<sub>2</sub> в 1750–1970 гг. до 2000 млрд т CO<sub>2</sub> в 1750–2010 гг. CO<sub>2</sub> по-прежнему является основным антропогенным парниковым газом (доля в 2010 г. – 76%). Еще 16% составляет метан, 6% – закись азота и 2% – прочие парниковые газы. Выбросы ПГ от сжигания топлива превысили в 2013 г. 32 млрд т CO<sub>2-экв</sub> и при отсутствии жестких мер политики по их контролю могут вырасти до 50-70 млрд т CO<sub>2-экв</sub> к 2050 г. и до 90 млрд т CO<sub>2-экв</sub> к 2100 г.

Энергетический сектор (производство и добыча, преобразование и передача энергии) является главным и наиболее динамично растущим источником ПГ. В 2010 г. 35% выбросов ПГ пришлось на энергетический сектор, 24% на землепользование и изменение землепользования, 21% на промышленность, 14% на транспорт и 6% на здания. С учетом косвенных выбросов от производства электро- и теплоэнергии, используемых в промышленности и зданиях, доли промышленности и зданий вырастают до 32% и 18% соответственно. Чтобы ограничить рост потепления уровнем 2°C, удельные выбросы ПГ на производство электроэнергии должны снизиться до уровня ниже 100 г CO<sub>2-экв</sub>/кВт-ч к 2050 г. и почти до нуля к 2100 г.

Смягчение антропогенного воздействия на климат возможно за счет мер по контролю за выбросами. На это нацелены Рамочная конвенция ООН об изменении климата (1992 г.) и Киотский протокол к этой конвенции (1997 г.). Рамочная конвенция поставила задачу не допускать опасного антропогенного воздействия на климатическую систему. Сейчас под таким уровнем понимается удержание повышения средней глобальной приземной температуры в пределах 1,5-2°C по сравнению с доиндустриальным периодом. Реализация Киотского протокола должна была позволить развитым странам сократить антропогенные выбросы ПГ на 5% в 2008-2012 гг. по сравнению с уровнем 1990 г. В Копенгагене в 2009 г. попытка продлить и расширить Киотский протокол потерпела неудачу. Однако там же многие страны и группы стран взяли на себя обязательства по контролю выбросов (ограничению их роста или абсолютному снижению) на период до 2020 г. и далее.

Прогнозные расчеты показывают, что без существенных дополнительных мер по контролю выбросов (их ограничению и снижению) в ближайшие 20 лет будет предельно сложно удерживать концентрацию ПГ в атмосфере в рамках 450-500 частей на миллион<sup>5</sup> CO<sub>2-экв</sub> и удерживать повышение средней глобальной приземной температуры в пределах 1,5-2°C. Это означает, что потребуются беспрецедентные усилия по снижению выбросов в 2030-2050 гг., или широкомасштабное применение технологий удаления ПГ из атмосферы, или ее охлаждения в последующие годы. Хотя смягчение воздействия на климат может быть сопряжено с существенными затратами (оценки которых сильно различаются), эти затраты могут быть заметно снижены за счет устранения барьеров для проникновения на рынок низкоуглеродных технологий, а также при учете

<sup>4</sup> Сумма всех годовых выбросов, начиная с 1750 г.

<sup>5</sup> Части на миллион – число молекул газа на миллион молекул всех газов воздуха.



большого числа положительных косвенных эффектов (учета эффектов от улучшения здоровья, от снижения затрат на энергоресурсы, от снижения затрат на снижения вредных выбросов от сжигания топлива за счет снижения объемов его сжигания, повышение занятости и др.).

**Темп изменения выбросов определяется по формуле:** темп прироста<sup>6</sup> населения плюс темп прироста ВВП на душу населения плюс темп изменения энергоемкости ВВП (отношения потребления энергии к ВВП) плюс темп изменения углеродоемкости энергии (отношение выбросов ПГ от сжигания топлива к объему потребляемой энергии). Главными факторами снижения или торможения роста выбросов являются снижение энергоемкости за счет повышения энергоэффективности и снижение углеродоемкости энергии за счет применения безуглеродных или низкоуглеродных энергетических технологий.

## Вставка 2. Пример расчета энергоемкости и углеродоемкости

Покажем, как это работает, на примере освещения однокомнатной квартиры площадью 40 м<sup>2</sup>. (табл. 1). Рассмотрим четыре варианта. Первый, использование ламп накаливания мощностью 60 Вт каждая в системе электроснабжения, в сетях которой теряется 12% электроэнергии, которая получается от старой малоэффективной электростанции, работающей на угле. В этом случае выбросы CO<sub>2</sub> от системы освещения этой квартиры составят 945 кг CO<sub>2</sub> за год, или без малого 1 т. Во втором примере предполагается, что электроэнергия получается от новой высокоэффективной электростанции, работающей на природном газе с меньшими потерями в электросетях. В этом случае выбросы CO<sub>2</sub> от системы освещения этой квартиры снижаются почти в 3 раза - до 346 кг CO<sub>2</sub>. В третьем варианте предполагается, что лампы накаливания заменяются эффективными источниками света (компактными люминесцентными лампами и светодиодными лампами) и за счет системы управления освещением снижается среднее число часов горения ламп на полную мощность. В этом случае выбросы CO<sub>2</sub> от системы освещения этой квартиры снижаются в 11 раз - до 32 кг CO<sub>2</sub>. Наконец, в четвертом варианте предполагается что вся энергия получается от ветровой электростанции, у которой нет прямых выбросов ПГ. Тогда выбросы CO<sub>2</sub> от системы освещения этой квартиры снижаются до нуля. Каждый может повторить эти расчеты и рассчитать «углеродный след» от системы освещения своей квартиры.

**Таблица 1. Варианты снижения выбросов CO<sub>2</sub> при освещении типовой однокомнатной квартиры**

	Единицы измерения	Комната	Кухня	Прихожая	Санузел	Всего
<b>Вариант 1</b>						
Число источников света	единиц	8	2	2	2	14
Мощность одного источника	Вт	60	60	60	60	
Суммарная мощность источников	кВт	0,48	0,12	0,12	0,12	0,84
Время использования освещения	часов в год	1000	1400	800	800	1000
Потребление электроэнергии	кВт-ч/год	480	168	96	96	840
Потери в электрических сетях	%	12%	12%	12%	12%	
<b>Потребление электроэнергии с учетом потерь в сетях</b>	<b>кВт-ч/год</b>	<b>545</b>	<b>191</b>	<b>109</b>	<b>109</b>	<b>955</b>
Вид топлива, на котором производится электроэнергия		уголь	уголь	уголь	уголь	
КПД электростанции брутто	%	37%	37%	37%	37%	
Доля расходов на собственные нужды электростанций	%	6%	6%	6%	6%	
КПД электростанции нетто	%	35%	35%	35%	35%	

<sup>6</sup> Темп прироста показывает, на сколько процентов увеличился уровень показателя отчетного года по сравнению с предыдущим.





	Единицы измерения	Комната	Кухня	Прихожая	Санузел	Всего
<b>Потребление топлива</b>	<b>кг/ут</b>	<b>193</b>	<b>68</b>	<b>39</b>	<b>39</b>	<b>338</b>
Удельный выброс CO <sub>2</sub> на единицу топлива	кгCO <sub>2</sub> /кг/ут	2,8	2,8	2,8	2,8	
Удельный выброс CO <sub>2</sub> при выработке электроэнергии	кгCO <sub>2</sub> /кВт-ч	0,990	0,990	0,990	0,990	
<b>Всего выбросов CO<sub>2</sub></b>	<b>кгCO<sub>2</sub></b>	<b>540</b>	<b>189</b>	<b>108</b>	<b>108</b>	<b>945</b>
<b>Вариант 2</b>						
Мощность одного источника	единиц	8	2	2	2	14
Суммарная мощность источников	Вт	60	60	60	60	
Время использования освещения	кВт	0,48	0,12	0,12	0,12	0,84
Время использования освещения	часов в год	1000	1400	800	800	1000
Потребление электроэнергии	кВт-ч/год	480	168	96	96	840
Потери в электрических сетях	%	5%	5%	5%	5%	
<b>Потребление электроэнергии с учетом потерь в сетях</b>	<b>кВт-ч/год</b>	<b>505</b>	<b>177</b>	<b>101</b>	<b>101</b>	<b>884</b>
Вид топлива, на котором производится электроэнергия		газ	газ	газ	газ	
КПД электростанции брутто	%	55%	55%	55%	55%	
Доля расходов на собственные нужды электростанций	%	6%	6%	6%	6%	
КПД электростанции нетто	%	52%	52%	52%	52%	
<b>Потребление топлива</b>	<b>кг/ут</b>	<b>120</b>	<b>42</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>210</b>
Удельный выброс CO <sub>2</sub> на единицу топлива	кгCO <sub>2</sub> /кг/ут	1,644	1,644	1,644	1,644	
Удельный выброс CO <sub>2</sub> при выработке электроэнергии	кгCO <sub>2</sub> /кВт-ч	0,391	0,391	0,391	0,391	
<b>Всего выбросов CO<sub>2</sub></b>	<b>кгCO<sub>2</sub></b>	<b>198</b>	<b>69</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>346</b>
<b>Вариант 3</b>						
Мощность одного источника	единиц	6	2	2	2	12
Суммарная мощность источников	Вт	10	10	10	10	
Время использования освещения	кВт	0,06	0,02	0,02	0,02	0,12
Время использования освещения	часов в год	600	1000	600	600	667
Потребление электроэнергии	кВт-ч/год	36	20	12	12	80
Потери в электрических сетях	%	5%	5%	5%	5%	
<b>Потребление электроэнергии с учетом потерь в сетях</b>	<b>кВт-ч/год</b>	<b>38</b>	<b>21</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>84</b>
Вид топлива, на котором производится электроэнергия		газ	газ	газ	газ	
КПД электростанции брутто	%	55%	55%	55%	55%	
Доля расходов на собственные нужды электростанций	%	4%	4%	4%	4%	
КПД электростанции нетто	%	53%	53%	53%	53%	
<b>Потребление топлива</b>	<b>кг/ут</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>20</b>
Удельный выброс CO <sub>2</sub> на единицу топлива	кгCO <sub>2</sub> /кг/ут	1,644	1,644	1,644	1,644	
Удельный выброс CO <sub>2</sub> при выработке электроэнергии	кгCO <sub>2</sub> /кВт-ч	0,383	0,383	0,383	0,383	
<b>Всего выбросов CO<sub>2</sub></b>	<b>кгCO<sub>2</sub></b>	<b>15</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>32</b>





	Единицы измерения	Комната	Кухня	Прихожая	Санузел	Всего
<b>Вариант 4</b>						
Мощность одного источника	единиц	6	2	2	2	12
Суммарная мощность источников	Вт	10	10	10	10	
Время использования освещения	кВт	0,06	0,02	0,02	0,02	0,12
Время использования освещения	часов в год	600	1000	600	600	667
Потребление электроэнергии	кВт-ч/год	36	20	12	12	80
Потери в электрических сетях	%	5	5	5	5	
Потребление электроэнергии с учетом потерь в сетях	кВт-ч/год	38	21	13	13	84
Вид топлива, на котором производится электроэнергия		ветер	ветер	ветер	ветер	
<b>Потребление топлива</b>	<b>кг/ч</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Всего выбросов CO<sub>2</sub></b>	<b>кгCO<sub>2</sub></b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>

Источник: Расчеты авторов

Сравнение параметров 4-х вариантов показано в табл. 2. Видно, что существует много путей снижения выбросов CO<sub>2</sub>. Некоторые меры могут предпринимать компании, которые производят и распределяют электроэнергию, другие – сами потребители. В первом варианте можно повысить КПД угольной станции до 45%. Станция Исодо с таким КПД работает в г. Йикогаме (Япония). В этом случае удастся снизить выбросы на 18%. Можно также снизить потери в электрических сетях до 5%. Это даст еще на 6%. Итого снижение составит 24%. В этом же варианте можно только установить энергоэффективные лампы и снизить выбросы сразу на 83%. Можно сразу поставить безуглеродный источник электроэнергии, а можно сначала снизить потребляемую мощность и только затем поставить безуглеродный источник электроэнергии в 6 раз меньшей мощности.

**Таблица 2. Сопоставление вариантов снижения выбросов CO<sub>2</sub> при освещении типовой однокомнатной квартиры**

	Ед. изм.	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
Площадь квартиры	м <sup>2</sup>	40	40	40	40
Мощность источников света	кВт	0,84	0,84	0,12	0,12
Потребление электроэнергии	кВт-ч/год	955	884	84	84
Потребление энергии	кг/ч	955	884	84	10
Потребление топлива	кг/ч	338	210	20	0
Выбросы CO <sub>2</sub>	кгCO <sub>2</sub>	945	346	32	0
Удельный расход энергии	кг/ч/м <sup>2</sup>	23,9	22,1	2,1	0,3
Углеродоемкость энергии	кгCO <sub>2</sub> /кВт-ч	990,2	391,1	383,0	0,0

Источник: Расчеты авторов

Энергетическая эффективность растет по мере того как удельный расход энергии на 1 м<sup>2</sup> снижается (табл. 2). Углеродоемкость энергии снижается по мере того как топливо с большим содержанием углерода (уголь) заменяется природным газом, а затем органическое топливо заменяется безуглеродным источником энергии – ветровой электростанцией.

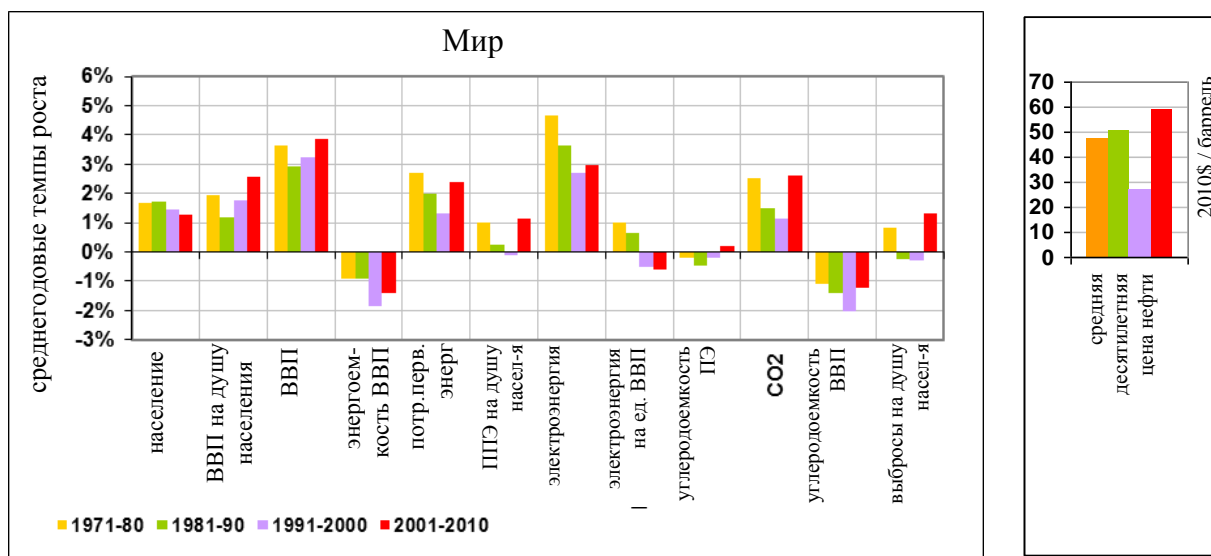
Если первая квартира снабжалась электроэнергией по варианту 1, и мы построим еще одну квартиру по варианту 1, то выбросы вырастут в 2 раза, а если по варианту 4, то они не изменятся. Если в это же время удастся изменить систему энергоснабжения первой квартиры на вариант 3, то несмотря на то, что число квартир удвоилось, выбросы упадут с 945 до 346 кг CO<sub>2</sub>.

**Главными факторами роста мировой эмиссии ПГ явились рост численности населения и рост экономики, которые перекрывали влияние повышения энергоэффективности, с разнонаправленным вкладом изменения углеродоемкости энергии.** Ускорение роста ВВП на душу населения привело к ускорению роста мирового ВВП даже при замедлении роста численности населения. Темп снижения энергоемкости, движимой совершенствованием технологической и отраслевой структуры ВВП, оказался,

во-первых, ниже, чем в 90-х годах, во-вторых, неравномерным (снижение прерывалось три раза в последние 10 лет), и в-третьих, недостаточным, чтобы блокировать рост потребления первичной энергии (рис.2). Источник этого роста находился в странах, не входящих в ОЭСР<sup>7</sup>. Потребление энергии на душу населения после стабилизации в 80-х и 90-х годах, вновь начало интенсивно расти.

**Тенденция к росту разнообразия используемых видов в мире видов энергоресурсов в целом сохранилась, однако органическое топливо (уголь, нефть и природный газ) по-прежнему занимает доминирующие позиции.** Невзирая на соображения энергетической безопасности и политику стабилизации климата, нефть хоть и теряла свою долю на рынке, но ее потребление все же увеличивалось на 1% в год в основном на автомобильном транспорте и в основном в развивающихся странах за счет быстрого роста парка автомобилей. Потребление нефти в развитых странах уже вышло на пик и начало снижаться за счет повышения топливной экономичности автомобилей при медленном росте их парка и пробега. Частично это связано с развитием удобного общественного транспорта, велосипедных и пешеходных дорожек. Потребление природного газа в мире росло на 2,7% в год, но даже при этом в прошлом десятилетии он потерял статус самого динамично растущего органического вида топлива. С конца XIX века наблюдалась устойчивая тенденция к снижению роли угля в мировом энергетическом балансе. Однако, в начале 21 века эта долгосрочная тенденция была перервана. Потребление угля росло быстрее прочих видов топлива – на 4% в год. В 2000-2012 гг. прирост его потребления составил почти половину всего прироста потребления первичной энергии. Почти весь прирост мирового потребления угля имел место в двух странах – в Китае и Индии.

**Рисунок 2. Комбинация факторов, определявших глобальное потребление энергии и динамику выбросов CO<sub>2</sub> от сектора энергетика в 1971-2010 гг.**



Столбики на рисунке показывают значения среднегодовых темпов роста отдельных показателей в каждое из 4-х десятилетий. Среднегодовой темп роста равен среднему геометрическому отношения одноименных показателей за конечный и за начальный год временного интервала.

Источники: На базе данных IEA. (2011). *CO<sub>2</sub> emission from fuel combustion*. International Energy Agency. OECD, Paris, France; IEA. (2011). *Energy Balances of Non-OECD Countries*. International Energy Agency, Paris, France; BP (2011) *Statistical Review of World Energy*.

<sup>7</sup> ОЭСР (OECD) – Организация Экономического Сотрудничества и Развития



На долю возобновляемых источников энергии в 2010 г. пришлось 13,5% мирового производства первичной энергии и 21% производства электроэнергии. ВИЭ стали третьим по значимости источником выработки электроэнергии после угля и природного газа с большими шансами выйти на вторую позицию уже к 2020 г. Выработка электроэнергии на ветровых электростанциях (ВЭС) выросла за последние 10 лет в 5 раз, на солнечных электростанциях (СЭС) – в 25 раз. В 2012 г. на ВЭС уже приходилось 2% всей выработки электроэнергии, и эта доля ежегодно увеличивалась на 0,3% после 2008 г. Основная часть прироста выработки на ВЭС и СЭС пришлась на развитые страны и Китай. На долю ГЭС пришлось 16,3% выработки электроэнергии в 2012 г.

### **Вставка 3. Энергия на разных стадиях ее получения и использования**

**Первичная энергия** — это ископаемое (природное) топливо в его естественной форме до проведения какой-либо технологической переработки, или нетопливные энергетические ресурсы, включая возобновляемые, из которых при их преобразовании могут быть получены энергоносители (электроэнергия и тепловая энергия). **Возобновляемые источники энергии (ВИЭ)** – природные ресурсы, таких как: биотопливо, солнечный свет, сила ветра, водяных стоков, приливов, волн, геотермальная теплота др., которые пополняются естественным путем в объемах, не меньших, чем их использование (возобновляются). **Вторичная энергия** — это продукты переработки или обогащения первичной энергии в секторе ТЭК для получения удобных для использования энергоносителей, например, нефтепродуктов, электричества тепловой энергии. При составлении энергетических балансов сальдо экспорта и импорта вторичных энергоресурсов учитывается как потребление первичной энергии. **Конечная энергия** – это энергоносители, используемые для производства товаров, работ и услуг, и не используемые для производства других энергоносителей. Конечная энергия равна первичной энергии минус расход энергии на преобразование одних видов энергоресурсов в другие, и расходов на их доставку конечным потребителям. Как правило, около 30% первичной энергии расходуется самим ТЭК на цели преобразования и передачи энергии.

На долю ядерной энергетики, отягощенной проблемами безопасности, захоронения отходов, нераспространения ядерного оружия, и растущей капиталоемкости<sup>8</sup> в 2012 г. пришлось только 11% выработки электроэнергии против 17% в 1993 г. Ее вклад в глобальное производство первичной энергии снижается с 2002 г., а абсолютная выработка электроэнергии снижается с 2006 г. Все эти тенденции сложились задолго до аварии на АЭС Фукусима в марте 2011 г. Рост выработки на АЭС после 2006 г. наблюдался в основном в Китае и России.

Сочетание этих факторов привело к парадоксальному результату: **именно в десятилетие с самой активной политикой по контролю над выбросами ПГ на смену тенденции снижения глобальной углеродоемкости энергии в 1970-2000 гг. пришла тенденция к ее росту после 2000 г.** В итоге рост выбросов ПГ от сжигания топлива и в процессах его добычи ускорился (рис. 3). В 2011 г. прирост составил около 3%, а в 2012 г. – еще около 2%. Глобальные тенденции скрадывают большие различия в региональной динамике как объемов и структуры потребления энергии, так и динамики выбросов. Достаточно сказать, что прирост потребления угля только в Азии (в основном в Китае и Индии) в 2000-2010 гг. был равен приросту всего глобального потребления энергии за счет всех источников в 1990-2000 гг.

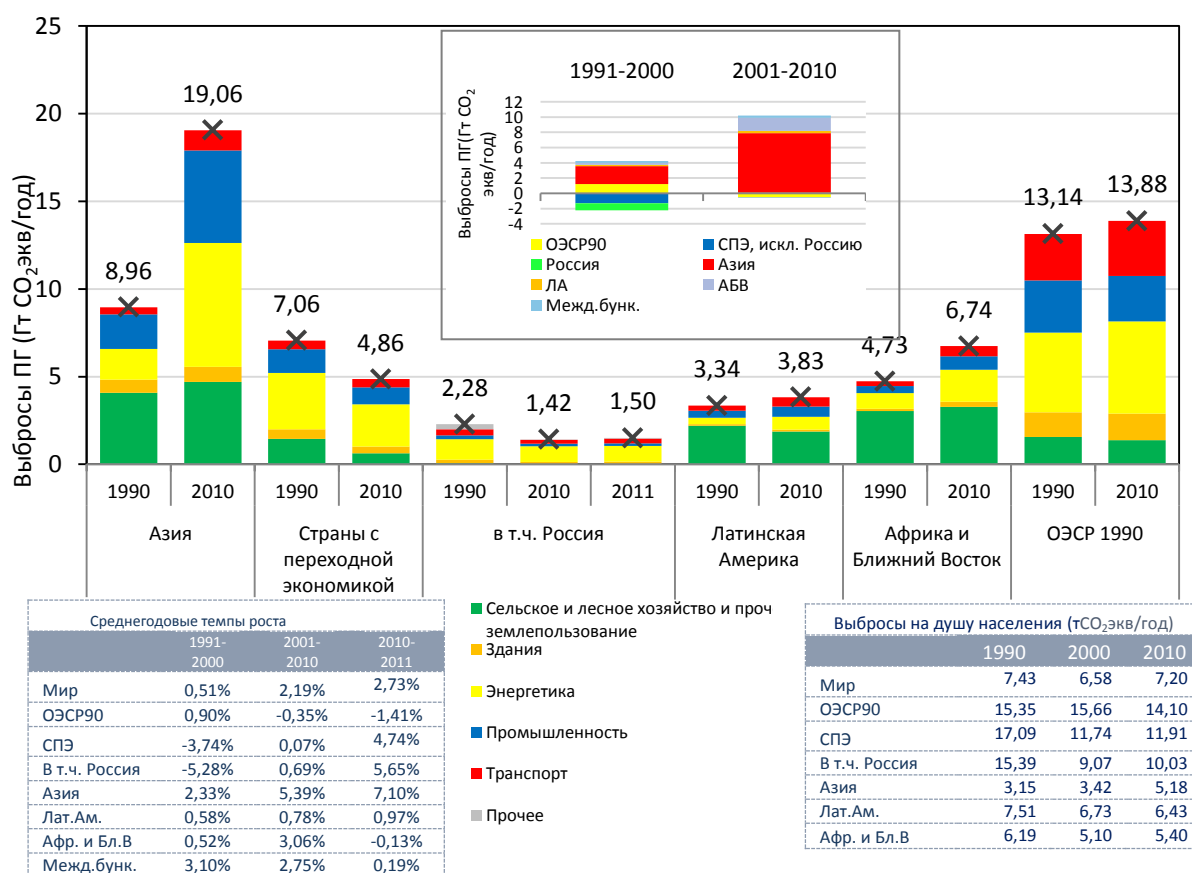
**В 2010 г. главным источником выбросов стала Азия (41%). Китай отодвинул США с первой позиции по объему выбросов, а Индия заняла третье место, отодвинув с него Россию.** В итоге, уровень выбросов в Азии в 2010 г. на 37% превышал уровень выбросов в странах, входящих в ОЭСР в 1990 г. Рост выбросов ПГ в странах, не входивших в 1990 г. в ОЭСР, ускорился с 1,7% в 1991-2000 гг. до 5% в 2001-2010 гг. Именно страны Азии и

<sup>8</sup> Средняя стоимость ввода 1 кВт новой мощности.

именно в секторе производства, преобразования и транспорта энергии определили ускорение роста глобальных выбросов ПГ в 2000-2010 гг. На долю Азии пришлось 79% прироста выбросов в 1991-2000 гг. и 83% - в 2001-2010 гг. Несмотря на то, что в среднем в мире и во многих его регионах мира удельные выбросы ПГ на душу населения снизились, в Азии они выросли на 64% (рис. 3). В Китае они уже превысили уровень отдельных стран ЕС, например, Франции.

**Страны с переходной экономикой, включая Россию, оказались единственной группой стран, в которой выбросы в 2010 г. были существенно ниже уровня 1990 г.** Только этой группе стран удалось разорвать связь между экономическим ростом и динамикой выбросов ПГ: в 2010 г. ВВП этого региона был на 10% выше, чем в 1990 г, а выбросы ПГ – на 29% ниже.

**Рисунок 3. Выбросы ПГ от сжигания топлива по секторам и по регионам мира в 1990 г. и 2010 г.**



Примечания: ОЭСР90 – ОЭСР в составе стран-членов в 1990 г., СПЭ - страны с переходной экономикой. ЛА – Латинская Америка; АБВ – Африка и Ближний Восток. Высота столбиков соответствует выбросам от соответствующих источников в каждом регионе мира (см. цветовую легенду) за указанный год. Верхняя диаграмма показывает вклады регионов в изменение уровня эмиссии за десятилетие.

Источник: Построено по данным IEA/EDGAR dataset. Данные по России – из национальной инвентаризации от 2013 г., данные по регионам мира за 2011 г. по IEA (2013) CO<sub>2</sub> emission from fuel combustion. Highlights (2013 Edition). International Energy Agency. OECD, Paris, France.

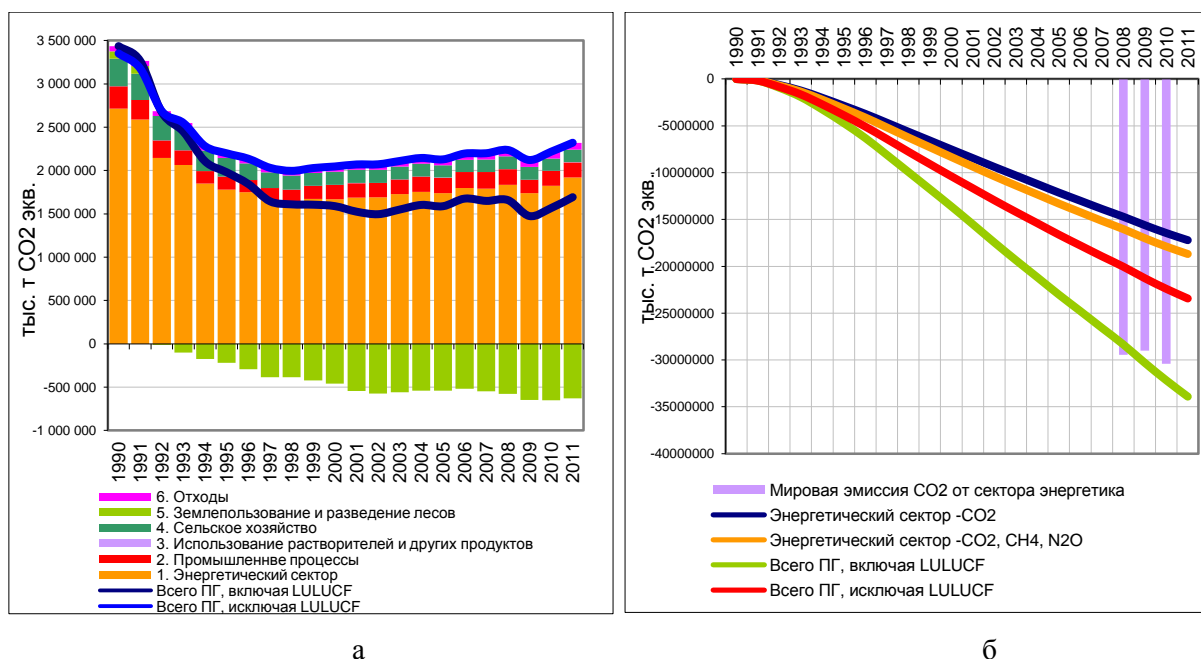


## Вопрос 3. Как изменялись в России выбросы парниковых газов?

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» (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. Согласно этим данным выбросы ПГ в России в процессах сжигания топлива, а также его добычи и транспорта в 2011 г. были на 29% ниже, чем в 1990 г.

Тогда как большая часть стран продолжала наращивать выбросы, усилиями одной только России удалось задержать негативное антропогенное воздействие на климат на целый год. В 1991-2000 гг. Россия внесла самый значимый вклад в снижение глобальных выбросов ПГ. Наиболее существенное снижение выбросов произошло в 1990-1998 гг. Затем выбросы стали медленно расти, что компенсировалось ростом стоков (поглощение углерода российскими лесами). В 2010 г. в России выбросы и стоки всех ПГ из всех источников оказались на 55% ниже уровня 1990 г. Это один из самых высоких показателей снижения в мире. Выбросы ПГ от энергетического сектора в 2010 г. были ниже 1990 г. на 33%. После 1998 г. выбросы росли очень медленно. В 2000-2010 гг. рост выбросов России оказался незначительным. В 1991-2010 гг. кумулятивное снижение выбросов ПГ в России (с учетом стоков) составило 32,3 млрд т CO<sub>2</sub>-экв. (рис. 4). Это больше глобального годового выброса CO<sub>2</sub> от сектора «энергетика», равного 31,3 млрд т CO<sub>2</sub>-экв в 2011 г.

**Рисунок 4. Динамика и структура выбросов парниковых газов по основным секторам в Российской Федерации (а) и динамика кумулятивного снижения выбросов ПГ в Российской Федерации (б)**



Источник: ЦЭНЭФ по данным Национального доклада

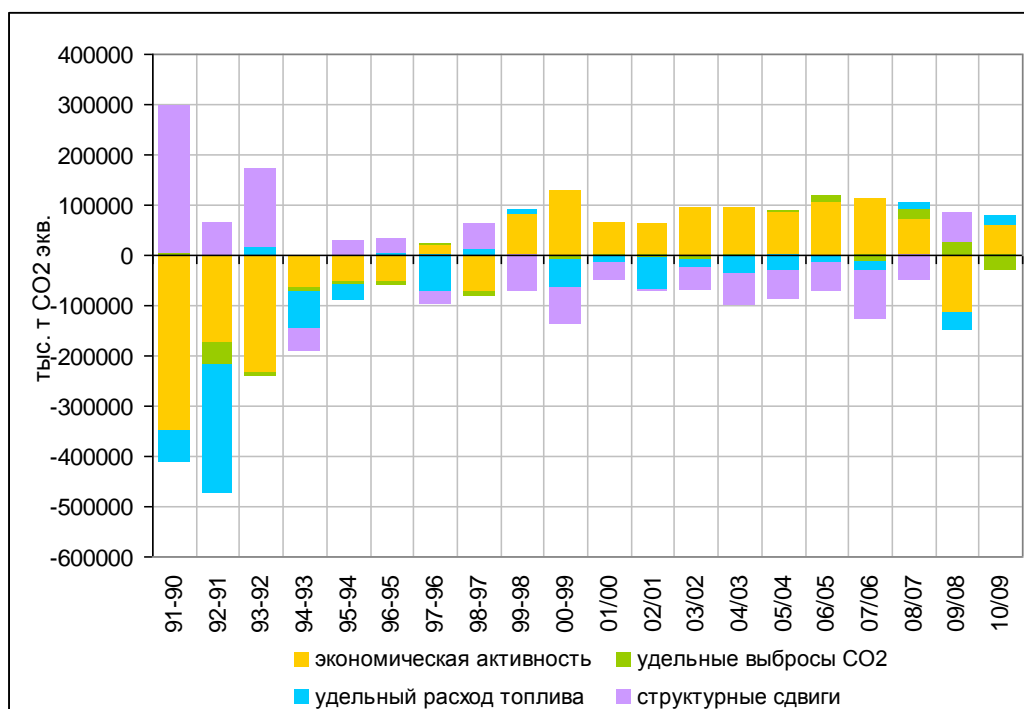
Для примера, это можно сравнить с первыми оценками выполнения обязательств Японии в рамках Киотского протокола, которые показали, что среднегодовой объем выбросов в 2008-2012 гг. вырос на 1,4%. За счет посадки лесов Японии удалось «захватить» объем углерода, равный 3,8% от выбросов ПГ в 1990 г. Итого снижение равно 2,4%. Чтобы выполнить свои обязательства по снижению выбросов на 5% от уровня 1990 г. на 6%, Япония за счет «покупки» снижения выбросов ПГ в других странах получила кредит в размере 5,9% от уровня выбросов 1990 г. Таким образом, Япония получила засчитанное ей снижение выбросов ПГ на 8,2%, или 103 млн т CO<sub>2</sub>-экв.<sup>9</sup> Это в 300 раз меньше, чем в России.

**В 1991-2011 гг. Россия являлась мировым лидером по кумулятивному снижению выбросов ПГ и в значительной степени компенсировала прирост выбросов в других регионах мира.** Если выбросы CO<sub>2</sub> от сектора «энергетика» в 1990-2010 гг. в мире выросли на 45%, то в России они снизились на 37%. Кумулятивное снижение выбросов CO<sub>2</sub> от сектора «энергетика» в России за 1991-2011 гг. равно 5-летней эмиссии ЕС, превышает 3-летнюю эмиссию США и 2-летнюю эмиссию Китая. В России в структуре выбросов ПГ 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». 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 (компенсировали 46% прироста) и сельское хозяйство (компенсировало 7% прироста).

**Факты разительно контрастируют 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.** Вплоть до 1995 г. падение экономической активности приводило к снижению выбросов (рис. 5). Это затем повторялось в годы кризисов: 1998 г. и 2009 г. Если бы в 2000-2011 гг. 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%.

<sup>9</sup> По данным Национального института экологических исследований Японии.

**Рисунок 5. Вклад отдельных факторов в динамику выбросов трех ПГ от сжигания топлива**



Экономическая активность - отражает рост масштабов деятельности в разных секторах экономики - производства промышленной продукции, транспортную работу, рост площади жилых зданий и т.п. Структурные сдвиги отражают влияние факта разной скорости роста масштабов деятельности в секторах экономики с разной энергоемкостью (см. вставку 4).

Источник: Башмаков И.А. и А.Д. Мышак. (2012). Факторы, определившие динамику выбросов парниковых газов в секторе «Энергетика» России. Анализ на основе данных национального кадастра. – М.: АНО «Метеоагентство Росгидромета», 2012.

**Политика структурного реформирования российской экономики внесла основной вклад в торможение выбросов и обеспечила практический «декаплинг» при высоких темпах роста экономики России.** Потенциал роста выбросов за счет экономического роста был нейтрализован рядом факторов, которые их снижали: структурные сдвиги в экономике 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% (рис. 5). 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.



#### Вставка 4. Структурная и технологическая экономия энергии

Допустим, что предприятие выпускает два вида продукции с разной энергоемкостью. Если увеличение производства произошло по варианту 1, то при сохранении технологии производства каждого продукта суммарная энергоемкость по предприятию снизится потому, что выросла доля производства менее энергоемкой продукции. При падении производства (поменять местами год 1 и год 2) получается прямо противоположный эффект.

**Таблица 3. Пример оценки вклада структурных и технологических изменений в динамику энергоемкости**

	Единицы измерения	вариант 1		вариант 2	
		год 1	год 2	год 1	год 2
Продукт 1					
Объем производства	млн. руб.	100	100	100	100
Расход энергии	тут	40	40	40	40
Энергоемкость	тут/млн. руб.	0,40	0,40	0,40	0,40
Продукт 2					
Объем производства	млн. руб.	200	400	200	400
Расход энергии	тут	50	100	50	80
Энергоемкость	тут/млн. руб.	0,25	0,25	0,25	0,20
Всего					
Объем производства	млн. руб.	300	500	300	500
Расход энергии	тут	90	140	90	120
Энергоемкость	тут/млн. руб.	0,30	0,28	0,30	0,24

При увеличении производства по варианту 2 происходит также снижение энергоемкости производства второго продукта за счет совершенствования технологии, что позволяет еще более существенно снизить энергоемкость производства всей продукции. В этом случае за счет структурных сдвигов энергоемкость снижается с 0,30 до 0,28 тут/млн. руб., а за счет технологического фактора – с 0,28 до 0,24 тут/млн. руб.

**Технологическое повышение эффективности использования энергии также обеспечило заметный вклад в снижение выбросов. Однако он мог бы быть бóльшим.** 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.

**Жизнь посрамила тезисы о том, что сдерживание выбросов CO<sub>2</sub> 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 об удвоении ВВП за 7 лет, то, возможно, прироста выбросов CO<sub>2</sub> и ПГ в целом в 1998-2011 гг. в России не было бы вовсе. Главная ошибка противников ратификации Россией Киотского протокола была в том, что они не учли эффекты структурных сдвигов.

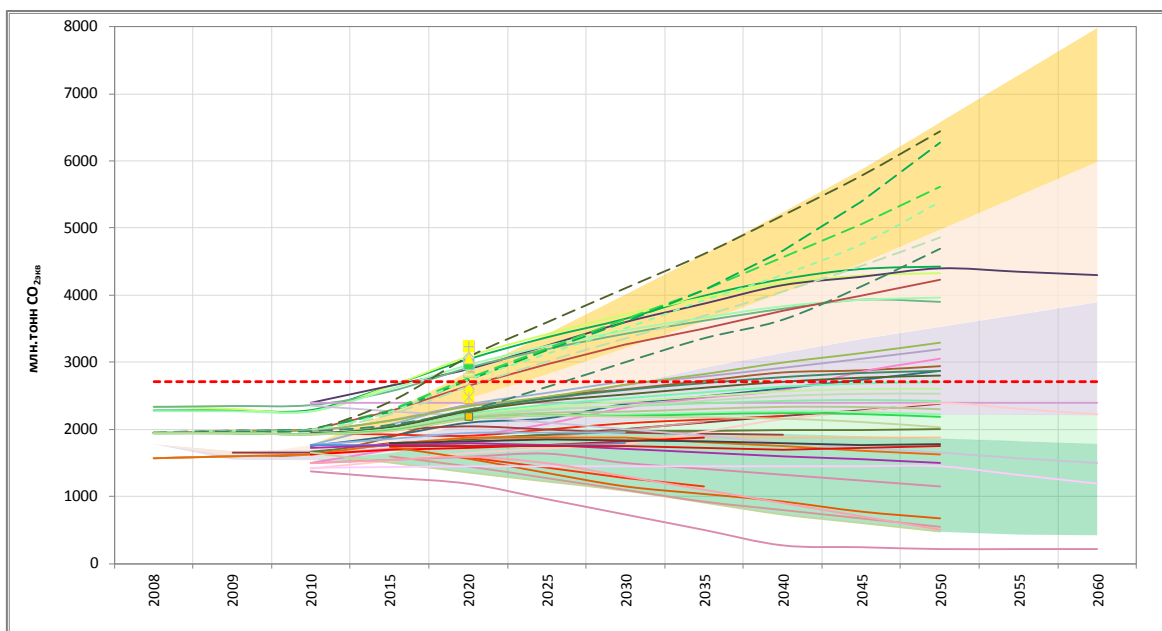


## Вопрос 4. Что можно сказать об изменении оценок динамики выбросов парниковых газов в России на долгосрочную перспективу?

**Нет одной дороги в будущее!** Несмотря на то, что сравнительно небольшая группа экспертов в России занимается прогнозированием динамики выбросов парниковых газов в секторе «энергетика», база данных по сценариям таких прогнозов уже достаточно населена сценариями, сформированными в разные годы как российскими, так и зарубежными группами экспертов. В работе ЦЭНЭФ<sup>10</sup> было рассмотрено 26 работ и 71 сценария. В этих работах различаются горизонты и аппарат прогнозирования, широта охвата источников и стоков парниковых газов.

Анализ сценариев, объединенных в 5 семейств (рис. 6), показал, что зона неопределенности разработанных в 2008-2012 гг. прогнозных траекторий выбросов ПГ от сектора «энергетика» была очень широка: диапазон прогнозных значений выбросов в 2050 г. составлял от 220 млн т  $\text{CO}_2\text{-экв}$  до 6500 млн т  $\text{CO}_2\text{-экв}$ . Кризис 2008-2009 гг. и последующая переоценка возможных темпов развития российской экономики поставили крест на семействе сценариев «Дорога Сизифа» (траектории с уровнями роста выбросов превышающих 5000 млн т  $\text{CO}_2\text{-экв}$  в 2050 г.

**Рисунок 6. Диапазон прогнозов различными группами динамики выбросов ПГ в секторе «энергетика» России до 2060 г.**



Источник: ЦЭНЭФ, 2013. Факторы, определяющие выбросы парниковых газов в секторе «энергетика» России: 1990-2050. Часть 2: прогнозы на 2010-2060 годы. Отчет ЦЭНЭФ.

<sup>10</sup> Факторы, определяющие выбросы парниковых газов в секторе «энергетика» России: 1990-2050. Часть 2: прогнозы на 2010-2060 годы. ЦЭНЭФ. 2013.

Прогнозы семейства сценариев «Зона базовой линии» опирались на гипотезу о том, что динамика таких параметров, как энергоемкость ВВП и углеродоемкость энергии будут изменяться в будущем теми же темпами, что и в прошлом, при отсутствии каких-либо успешных мер политики по их ускорению. В семействе сценариев «Углеродное плато» получалось, что с большой вероятностью уровень выбросов ПГ от сектора «энергетика» 1990 г. не будет превышен вплоть до 2060 г. за счет успешной реализации мер политики по модернизации российской экономики. Семейство сценариев «Низкоуглеродная Россия» предполагало реализацию специальных мер политики по ограничению выбросов: введение налогов на выбросы ПГ или системы торговли квотами, технологий утилизации шахтного метана и улавливания и захоронения углерода, ускоренной трансформации топливного баланса электроэнергетики и автомобильного транспорта в связи с введением жестких квот на выбросы и др. При этом размеры платы или жесткость квотирования выбросов в этой группе сценариев умеренная. Наконец, семейство сценариев «Низкоуглеродная Россия – агрессивная политика» предполагало, что Россия берет на себя жесткие обязательства по глубокому снижению выбросов.

---

## **Вопрос 5. Можно ли получить более надежные оценки перспектив динамики выбросов парниковых газов в России?**

---

В сентябре 2013 г. был принят Указ Президента РФ №752 «О сокращении выбросов парниковых газов», предусматривающих удержание на уровне не выше 75% от значения 1990 г. На основе прогнозов, основная часть из которых была сделана в 2008-2012 гг. при существенно отличных допущениях о возможных параметрах развития экономики, сложно понять может ли наша страна гарантированно выполнить требования этого Указа. Сложно также ответить и на другие вопросы. Какой может быть «цена» такого сокращения? Какие обязательства может взять на себя Россия до 2030 г. и до 2050 г.? Может ли она сократить эмиссию на 50% и более? Ответы на эти и подобные вопросы не очевидны, но их надо знать, особенно накануне очередного раунда переговоров по новому глобальному соглашению, которое должно (может) быть подписано в Париже в 2015 г. Именно поэтому и был реализован данный проект, который позволил объединить усилия нескольких исследовательских групп для актуализации их прогнозов, чтобы дать ответы на такие вопросы.

Целью данного проекта является определение затрат и выгод, связанных со стратегиями низкоуглеродного развития в России до середины XXI века и далее, и исследование вопроса о том, является ли низкоуглеродное развитие экономики тормозом или источником экономического роста в России. Проект выполнялся силами нескольких российских и зарубежных прогнозных групп, что позволило получить взвешенные и сбалансированные ответы на вопросы о наличии связи между экономическим развитием России и переходом на низкоуглеродные траектории развития. В состав прогнозных групп вошли: Центр по эффективному использованию энергии; Институт народнохозяйственного прогнозирования Российской академии наук; Институт энергетических исследований Российской академии наук; Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации; Институт экономической политики им. Е.Т. Гайдара; Центр экономических и финансовых исследований и разработок; Российская экономическая школа; Массачусетский технологический институт (The MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change), а также используются прогнозные оценки Международного энергетического агентства.

Для выявления серьезных проблем, с которыми страна может столкнуться в будущем, и принятия упреждающих решений, позволяющих если не полностью решить, то хотя бы заметно снизить их остроту, нужны долгосрочные прогнозы. Необходимость смены модели экономического развития; комплекс проблем, определяемых сложной демографической ситуацией; инерционность экономических систем, определяющая необходимость как заблаговременного принятия важных решений, так и оценивания их долгосрочных последствий, – все это приводит к тому, что появляется все больше прогнозов развития как экономики России в целом, так и ее существенных подсистем уже не только до 2030-2040 гг., но и до 2050 г. и далее.

Для проведения прогнозных расчетов аналитические группы используют комплексные модели экономико-энерго-экологических систем разных уровней сложности. Они различаются подходом к долгосрочному моделированию (оптимизационные и имитационные модели), степенью детализации процессов производства и потребления энергоресурсов, в которых имеют место выбросы ПГ, степенью охвата самих ПГ, гибкостью отражения набора мер политики по контролю за выбросами ПГ.

### **Вставка 6. Модели экономико-энерго-экологических систем**

Экономико-математические модели – это математические модели экономических процессов, которые отражают их наиболее существенные свойства с помощью систем уравнений и неравенств. В случае экономико-энерго-экологических систем эти модели описывают сложные процессы развития ресурсной базы добычи топлива и производства энергии; сами процессы добычи и производства энергоресурсов в зависимости от экономических условий и экологических ограничений; процессы преобразования одних видов энергоресурсов в другие; формирование спроса на энергетические ресурсы в разных секторах экономики; параметры негативного влияния на окружающую среду хозяйственной деятельности по добыче и использованию энергии, обращения с отходами производства энергии; изменение экономических характеристик по всей цепочке от разведки ресурсов топлива до конечного использования энергии. Эти модели могут представлять из себя сложные модельные комплексы с десятком тысяч уравнений. Их создание – дорогостоящее занятие. Но именно эти модели могут выполнять функции «машин времени» и переносить из разработчиков в будущее. «Конструкции» этих «машин времени» у разных исследовательских групп разные. Они определяются спектром решаемых задач и наличием необходимой информации для определения параметров уравнений моделей. На «входе» модели задаются значения управляющих переменных, которые отражают различные «видения» будущего (сценарии). На выходе получается набор показателей в динамике, отражающей изменение описываемых экономико-энерго-экологических систем.

Чтобы принимать обоснованные решения, желательно иметь возможность сравнивать результаты прогнозов и оценивать степень согласия и несогласия экспертного сообщества по поводу важнейших параметров устойчивого развития и политики ограничения выбросов ПГ. Для этого важно, чтобы хотя бы часть прогнозных расчетов проводилась на основе согласованных допущений и имела возможность оценить меру согласия или несогласия экспертов, определяемую как различиями в концепциях и инструментарии анализа, так и условиями расчетов. Сопоставимость прогнозов зависит от условий расчета, свойств моделей, от решаемых задач и др.

Определение сценариев динамики выбросов ПГ на перспективу до 2050 г. и далее опирается на социально-экономические «видения будущего», которое в силу его неопределенности не может быть однозначным. Эти «видения» описываются сценариями, состоящими из качественных характеристик развития (определения концепций и драйверов будущего развития и набора количественных оценок входных переменных, а также других параметров моделей. Каждая из зон неопределенности динамики важнейших сценарных переменных разделена на три сегмента: менее вероятная верхняя зона (В); более вероятная зона (С) и менее вероятная нижняя зона (Н). При формировании сценариев были выбраны различные сочетания этих зон (табл.4). Для структуризации пространства возможностей социально-

экономического развития можно ограничиться четырьмя «видениями» будущего, которые, с одной стороны, охватывают это пространство практически целиком с минимальными наложениями, а с другой, существенно ограничивают набор рассматриваемых семейств сценариев. В табл. 4 каждому «видению» будущего поставлена в соответствие зона неопределенности изменения важнейших сценарных переменных.

**Всего прогнозными группами были реализованы 30 сценариев, охватывающих практически все пространство «видений» будущего.** Степень заполненности ячеек матрицы сценариев существенно различается (рис.7). Тем не менее, каждое семейство населено хотя бы одним сценарием. Наиболее широко представлены сценарии с умеренными темпами экономического роста и действующими или новыми мерами по контролю за выбросами. ЦЭНЭФ рассмотрел 11 сценариев; ИНП РАН - 8 сценариев; ИНЭИ РАН – 2 сценария, использованных при разработке концепции Энергетической стратегии РФ до 2050 года; АНХ и Институт экономической политики им. Е.Т. Гайдара - 5 сценариев; МТИ - 2 сценария; в публикации МЭА «Перспективы энергетических технологий 2012» рассмотрено 3 сценария (потепления на 2°C, 4°C и 6°C).

**Таблица 4. Матрица семейств сценариев\***

Основные экзогенные показатели для сценариев	Видения (концепции) будущего			
	Динамический рост	Умеренный экстенсивный рост	Умеренный интенсивный рост	Медленный рост
Население	В	С	С	Н
ВВП**	В	С	С	Н
Рост производительности факторов производства за счет технологического прогресса	Высокий (3-4% в год)	Умеренный (на 1-2% в год)	Выше умеренного (на 2-3% в год)	Низкий (на 0,5-1% в год)
Добыча нефти	В	С	С	Н
Добыча природного газа	В	С	С	Н
Цены на нефть	В	С	С	Н
Меры по контролю над выбросами	действующие меры	действующие меры	действующие меры	действующие меры
	новые меры	новые меры	новые меры	новые меры
	решительные меры	решительные меры	решительные меры	

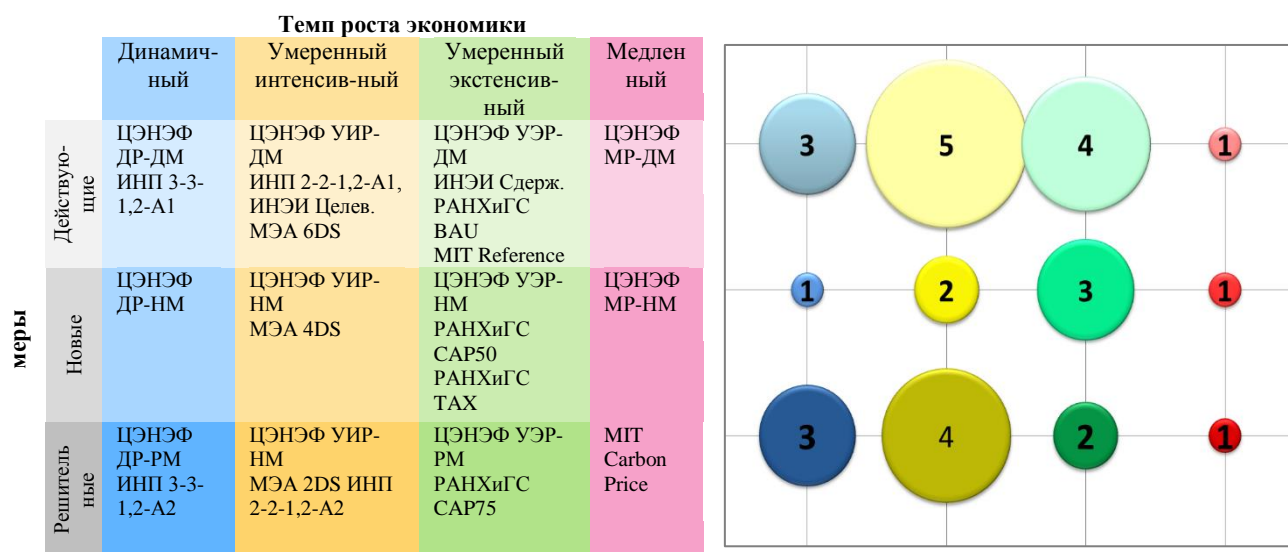
\*В – менее вероятная верхняя зона; С - более вероятная зона; Н - менее вероятная нижняя зона.

\*\*Если ВВП определяется в модели, то параметры его роста не задаются.

Источник: Башмаков И.А. Формирование согласованных сценарных условий социально-экономического развития России по низкоуглеродным траекториям до середины XX века. Материалы 142 заседания открытого семинара «Экономические проблемы энергетического комплекса» 24.09.2013. ИНП РАН, М. 2013



**Рисунок 7. Распределение сценариев по семействам**



Источник: авторы.

### Вставка 7. Характеристики разных «видений» будущего

**«Динамичный рост».** Сценарии, предполагающие возможность устойчивого роста ВВП быстрее, чем на 4-5% в год, за счет «модернизации сверху» при динамичном обновлении основных фондов, повышении эффективности использования энергии и росте производительности труда, но при снижении капиталоотдачи, и поэтому требующие и допускающие возможность резкого повышения нормы накопления. Эти сценарии предполагают динамичную перестройку структуры экономики. Риски их реализации связаны с избыточными масштабами государственного сектора и административного регулирования экономики, что, как показал опыт всех стран с плановой экономикой, несовместимо с ростом эффективности экономики, а также сопряжено с быстрым ростом долговой нагрузки, что, как показал уже опыт стран с рыночной экономикой, не совместимо с устойчивым динамичным ростом экономики.

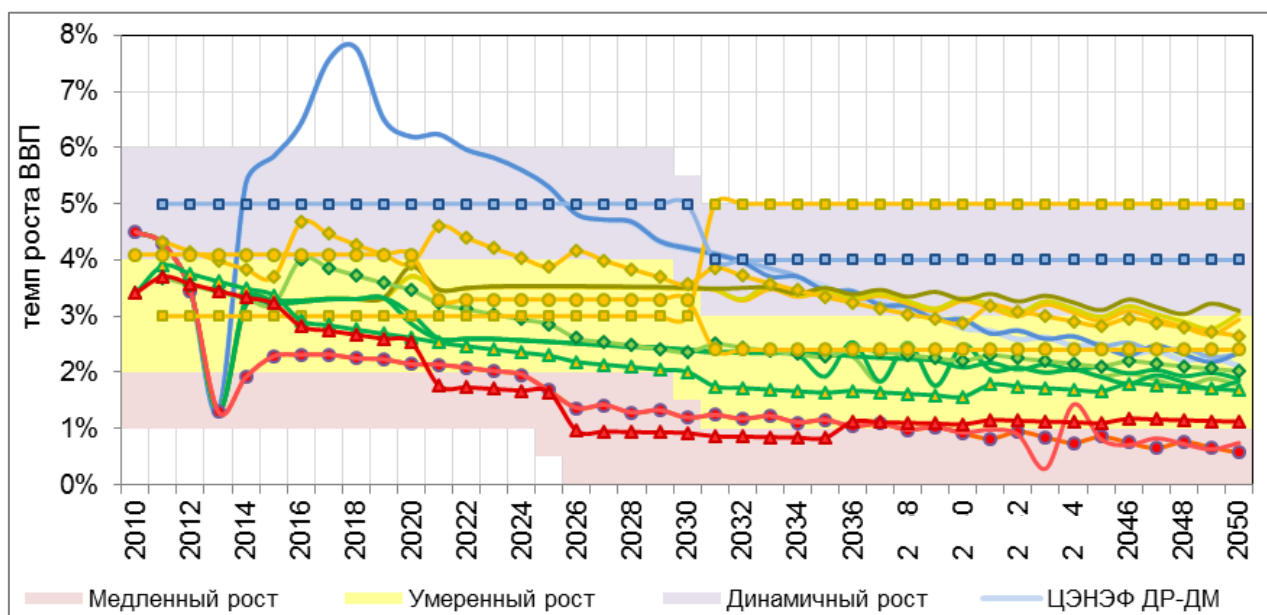
**«Умеренный экстенсивный рост».** Развитие по этой группе траекторий возможно при успешной «модернизации сверху» по инновационному сценарию за счет достаточно высоких доходов от нефтегазового сектора, но с учетом ограничений на возможности повышения нормы накопления. При благоприятном стечении внешних условий развития – благоприятной ситуации на рынках углеводородов и успехе в повышении продуктивности всех факторов производства – возможен устойчивый рост ВВП на 3-4% в год. Риски сохранения высокой роли административного регулирования на фоне пассивности бизнеса, а значит, и высокой роли государства в экономике сохраняются. Рост эффективности факторов производства (производительности труда, энергоэффективности) ниже, чем в следующем семействе сценариев, поскольку ниже давление конкуренции.

**«Умеренный интенсивный рост».** Сценарии, предполагающие модернизацию, позволяющую радикально улучшить качество государства и на этой основе обеспечить динамическую инвестиционную активность и повышение эффективности использования факторов производства на основе снижения степени монополизации и государственного вмешательства в экономику. В этих сценариях рост ВВП на 3-4% в год возможен даже при менее благоприятной ситуации на рынках углеводородов за счет роста эффективности экономики, снижения коррупционной нагрузки, развития частной инициативы, среднего и мелкого бизнеса, а значит, и переориентации капитальных вложений в менее капиталоемкие сферы. Это семейство сценариев отличается от предыдущего не столько темпами роста, сколько его качеством.

**«Медленный рост».** Сохранение нынешней модели политического, социального и экономического развития при исчерпании источников роста и при неспособности осуществить переход к новой модели развития, адаптация экономической и социальной политики к сокращению размеров нефтяной ренты при отсутствии механизмов перелива капиталов из сырьевого сектора в другие секторы. На рубеже 40-х годов развитие по такой модели может привести к формированию экономики «шагреновой кожи» – устойчивому снижению ВВП при неспособности роста эффективности экономики компенсировать снижение занятости и повышение ее капиталоемкости.

Большая часть прогнозов сходится на том, что во времени темпы прироста ВВП будут умеренными и будут снижаться. Сценарии существенно расходятся в отношении оценок перспектив экономического роста в России (рис. 8), что в значительной степени определяется различными «видениями» будущего. Зона неопределенности динамики ВВП разделена на три сегмента: «медленный рост» (менее вероятная нижняя зона) – рост до 2% в 2013-2030 гг., до 1% в 2031-2050 гг. с возможным прекращением роста после 2050 г.; «умеренный рост» (более вероятная зона) – рост на 2-4% в 2013-2030 гг., на 1-3% в 2031-2050 гг.; «динамичный рост» (менее вероятная верхняя зона) – рост на 4% и более в 2013-2030 гг.; на 3% и более в 2031-2050 гг. В основной части комплексных моделей динамика ВВП задается. Только в нескольких моделях она корректируется с учетом влияния параметров политики по контролю над выбросами. Ясно, что разные уровни и структура потребления первичной энергии меняют условия экономического развития.

**Рисунок 8. Прогнозы темпов роста ВВП России на период до 2060 г.**



Источник: ЦЭНЭФ на базе данных, полученных от участников проекта

**Перечень мер политики по контролю за выбросами ПГ и их возможных сочетаний довольно широк**, что создает широкое информационное поле для обоснования возможности достижения целевых ориентиров политики контроля выбросов парниковых газов, но одновременно не позволяет сформировать компактную классификацию этих мер. Поэтому классифицировать набор мер политики по уровню контроля над выбросами ПГ предлагается на основе отнесения мер политики к трем множествам:

- **«действующие меры»** – меры, принятые нормативными документами и уже запущенные по состоянию на лето 2013 г., с коррекцией на возможность достижения сформулированных в них целевых установок. Эти меры уже частично содержат пункты утвержденного Правительством РФ в 25.04.2011 «Комплексного плана реализации Климатической доктрины Российской Федерации на период до 2020 года»;

- **«новые меры»** – меры, реализация которых позволит поддерживать уровни выбросов как минимум на 25% ниже уровня 1990 г.<sup>11</sup>), включая меры, предусмотренные «Комплексным планом», но еще не запущенные. Их запуск возможен до 2020 г. Они включают: разработку и внедрение экономических инструментов ограничения выбросов парниковых газов; реализацию дополнительных мер политики по повышению энергоэффективности, особенно в промышленности; реализацию мер по увеличению использования возобновляемых источников энергии, атомной энергии и когенерации; повышение топливной экономичности транспортных средств, стимулирование строительства «пассивных» зданий.
- **«решительные меры»** – меры, нацеленные на глубокое сокращение выбросов ПГ по сравнению с базовой траекторией и удержание их как минимум на 50% ниже уровня 1990 г.), включая электрификацию автомобильного транспорта и существенный рост доли гибридных автомобилей; переход к строительству преимущественно «пассивных» зданий; реализацию проектов по сооружению объектов в области электроэнергетики и промышленности для улавливания и захоронения углерода; существенное повышение налога на CO<sub>2</sub>, или ужесточение квот, ведущее к росту стоимости CO<sub>2</sub> на рынке торговли квотами.

Эти наборы мер политики могут быть применимы к каждому из диапазонов динамики темпов роста ВВП.

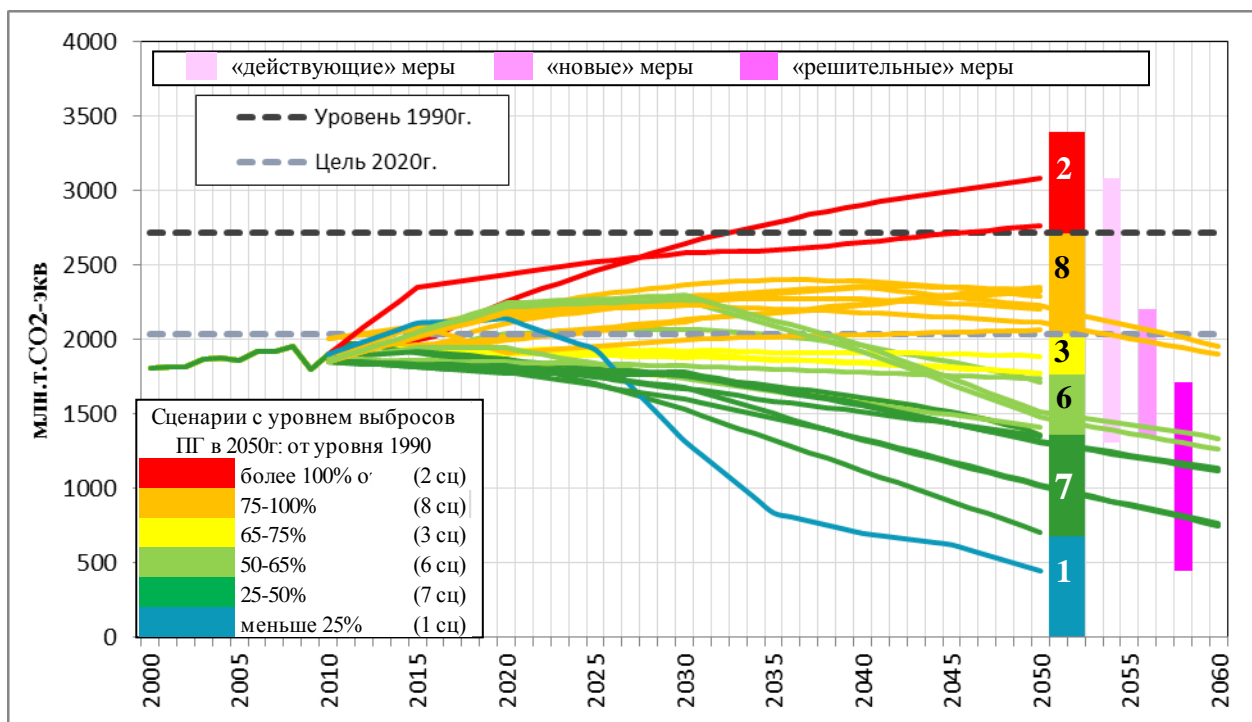
## **Вопрос 6. Есть ли «естественный» абсолютный верхний предел роста выбросов ПГ при отсутствии специальных мер климатической политики. Есть ли этот предел? Если есть, то каков он? Почему его нельзя превзойти?**

Не ограничение на выбросы ПГ стало тормозом экономического роста, а, напротив, его торможение по совершенно другим причинам и пересмотр перспектив развития экономики стал фактором кратного снижения верхних оценок будущих уровней выбросов ПГ (высокий уровень согласия).<sup>12</sup> Максимальные значения выбросов в 2050 г. во всех 30 сценариях не превышают 3100 млн т CO<sub>2-ЭКВ</sub>, тогда как в прогнозных расчетах, сделанных еще до кризиса, они перешагивали рубеж 6000 млн т CO<sub>2-ЭКВ</sub>. Зона базовой линии выбросов ПГ существенно сдвинулась вниз. За 6 лет (2008-2014 гг.) послекризисный пересмотр возможностей развития экономики привел к ее смещению для 2050 г. на 1500-3200 млн т CO<sub>2-ЭКВ</sub>. (рис. 6 и рис. 9), что сопоставимо или существенно превышает выбросы ПГ от сектора «энергетика» РФ в 2011 г. (1920 млн т CO<sub>2-ЭКВ</sub>).

<sup>11</sup> Что соответствует целевой установке указа Президента РФ № 752 от 30.09.2013 «О сокращении выбросов парниковых газов».

<sup>12</sup> Здесь и ниже при каждом основном выводе указана мера согласия с ним отдельных исследовательских групп, принявших участие в проекте.

**Рисунок 9. Распределение траекторий выбросов ПГ в отдельных сценариях по сравнению с уровнем эмиссии в 2050 г.**



Цифрами в разноцветных столбцах показано число сценариев, попавших в данный диапазон. Здесь и ниже интенсивность сиреневого цвета показывает интенсивность мер политики по контролю за выбросами. Ширина столбца отражает диапазон прогнозов для каждого набора мер политики.

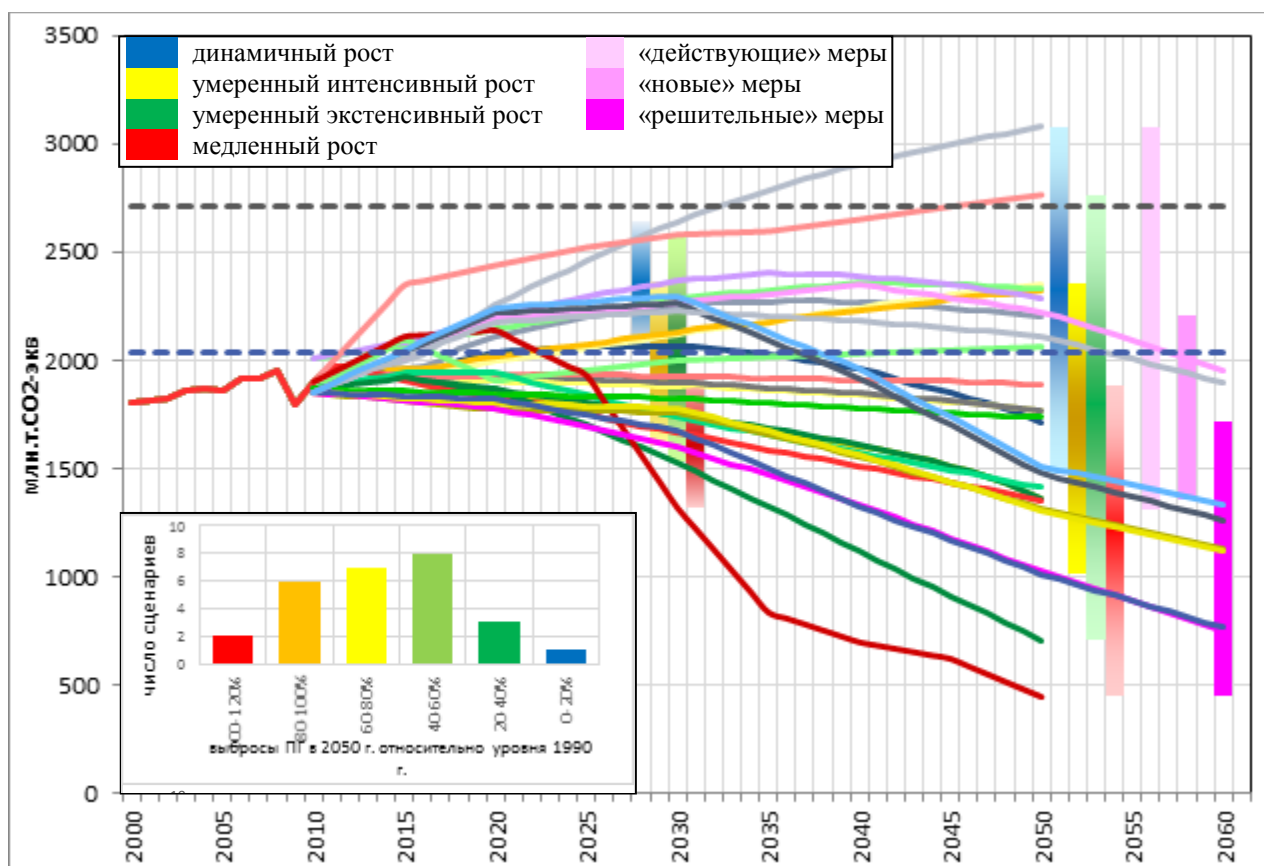
Источник: ЦЭНЭФ на базе данных, полученных от участников проекта (27 сценариев, кроме МЭА)

**С очень большой вероятностью выбросы трех ПГ сектором «энергетика» в России до 2060 г. выйдут на абсолютный верхний предел (пик), который, по меньшей мере, на 11% будет ниже объема выбросов 1990 г.** (высокий уровень согласия). Только в двух из 30 сценариев при очень маловероятном сочетании исходных условий расчетов выбросы ПГ «пробивают» потолок 1990 г. и продолжают расти. Развитие по сценариям с «действующими» мерами политики формирует зону «базовой» линии, которая до 2050 г. не достигает значения 1990 г. (рис. 10). После выхода на пик во многих сценариях уже к 2050 г. выбросы ПГ начинают сокращаться. Уровень выбросов 1990 г. не может быть превышен по следующим причинам: (а) малой вероятности сочетания высоких темпов роста экономики и низких темпов инноваций и (б) малой вероятности быстрого роста потребления органического топлива при высоких темпах внедрения инноваций и (в) постепенного замедления экономического роста. С большой вероятностью пик выбросов будет достигнут в 30-40-х годах.

**Чем более широкий набор мер политики по контролю за выбросами ПГ будет использоваться, тем ниже окажется абсолютный верхний предел (пик) выбросов трех ПГ сектором «энергетика» в России** (высокий уровень согласия). Набор мер политики, структурные и технологические параметры развития экономики более значимы при определении траекторий выбросов ПГ, чем собственно темпы роста ВВП. Заметное снижение медианного значения динамики выбросов имеет место только при переходе от группы сценариев с маловероятным для реализации динамичным ростом экономики к сценариям с умеренным интенсивным ростом (примерно на 500 млн т  $\text{CO}_2\text{-экв}$ , рис. 10), а при переходе от этой группы к сценариям с умеренным экстенсивным ростом или к сценариям с медленным ростом диапазон выбросов уже в значительно большей мере зависит от набора мер политики, чем от самих темпов экономического роста. Для сценариев с «решительными» мерами выбросы остаются на 35% ниже уровня 1990 г.



**Рисунок 10. Прогнозы выбросов ПГ по отдельным сценариям**



Примечания. Прогноз МТИ (MIT) нормирован на значение выбросов в 2010 году. Значения для сценариев ИНП РАН рассчитаны предоставленным энергобалансам за 2010-2060 гг. с использованием утвержденных методикой МГЭИК коэффициентов выбросов ПГ. Ширина столбца отражает диапазон прогнозов для каждого набора темпов экономического роста или разного набора мер политики.

Источник: ЦЭНЭФ на базе данных, полученных от участников проекта.

**Формулировка обязательств по контролю за выбросами ПГ для России звучит иначе, чем для многих других стран: не «*снижать выбросы ПГ на xx%*», а «*удерживать выбросы ПГ на уровне на xx% ниже значения 1990 г.*».** При этом выбросы в нашей стране могут даже несколько возрасти. Иными словами, если большинство стран идет к цели «сверху вниз», то Россия может двигаться к ней «снизу вверх». Но это справедливо лишь до тех пор, пока фактические выбросы ПГ не превысят целевого уровня. Как только такое превышение произойдет, или целевая установка выбросов будет существенно понижена, то как и в других странах, встанет задача абсолютного снижения выбросов ПГ.

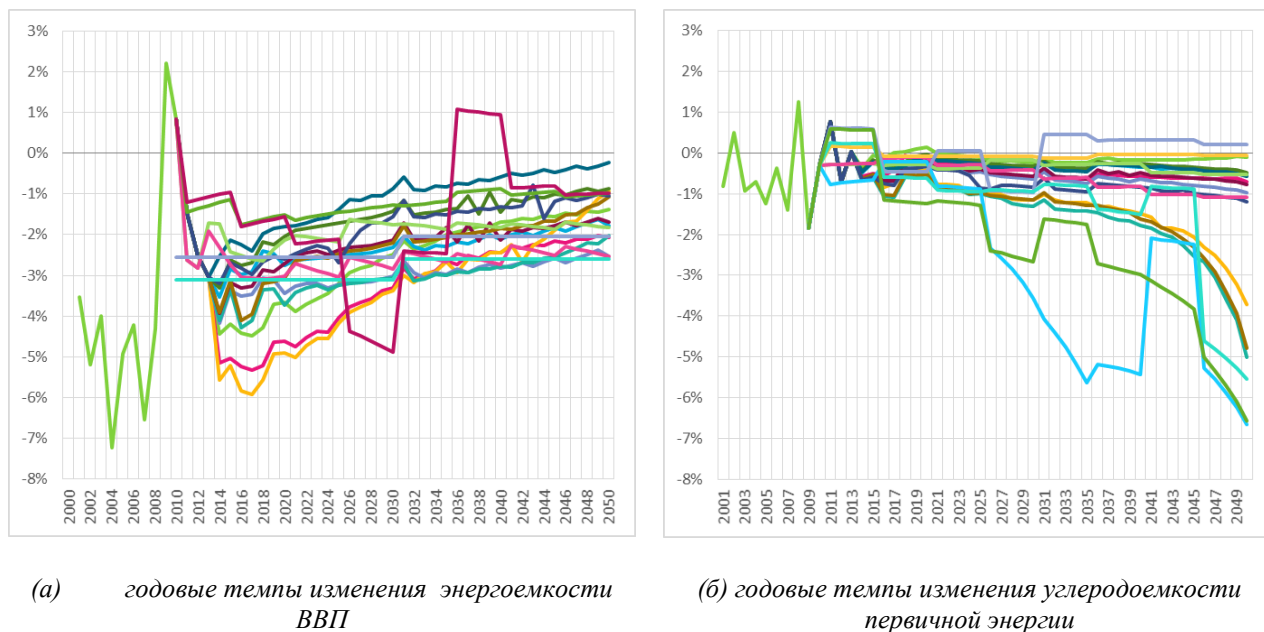
**Не во всех сценариях при использовании только «действующих» мер политики возможно выполнение требований целевой установки Указа №752 по удержанию выбросов к 2020 г. на 25% ниже уровня 1990 г. (высокий уровень согласия).** Для обеспечения этих требований нужно как повысить эффективность реализации «действующих» мер политики, так и запустить ряд «новых». В 2050 г. в сценариях с «новыми» мерами политики выбросы ПГ с большой вероятностью не превышают 65% от объема 1990 г. В сценариях с «решительными» мерами политики выбросы ПГ к 2050 г. могут снизиться до 50% от объема 1990 г.<sup>13</sup>

<sup>13</sup> По имеющимся прогнозам даже Китай выходит на пик выбросов (Namazu, M., S. Fugimori, K. Jiang and Y. Matsuoka (2013). *Feasibility of low carbon development in China*. Global Environmental Research. V.17, No. 1. 2013.)

## Вопрос 7. Что важнее: снижение энергоемкости или углеродоемкости?

По мере затухания темпов экономического роста замедляются темпы снижения энергоемкости (из-за снижения вклада структурного фактора и сокращения разрыва с технологической границей), и для снижения выбросов ПГ все более значимым становится внедрение низкоуглеродных технологий (высокий уровень согласия). Темпы снижения энергоемкости ВВП определяются интенсивностью структурных сдвигов в экономике: чем быстрее рост, тем значительнее вклад структурных сдвигов. По мере замедления экономики разница в темпах роста энергоемких и малоэнергоемких видов деятельности сокращается, что ведет к снижению вклада фактора структурных сдвигов. Активная модернизация технологий и сокращение разрыва с параметрами энергоэффективности наилучших имеющихся в мире технологий замедляет дальнейший прогресс в повышении энергоэффективности. Эти два фактора определяют замедление во времени темпов снижения энергоемкости ВВП с 1,3-3,3% в 2030 г. до 1-2,5% к 2050 гг. (рис. 11) Для того чтобы обеспечить снижение выбросов ПГ, необходимо ускорение снижения углеродоемкости первичной энергии до 2030 г. в диапазонах, которые имели место в 2000-2012 гг., а затем существенно более динамично (рис. 11). Для сценариев с «действующими» мерами политики снижение углеродоемкости не превышает на всем временном горизонте 0,6% в год, а для сценариев с «новыми» мерами политики – 1,2% в год. Для сценариев с глубоким сокращением выбросов и «решительными» мерами снижение резко ускоряется к концу периода до 3-5% в год. Если до 2030-2040 гг. задача заметного ограничения выбросов решается в основном за счет повышения энергоэффективности, то затем в большей мере за счет развития низкоуглеродных источников энергии.

**Рисунок 11. Темпы изменения энергоемкости ВВП и темпы изменения углеродоемкости первичной энергии**

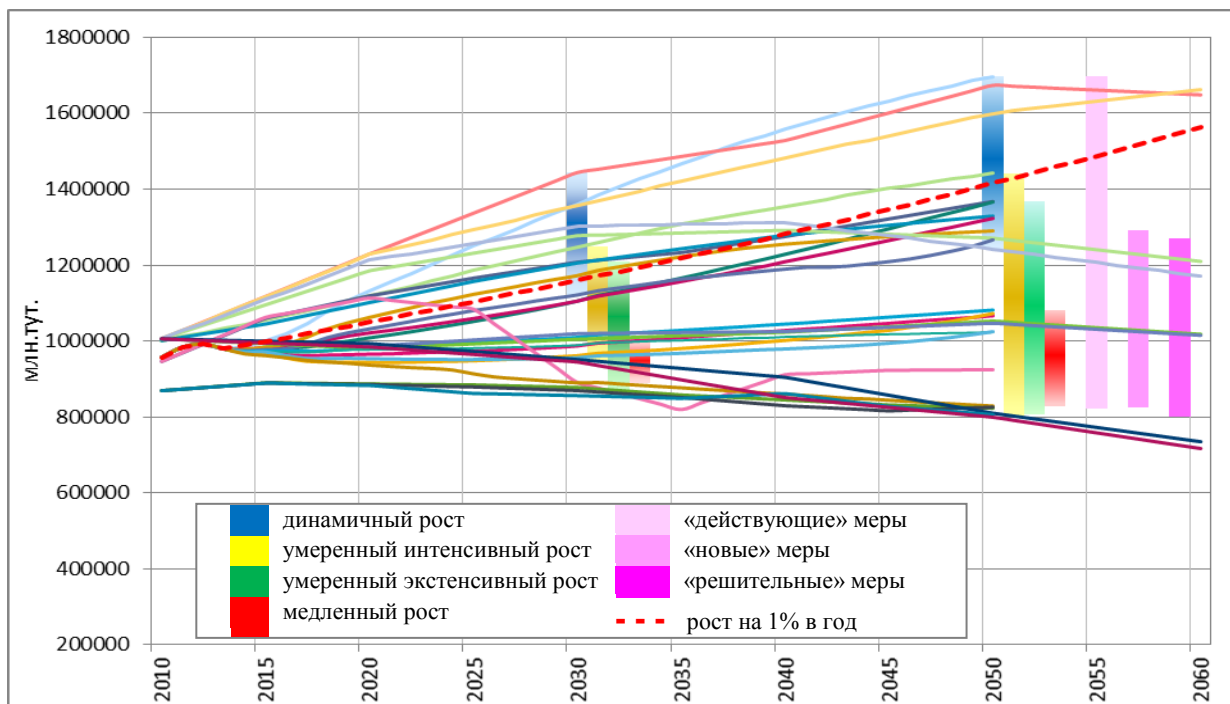


Источник: ЦЭНЭФ на базе данных, полученных от участников проекта

## Вопрос 8. Как будет расти производство и потребление энергии и топлива?

**Потребление первичной энергии будет расти медленно: до 2030 г. не более чем на 1,5% в год, а затем - медленнее чем на 1% в год (высокий уровень согласия).** В большей части сценариев, вероятность реализации которых достаточно велика, потребление первичной энергии растет в 2013-2050 гг. в среднем не более чем на 1% в год и не превышает в 2050 г. 1400 млн туг (рис. 12).

**Рисунок 12. Потребление первичной энергии по отдельным сценариям**



Примечания: При расчет объема потребления первичной энергии выработка электроэнергии на ГЭС и ВИЭ определена по методу физического содержания энергии (1 кВтч = 0,123/0,33кгуг). Ширина столбца отражает диапазон прогнозов для каждого набора темпов экономического роста или разного набора мер политики.

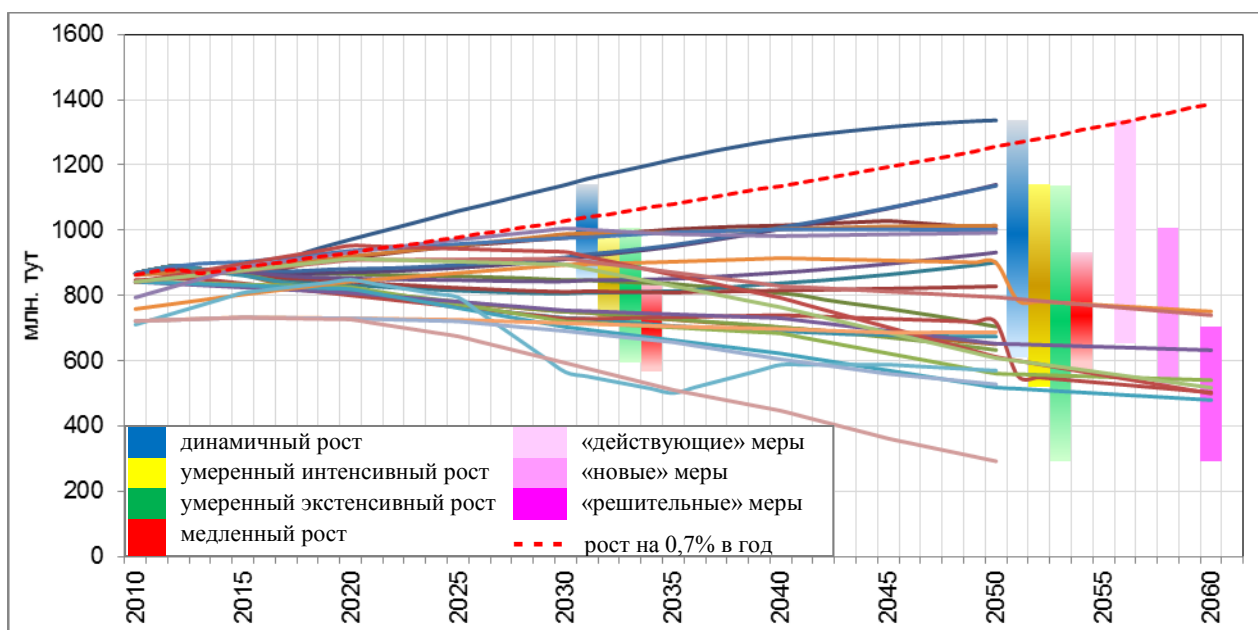
Источник: ЦЭНЭФ на базе данных, полученных от участников проекта

До 2030 г. рост может быть более динамичным, но потом вслед за снижением темпов роста экономики и расширением набора мер по контролю за выбросами снижаются и темпы роста потребления первичной энергии.

**Россия близка к тому, чтобы перейти на траекторию развития с практически постоянным потреблением первичной энергии, по которой уже около десятилетия развиваются страны ОЭСР и, как ожидается, будут развиваться и в будущем (средний уровень согласия).** Для сценариев с новыми и решительными мерами возможна практическая стабилизация или даже снижение потребления первичной энергии

**Ускорение развития низкоуглеродных источников энергии приведет к тому, что потребление органических топлив будет расти еще медленнее, чем потребление первичной энергии: с большой вероятностью среднегодовой рост не превысит 0,7% (высокий уровень согласия).** В большей части сценариев потребление органического топлива (угля, нефтепродуктов и природного газа) выходит на пик в 30-х-40-х годах и затем начинает сокращаться, что и является основой выхода на пик выбросов ПГ сектором «энергетика» (рис. 13). Чем более активно используются «новые» и «решительные» меры контроля за выбросами, тем ниже пик потребления органического топлива. При реализации «решительных» мер оно начинает абсолютно сокращаться.

**Рисунок 13. Потребление органического топлива по отдельным сценариям**



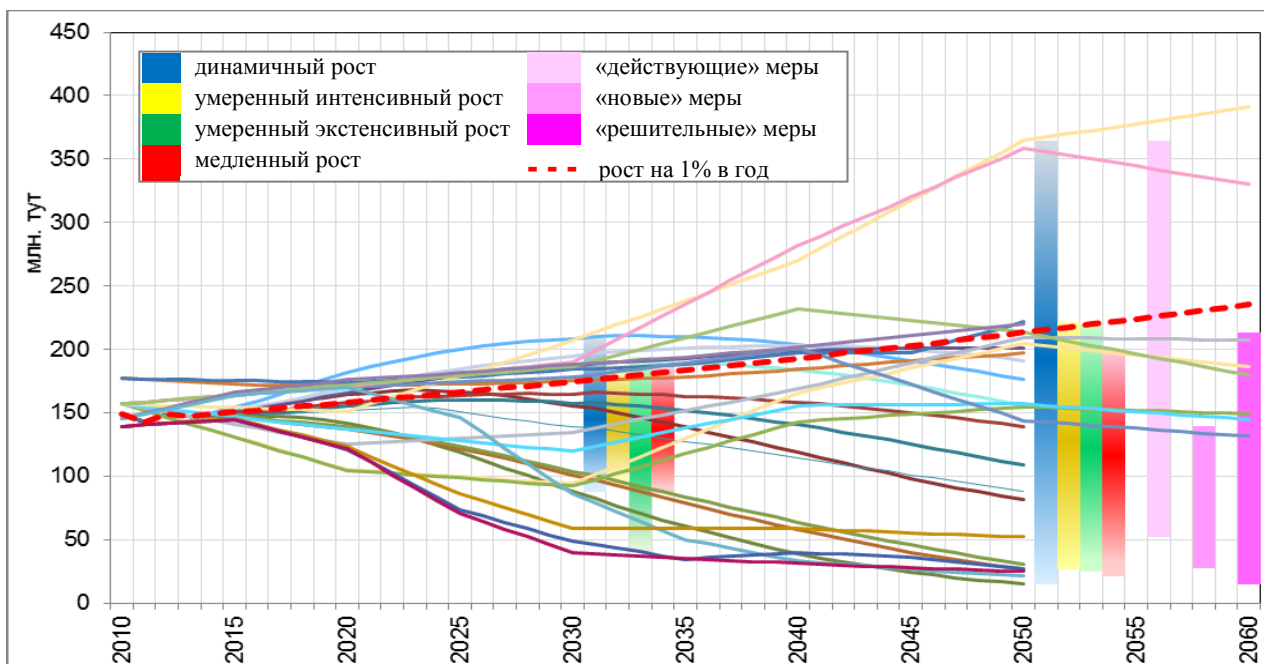
Примечания: Различия в исходном уровне потребления органического топлива определяются несовершенством исходной базы статистики по энергопотреблению России и разными начальными точками проведения расчетов (наличие или отсутствия коррекции на снижение потребления топлива в кризисном 2009 г.). Ширина столбца отражает диапазон прогнозов для каждого набора темпов экономического роста или разного набора мер политики.

Источник: ЦЭНЭФ на базе данных, полученных от участников проекта

**С большой вероятностью потребление угля достигнет пика до 2040 г. Маловероятно, что среднегодовые темпы роста внутреннего потребления угля превысят 1%** (высокий уровень согласия). В сценариях с активным использованием «новых» и «решительных» мер контроля за выбросами потребление угля может сократиться в 1,5-3 раза по сравнению с нынешним уровнем (рис.14). Наиболее значительное снижение потребления может произойти в 2020-2030 гг. после введения цены на углерод, что приводит к потере конкурентоспособности угольной генерации. Только существенное повышение цены углерода, позволяющее активно применять технологии захвата и захоронения углерода, может позволить после 2030 г. сохранить роль угля в топливном балансе промышленности и электроэнергетики.

**Большая часть прогнозов сходится на том, что Россия достигла или в ближайшие годы достигнет пика добычи нефти, которая затем начнет снижаться** (высокий уровень согласия). Динамика внутреннего потребления сырой нефти в значительной мере определяется масштабами ее переработки. До 2030 г. потребление сырой нефти в разных сценариях растет или стабилизируется, а затем вслед за снижением добычи стабилизируется или падает (рис. 15). Рост потребления нефтепродуктов преимущественно на автомобильном транспорте приводит к снижению потенциала их экспорта даже при значительном росте использования на транспорте природного газа.

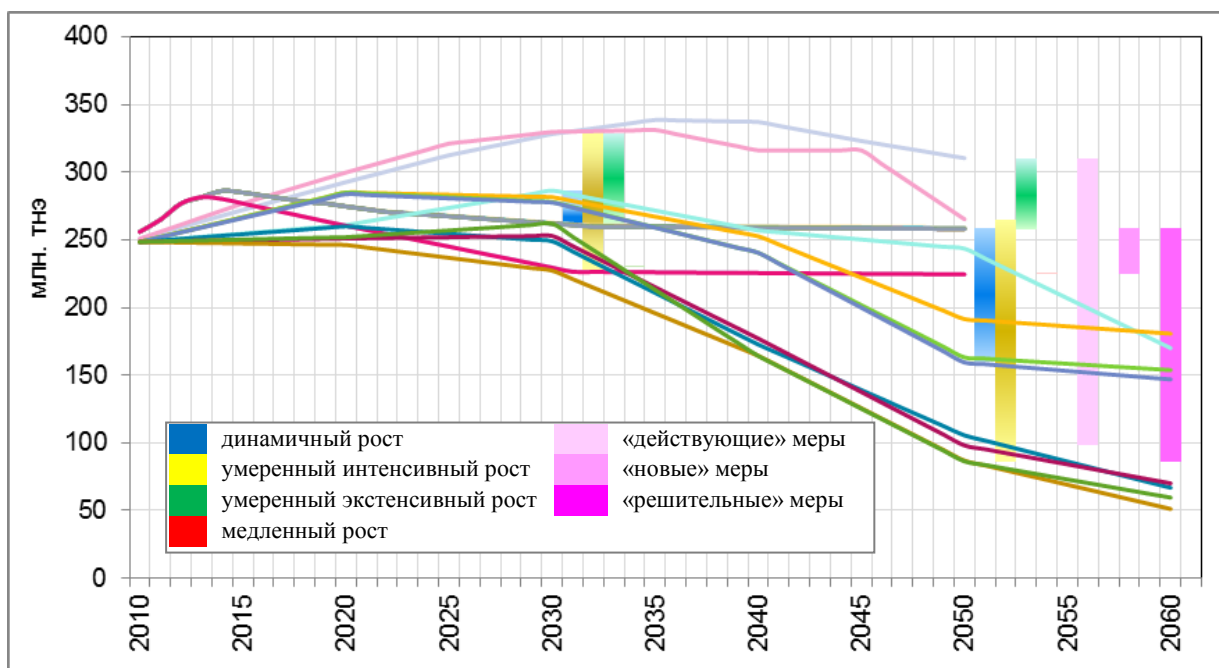
**Рисунок 14. Потребление угля по отдельным сценариям**



Ширина столбца отражает диапазон прогнозов для каждого набора темпов экономического роста или разного набора мер политики.

Источник: ЦЭНЭФ по данным, полученным от участников проекта

**Рисунок 15. Потребление сырой нефти по отдельным сценариям**



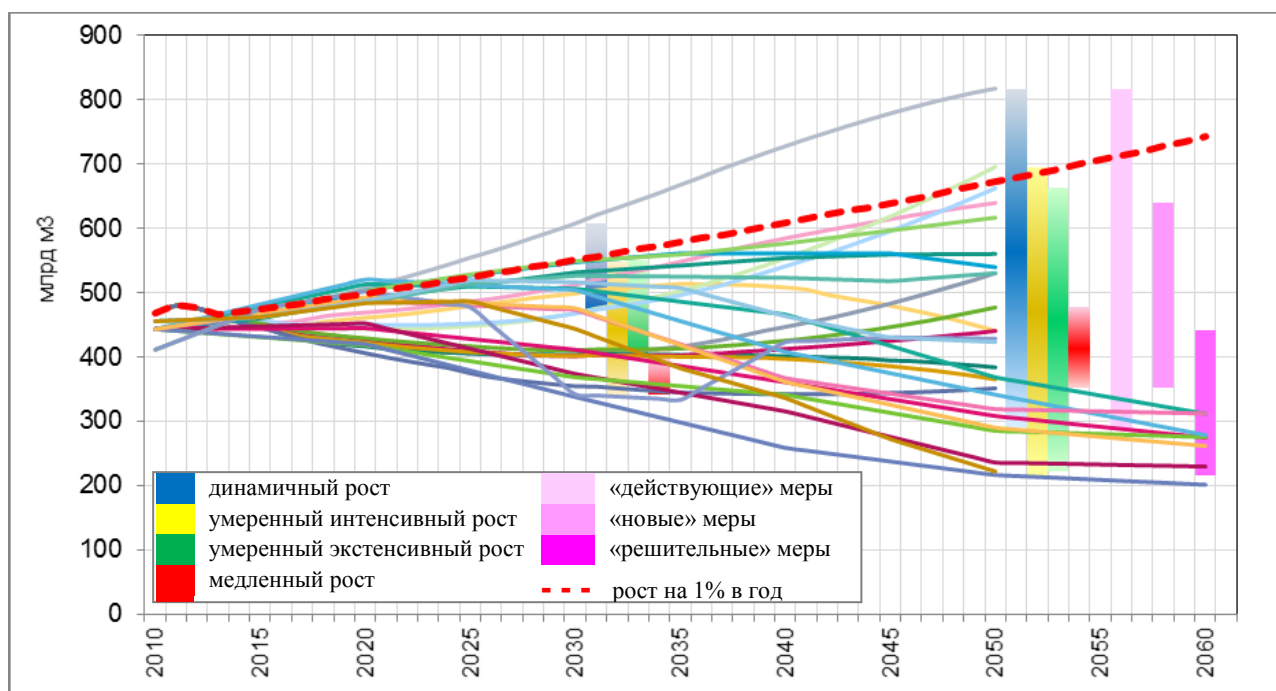
Ширина столбца отражает диапазон прогнозов для каждого набора темпов экономического роста или разного набора мер политики.

Источник: ЦЭНЭФ по данным, полученным от участников проекта

**С большой вероятностью среднегодовые темпы роста внутреннего потребления природного газа не превысят 1%** (высокий уровень согласия). В большом числе сценариев особенно с использованием «новых» и «решительных» мер контроля за выбросами потребление природного газа стабилизируется или даже снижается (рис. 16).



**Рисунок 16. Потребление природного газа по отдельным сценариям**



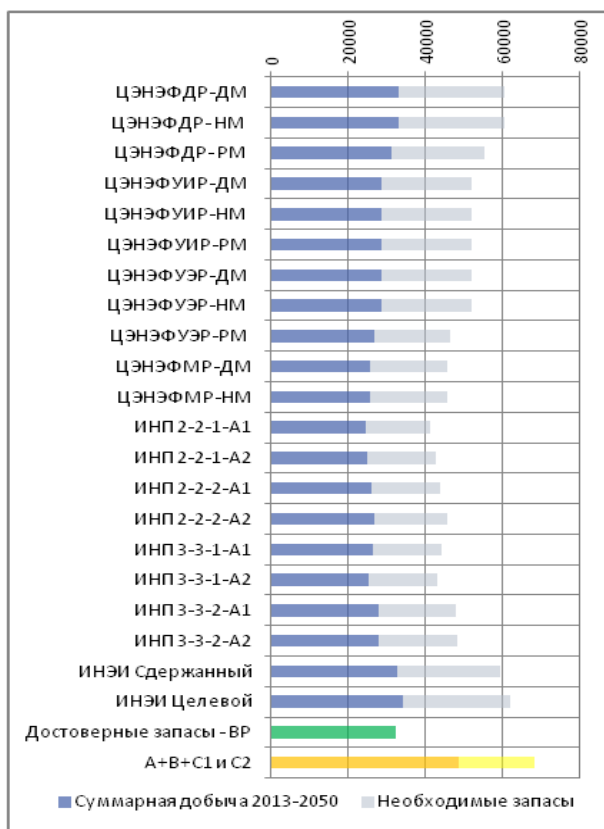
Ширина столбца отражает диапазон прогнозов для каждого набора темпов экономического роста или разного набора мер политики.

Источник: ЦЭНЭФ по данным, полученным от участников проекта

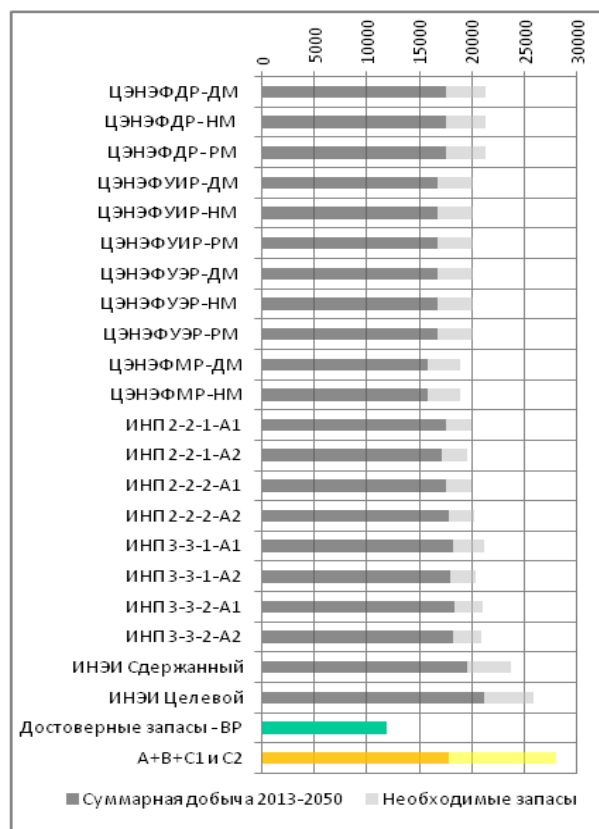
Самый большой разброс оценок потребления природного газа в группе сценариев «динамичный рост» – от 230 до 810 млрд м<sup>3</sup> в 2050 г. В сценариях «умеренного роста» диапазон оценок немногим уже. Доля природного газа в энергобалансе будет оставаться высокой. Она может снижаться по мере роста доли применения низкоуглеродных технологий при реализации «новых» и «решительных» мер до 40-50% в 2030 г. и до 30-45% в 2050 г. Важным фактором сравнительного медленного роста потребления природного газа при росте использования газопотребляющего оборудования - существенные возможности повышения эффективности использования энергии этими установками, особенно при производстве электроэнергии.

**Основная часть сценариев характеризуется адекватным обеспечением добычи природного газа его запасами, чего нельзя сказать о нефти. Это существенно снижает вероятность реализации сценариев с высокими темпами роста экономики (высокий уровень согласия).** Суммарная за 2014-2050 гг. добыча нефти в сценариях динамичного роста в высокими уровнями добычи нефти газа не обеспечена полностью даже достоверными запасами нефти (рис. 17). С учетом необходимости поддержания добычи на уровне 2050 г. в течение еще 10 лет уровни добычи нефти могут быть обеспечены запасами с вероятностью не более 50%. То есть уже сегодня необходимо разворачивать программы по замещению нефтепродуктов на транспорте. По многим сценариям суммарная добыча газа также не обеспечена полностью достоверными запасами. Однако, вероятность обеспечения добычи газа и его поддержания за пределами 2050 г. существенно выше – примерно 85%.

**Рисунок 17. Добыча, необходимые запасы и резервы природного газа и нефти**



а) природный газ, млрд. м³



б) нефть, млн. т

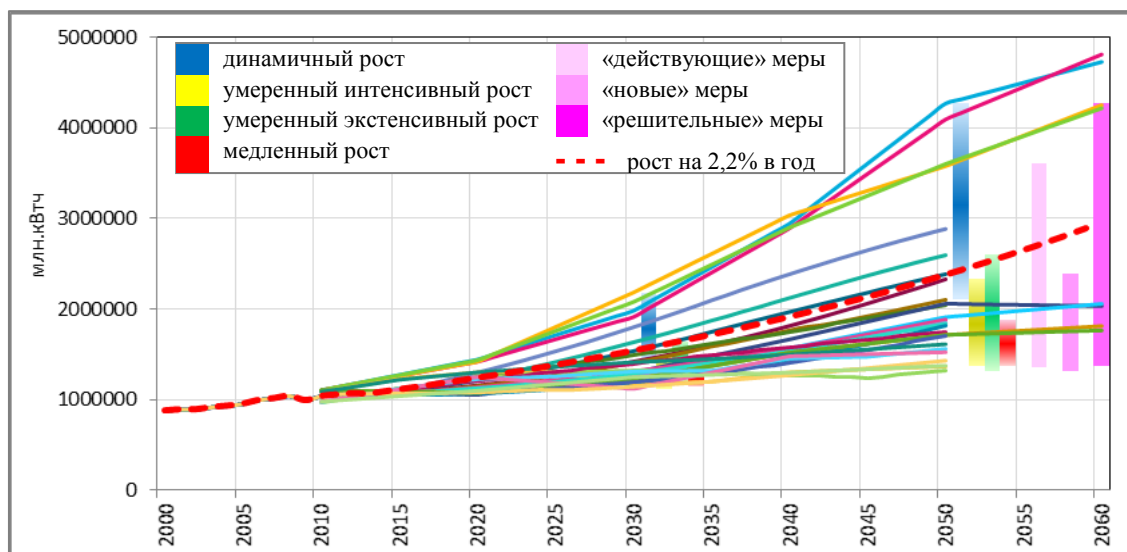
Необходимые запасы – объем запасов, обеспечивающий суммарную добычу до 2050 года и дальнейшее поддержание добычи на уровне 2050 года в течение 30 лет для природного газа и 10 лет для нефти. Зеленая вертикальная линия отсекает объем необходимых запасов, не обеспеченный достоверными запасами по оценке BP.

Источник: ЦЭНЭФ на базе данных, полученных от участников проекта

## Вопрос 9. Как будет расти потребление электроэнергии и применение низкоуглеродных технологий ее генерации?

Производство и потребление электроэнергии будут расти во всех сценариях до 2050 г., и расти быстрее потребления первичной энергии. С наибольшей вероятностью среднегодовые темпы роста потребления электроэнергии в 2013-2050 гг. составят 0,8-2,2%, а уровень выработки электроэнергии в 2050 г. может составить 1250-2400 млрд. кВт-ч. Доля расходов первичной энергии, идущих на генерацию электроэнергии, устойчиво растет во всех сценариях, равно как и доля электроэнергетики в структуре выбросов ПГ, связанных со сжиганием топлива (высокий уровень согласия). К 2020 г. производство электроэнергии может составить 1050-1250 млрд кВтч (рис. 18). За пределами 2020 г. по мере электрификации основных секторов экономики, удорожания топлива и развития «зеленых» и ядерных технологий генерации электроэнергии рост ее потребления может несколько ускориться. Для маловероятных к реализации сценариев динамичного экономического роста выработка электроэнергии в 2050 г. превышает 4000 млрд. кВтч. Для более вероятных сценариев в 2050 г. она не превысит 2400 млрд кВтч. Нижняя граница прогнозов на 2050 г. составляет около 1250 млрд кВтч.

**Рисунок 18. Динамика выработки электроэнергии по отдельным сценариям**



Высота столбца отражает диапазон прогнозов для каждого набора темпов экономического роста или разного набора мер политики.

Источник: ЦЭНЭФ на базе данных, полученных от участников проекта

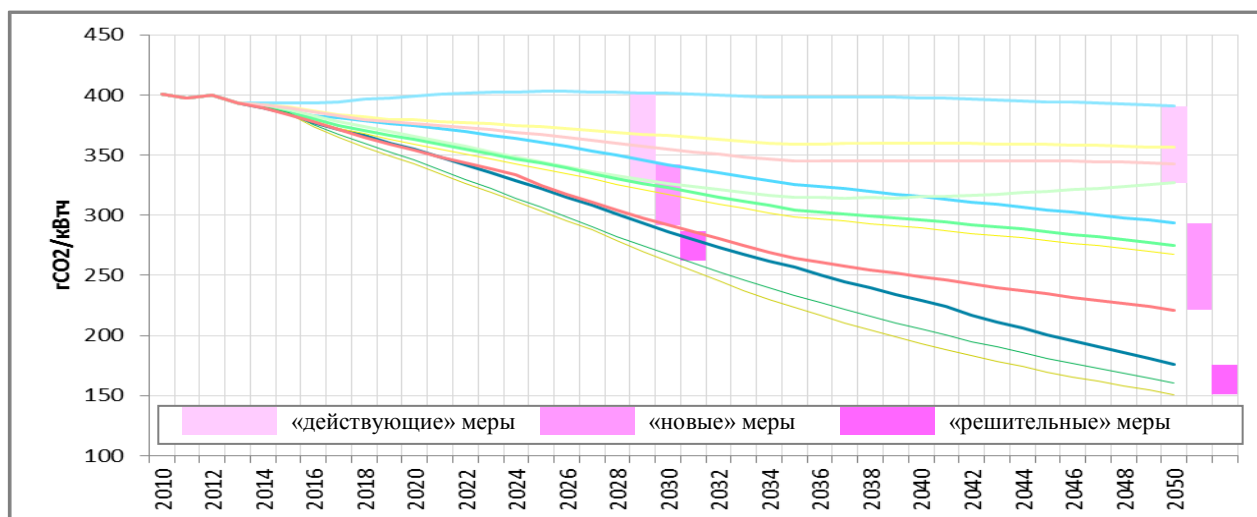
В связи с ростом доли расходов первичной энергии, идущих на генерацию электроэнергии, ключевым фактором политики по ограничению выбросов ПГ является снижение удельных выбросов ПГ на единицу вырабатываемой электроэнергии (высокий уровень согласия). Отчасти это возможно за счет повышения эффективности выработки электроэнергии на угольных и газовых электростанциях (с последующим развитием технологии улавливания и захоронения углерода), но в основном за счет развития низкоуглеродной генерации электроэнергии. При реализации только действующих мер политики удельные выбросы снизятся с 393 гСО<sub>2</sub>/кВтч в 2013 г. до 330-390 гСО<sub>2</sub>/кВтч в 2050 г. (рис. 19). В сценариях с «новыми» мерами удельные выбросы снижаются до 220-290 гСО<sub>2</sub>/кВтч в 2050 г., а в сценариях с «решительными» мерами – до

150-175 гСО<sub>2</sub>/кВтч в 2050. Такое снижение возможно только при условии значительного повышения доли низкоуглеродной генерации электроэнергии.

Доля электроэнергии, вырабатываемой на низкоуглеродных источниках – ГЭС, АЭС и ВИЭ – функция как динамики потребления электроэнергии, так и политики по увеличению экспорта электроэнергии и по развитию этих источников, включая меры по контролю за выбросами ПГ (высокий уровень согласия). В 2000-2013 гг. эта доля не выросла, оставаясь в диапазоне 33-35%. В большинстве сценариев наблюдается рост доли электроэнергии, произведенной на нетопливных источниках. Самый динамичный рост – в сценариях с «решительными» мерами и в сценариях подразумевающих значительное удешевление ВИЭ. В перспективе до 2050 г. динамика доли электроэнергии, вырабатываемой на низкоуглеродных источниках в прогнозах заметно различается.

**Определенность перспективной динамики выработки электроэнергии на ГЭС выше, чем для других видов низкоуглеродных источников электроэнергии. Среднегодовые темпы роста выработки на ГЭС могут составить 1% в сценариях с «действующими» мерами и вырасти до 1,5% в сценариях с «решительными» мерами** (высокий уровень согласия). Выработка электроэнергии на ГЭС может вырасти по различным сценариям до 186-235 млрд кВтч к 2030 г. и до 195-400 млрд кВтч к 2050 г. с более вероятным диапазоном значений 210-280 млрд кВтч (рис. 21).

**Рисунок 19. Динамика выбросов СО<sub>2</sub> от производства электроэнергии**

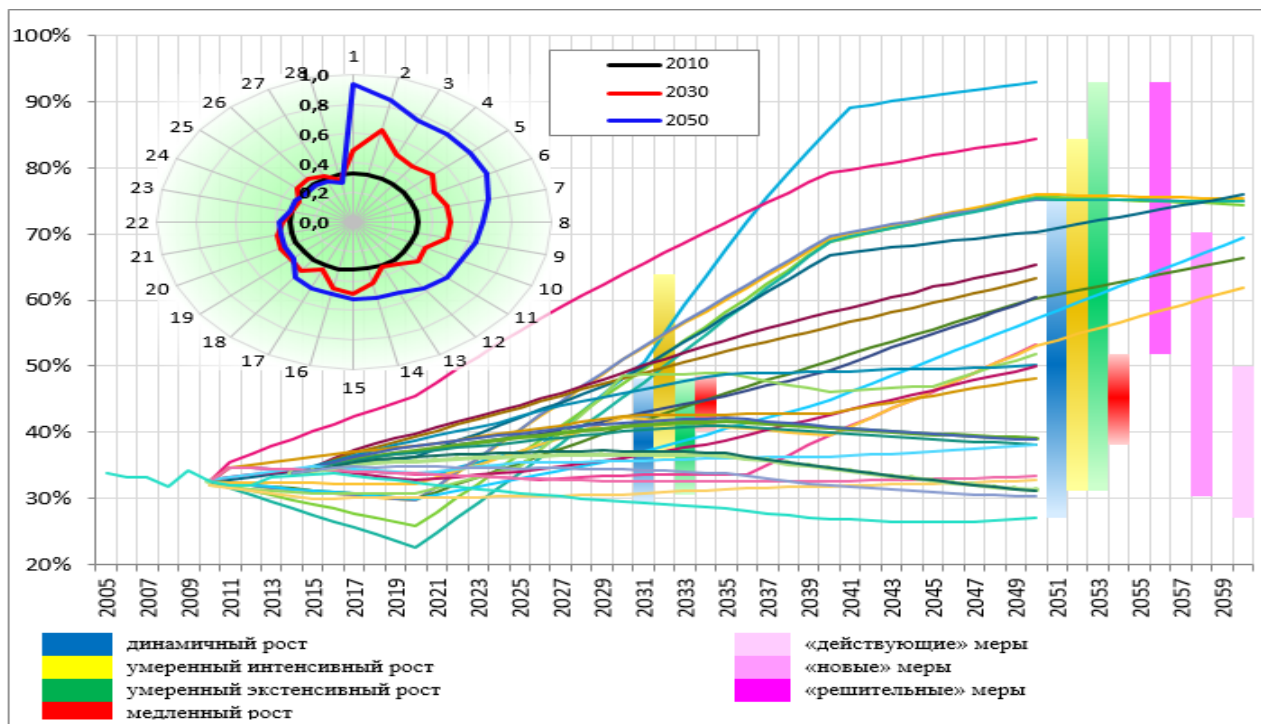


Высота столбца отражает диапазон прогнозов для разного набора мер политики.

Источник: ЦЭНЭФ на базе данных, полученных от участников проекта

К 2030 г. она наиболее вероятно может оказаться в диапазоне 30-45%. К 2050 г. в зависимости от динамики спроса на электроэнергию и успехов в развитии АЭС и «зеленой» генерации она в сценариях с «действующими» мерами политики может снизиться до 31% к 2050 г.; в сценариях с «новыми» мерами политики – оказаться в диапазоне 39-50%, а в сценариях с «решительными» мерами - вырасти до 60-65% (рис. 20).

**Рисунок 20. Динамика доли электроэнергии, произведенной на нетопливных источниках**



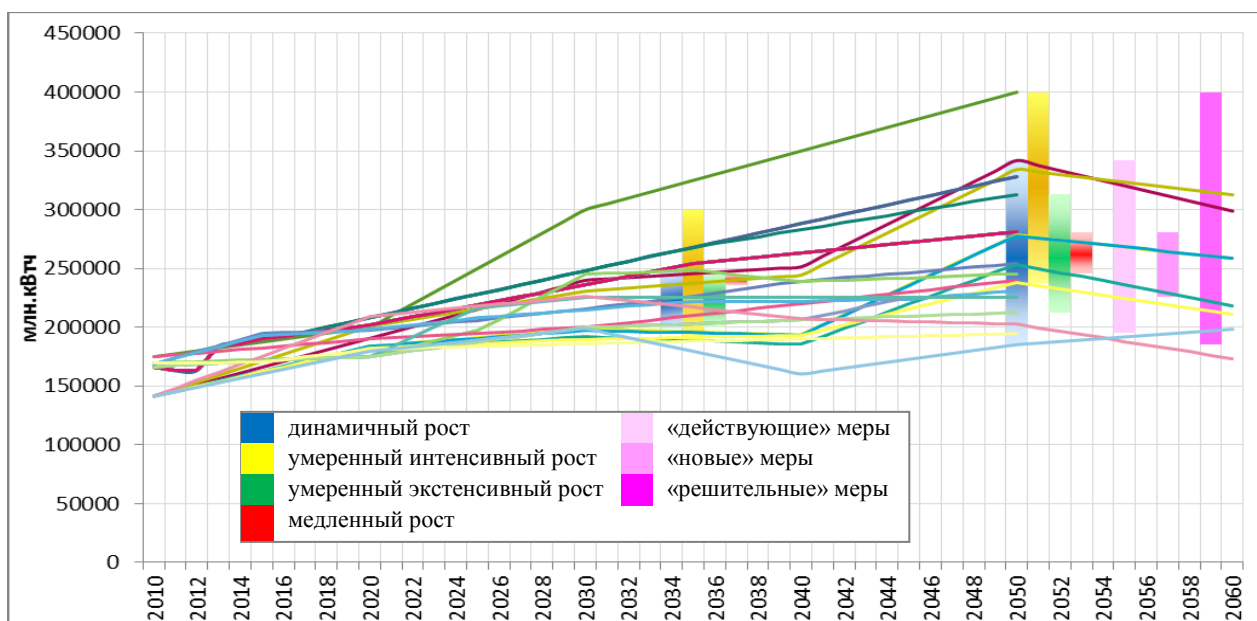
Высота столбца отражает диапазон прогнозов для каждого набора темпов экономического роста или разного набора мер политики.

Источник: ЦЭНЭФ на базе данных, полученных от участников проекта

Существенно в меньшей степени определены перспективы развития таких низкоуглеродных источников электроэнергии как АЭС и ВИЭ. Акцент на одну из этих двух технологий формирует основную развилку в сфере политики развития низкоуглеродной генерации электроэнергии (высокий уровень согласия). Заметные различия прогнозных оценок вклада этих технологий (рис. 22) определяются оценками перспективной динамики капиталоемкости вводов новых мощностей, степенью финансовой поддержки государства, степенью использования рыночных механизмов финансовой поддержки развития этих технологий. В России, как и за рубежом, решения в пользу поддержки разных видов развития низкоуглеродной генерации базируются в значительной мере не на экономических и экологических, а на политических, включая оборонные, соображениях.



**Рисунок 21. Выработка электроэнергии на ГЭС**

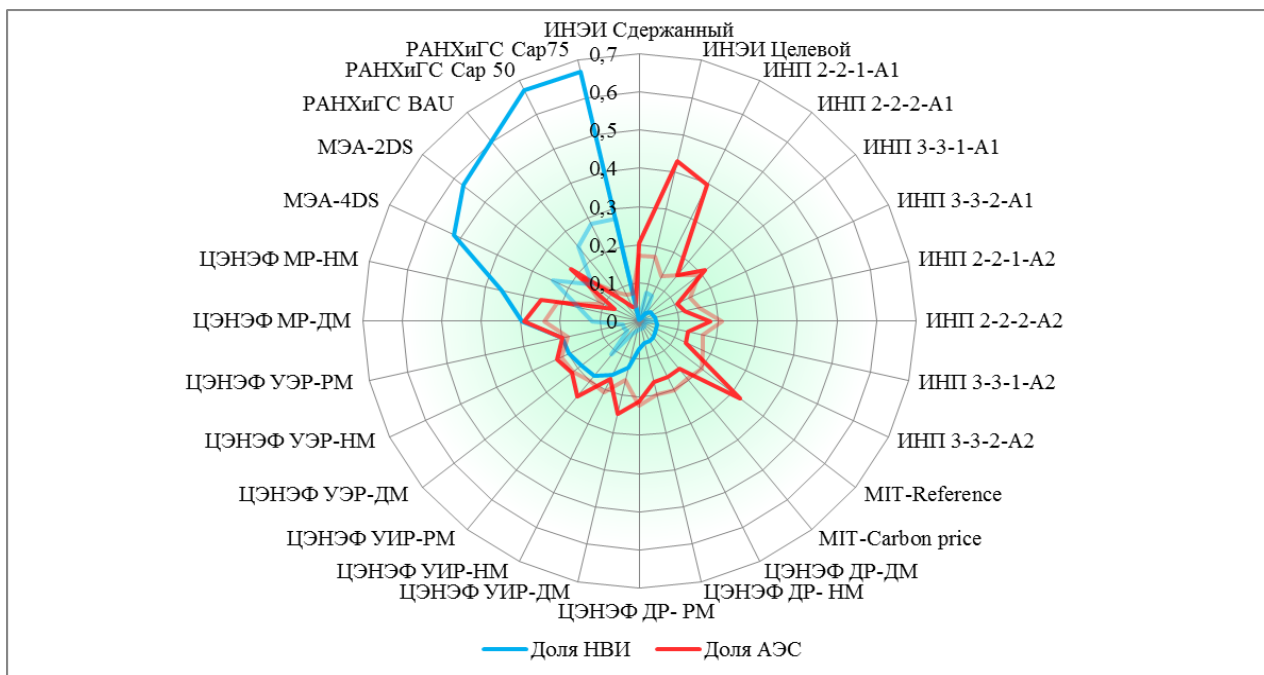


Высота столбца отражает диапазон прогнозов для каждого набора темпов экономического роста или разного набора мер политики.

Источник: ЦЭНЭФ на базе данных, полученных от участников проекта

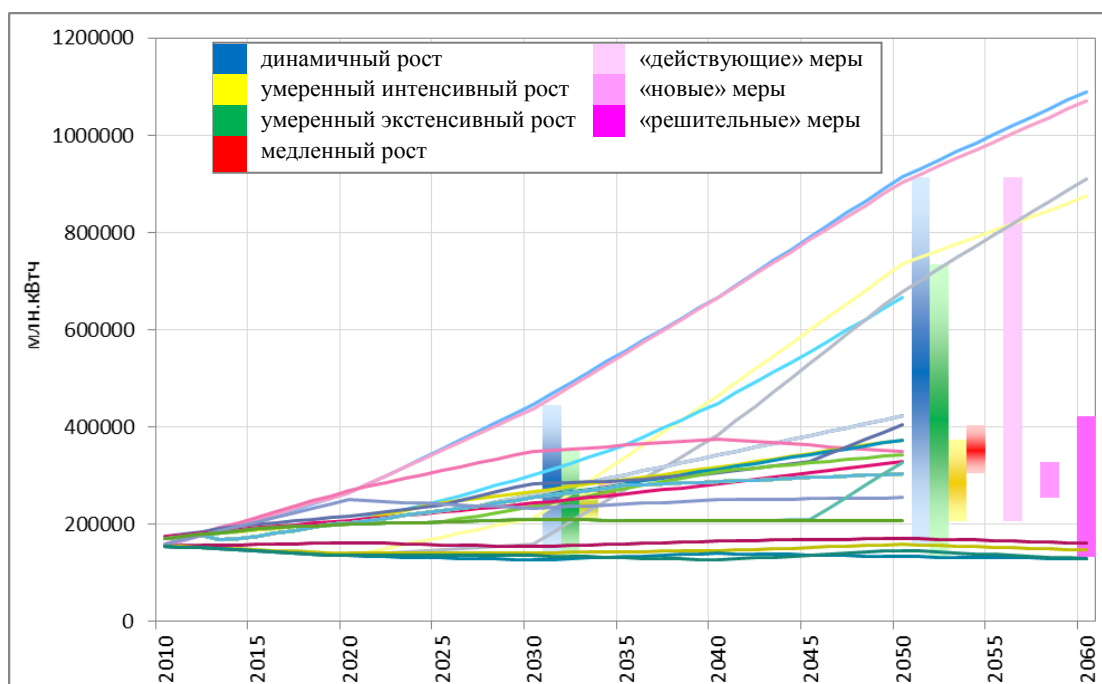
**Ядерная энергетика является зрелой и широко применяемой в России низкоуглеродной технологией. Перспективы ее развития определяются возможностью остановки тенденции к росту удельной стоимости строительства новых мощностей, решением проблем топливного цикла и захоронения отходов, уровнем бюджетной поддержки ее развития, а также приемлемости увеличения числа новых АЭС для населения. Неопределенность динамики этих факторов на перспективу формирует высокий уровень неопределенности возможного вклада развития АЭС в ограничение выбросов ПГ (высокий уровень согласия). Большая часть прогнозов допускает возможность роста выработки электроэнергии на АЭС в среднем на 1-2,5% в год в 2013-2050 гг. Медленная динамика соответствует допущениям о быстром росте удельной стоимости ввода новых мощностей на АЭС и умеренным обязательствам по контролю за выбросами и соответственно низкой цене углерода. В этом случае рост выработки электроэнергии на АЭС в 2050 г. будет ограничен уровнем примерно 300-400 млрд. кВт·ч. В противном случае и при допущениях о высоких темпах развития экономики рост выработки на АЭС может увеличиться до 650-930 млрд кВт·ч, что в 4,5-5,5 раза превышает уровень 2013 г. (рис. 23). Одним из основных ограничений такого масштабного дополнительного развития АЭС могут стать огромные потребности в бюджетной поддержке развития АЭС при росте напряженности российского бюджета. Российский федеральный бюджет ежегодно субсидирует развитие АЭС в размерах, которые превосходят ассигнования федерального бюджета на цели повышения энергоэффективности за 10 лет.**

**Рисунок 22. Доля выработки электроэнергии на АЭС и ВИЭ по отдельным сценариям в 2030 г. (светлая линия) и 2050 г. (темная линия)**



Источник: ЦЭНЭФ на базе данных, полученных от участников проекта

**Рисунок 23. Выработка электроэнергии на АЭС**



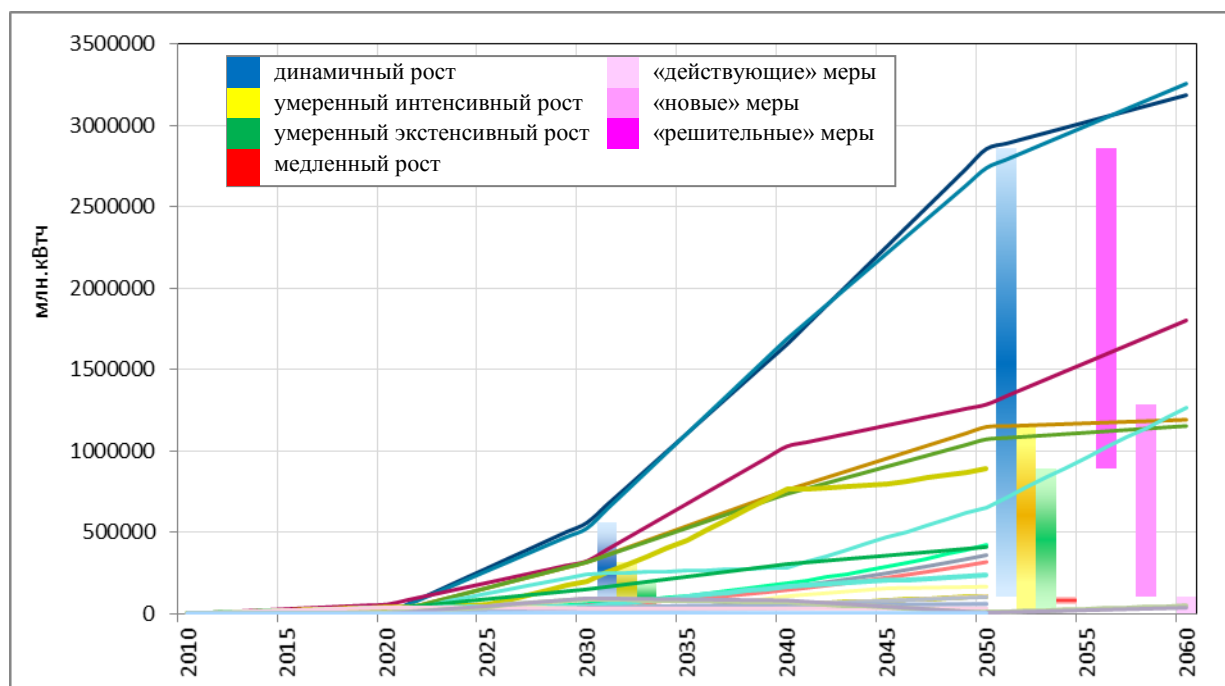
Высота столбца отражает диапазон прогнозов для каждого набора темпов экономического роста или разного набора мер политики.

Источник: ЦЭНЭФ на базе данных, полученных от участников проекта

Россия еще далека от ситуации в мире, где в 2012 г. более половины всех введенных генерирующих мощностей пришлось на долю возобновляемых источников. Однако на временном горизонте до 2050 г. эта ситуация может существенно измениться. Но степень неопределенности масштабов развития ВИЭ выше, чем других технологий генерации (высокий уровень согласия). Степень господдержки развития возобновляемых

источников генерации электроэнергии существенно ниже, чем АЭС. Только в 2013 г. Россия запустила механизмы стимулирования развития ВИЭ. Многие из технологий ВИЭ достигли технической и экономической зрелости. Изначально высокие удельные расходы на единицу установленной мощности динамично снижаются и уже сегодня в 2-5 раз ниже, чем для АЭС. Это делает их привлекательной альтернативой даже при условии в 2-3 раза меньшего коэффициента использования установленной мощности. Постановление Правительства РФ №449 от 28.05.2013 «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности» имеет целью обеспечить рост выработки электроэнергии до примерно 30 млрд. кВтч к 2020 г. Рост выработки электроэнергии с использованием ВИЭ в сценариях с дополнительными мерами достигает в 2050 г. 240-660 млрд кВтч, а в сценариях с

**Рисунок 24. Выработка электроэнергии на ВИЭ**



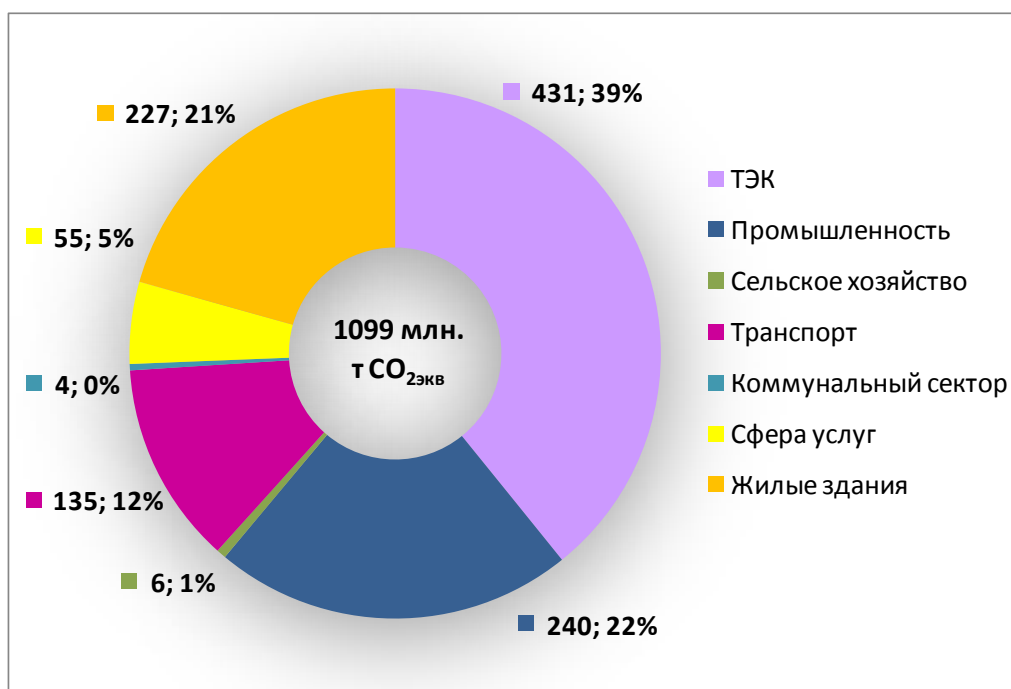
Высота столбца отражает диапазон прогнозов для каждого набора темпов экономического роста или разного набора мер политики.

Источник: ЦЭНЭФ на базе данных, полученных от участников проекта

## Вопрос 10. Какова будет динамика потребления энергии и выбросов ПГ в основных секторах экономики?

Обеспечение существенного снижения выбросов ПГ невозможно только за счет мер, реализуемых в ТЭК. Важно существенно повышать эффективность использования энергии и внедрять низкоуглеродные технологии во всех секторах (высокий уровень согласия). Технический потенциал снижения выбросов ПГ равен 1100 млн т  $\text{CO}_{2\text{экв.}}$ , или 57% от уровня выбросов в 2011 г. В секторах конечного потребления энергии потенциал реализуется прямо – за счет снижения сжигания топлива – и косвенно – за счет снижения потребности в электрической и тепловой энергии получаемой от источников использующих топливо. Существенный прямой и косвенный потенциал снижения выбросов есть в жилых и общественных зданиях, промышленности и на транспорте (рис. 25).

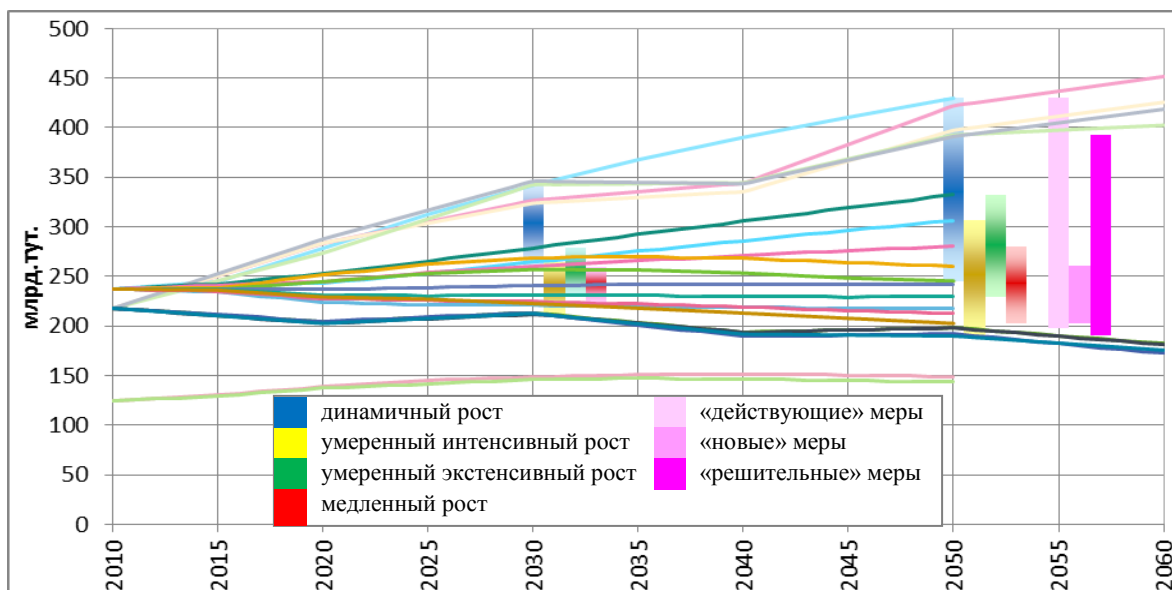
**Рисунок 25. Прямой и косвенный вклад секторов в потенциал снижения выбросов трех ПГ в секторе «энергетика» в России в 2010 г. (млн т  $\text{CO}_{2\text{экв.}}$ )**



Источник: ЦЭНЭФ. Преобразовано для 2011 г. на основе И.А. Башмаков и А.Д. Мышак. Факторы, определяющие динамику выбросов парниковых газов в секторе "энергетика" России. Анализ на основе данных национального кадастра. ФГБУ «Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН». 2012.

Прогнозные группы не приходят к согласию насчет влияния мер политики на динамику потребления энергии в отдельных секторах в зависимости от интенсивности реализации мер политики по контролю за выбросами (низкий уровень согласия). Динамика потребления энергии в промышленности и на транспорте явно зависит от динамики ВВП, но проследить ее зависимость от мер политики не удастся ни для промышленности (рис. 26), ни доля транспорта (рис. 27). Требуется существенное развитие исследований по отдельным секторам для уточнения параметров эффективности разных мер контроля за выбросами.

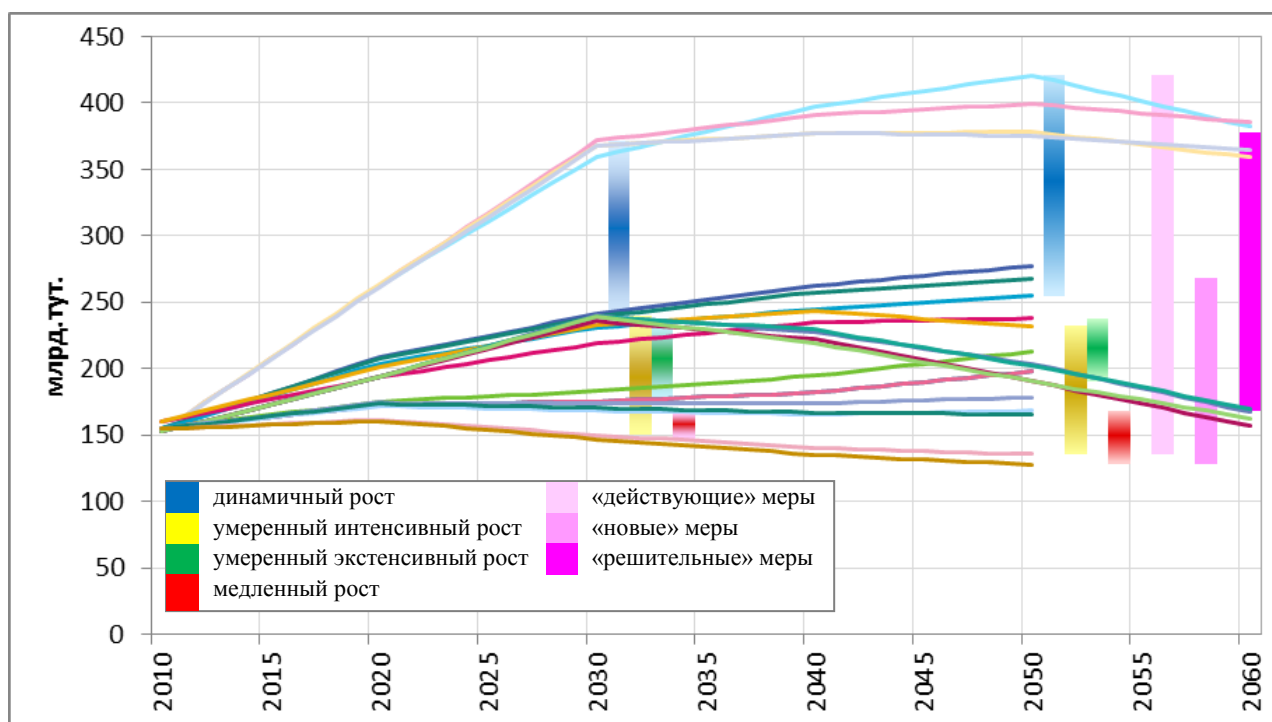
**Рисунок 26. Динамика потребления энергии промышленностью по отдельным сценариям**



Высота столбца отражает диапазон прогнозов для каждого набора темпов экономического роста или разного набора мер политики.

Источник: ЦЭНЭФ на базе данных, полученных от участников проекта

**Рисунок 27. Динамика потребления энергии на транспорте по отдельным сценариям**



Ширина столбца отражает диапазон прогнозов для каждого набора темпов экономического роста или разного набора мер политики.

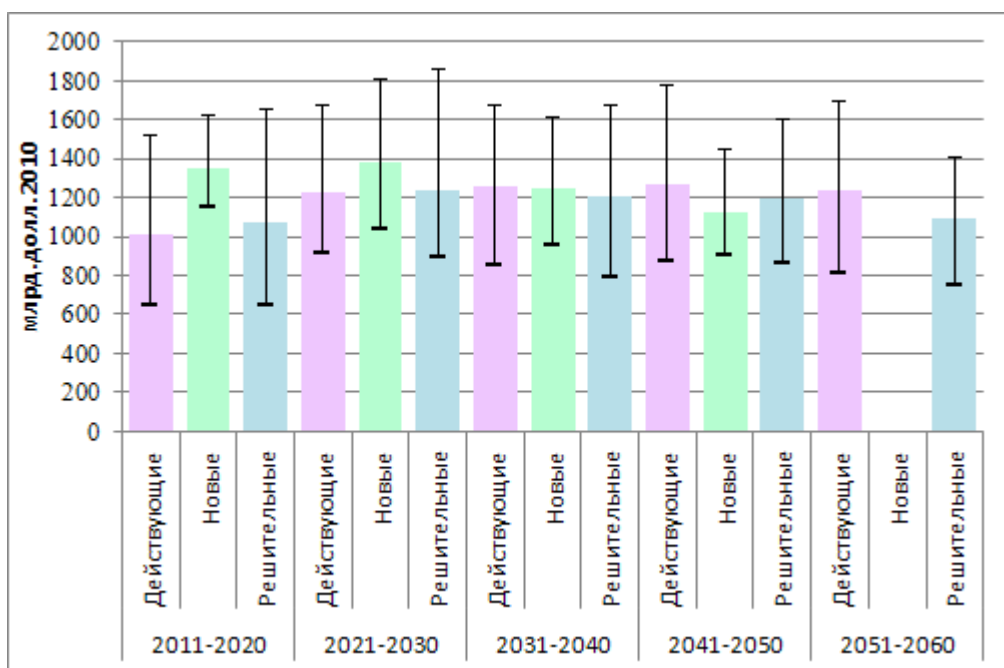
Источник: ЦЭНЭФ на базе данных, полученных от участников проекта



## Вопрос 11. На сколько можно снизить выбросы ПГ до 2050 г. и за его пределами, не жертвуя экономическим ростом?

Инвестиции в развитие низкоуглеродных технологий и в повышение энергоэффективности не дают существенной дополнительной инвестиционной нагрузки на экономику (средний уровень согласия). Потребность в них определяется как темпами экономического роста, так и интенсивностью реализации «новых» и «решительных» мер политики. Не все прогнозные группы приводят данные по инвестициям. На основе прогнозных оценок трех прогнозных групп нет оснований для заключения о том, что сценарии с «новыми» и «решительными» мерами требуют заметных дополнительных капитальных вложений (рис. 28). Происходит это потому, что инвестиции в развитие низкоуглеродных технологий и в повышение энергоэффективности позволяют экономить на вложениях в развитие очень капиталоемкого нефтегазового сектора и топливной энергетики. В среднем, ежегодные инвестиции в энергообеспечение экономического роста, включая повышение энергоэффективности составляют 100-140 млрд. долл. Доля инвестиций в ТЭК как в ВВП, так и в суммарных инвестициях будет постепенно снижаться.

**Рисунок 28. Капиталовложения в отдельных сценариях, сгруппированных по блокам мер**



Столбцы показывают среднее значение потребности в капиталовложениях в группе сценариев. Линиями показан интервал от минимального значения к максимальному. Сиреневый цвет – действующие меры, зеленый – новые, голубой – решительные. Данные по капитальным вложениям представлены в работах ИНП РАН, ИНЭИ РАН и ЦЭНЭФ.

Источник: ЦЭНЭФ на базе данных, полученных от участников проекта

На основе имеющихся оценок нет оснований для заключения о том, что за счет инвестиции в низкоуглеродные и энергоэффективные технологии будут отвлекать ресурсы от экономического роста и тормозить его динамику (средний уровень согласия). Дополнительные суммарные дисконтированные капитальные вложения в развитие низкоуглеродных технологий и в повышение энергоэффективности не превышают 0,8% дисконтированного ВВП в 2014-2050 гг. Это соответствует оценкам доли

капитальных вложений необходимых для контроля за выбросами в 2030-2050 гг. для развитых стран, которые не превышают 1% от ВВП<sup>14</sup>. При ограничениях на возможности экспорта российских углеводородов за счет этих капитальных вложений дисконтированная экономия на капитальных вложениях в развитие нефтегазового сектора может превысить 0,2-0,3% дисконтированного ВВП. Капиталоотдача инвестиций в добычу нефти и газа будет устойчиво падать – не менее, чем в 1,5 раза. В 30-40-х годах XXI века огромные капитальные вложения в нефтегазовый сектор не позволят даже удерживать объемы производства нефти. Удельные капитальные вложения на единицу экономии энергии в 2-3 раза ниже, чем в обеспечение прироста ее производства за счет низкоуглеродных технологий и многократно ниже удельных капитальных вложений в освоение новых месторождений углеводородов.

**Для удержания выбросов ПГ на низких уровнях и повышения экономической привлекательности развития низкоуглеродных технологий необходимо введение цены углерода в виде налога на углерод в топливе или в виде цены в системе торговли квотами на выбросы ПГ (высокий уровень согласия).** В пяти сценариях, предусматривается введение цены на углерод, начиная с 2015-2016 гг. с постепенным ее возрастанием к 2050 г. Она тем выше, чем выше темпы роста экономики и (или) чем более жесткие обязательства по контролю за выбросами ПГ берет на себя Россия (рис. 29).

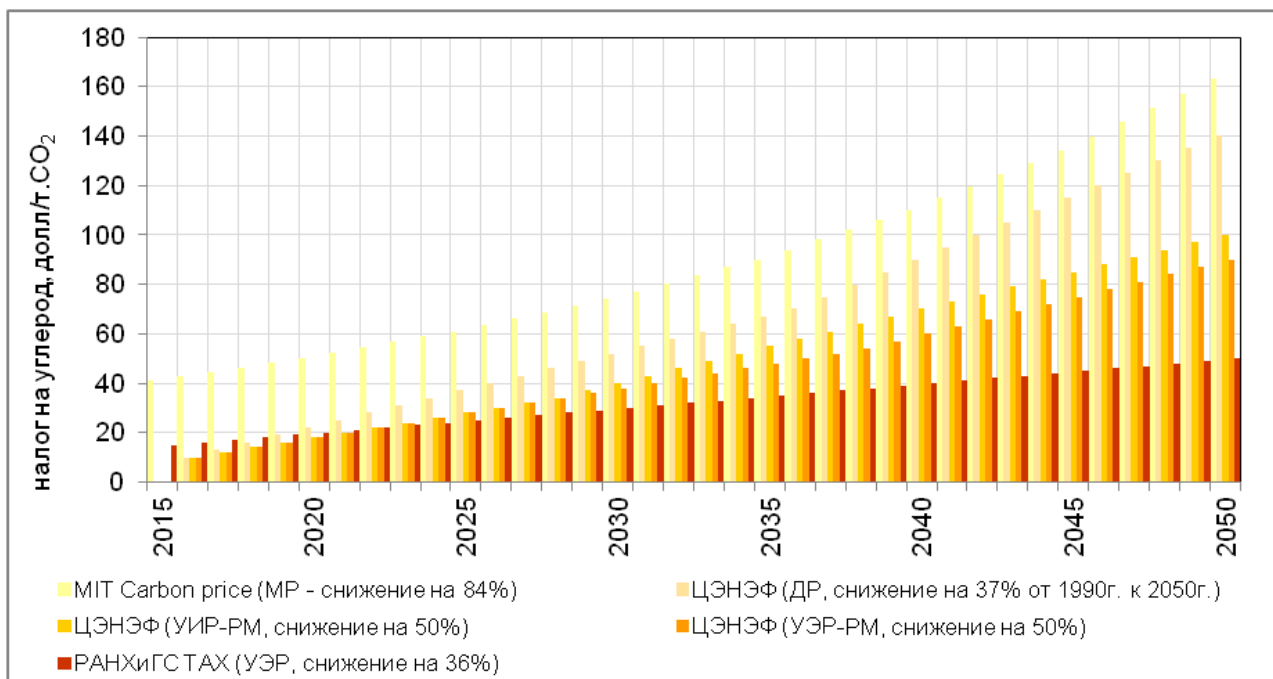
**При умеренных темпах экономического роста для удержания выбросов ПГ на уровне не превышающем 50% от значения 1990 г. необходимо повышение цены на углерод к 2050 г. в размере близком или превышающем 100 долл/т CO<sub>2-экв</sub>.** Для более глубокого сокращения выбросов цена углерода в 2050 г. должна превысить 150 долл/т CO<sub>2-экв</sub> (средний уровень согласия). Поскольку решения о развитии низкоуглеродных технологий принимаются в значительной мере не по экономическим соображениям, точно оценить эффект от повышения цен на углерод довольно сложно. Согласно оценкам ЦЭНЭФ и РАНХиГС, при повышении цены углерода на каждые 10 долл/т CO<sub>2-экв</sub> в 2050 г. происходит снижение выбросов на 16-25 млн т CO<sub>2-экв</sub>. Оценки цены углерода для России сопоставимы с ее оценками для мира в целом, которые на уровне 2030 г. равны 20-100 долл./т CO<sub>2-экв</sub>, а на уровне 2050 г. – 40-200 долл/т CO<sub>2-экв</sub>.<sup>15</sup> Для развитых стран эта цена ниже, а для развивающихся – выше. Так, в Китае для того, чтобы сократить выбросы ПГ на 68% от уровня 2005 г. должна быть введена цена углерода равная 375 долл/т CO<sub>2-экв</sub>. В Индии даже для ограничения роста выбросов в 2050 на уровне 50% от значения за 2005 г. требуется введение цены на углерод 144-180 долл/т CO<sub>2-экв</sub>.<sup>16</sup> Постепенное введение цены на углерод приводит к повышению цен на энергоносители для конечных потребителей, что смягчатся существенным повышением энергоэффективности к тому моменту, когда этот эффект становится заметным. В итоге, проблема экономической доступности энергии практически не осложняется. В сценариях с отсутствием «новых» и «решительных» мер политики из-за быстрого роста внутреннего спроса на природный газ сокращается потенциал его экспорта. Для предотвращения такой ситуации необходимо повышение цены на газ, которое ведет к более значительному повышению тарифов на электроэнергию, чем в сценарии с ценой углерода в размере 100-150 долл/т CO<sub>2-экв</sub>. В зависимости от схемы сбора налога он мог бы принести в 2016-2050 гг. 50-100 трлн руб. (в текущих ценах), что сопоставимо с инвестициями в развитие низкоуглеродных технологий и повышение энергоэффективности.

#### **Рисунок 29. Динамика цены на углерод в отдельных сценариях**

<sup>14</sup> L. Clarke, K. Jiang and others. Chapter 6. Assessing Transformation Pathways. Mitigation of Climate Change. IPCC. Working Group III Fifth Assessment Report (AR5).

<sup>15</sup> Clarke L., K. Jiang et al. (2014) Chapter 6. *Assessing Transformation Pathways*. Mitigation of Climate Change. IPCC. Working Group III Fifth Assessment Report (AR5).

<sup>16</sup> Namazu, M., S. Fugimori, K. Jiang and Y. Matsuoka (2013). *Feasibility of low carbon development in China*. Global Environmental Research. V.17, No. 1. 2013.



Источник: ЦЭНЭФ на базе данных, полученных от участников проекта

Вопрос в том, кому достанутся дополнительные доходы: производителям природного газа (от повышения внутренних цен на газ), или бюджету (от введения налога на углерод).

## Вставка 8. Пример оценки экономических характеристик снижения выбросов ПГ

Покажем, как проводятся оценки затрат и выгод от снижения выбросов ПГ на примере системы освещения квартиры, описанной во вставке 2 (табл. 1 и 2). Допустим, что лампа накаливания (ЛН) мощностью 60 Вт стоит 10 руб., а компактная люминесцентная лампа (КЛЛ) мощностью 10 Вт стоит 70 руб. Тогда можно оценить стоимость источников света. В табл. 1 была оценена мощность, потребляемая этими источниками при разных технологиях освещения квартиры. Эту мощность нужно построить. Построить нужно больше мощности, чем будет потреблено, поскольку оборудование топливных станций время от времени нужно ставить на профилактику и ремонт, а кроме того график потребления электроэнергии неравномерный. Этот аспект отражается параметром коэффициент использования установленной мощности. Он ниже для ветровой станции, поскольку ветровые нагрузки относительно неравномерны. Стоимость строительства единицы мощности существенно различается для разных технологий производства электроэнергии. Она также зависит и от мощности станции: чем она выше, тем при прочих равных условиях удельные капитальные вложения в строительство единицы мощности ниже. Инвестиции в обеспечение освещения квартиры складываются из затрат на источники света и затрат на мощности станций. На самом деле есть еще затраты на передачу электроэнергии, но в данном примере для простоты они не показаны. Получается, что с инвестиционной точки зрения самым выгодным вариантом является третий. За счет первоочередной реализации мер по экономии энергии потребность с мощности сокращается в 7 раз. Вариант 4 требует больше затрат в строительство ВЭС. Видно, что менее углеродоемкий вариант 2 может требовать меньше инвестиций, чем вариант 1. Однако безуглеродный вариант 4 обходится дороже варианта 3. Таким образом, переход на менее углеродоемкие технологии может приводить или не приводить к росту потребности в капитальных вложениях (как это показано на рис. 27).



**Таблица 5. Оценки затрат на и выгод от снижения выбросов ПГ на примере системы освещения квартиры**

	Единицы измерения	вариант 1	вариант 2	вариант 2	вариант 4
Стоимость источников света	руб.	140	140	840	840
Потребляемая мощность	кВт	0,84	0,84	0,12	0,12
Стоимость мощности по производству электроэнергии	руб./кВт	77000	38500	38500	72000
Коэффициент использования установленной мощности	%	65%	60%	60%	25%
Стоимость мощности по производству электроэнергии	руб./кВт	99508	53900	7700	34560
<b>Инвестиции всего</b>	<b>руб.</b>	<b>99648</b>	<b>54040</b>	<b>8540</b>	<b>35400</b>
<b>Выбросы CO<sub>2</sub></b>	<b>кгCO<sub>2</sub></b>	<b>945</b>	<b>346</b>	<b>32</b>	<b>0</b>
Коэффициент дисконтирования затрат	%	10,0%	10,0%	10,0%	10,0%
Коэффициент приведения капитальных вложений	%	11,0%	11,0%	11,0%	11,0%
Учитываемая в тарифе стоимость станции	руб./кВт-ч	1,49	0,81	0,81	3,62
Постоянные затраты на выработку электроэнергии	руб./кВт-ч	0,2	0,1	0,1	0,5
Вид топлива, на котором производится электроэнергия		уголь	газ	газ	ВЭС
Цена топлива	руб./тут	1000	4300	4300	0
Расходы на топливо	руб./кВт-ч	0,35	1,52	1,52	
Расходы на передачу и сбыт электроэнергии	руб./кВт-ч	1,00	0,80	0,80	0,80
Тариф на электроэнергию	руб./кВт-ч	3,04	3,23	3,23	4,92
Стоимость экономии энергии	руб./кВт-ч			0,24	0,24
Потребление электроэнергии	кВт-ч/год	840	840	80	80
Годовая стоимость затрат на источники света	руб.	280	280	210	210
<b>Затраты на освещение квартиры</b>	<b>руб./год</b>	<b>2837</b>	<b>2991</b>	<b>468</b>	<b>604</b>
Экономия затрат на освещение квартиры	руб./год		-155	2368	2233
Налог на CO <sub>2</sub>	руб./тCO <sub>2</sub>	1000	1000	1000	
Налог на CO <sub>2</sub> в цене электроэнергии	руб./кВт-ч	0,99	0,39	0,38	
Цена электроэнергии с учетом налога на CO <sub>2</sub>	руб./кВт-ч	4,03	3,62	3,61	4,92
<b>Затраты на освещение квартиры с учетом налога на CO<sub>2</sub></b>	<b>кВт-ч/год</b>	<b>3668</b>	<b>3320</b>	<b>499</b>	<b>604</b>
Экономия затрат на освещение квартиры с учетом налога на CO <sub>2</sub>	<b>руб./год</b>		348	3169	3065

Анализ только капитальных затрат недостаточен для проведения экономического анализа. Важно также знать, во сколько обходится потребителю та или иная система энергоснабжения. В тариф на электроэнергию постепенно за весь срок службы источников электроэнергии по частям включаются капитальные затраты на их строительство. Кроме того, есть постоянные затраты на обслуживание электростанций и затраты на топливо. Из этих составляющих, а также из затрат на передачу по электрическим сетям и сбыт складывается цена на электроэнергию. Для разных технологий она получается разной. Самая дешевая цена получается для угля. Умножив тариф на объем потребляемой в квартире электроэнергии, получим годовые затраты на электроснабжение системы освещения квартиры. Поскольку ЛН работает в среднем 1000 часов, то за год потребуется два комплекта ламп для всех источников света. КЛЛ работает 8000-10000 часов, поэтому в расчете на год затраты на их приобретение будут ниже, чем для ЛН.

В итоге получим самые низкие затраты на освещение квартиры (сумма годовых затрат



приобретение ламп и электроэнергии) на по варианту 3, за ним следуют затраты по варианту 4. Если система освещения не менялась на более эффективную, то получим, что угольный вариант дешевле газового. Но это без учета вредных воздействий и выбросов от угольной станции, а также без учета выбросов ПГ. Если введен налог на CO<sub>2</sub> в размере 1000 руб/тCO<sub>2</sub>, то вариант 3 становится более эффективным. При росте цен на газ и при введении налога на CO<sub>2</sub> разница между вариантами 4 и 3 существенно сокращается. При внутренней цене газа равной 250 долл./1000 м<sup>3</sup>, эти варианты становятся равнозначными.

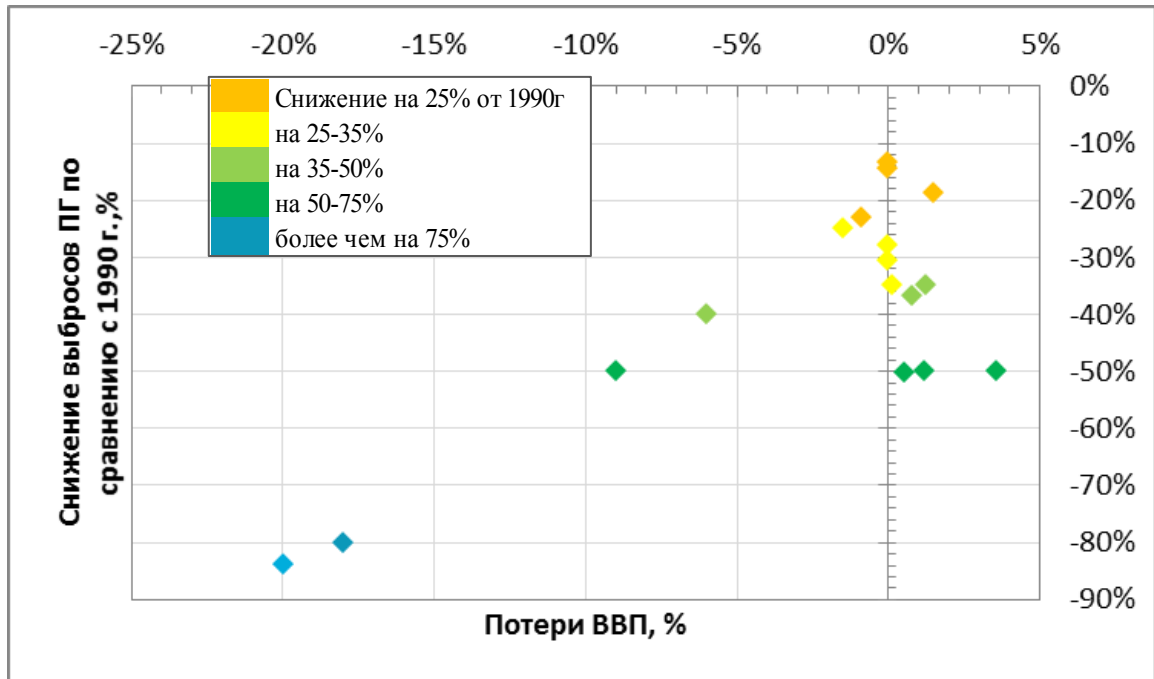
Таким образом, в зависимости от сочетания различных условий меры по существенному снижению выбросов могут обходиться как дороже так и дешевле традиционных вариантов энергоснабжения. Если в первую очередь используются возможности экономии энергии, а во вторую – переход на низкоуглеродные технологии, то это может не приводить к дополнительным затратам. Если ставятся слишком жесткие задачи по снижению выбросов, для выполнения которых приходится выводить из эксплуатации еще не амортизированное оборудование, то такие стратегии могут требовать дополнительных затрат, или ведут к потере дохода.

**Меры по удержанию выбросов ПГ на уровне на 25-30% ниже значения 1990 г. не приводят к потерям ВВП (рис. 30). Оценки макроэкономических эффектов при глубоком сокращения выбросов - на 50% от значения 1990 г. - существенно расходятся: от +4% до -9% ВВП. Потери ВВП при снижении выбросов ПГ на 80% от значения 1990 г. могут превышать 10% (средний уровень согласия). Не во всех моделях ВВП корректируется с учетом влияния параметров политики по контролю над выбросами. Надежность оценок макроэкономических эффектов от мер по контролю за выбросами нуждается в существенном повышении. Оценки возможных потерь ВВП за счет реализации мер по удержанию выбросов ПГ на уровне на 30-40% ниже значения 1990 г. примерно совпадают с оценками возможного ущерба России от изменения климата, которые могут достигать в среднем 2% ВВП, а на отдельных, но довольно обширных территориях – до 5% ВВП.<sup>17</sup> Для России существенно более значимыми ограничениями экономического роста являются неспособность с минимальными издержками удержать от динамичного падения нефтегазовый ВВП и неспособность повысить эффективность экономики и снизить издержки. На этом фоне возможные положительные или негативные эффекты от реализации политики контроля над выбросами ПГ дают эффекты существенно меньшего порядка. Дополнительные капитальные вложения в низкоуглеродные технологии нельзя считать потерями роста, поскольку это инвестиции с существенно более высокой капиталоотдачей, чем замещаемые инвестиции в развитие нефтегазового комплекса.**

<sup>17</sup> Оценка макроэкономических последствий изменения климата. П.р. В.М. Катцова и Б.Н. Порфирьева. Роскомгидромет. М. 2011.



**Рисунок 30. Зависимость потерь ВВП по сравнению с базовым уровнем от глубины снижения выбросов ПГ**



Источник: ЦЭНЭФ на базе данных, полученных от участников проекта



## **Вопрос 12. Какие обязательства по контролю выбросов ПГ может взять на себя Россия в период до 2030 г. и до 2050 г.?**

Наиболее вероятна реализация сценариев умеренного роста с пакетами «новых» и «решительных» мер политики или медленного роста с «новыми» мерами политики, которым соответствует объем выбросов ПГ в 2050 г. на уровне 1330-2330 млн т  $\text{CO}_2\text{-экв}$ , что равно 50-85% от объема 1990 г. (высокий уровень согласия). Оценка вероятности реализации сценариев проводится с использованием критериев: достаточности ресурсной базы для обеспечения добычи нефти, газа; динамики цен на энергоносители и обеспечения экономической доступности энергии для потребителей; возможного изменения положения России на глобальных рынках энергоресурсов. Сценарии «динамичного роста» оказались практически нереализуемыми. Полученные для них оценки динамики выбросов носят чисто иллюстративный характер и не имеют практической значимости. Реализация сценариев глубокого снижения выбросов к 2050 г. – на 80% и более – по имеющимся ныне оценкам, которые требуют заметного уточнения, чревата высокими потерями ВВП. Такое глубокое снижение выбросов возможно при масштабном использовании технологии УХУ, параметры которой еще не достаточно ясны.

**В перспективе до 2050 г. возможны «мягкие» и «жесткие» варианты обязательств.** В первом случае - это обязательства, соответствующие верхней границе наиболее вероятного диапазона динамики выбросов при реализации преимущественно мер по повышению энергоэффективности, без введения налога на углерод или торговли квотами и без введения существенных мер поддержки развития низкоуглеродных технологий. Во втором случае – обязательства, соответствующие нижней границе вероятного диапазона. При готовности и способности запустить пакеты «новых» и «решительных» мер политики получают «жесткие» варианты обязательств. Каждое из обязательств можно сформулировать в форме уровня выбросов на последний год их принятия, или как среднегодовые выбросы за период действия обязательств (в таком варианте были сформулированы обязательства в Киотском протоколе).

**«Мягкие» варианты долгосрочных обязательств могут быть сформулированы так:**

- **обеспечить в 2050 г. выбросы на уровне не выше 75% от значения 1990 г., или**
- **обеспечить в 2021-2050 гг. среднегодовые выбросы на уровне не выше 75% от значения 1990 г.**

Эти задачи с запасом решаются при успешной реализации как «действующих», так и «новых» пакетов мер. Риск их невыполнения существует только в случае отказа от использования «новых» мер политики или при реализации невероятно высоких темпов экономического роста. В зависимости от профиля траектории выбросов в одних сценариях сложнее выполнить задание по первой формулировке, а в других – по второй. Однако, в целом они довольно равнозначные. Цикличность развития экономики может несколько «подбросить» вверх выбросы в отдельные годы, в т.ч. в последнем 2050 г. Поэтому вторая формулировка дает больше гибкости в выполнении обязательств.

**«Жесткие» варианты долгосрочных обязательств могут быть сформулированы так:**

- **обеспечить в 2050 г. выбросы на уровне не выше 50% от значения 1990 г., или**
- **обеспечить в 2021-2050 гг. среднегодовые выбросы на уровне не выше 67% от значения 1990 г.**

Эти задачи решаются только при запуске и успешной реализации широкого набора «новых» и «решительных» мер политики контроля за выбросами, включая введение налога на углерод и его увеличение примерно до 100 долл/т CO<sub>2</sub>-экв к 2050 г. Тогда начинается масштабное применение технологии захвата и захоронения углерода. В сценарии с медленным ростом, задача снижения выбросов на 50% решается при успешной реализации пакета «новых» мер политики даже при ограниченном развитии низкоуглеродных технологий генерации электрической и тепловой энергии и производства жидкого топлива.

**В отношении краткосрочных обязательств на 2021-2025 гг. или 2021-2030 гг. в «мягком» варианте можно сохранить формулировку требований Указа Президента №752 «О сокращении выбросов парниковых газов» об удержании в 2020 г. выбросов на 25% ниже уровня 1990 г. отношении антропогенных выбросов сектором «энергетика» предпочтительно в формулировке обязательств по среднегодовым выбросам за период.** Выполнение этих обязательств с высокой вероятностью потребует успешной реализации не только «действующих», но и пакета «новых» мер политики и практически гарантировано с запасом при начале масштабной реализации в эти годы «решительных» мер поддержки развития России по низкоуглеродной траектории развития. В «жестком» варианте можно сформулировать целевую установку так: обеспечить в 2021-2030 гг. среднегодовые выбросы на уровне не выше 70% от значения 1990 г.

\* \* \*

***Список исследований прогнозных групп в рамках проекта «Затраты и выгоды низкоуглеродной экономики и трансформации общества в России. Перспективы до 2050 года»:***

Башмаков И.А. (2014). *Сценарии социально-экономического развития России по низкоуглеродным траекториям до 2050 г.* в книге «Затраты и выгоды низкоуглеродной экономики России. Перспективы до 2050 года» ЦЭНЭФ, WWF, М.: WWF России, 2014 (в печати)

Луговой О.В., Поташников В.Ю., Гордеев Д.С. (2014). в книге «Затраты и выгоды низкоуглеродной экономики России. Перспективы до 2050 года» ЦЭНЭФ, WWF, М.: WWF России, 2014 (в печати)

Макаров А.А. (2014). *Сценарии Энергетической стратегии России до 2050 г.* в книге «Затраты и выгоды низкоуглеродной экономики России. Перспективы до 2050 года» ЦЭНЭФ, WWF, М.: WWF России, 2014 (в печати)

Пальцев С.В., Калинина Е.Б. (2014). *Прогнозирование эмиссий парниковых газов: Россия в глобальной системе* в книге «Затраты и выгоды низкоуглеродной экономики России. Перспективы до 2050 года» ЦЭНЭФ, WWF, М.: WWF России, 2014 (в печати)

Синяк Ю.В. (2014). *Сценарные условия и результаты моделирования развития ТЭК России до 2060 г.* в книге «Затраты и выгоды низкоуглеродной экономики России. Перспективы до 2050 года» ЦЭНЭФ, WWF, М.: WWF России, 2014 (в печати)