

И.А. Башмаков

Прогнозы антропогенных выбросов парниковых газов в Российской Федерации до 2030 года и на перспективу до 2050 года

1. Уровень, структура и динамика выбросов парниковых газов

Итоги инвентаризации выбросов парниковых газов (ПГ) отражены в кадастре выбросов за 2014 г.¹ Согласно методологии МГЭИК инвентаризация выбросов ведется по секторам, перечисленным в табл. 1.

Таблица 1. Выбросы ПГ в различных секторах в 1990-2015 г.
(млн т CO_{2экв.})

	Национальная инвентаризация			Оценка ЦЭНЭФ-XXI
	1990	2013	2014	2015
Всего	4105,09	2290,65	2299,27	2211,94
<i>от уровня 1990 г. (%)</i>	100%	55,8%	56,0%	56%
Сектора				
Энергетический сектор	3250,14	2361,22	2354,85	2311,58
<i>от уровня 1990 г. (%)</i>	100%	72,6%	72,5%	71%
сжигание топлива	2288,63	1413,60	1425,95	1393,16
<i>от уровня 1990 г. (%)</i>	100%	61,8%	62,3%	61%
утечки и выбросы при добыче топлива	961,51	947,62	928,90	918,42
<i>от уровня 1990 г. (%)</i>	100%	98,6%	96,6%	96%
Промышленные процессы	298,06	213,35	212,72	215,8
<i>от уровня 1990 г. (%)</i>	100%	71,6%	71,4%	72%
Сельское хозяйство	314,83	131,83	132,45	126,45
<i>от уровня 1990 г. (%)</i>	100%	41,9%	42,1%	40%
Отходы	77,16	108,80	112,28	116,26
<i>от уровня 1990 г. (%)</i>	100%	141,0%	145,5%	151%
Землепользование и разведение лесов	164,90	-524,54	-513,04	-535,46
<i>от уровня 1990 г. (%)</i>	100%	-318,1%	-311,1%	-325%
Парниковые газы				
диоксид углерода	2723,38	1109,86	1123,80	
<i>от уровня 1990 г. (%)</i>	100%	40,8%	41,3%	
метан	1135,82	1049,36	1044,90	
<i>от уровня 1990 г. (%)</i>	100%	92,4%	92,0%	
закись азота	193,69	101,60	102,50	
<i>от уровня 1990 г. (%)</i>	100%	52,5%	52,9%	
гидрофторуглероды	35,94	21,50	24,15	
<i>от уровня 1990 г. (%)</i>	100%	59,8%	67,2%	
перфторуглероды	15,12	3,42	3,10	
<i>от уровня 1990 г. (%)</i>	100%	22,6%	20,5%	
гексафторид серы (SF ₆)	0,00005	0,00022	0,00004	
<i>от уровня 1990 г. (%)</i>	100%	440%	80%	

Источник: Национальный доклад о кадастре и оценки ЦЭНЭФ-XXI за 2015 г.

¹ Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990-2014 гг. Москва. 2016. Следует отметить, что в процессе оценки выбросов за счет изменения методологии инвентаризации и уточнения коэффициентов выбросов оценки суммарных антропогенных выбросов ПГ за конкретные годы меняются. Так в Национальном докладе за 2014 г. суммарные антропогенные выбросы в базовом 1990 г. были оценены равными 3532 млн. т CO_{2экв.} в Докладе за 2015 г. - 4141 млн. т CO_{2экв.}, а в Докладе за 2016 г. – уже 4105 млн. т CO_{2экв.}

Основным источником выбросов ПГ в России является энергетический сектор (83,7% в 2014 г.), за которым следуют промышленные процессы (7,6%), сельское хозяйство (4,7%) и отходы (4,0%). В энергетическом секторе на долю сжигания топлива приходится 60,6%, включая ТЭК (36,0%), промышленность и строительство (6,2%), транспорт (10,5%), здания (6,0%) и прочие сектора (1,7%). Вклад технологических выбросов и утечек в процессах добычи, транспортировки и распределения топлива составляет 39,4%. Из них 2,6% приходится на утечки при добыче угля, а еще 36,9% - на утечки и выбросы в нефтяной и газовой промышленности. В отличие от существенного снижения выбросов от сжигания топлива (на 27,5% в 1990-2014 гг.), технологические выбросы и утечки снизились за эти годы только на 3,4%. На долю CO₂ приходится 59,5% всех выбросов ПГ в 2014 г. (без учета землепользования), на выбросы CH₄ – 36,3%, N₂O – 3,2%, а на все прочие ПГ – менее 1%.

В 2015 г. в России выбросы и стоки всех ПГ из всех источников оказались на 44% ниже уровня 1990 г. Это один из самых высоких показателей снижения в мире. Выбросы ПГ от энергетического сектора² в 2015 г. были ниже уровня 1990 г. на 29%. Выбросы от сжигания топлива снизились на 39%, а выбросы, преимущественно связанные с утечками метана в процессах добычи органического топлива, - только на 4%. Выбросы от промышленных процессов снизились на 28%, от сельскохозяйственной деятельности – на 60%. Выбросы ПГ, порождаемые системой обращения с отходами, выросли в полтора раза. Наиболее динамично снижались выбросы CO₂, а выбросы метана снижались очень медленно.

В 90-х годах выбросы парниковых газов в России заметно сократились при росте захвата углерода лесами, что явилось значительным вкладом в смягчение остроты глобальной проблемы изменения климата. Тогда как большинство стран продолжали наращивать выбросы, усилиями одной только России удалось задержать негативное антропогенное воздействие на климат практически на целый год. В 1991-2015 гг. Россия являлась мировым лидером по объему кумулятивного снижения выбросов ПГ и в значительной степени компенсировала прирост выбросов в других регионах мира.

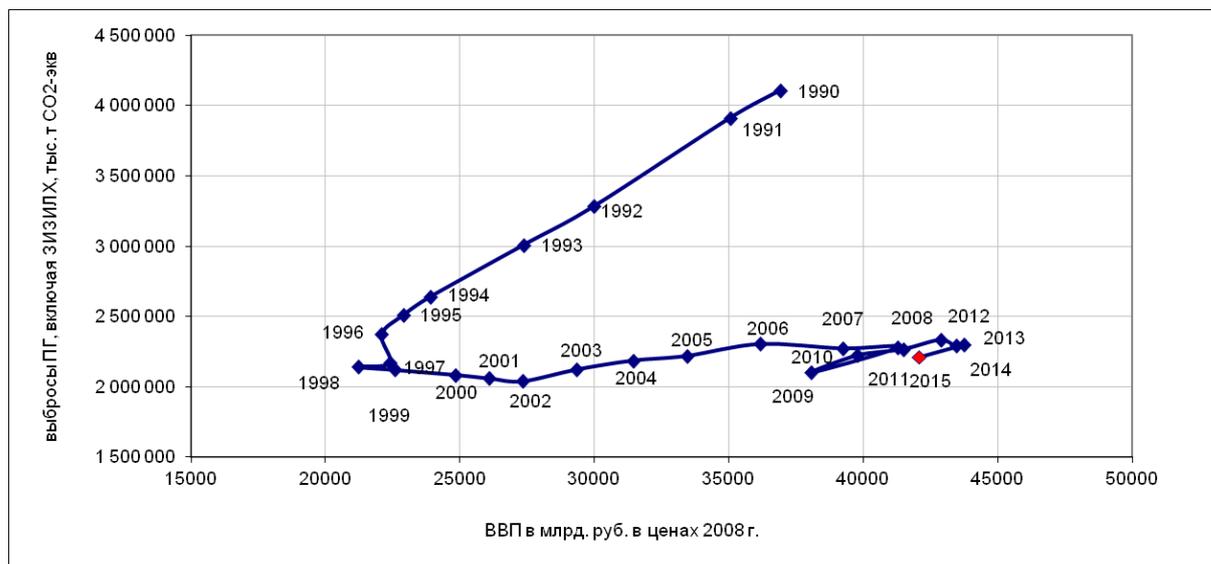
Наиболее существенное снижение выбросов произошло в 1990-1998 гг. (рис. 1). Затем выбросы стали медленно расти, что компенсировалось ростом стоков. В 1991-2015 гг. кумулятивное снижение выбросов ПГ в России (с учетом стоков) составило 43 млрд т CO_{2-экв.} Это больше глобального годового выброса CO₂ от всех секторов, за исключением сектора землепользования (40 млрд т CO_{2-экв.} в 2015 г.). По данным Росстата, прирост общего запаса древесины на корню вырос с 80 млрд м³ в 1993 г. до 83 млрд м³ в 2013 г., что позволило не только смягчить остроту проблемы сведения лесов, но и обеспечить заметный объем улавливания углерода на фоне продолжения процесса обезлесения в глобальном масштабе.

С 1998 г. Россия продемонстрировала способность развивать экономику с минимальным приростом выбросов ПГ. Но ей еще только предстоит перейти к модели роста, которая позволяет не только замораживать, но и значительно снижать как удельные, так и абсолютные показатели выбросов ПГ. В 1998-2015 гг. рост антропогенных выбросов ПГ в России оказался незначительным (3%) при удвоении ВВП за эти годы. Жизнь посрамила тезисы о том, что сдерживание выбросов ПГ чревато для России потерями экономического роста. Если бы в 2006-2008 гг. российская экономика росла без

² «Энергетический сектор», в широком смысле, включает в себя разведку и добычу первичных энергетических источников; обогащение и преобразование первичных источников энергии в более пригодные для использования формы энергии на нефтеперерабатывающих заводах, коксохимических заводах, электростанциях и котельных; передачу и распределение топлива, а также стационарное и мобильное использование топлива.

«перегрева» (примерно на 5% в год), то, возможно, прироста выбросов ПГ в 1998-2015 гг. в России не было бы вовсе.

Рисунок 1. Динамика выбросов ПГ и ВВП России в 1990-2015 гг.



Источник: ЦЭНЭФ-XXI по данным Национального доклада о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, и Росстата.

Политика структурного реформирования российской экономики внесла основной вклад в торможение выбросов после 1998 г. и обеспечила практический «декаплинг» при высоких темпах роста экономики России. Потенциал роста выбросов ПГ за счет экономического роста был нейтрализован рядом факторов, которые их снижали: структурные сдвиги в экономике обеспечили 68% такого снижения, снижение удельных выбросов ПГ на единицу топлива за счет роста доли использования природного газа – еще 4%; повышение энергоэффективности – 9%; рост загрузки производственных мощностей – 2%, а ценовой фактор – 1%. Поскольку основными источниками выбросов являются сектора, слабо подверженные циклическим колебаниям экономической конъюнктуры, – отрасли ТЭК, жилищный сектор и автомобильный транспорт, – то 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. Технологическое повышение эффективности использования энергии также обеспечило заметный вклад в снижение выбросов. Однако он мог бы быть большим.

Указом Президента РФ от 30.09.2013 № 752 «О сокращении выбросов парниковых газов» определена целевая установка по контролю за выбросами: удержание их к 2020 г. на уровне, не превышающем 75% от объема выбросов в 1990 г. Президент РФ на климатическом саммите в Париже (30.11.2015 г.) объявил новое обязательство России: в 2030 г. удерживать выбросы ПГ на уровне не более 70% от базового уровня 1990 г.

2. Оценка потенциала снижения антропогенных выбросов ПГ

Сведение оценок потенциала снижения выбросов ПГ воедино во всех секторах показано в табл. 2. В 2014 г. антропогенные выбросы всех ПГ в РФ были на 44% ниже уровня 1990 г. Существует значительный потенциал их дальнейшего снижения во многих секторах. Если не учитывать лесопользование и разведение лесов, то за счет полномасштабного применения НДТ на всех установках во всех секторах выбросы ПГ можно снизить на

1149-1217 млн т CO₂-экв., или на 58-60% от уровня 1990 г. Это позволяет России потенциально ставить амбиционные цели по глубокому сокращению выбросов ПГ.

Таблица 2 Потенциал снижения выбросов ПГ в основных секторах (тыс. т CO₂-экв.). Оценка для 2014 г.

Сектора	Факт		Потенциал снижения выбросов ПГ		Выбросы после реализации потенциала	
	1990	2014	мин	макс	мин	макс
Энергетический сектор	3250	2355			1297	1229
Повышение энергоэффективности			960	1058		
Развитие ВИЭ			98	68		
Сельское хозяйство	315	132	20	20	112	152
Промышленные процессы	298	213	25	25	188	238
Управление отходами	77	112	46	46	66	158
Всего без землепользования и разведения лесов	3940	2812	1149	1217	1663	1595
Снижение выбросов относительно уровня 1990 г. (без землепользования и разведения лесов)		29%			58%	60%

Источник: Оценки ЦЭНЭФ-XXI.

3. Прогнозные оценки динамики выбросов парниковых газов на горизонте до 2050 г.

3.1. Сценарные условия прогноза

В основу прогноза динамики выбросов ПГ заложен лишь один сценарий экономического развития. Поэтому сценарии динамики выбросов различаются, в основном, набором мер политики по их снижению. Важнейшими сценарными условиями являются допущения о росте ВВП. Основным источником оценок краткосрочного роста (на 2017-2019 гг.) стал прогноз Минэкономки РФ и сценарные условия, положенные в его основу. В России в последние годы не разрабатывался официальный долгосрочный прогноз развития экономики. Последний прогноз до 2030 г. был разработан Минэкономразвития РФ в 2014 г. Он не отражает реалий развития после экономического кризиса 2014-2016 гг.

Большая часть имеющихся долгосрочных экономических прогнозов сходится на том, что темпы роста ВВП России будут умеренными и снижающимися. Зона неопределенности динамики ВВП состоит из трех сегментов: «медленный рост» – рост до 2% в 2013-2030 гг., до 1% в 2031-2050 гг. с возможным прекращением роста после 2050 г.; «умеренный рост» – рост на 2-4% в 2013-2030 гг., на 1-3% в 2031-2050 гг.; «динамичный рост» – рост на 4% и более в 2013-2030 гг. и на 3% и более в 2031-2050 гг. Потенциальная динамика ВВП оценивалась автором на долгосрочной модели на основе сценарных допущений о численности населения; росте мирового ВВП; динамике цен на нефть; динамике добычи нефти и газа и др. Был выбран сценарий прогноза, обеспечивающий средний из возможных вариантов развития. Рассмотрены два качественно разных «видения» будущего роста, для которых характерна сходная динамика ВВП (вставка 1).

Вставка 1. Характеристика сценариев долгосрочного прогноза роста ВВП

Умеренный экстенсивный рост». Развитие по этой группе траекторий «поиска будущего в прошлом» возможно 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 рост ВВП на 2-3% 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, капиталотдачи, энергоэффективности и материалоотдачи) ниже, чем в следующем сценарии, поскольку меньше давление конкуренции. Практика последних лет показала, что эта модель «выдохлась», что необходимый рост продуктивности при развитии по этой модели не достигается. Длительное сохранение цен углеводородов на низком уровне осложняет возможность практической реализации этой группы траекторий.

«Умеренный интенсивный рост». Сценарии, обеспечивающие эффективную модернизацию за счет «инъекции нового гормона роста», позволяющего радикально улучшить качество государства и на этой основе обеспечить динамичную инвестиционную активность и повышение эффективности использования основных факторов производства (труда, капитала, энергии и материалов) на основе смены технологического уклада при снижении степени монополизации и государственного вмешательства в экономику. В этих сценариях рост ВВП на 2-4% в год возможен даже при менее благоприятной ситуации на рынках углеводородов, в основном, за счет повышения эффективности экономики, снижения коррупционной нагрузки, развития частной инициативы, среднего и мелкого бизнеса, обеспечения равенства возможностей, а значит, и переориентации капитальных вложений в менее капиталоемкие, энерго- и материалоемкие сферы. Эта группа сценариев отличается от предыдущей не столько темпами роста, сколько его качеством.

Перечень мер политики контроля за выбросами ПГ и их возможных сочетаний довольно широк, что создает обширное поле для обоснования возможности достижения целевых ориентиров. Все меры политики можно разделить на две группы: отражающие фоновые или рамочные условия изменения экономики – это меры, определяющие показатели динамики и структуры экономического роста, численности населения, объемов выпуска важнейшей продукции, жилищного строительства, параметры инфляции и др. и меры, отражающие специальные параметры экологической политики. Важен не только набор мер, но и интенсивность, а также согласованность их применения.

Были рассмотрены три сценария:

- «инерционный» (базовый) - умеренный экстенсивный рост» плюс «действующие меры» политики;
- «(энерго)эффективный» - умеренный экстенсивный рост» плюс «новые меры» политики, ориентированные в основном на повышение энергоэффективности;
- низкоуглеродный - умеренный интенсивный рост» плюс «решительные меры» политики, включающие ускорение развития НВИЭ и введение цены на углерод.

В приведенных ниже расчетах динамика выбросов от землепользования и разведения лесов не учитывается в силу ее недостаточной определенности.

3.2. Инерционный сценарий

В инерционном сценарии принято допущение, что работают только уже принятые меры политики стимулирования низкоуглеродного развития, включая меры в сфере повышения энергоэффективности, развития АЭС и НВИЭ, управления отходами, структурной перестройки и общего повышения эффективности российской экономики. Не производится запуск дополнительных мер политики ни в этих сферах, ни специальных мер по ограничению выбросов ПГ. В промышленности процесс замены старых мощностей происходит умеренными темпами и преимущественно на основе не наилучших, а наиболее распространенных сегодня в мире технологий. В прочих секторах параметры повышения энергоэффективности за счет технологической модернизации близки к наблюдаемым в последние годы. Процессы перестройки энергодобавки происходят близко

к параметрам «консервативного» сценария Энергетической стратегии России до 2035 г. Процессы, определяющие выбросы ПГ в таких сферах как сельское хозяйство, промышленные процессы, управление отходами, землепользование и изменение землепользования, лесное хозяйство также протекают инерционно согласно сложившимся в последние 10-20 лет тенденциям.

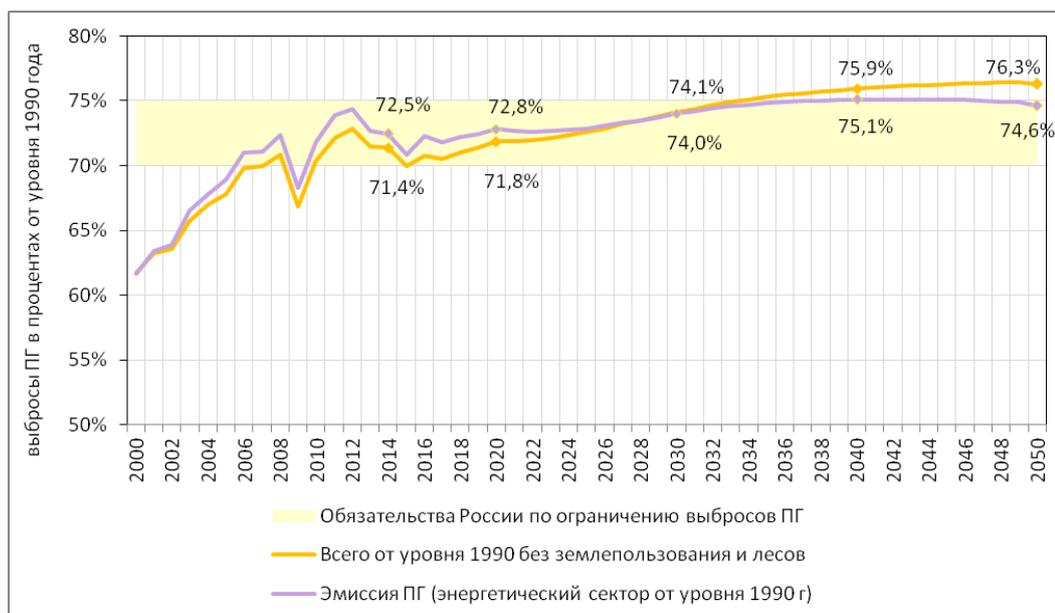
При развитии по инерционному сценарию, если в обязательства не включаются стоки углерода в лесах, то (рис. 2):

- выбросы ПГ из всех источников (кроме ЗИЗИЛХ) растут на 6% к 2030 г. и на 9% к 2050 г. до примерно 3 млрд т $\text{CO}_2\text{-экв.}$ к 2050 г., выходят на уровень насыщения и практически стабилизируются на этом уровне;
- обязательство по снижению выбросов на 25% к 2020 г. выполняется с определенным запасом³;
- обязательство по снижению выбросов на 25-30% к 2030 г. не проходит по верхнему показателю. Снижение составляет около 27%;
- с учетом возможности более динамичного, чем принято в расчетах, экономического роста и отсутствия достаточно надежных прогнозов выбросов ПГ в таких секторах, как промышленные процессы, сельское хозяйство и отходы, существует вероятность, что выбросы в 2030 г. превысят уровень в 75% от значения 1990 г.;
- после 2030 г. выбросы растут и к 2050 г. оказываются только на 24-25% ниже уровня 1990 г.;
- выбросы от энергетического сектора в 2030 г. оказываются на 26% ниже уровня 1990 г. То есть для этого сектора обязательство по снижению выбросов на 25-30% к 2030 г. выполняется только по нижней планке. К 2040-2045 гг. они выходят на пик, а затем начинают медленно снижаться;
- выбросы от прочих секторов (промышленные процессы, сельское хозяйство, отходы) растут опережающими темпами. Надежных долгосрочных прогнозов по этим составляющим выбросов нет. Поэтому степень неопределенности этих прогнозов выше, чем для сектора «энергетика». Мерам по снижению выбросов в этих секторах следует уделить внимание, поскольку на уровне 2050 г. они на 1,7% сдерживают возможности по ограничению суммарных выбросов (без учета стоков углерода в лесах).

Парижское соглашение предусматривает необходимость ужесточения национальных обязательств по ограничению выбросов ПГ каждые 5 лет. При отказе от реализации дополнительных мер политики и при опоре только на уже действующие Россия не сможет брать на себя более жесткие обязательства на 2040 г. и на 2050 г., особенно если стоки углерода в лесах будут сокращаться. При пессимистическом сценарии захвата углерода лесами выбросы из всех источников в 2050 г. будут равны 71% от значения 1990 г. То есть тогда даже с учетом стоков в лесах не выполняется задание по удержанию выбросов на 30% ниже значения 1990 г.

Рисунок 2. Динамика антропогенных выбросов ПГ во всех секторах как доля от уровня 1990 г. для инерционного сценария

³ При условии что методика инвентаризации выбросов ПГ не будет существенно меняться.



Источник: ЦЭНЭФ-XXI

3.2. Сценарий «(энерго)эффективный»

В этом сценарии не только вводится, но и эффективно реализуется⁴ широкий спектр «новых мер» политики по повышению энергоэффективности, разработанный в рамках перезапуска программы энергосбережения, который в рамках этого сценария является главным драйвером ограничения выбросов ПГ. Эти меры включают:

- в промышленности, включая ТЭК:
 - повышается доля производства инновационной неэнергоёмкой продукции;
 - процесс замены старых мощностей происходит ускоренными темпами;
 - новые производственные мощности вводятся на основе реальных лучших мировых практик, что позволяет существенно ускорить снижение удельных расходов энергии на производство этих продуктов;
- в секторе зданий:
 - требования по энергоэффективности нового строительства систематически повышаются;
 - интенсивность процессов капитального ремонта зданий с использованием пакетов мер по повышению энергоэффективности повышается;
 - вводятся дополнительные меры по повышению эффективности использования горячей воды и более жесткие стандарты энергоэффективности бытовых электроприборов и офисного оборудования;
- на транспорте:
 - вводятся повышенные стандарты энергоэффективности или удельных выбросов ПГ на единицу пробега;
- управление отходами:
 - во всех секторах вводятся новые механизмы обращения с отходами.

При развитии по (энерго)эффективному сценарию (рис. 3):

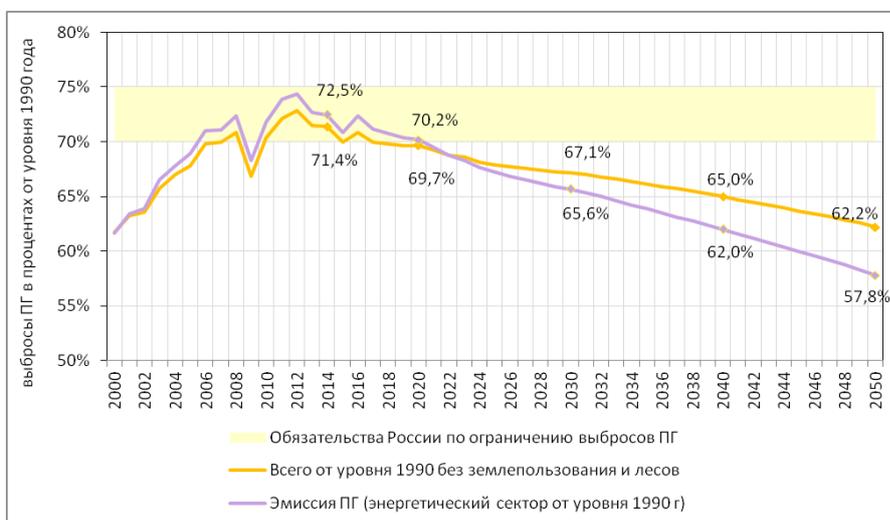
- выбросы ПГ из всех источников (кроме ЗИЗИЛХ) снижаются на 4% к 2030 г. и на 11% к 2050 г. до примерно 2,45 млрд т CO_{2-экв.} к 2050 г.;

⁴ Эффективность реализации политики повышения энергоэффективности должна быть кратно увеличена по сравнению с опытом 2010-2015 гг.

- обязательство по снижению выбросов на 25% к 2020 г. выполняется с определенным запасом⁵;
- обязательство по снижению выбросов на 25-30% к 2030 г. также выполняется с запасом;
- даже с учетом возможности неопределенности прогнозов выбросов ПГ в таких секторах, как промышленные процессы, сельское хозяйство и отходы, очень маловероятно, что суммарные выбросы в 2030 г. превысят уровень в 70% от значения 1990 г.;
- после 2030 г. выбросы снижаются и к 2050 г. оказываются на 38-42% ниже значения 1990 г.;
- выбросы от энергетического сектора в 2030 г. оказываются на 34% ниже уровня 1990 г. То есть для этого сектора обязательство по снижению выбросов на 25-30% к 2030 г. выполняется с запасом;
- выбросы от прочих секторов (промышленные процессы, сельское хозяйство, отходы) растут опережающими темпами. Без специальных мер сокращения они на 4,4% сдерживают возможности по ограничению суммарных выбросов (без учета стоков углерода в лесах).

Парижское соглашение предусматривает необходимость ужесточения национальных обязательств по ограничению выбросов ПГ каждые 5 лет. При реализации дополнительных мер политики Россия может брать на себя более жесткие обязательства как на 2040 г., так и на 2050 г.

Рисунок 3. Динамика антропогенных выбросов ПГ во всех секторах как доля от уровня 1990 г. для (энерго)эффективного сценария



Источник: ЦЭНЭФ-XXI

3.3. Сценарий «низкоуглеродный»

В этом сценарии проводится широкий спектр «решительных мер» политики по ограничению выбросов ПГ во всех секторах в дополнение к «новым мерам». Основные «решительные меры» включают:

- в секторе зданий:

⁵ При условии что методика инвентаризации выбросов ПГ не будет существенно меняться.

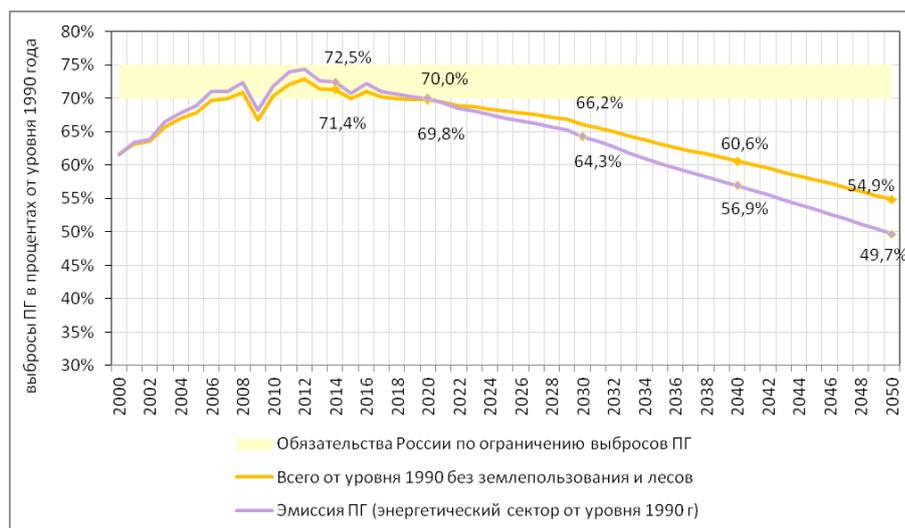
- требования по энергоэффективности нового строительства систематически повышаются и к 2040-2045 гг. приближаются к параметрам «пассивных зданий»;
- интенсивность процессов капитального ремонта зданий с использованием пакетов мер по повышению энергоэффективности повышается в несколько раз с постепенным доведением доли капитально ремонтируемых таким образом зданий до 2% в год;
- разворачиваются меры по поддержке микрогенерации на основе ВИЭ, и многие здания становятся «активными» (сами вырабатывают тепловую и электрическую энергию);
- расширяется использование биомассы (пеллет и др.) для целей отопления зданий;
- на транспорте:
 - вводятся повышенные стандарты энергоэффективности или удельных выбросов ПГ на единицу пробега;
 - активизируются меры политики по снижению спроса на поездки, по переключению на немоторизованные виды передвижения и по росту доли общественного транспорта в пассажирообороте;
 - расширяется доля гибридов и электромобилей в парке. Доля последних к 2050 г. повышается до 20%;
- в электроэнергетике:
 - происходят сдвиги в пользу ускорения развития генерации на АЭС и ГЭС, но главным образом, формируется схема активной поддержки генерации с использованием НВИЭ. Выработка электроэнергии на НВИЭ (без ГЭС) к 2050 г. растет до уровня, сопоставимого с нынешней выработкой на АЭС или ГЭС;
- управление отходами:
 - во всех секторах вводятся новые механизмы обращения с отходами;
 - доля утилизации отходов повышается до 67% к 2050 г.;
 - доля утилизации метана, образующегося в процессах очистки воды растет до 10% в 2050 г.;
- сельское хозяйство:
 - оцененный выше потенциал снижения выбросов за счет повышения продуктивности сельского хозяйства, изменения технологий возделывания почвы, хранения и использования навоза, применения удобрений и др. реализуется практически полностью;
- цена на углерод:
 - с 2020 г. вводятся механизмы, которые позволяют сформировать цену на углерод (налог на углерод, на топливо или схемы торговли квотами). Цена на углерод формируется на уровне 2 долл./т $\text{CO}_2\text{-экв.}$ в 2020 г. и затем ежегодно повышается на 2 долл./т $\text{CO}_2\text{-экв.}$, достигая значения 22 долл./т $\text{CO}_2\text{-экв.}$ в 2030 г. и 62 долл./т $\text{CO}_2\text{-экв.}$ в 2050 г.;
- захват и захоронение углерода:
 - предполагается, что технология захвата и захоронения углерода становится экономически привлекательной при цене углерода 58 долл./т $\text{CO}_2\text{-экв.}$. Такая цена формируется к 2048 г. Именно с этого года начинает применяться эта технология. Но масштаб ее применения к 2050 г. ограничен 2 млн т $\text{CO}_2\text{-экв.}$. Возможно, компании ТЭК России будут вынуждены экспортировать ископаемое топливо в пакете с технологией по захвату и захоронению углерода. Тогда масштабы применения этой технологии и в России могут быть выше.

При развитии по «низкоуглеродному» сценарию (рис. 4):

- выбросы ПГ из всех источников (кроме ЗИЗИЛХ) снижаются на 6,5% к 2030 г. и на 22% к 2050 г. до 2,161 млрд т CO_{2-экв.} к 2050 г.;
- обязательство по снижению выбросов на 25% к 2020 г. выполняется с запасом в 5%;
- обязательство по снижению выбросов на 25-30% к 2030 г. также выполняется с большим запасом. Даже с учетом неопределенности прогнозов выбросов ПГ в таких секторах, как промышленные процессы, сельское хозяйство и отходы, очень маловероятно, что суммарные выбросы в 2030 г. превысят уровень в 70% от значения 1990 г.;
- после 2030 г. выбросы снижаются и к 2050 г. оказываются на 45-50% ниже значения 1990 г.;
- выбросы от энергетического сектора в 2030 г. оказываются на 44% ниже уровня 1990 г. Для этого сектора обязательство по снижению выбросов на 25-30% к 2030 г. выполняется со значительным запасом;
- удается сдержать рост выбросов от прочих секторов (промышленные процессы, сельское хозяйство, отходы). Однако только стабилизация выбросов промышленных процессов, сельского хозяйства и отходов при снижении выбросов от энергетического сектора сдерживает возможности по ограничению суммарных выбросов на 4,8%;
- при реализации «решительных» мер политики, согласно Парижскому соглашению, Россия может брать на себя более жесткие обязательства на период 2035-2050 гг. вплоть до снижения выбросов до 45-50% от уровня 1990 г.;
- повышение доли электромобилей дает снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, но не дает снижения выбросов ПГ, поскольку доля выработки электроэнергии на тепловых станциях хотя и существенно снижается, но все же остается весомой;
- значительное повышение доли выработки электроэнергии на АЭС, ГЭС и НВИЭ за счет более высокой цены генерации на них приводит к некоторому повышению цен на электроэнергию, что дает дополнительный энергосберегающий эффект, который полностью компенсирует повышение цен.

Введение цены на углерод позволяет: в 2030 г. снизить выбросы на 1,6-1,9% от уровня 1990 г., или 2,2-2,7% от уровня 2015 г.; в 2050 г. – 4,5-5,4% от уровня 1990 г. или 6,2-7,6% от уровня 2015 г. Такие оценки эффекта от введения цены на углерод соответствуют максимальным оценкам вклада европейской системы торговли выбросами в снижение суммарной эмиссии ПГ. Фактическая реакция экономики на введение цены на углерод, как правило, превышает предварительные модельные оценки. Возможно, что при введении указанного уровня цены снижение выбросов будет более значительным. В этом направлении необходимы дополнительные исследования. Поскольку цена углерода на всем периоде не превышает 58 долл./тCO_{2-экв.} технология захвата и захоронения углерода не используется.

Рисунок 4. Динамика антропогенных выбросов ПГ во всех секторах как доля от уровня 1990 г. для «низкоуглеродного» сценария



Источник: ЦЭНЭФ-XXI

4. Сравнение сценариев и учет поглощения углерода лесами

Сравнение сценариев показало, что при условии реализации комплекса «новых мер» политики Россия может гарантировано выполнить: обязательство по снижению выбросов на 25% к 2020 г.; обязательство по снижению выбросов на 25-30% к 2030 г. Реализация комплекса «новых мер» во многом уже подготовлена и необходима не столько для решения задачи снижения выбросов ПГ, сколько для повышения общей эффективности экономики, роста высокопроизводительной занятости при использовании НДТ, укрепления экологической безопасности России за счет снижения выбросов вредных веществ в атмосферу, загрязненных стоков в водоемы, снижения смертности и заболеваемости населения по причине низкого качества окружающей среды и низкого качества теплового комфорта, снижения нагрузки на бюджеты разных уровней и на семейные бюджеты по оплате ЖКУ, повышения конкурентоспособности российской промышленности за счет перехода на новые технологии и снижения энергетических издержек.

Вклад лесов в выполнение обязательств по методу «нетто-нетто» по разным оценкам может составить в 2021-2030 гг. в среднем 71-107 млн. т С, или 260-392 млн. т CO₂. Тогда на уровне 2021-2030 гг. среднегодовые стоки углерода в лесах равны 10-15% от всего уровня антропогенных выбросов (без землепользования, изменения землепользования и лесов). Однако, если годовой баланс углерода в лесах будет изменяться, то к 2030 г. этот баланс может приблизиться к значению 1990 г. и вклад лесов по методу «нетто-нетто» станет сравнительно небольшим - не более 106 млн. т CO₂, или примерно 4% от всего уровня антропогенных выбросов (без землепользования, изменения землепользования и лесов) в 2030 г. Россия может использовать леса в качестве «подушки безопасности» для выполнения уже взятых обязательств на 2030 г. Однако, к 2050 г. вклад лесов может стать отрицательным (-245 млн. т CO₂), что равно примерно 9% антропогенных выбросов (без землепользования, изменения землепользования и лесов) по «эффективному» сценарию. В таком случае снижение стока углерода в лесах должно быть компенсировано другими секторами.