



# Стратегия низкоуглеродного развития России

---

*возможности и выгоды замещения ископаемого  
топлива «зелеными» источниками энергии*

Авторский коллектив:

Г.В.Сафонов, А.В.Стеценко, А.Л.Дорина, С.Л.Авалиани, Ю.А.Сафонова, Д.С.Беседовская

Авторы выражают благодарность за активное участие в обсуждении материалов данного исследования, представление дополнительной информации и данных, используемых в нашем проекте проф. Г.Е.Мекуш (Кемеровский государственный университет), Е.В.Перфильевой (ИнЭКА, Новокузнецк), проф. М.Ю.Шишину и проф. В.Я. Федянину (Алтайский государственный технический университет), Е.Мазанику, Ю.Семенихину и А.Садову (ОАО «СУЭК-Кузбасс», Новокузнецк), Н.Козлову (ОАО «Славино», Новокузнецк), Е.Лушпа («Экоклимат-Алтай», Барнаул), П.Федорову (экодом «Апарт-отель», Барнаул), Ю.Ташпакову (энергетический эксперт, Майма), А.Н.Ялбакову (ООО «Солнечная энергия», Горноалтайск), М.И.Сапарову (Энергетический институт им. Кржижановского), О.В.Луговому и В.Поташникову (РАНХиГС), И.А.Башмакову (ЦЭНЭФ), А.О.Кокорину (WWF-Россия), проф. Л.Н.Скуратовской (РАН), Д.Медлеву, А.Рахманову и Т.Интигриновой (Оксфам-Россия) и многим другим. Мы также очень признательны организации Оксфам за поддержку в выполнении данного исследования, полезные дискуссии и помощь в распространении результатов проекта

Публикация подготовлена при поддержке ОКСФАМ. Распространяется бесплатно.

(с) Авторы (2016).

(с) АНО Центр экологических инноваций (2016).

## Оглавление

Аббревиатуры .....	3
Введение .....	4
1. Динамика выбросов парниковых газов: драйверы и тренды .....	6
1.1. Основные источники выбросов ПГ .....	6
1.2. Факторы роста/снижения выбросов .....	9
1.3. Возможности низкоуглеродного роста .....	2
1.4. Угольная отрасль России .....	8
2. Прогнозы выбросов парниковых газов .....	15
2.1. Моделирование выбросов в России .....	15
2.2. Сценарий «энергоемкого роста» (сохранение энерго-сырьевой модели) .....	16
2.3. Сценарий «развитие как обычно» (business as usual) .....	18
2.4. Сценарии низкоуглеродного развития .....	20
3. Алтайский регион: развитие возобновляемой энергетики .....	28
3.1. Солнечная энергетика .....	28
3.2. Ветровые электростанции .....	30
3.3. Малые ГЭС .....	31
3.4. Органические отходы/биотопливо .....	33
3.5. Гибридные системы .....	34
3.6. Тепловые насосы .....	35
3.7. Социальные выгоды от использования возобновляемых источников энергии .....	37
4. Кемеровская область: возможности низкоуглеродного развития в ведущем угольном регионе России .....	39
4.1. Роль угля в энергетике и экономике Кузбасса .....	39
4.2. Загрязнение и выбросы парниковых газов .....	41
4.3. Альтернативы традиционному использованию угля и энергоснабжению .....	42
5. Рекомендации по формированию стратегии низкоуглеродного развития России .....	50
Литература .....	57

## Аббревиатуры

CO<sub>2</sub> – углекислый газ

ВВП - валовой внутренний продукт

ВИЭ - возобновляемые источники энергии

ГЭС - гидроэлектростанция

ЗИЗЛХ - сектор землепользования, изменения в землепользовании и лесного хозяйства

МГЭИК – Межправительственная группа экспертов по изменению климата

ООН – Организация Объединенных Наций

ПГ – парниковые газы

ПЭС - приливная электростанция

РКИК – Рамочная Конвенция ООН об изменении климата

СЭС – солнечная электростанция

т.н.э. – тонна нефтяного эквивалента

т.у.т. – тонна условного топлива

ТДж – тераджоуль

CCS (carbon capture and storage) – технологии улавливания и захоронения углерода

## Введение

В данной публикации представлены результаты научного исследования, основная цель которого – изучить возможности усиления российской стратегии по снижению воздействия на климатическую систему, замещения ископаемых видов топлива (прежде всего, угля) альтернативными, безуглеродными источниками энергии, реализации мер по внедрению технологических инноваций, а также оценить сопутствующие эффекты, такие как улучшение качества окружающей среды и здоровья населения при переходе на низкоуглеродный путь развития экономики России. Особое внимание мы уделяем влиянию стратегий декарбонизации на благосостояние людей, здоровье, качество среды обитания, справедливость и гендерное равенство.

Ключевыми вопросами исследования являются:

- Как выглядит базовый сценарий развития экономики и энергетики страны до 2050 года при сохранении текущей структуры экономики, энергетического баланса, сложившихся тенденций развития технологической базы в основных отраслях и секторах экономики?
- Как может повлиять на выбросы парниковых газов реализация энергоемкого сценария развития России, сохранения и развития энергосырьевой модели экономики за счет роста производства, потребления и экспорта ископаемых энергоресурсов, черной и цветной металлургии, химической промышленности, других углеродоемких отраслей?
- Как менялись бы выбросы углерода при сценарии «развитие как обычно»?
- Каковы «климатически дружелюбные» сценарии социально-экономического развития России, насколько может быть использован потенциал расширения низкоуглеродных секторов экономики?
- Каковы перспективы угольной промышленности и энергетики, возможности развития угольных регионов страны?
- Возобновляемые источники энергии: потенциал, практический опыт использования, роль в декарбонизации экономики России.

В исследовании не только затрагивается вопрос о долгосрочных сценариях снижения выбросов парниковых газов в России, но и сопутствующие эффекты от их реализации, включая экологические последствия, влияние на окружающую среду и здоровье населения, гендерные аспекты низкоуглеродного развития и др.

Особое внимание уделяется вопросу развития угольной промышленности. Уголь традиционно воспринимается как наиболее «грязный» вид энергоресурса, при его сжигании не только выделяется углекислый газ (примерно в два раза больше, чем соответствующий показатель у природного газа), но и большой объем вредных и загрязняющих веществ (тяжелые металлы, канцерогены, твердые частицы и др.). поиск альтернатив для традиционного сжигания угля – одно из дополнительных исследований в

рамках проекта, которое мы провели на примере крупнейшего угольного региона России - Кемеровской области.

Другое углубленное исследование было проведено в Алтайском регионе. Это регион-импортер и потребитель ископаемого топлива, где отсутствуют значимые собственные запасы угля, нефти и природного газа. При этом край обладает большим потенциалом использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ), мощным научным и технологическим потенциалом, опытом внедрения технологий ВИЭ.

По результатам проведенного анализа сформулированы рекомендации о возможностях усиления стратегии России по смягчению воздействия на климатическую систему на перспективу до 2030 и 2050 гг. Данные рекомендации могут быть использованы при выработке политики и мер по реализации нового международного климатического соглашения, принятого в декабре 2015 года на 21-ой Конференции Сторон РКИК ООН в Париже.

## 1. Динамика выбросов парниковых газов: драйверы и тренды<sup>1</sup>

### 1.1. Основные источники выбросов ПГ

Россия является одним из крупнейших источников выбросов парниковых газов (ПГ) в мире, при этом демонстрируя существенное снижение нетто-эмиссий ПГ за период 1990-2013 гг. – на 29% (Рис. 1.1).<sup>2</sup>

В 1990 году общий объем выбросов парниковых газов (без учета землепользования и лесного хозяйства) в России составлял 3 941 млн тонн CO<sub>2</sub>-эквивалента. В период экономических реформ 1990-х годов выбросы парниковых газов в стране резко сократились. Это связано, прежде всего, с падением промышленного производства, и изменением структуры выпуска в пользу менее энергоемких отраслей, что привело к снижению потребления энергоресурсов. В 1990-1998 гг. суммарные выбросы ПГ снизились на 39%. При этом выбросы от сжигания ископаемого топлива уменьшились на 42%, от промышленных процессов на 47%, в сельском хозяйстве на 46%, от отходов на 1%.

С 1999 г. выбросы ПГ в стране стали возрастать. Согласно данным национальной инвентаризации, в период 1999-2013 гг. суммарно выбросы ПГ выросли до 71% от уровня 1990 года. Увеличение выбросов в среднем на 1% в год резко контрастировало с быстрым ростом ВВП (суммарный прирост составил более 60%) и промышленного производства. В этот период наблюдается расхождение траекторий («декаплинг») роста ВВП и эмиссий ПГ.

Глобальный финансово-экономический кризис 2008 года внес существенные коррективы в развитие экономики страны, что сказалось и на выбросах ПГ. В 2009 году суммарные выбросы в России сократились на 5,7% от предыдущего года. В 2010-2013 гг. наблюдался рост выбросов ПГ на 6,4%.

Стоит отметить, что в 2013 г. уровень выбросов ПГ составил: без учета ЗИЗЛХ – 71% от 1990 г., а с учетом поглощения углерода (ЗИЗЛХ) – 57% от 1990 г. В 2014-2015 гг. выбросы ПГ в стране, вероятно, снижались. Так, по данным ВР, в 2014 г. выбросы от сжигания топлива снизились в России на 1,5%, энергопотребление сократилось на 1,2% (8 млн т.н.э), потребление угля – на 5,8%, газа – на 1,0%, нефти – возросло на 0,9% по сравнению с предыдущим годом.<sup>3</sup>

В настоящее время структура выбросов ПГ в России соответствует структуре большинства промышленно развитых стран и составляет (в пересчете на эквивалент CO<sub>2</sub>) непосредственно углекислого газа около 80%, метана –16%, закиси азота – 1,8%, фторидов – 2,2%.

---

<sup>1</sup> В разделе использованы материалы исследований, проведенных авторами в рамках научных проектов по декарбонизации экономики России при поддержке Сети устойчивого развития ООН и Фонда стратегической программы.

<sup>2</sup> По уточненным данным национальной инвентаризации парниковых газов, представленной Россией в Секретариат РКИК ООН (<http://unfccc.int>), выбросы в базовом 1990 году по сравнению с предыдущей инвентаризацией, возросли на 578 млн т CO<sub>2</sub>-экв.

<sup>3</sup> <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/country-and-regional-insights/russia-insights.html>

Структура выбросов парниковых газов по классификации РКИК ООН (категориям источников) представлена на Рис. 1.2. Отметим, что она достаточно стабильна в течение рассматриваемого периода. Около 98% прямых антропогенных выбросов CO<sub>2</sub> связано со сжиганием ископаемого топлива, остальные 2% выбросы, обусловленные некоторыми видами производств, например, цемента. Структура выбросов CO<sub>2</sub> от использования ископаемого топлива составляет: по природному газу – 51%, нефти – 24% и углю 25%, что отличается от аналогичных мировых показателей: 20%, 42% и 38%, соответственно.

Изменения в структуре промышленного производства в период с 1990 по 2011 гг. слабо сказывались на отраслевой структуре выбросов ПГ в стране. Наибольший вклад в общие выбросы ПГ по-прежнему вносят энергетический сектор - около 45%, металлургия - 11%, транспорт - 10%, сектор производства стройматериалов и химической промышленности - примерно 7%. Это связано с преобладанием энергоемких отраслей и низким уровнем обновления основных фондов. Однако, учитывая, что доля промышленного производства в экономике России достаточно высока, а во многих отраслях промышленности наблюдается рост, этот фактор приобретает все большее значение с точки зрения регулирования выбросов ПГ.

Согласно данным Национального кадастра ПГ России, ежегодно представляемого в секретариат РКИК ООН, по предусмотренной классификации источников эмиссии и поглощения ПГ, наиболее значимыми являются энергетика (понимаемая в более широком смысле – все эмиссии от добычи, транспортировки, переработки, потребления ископаемых энергоресурсов) и сектор землепользования и лесного хозяйства (ЗИЗЛХ). На Рис. 1.2 представлена динамика выбросов и абсорбции ПГ в этой классификации.

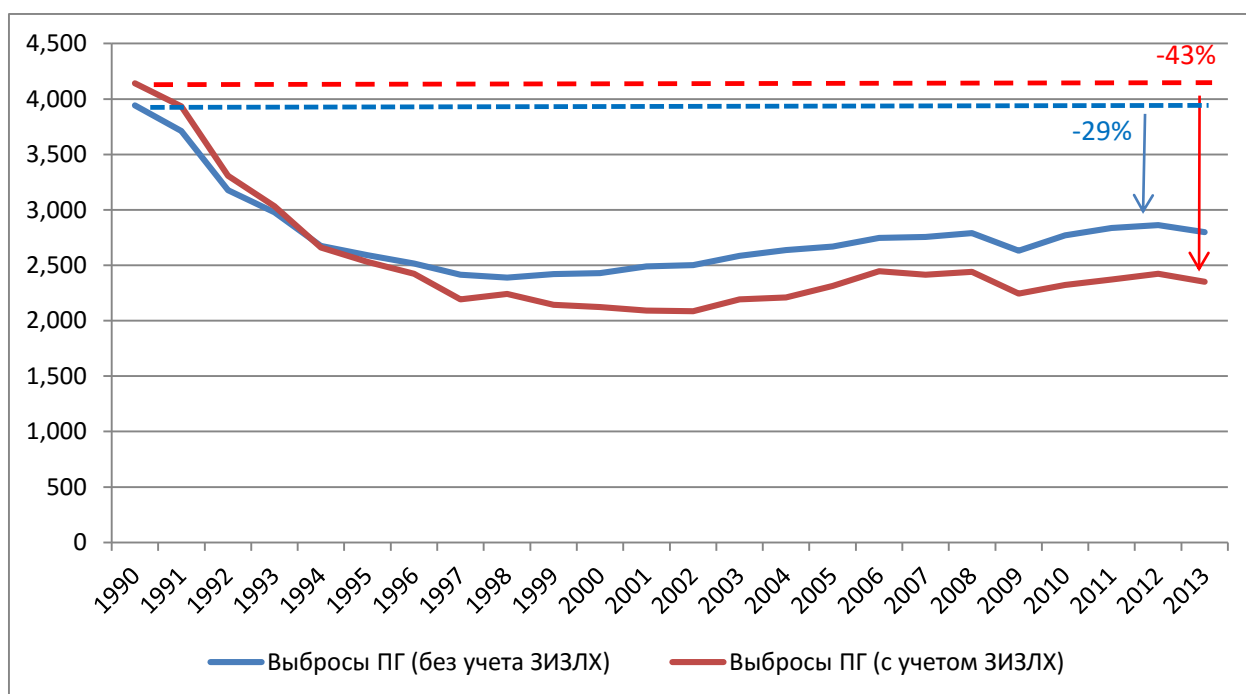


Рисунок 1.1. Динамика выбросов парниковых газов с учетом и без учета сектора ЗИЗЛХ в России (млн тонн CO<sub>2</sub>-эквивалента), 1990-2013 гг. Источник: Национальный кадастр выбросов ПГ России / Секретариат РКИК ООН.



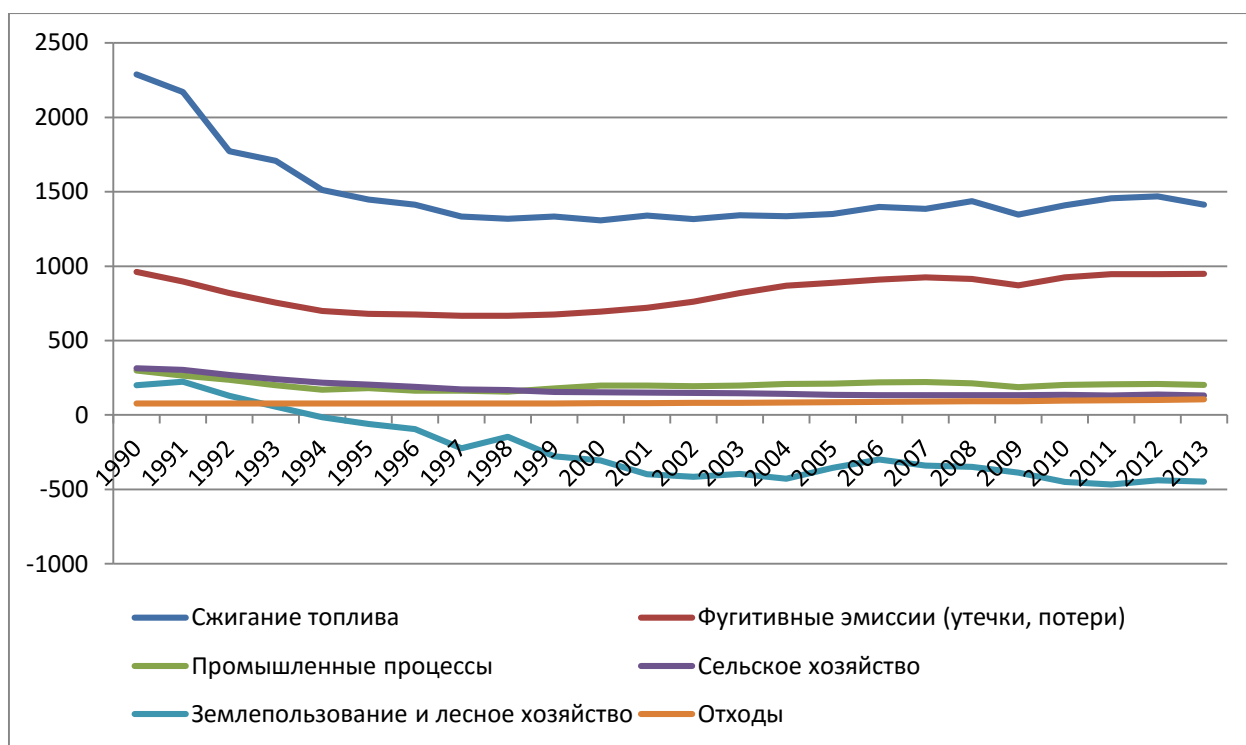


Рисунок 1.2. Структура выбросов ПГ в России по категориям источников (млн т CO<sub>2</sub>-экв).  
Источник: Национальный кадастр выбросов ПГ России / Секретариат РКИК ООН.

Инвестиции в современные производственные технологии, модернизацию промышленного капитала, управленческие технологии (менеджмент), широкомасштабное стимулирование инноваций в сфере производства и потребления являются ключевым фактором, который будет определять динамику выбросов ПГ в России в ближайшие десятилетия. В настоящее время большинство отраслей промышленности по-прежнему широко используют неэффективные по современным мировым стандартам технологии, более энерго- и материалоемкие. На уровне же потребления энергоресурсов населением ситуация меняется пока медленно.

Применение энергосберегающих технологий может уменьшить расход энергоресурсов в стране на 40-48%. Около трети этого потенциала экономии имеют отрасли ТЭК, другая треть сосредоточена в остальных отраслях промышленности и в строительстве, свыше четверти - в коммунально-бытовом секторе, 6-7% - на транспорте, 3% - в сельском хозяйстве. Существенное ускорение экономического развития в стране может быть реализовано за счет формирования высокотехнологических отраслей, что должно привести к повышению энергоэффективности, замедлению роста и снижению внутреннего потребления ископаемого топлива, а значит и выбросов парниковых газов на национальном уровне в долгосрочной перспективе.

## 1.2. Факторы роста/снижения выбросов

Динамика выбросов ПГ в России существенным образом зависит от темпов и особенностей экономического роста, структурных преобразований, промышленной, энергетической, налоговой, инновационной, инвестиционной политики, темпов внедрения современных технологий, природоохранного регулирования и ряда других факторов. Ниже рассмотрены наиболее важные из них.

### ***Экономический рост***

Экономический рост является одним из основных факторов роста спроса на энергетические ресурсы. Рост ВВП часто приводит к увеличению спроса на энергоресурсы и потребления энергии, соответственно, росту выбросов. Однако, данная зависимость не столь однозначна. Кроме спроса на энергоресурсы, рост ВВП также означает существенные структурные сдвиги в экономике, рост производительности труда, внедрение новых технологий (в том числе более энергоэффективных), рост доли услуг, высокотехнологичной, инновационной продукции в выпуске, которые, как правило, являются неэнергоемкими.

Международные сопоставления показателей выбросов парниковых газов от сжигания ископаемого топлива с уровнем душевого ВВП показывают, что для стран с более высокими душевыми доходами характерен более высокий уровень выбросов. Однако при достижении определенного уровня доходов темпы роста выбросов замедляются. Показатель углеродоемкости, рассчитываемый как отношение эмиссии CO<sub>2</sub> к уровню ВВП, как правило, снижается при росте ВВП. Однако этот показатель зависит от множества факторов и трудно прогнозируем без соответствующей детализации. Например, увеличение доли атомной и/или возобновляемой энергетики в стране приведет к значительному снижению показателя углеродоемкости (опыт Франции и Германии). Аналогично, внедрение новых, более эффективных технологий со стороны производства и потребления, также приведет к снижению этого показателя.

### ***Стратегии и долгосрочные цели развития***

Для определения выбросов ПГ в долгосрочной перспективе важнейшей задачей является разработка реалистичных сценариев развития экономики, структурных изменений, технологического развития и т.д. В России эта задача решается как на уровне органов государственной власти, прежде всего, Министерства экономического развития РФ, так и научно-исследовательских и экспертных групп.

В текущих внешнеполитических и экономических условиях (после введения санкций в отношении российских предприятий, падения цен на энергоносители, ограничения на доступ к капиталу и технологиям и т.д.) достаточно сложно оценить долгосрочные последствия для экономики и ее отдельных отраслей и секторов. Снижение темпов роста ВВП России до уровня менее 1% в 2014 г., и около нуля в 2015 г., рост инфляционных ожиданий, резкий рост обменного курса, отток капитала из страны – эти факторы,

безусловно, окажут существенное влияние на развитие экономики России в ближайшее время, а также, вероятно, в среднесрочной перспективе. Учитывая большую неопределенность, в ближайшее время потребуются корректировка основополагающих стратегических документов развития экономики и ключевых отраслей промышленности России (например, Энергетической стратегии и др.). Однако на момент подготовки данного отчета официальных материалов, учитывающих влияние новых условий на долгосрочные перспективы развития экономики, пока не утверждено. Поэтому разработка сценариев и прогноз выбросов парниковых газов в России базируется на уже принятых целях и показателях. Учитывая долгосрочность прогнозов выбросов ПГ, вполне вероятно, что динамика выбросов до 2030-2035 гг. будет зависеть больше от фундаментальных экономических и технологических факторов, чем от кратковременных воздействий вводимых санкций.

Одним из ключевых документов, определяющих государственную экономическую политику в стране, является Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации (на период до 2020 г.), разработанная в соответствии с поручением Президента Российской Федерации. Многие стратегические государственные решения основываются на положениях Концепции, поэтому целесообразно указать на некоторые важные ее характеристики. Согласно Концепции, стратегической целью является достижение уровня экономического и социального развития, соответствующего статусу России как ведущей мировой державы XXI века, с привлекательным образом жизни, занимающей передовые позиции в глобальной экономической конкуренции и надежно обеспечивающей национальную безопасность и реализацию конституционных прав граждан.

В Концепции определено несколько важнейших целей, в частности:

- До 2020 г. Россия должна войти в пятерку стран-лидеров по объему ВВП;
- ВВП на душу населения должен вырасти с 13,7 тысяч долларов США в 2006 году до 30 тысяч долларов в 2020 году и около 50 тысяч долларов в 2030 году;
- Обеспечение лидерства России в поставках энергоресурсов на мировые рынки;
- Россия должна занять значимое место на рынках высокотехнологичных товаров (не менее 10 процентов) и интеллектуальных услуг;
- Ожидаемая продолжительности жизни возрастет до 75 лет и др.

Достижение поставленных целей потребует перехода российской экономики от экспортно-сырьевого к инновационному социально-ориентированному типу развития, базирующегося на решении следующих задач:

- диверсификации экономики, в структуре которой ведущая роль переходит к отраслям «экономики знаний» и высокотехнологичным отраслям промышленности. Доля высокотехнологичного сектора и «экономики знаний» в ВВП должна составлять не менее 17-20%, вклад инновационных факторов в годовой прирост ВВП – не менее 2-3%;

- повышения эффективности и конкурентоспособности экономики, без существенного наращивания производственных ресурсов. Производительность труда должна увеличиться к 2020 году в 2,4-2,6 раза (по отдельным секторам – до 4 раз), а энергоэффективность – в 1,6-1,8 раза;
- высокой инновационной активности компаний, связанной с освоением новых рынков, обновлением ассортимента продукции, освоением новых технологий, созданием новых форм организации бизнеса. Доля промышленных предприятий, осуществляющих технологические инновации, должна возрасти до 40-50%, а инновационной продукции в объеме выпуска – до 25-35%;
- активизации фундаментальных и прикладных исследований и разработок при кардинальном повышении их результативности. Внутренние затраты на исследования и разработки должны подняться до 3,5-4% ВВП в 2020 году;
- повышения качества человеческого капитала и эффективности его использования, что характеризуется опережающим ростом заработной платы квалифицированных работников. Среднемесячная заработная плата в экономике должна повыситься в 2020 году до 2700 долларов США;
- опережающего роста отраслей, обеспечивающих развитие человеческого потенциала, прежде всего, образования и здравоохранения. Расходы на образование за счет государственных и частных источников – 5,5-6% ВВП в 2020 году, на здравоохранение - 6,5-7% ВВП в 2020 году, что сопоставимо с уровнем наиболее развитых стран.

Безусловно, представленные в КДР-2020 оценки роста ВВП не представляются актуальными в современных реалиях. Хотя саму Концепцию никто и не отменял. Она по-прежнему используется при определении целевых показателей развития на федеральном и региональном уровнях, хотя и с некоторыми корректировками.

Разброс экспертных оценок относительно роста ВВП к 2030 году и далее крайне широк, особенно с учетом текущего экономического спада и неопределенностей, связанных с перспективами отмены санкций, доступа к мировым рынкам капитала, современным технологиям и др. Соответственно, выбор сценарных предположений для прогнозирования выбросов ПГ в России представляется достаточно непростой задачей.

### ***Численность населения***

Важным фактором, влияющим на динамику выбросов ПГ в России, является численность населения. От него зависит внутренний спрос на энергоемкую продукцию, потребление энергоресурсов (тепла, электроэнергии, топлива), бытовые отходы, животноводство и др.

Тенденция к депопуляции, которая началась с 1990 года, по некоторым оценкам, ведет к уменьшению численности населения до 137 миллионов человек в 2030 г. По другим оценкам, активная демографическая политика (финансовое стимулирование рождаемости, миграция) может изменить данную тенденцию и привести к росту численности населения до 146 млн. в 2030 г. Сценарии ООН показывают пессимистичные

прогнозы: при худшем сценарии численность населения страны может сократиться до 92,4 млн человек к 2050 г. В наших расчетах используются, как правило, консервативные оценки численности населения России – 120 млн человек к 2050 г.

### ***Структура и динамика развития энергетики***

Для производства первичной энергии Россия потребляет около 700 млн т.н.э. энергоресурсов. Основную часть (около 90%) составляют ископаемые виды топлива, такие как нефть, природный газ, уголь.<sup>4</sup> Остальные 10% приходятся на низкоуглеродные энергоресурсы - атомную, крупную гидро-энергетику и ВИЭ. Доля последней в 2012 г. составляла 0,1%.

Долгосрочные перспективы развития энергетики определяются Энергетической стратегией, разрабатываемой Минэнерго России с участием государственных структур, научных институтов, деловых кругов и официально утверждаемой Правительством РФ.

Распоряжением Правительства РФ от 13 ноября 2009 г. # 1715-р была утверждена «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года». Последнее обновление этого документа – Энергостратегия 2035 – подготовлено Минэнерго России и находится в стадии утверждения Правительством РФ. Основные прогнозные показатели до 2035 г. представлены в Таблице 1.2.

Следует отметить, что по-прежнему в долгосрочных прогнозах Минэнерго России доминирующая роль в энергоснабжении отводится ископаемым видам энергоресурсов. При росте внутреннего потребления энергии на 24% к 2035 г. министерство ожидает рост потребления газа на 24%, угля на 9%, нефти – без изменений.

### ***Технологическая база экономики***

Стоит также отметить, что Россия в сопоставлении с другими странами приближена к "верхней границе" уровня выбросов, характерных для стран с аналогичным уровнем душевых доходов. Это связано, с одной стороны, с особенностями российской промышленности, в которой преобладают энергоемкие отрасли. С другой стороны, с устаревшим оборудованием, унаследованным со времен СССР и до сих пор используемым в производстве. По данным Росстата, более 70 процентов производственного оборудования в стоимостной структуре старше 20 лет, т.е. было введено еще в советский период. Около половины основных фондов производственного оборудования крупных и средних предприятий промышленности является морально и физически изношенными (Рис. 1.4). Устаревание, моральный и физический износ основных фондов формируют большой потенциал для роста производительности и энергоэффективности.

---

<sup>4</sup> По данным BP Statistical Review of World Energy (2013).

# Russian Federation BALANCE (2013)

Millions of tonnes of oil equivalent

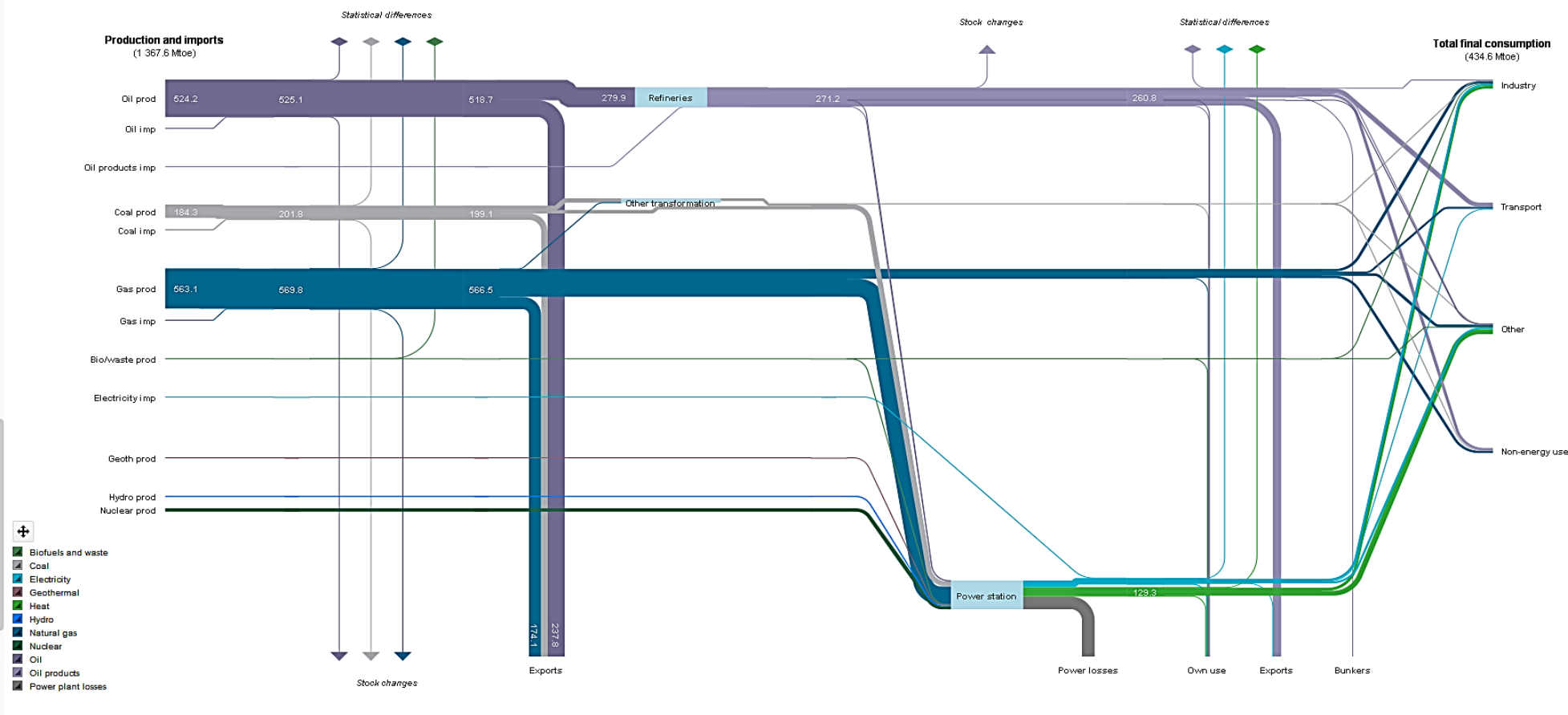


Рис. 1.3. Энергетический баланс России, 2013 г. (млн т.н.э.). Источник: МЭА (2016).

Таблица 1.2. Прогнозные показатели динамики внутреннего спроса на основные виды энергоресурсов в России на период до 2035 года.

Показатели	2010 год факт	2012 год факт	2020 год прогноз*	2025 год прогноз*	2035 год прогноз*
Потребление первичных топливно-энергетических ресурсов (млн. тонн условного топлива)	993	1013	<u>1100</u> 1086	<u>1158</u> 1136	<u>1260</u> 1212
Потребление нефти (переработка) (млн. тонн)	250	271	<u>275</u> 265	<u>273</u> 262	<u>270</u> 255
Потребление газа (млрд. куб. м)	459	469	<u>523</u> 513	<u>549</u> 536	<u>586</u> 569
Потребление твердого топлива (млн. тонн условного топлива)	177	176	<u>173</u> 172	<u>179</u> 172	<u>192</u> 178
Потребление электроэнергии (млрд. кВт·ч)	1021	1052	<u>1217</u> 1191	<u>1335</u> 1287	<u>1570</u> 1458

\* Показатели вверху - целевого сценария Стратегии; внизу – сценария риск-анализа.

Источник: Минэнерго России, Энергетическая стратегия – 2035 (проект).

Износ основных производственных фондов составляет:

- всего в РФ – 48%
- добывающие предприятия – 53%
- обрабатывающие - 47%
- транспорт и связь – 57%

Оборудование старше 25 лет (установленное еще во времена СССР):

- электростанции – более 90%
- котельные – 70%
- электрические сети – 70%
- тепловые сети – 66%

Таким образом, на динамику выбросов ПГ влияет довольно большой набор факторов. Поэтому необходимо применение методов дезагрегированного прогнозирования выбросов ПГ с вовлечением в анализ реально используемых технологий производства, преобразования и потребления энергии. Данный подход известен как моделирование "снизу-вверх" в отличие от распространенной методологии моделирования "сверху-вниз", основанной на прогнозировании выбросов на базе макропоказателей (выпуск продукции по отраслям, динамика ВВП).

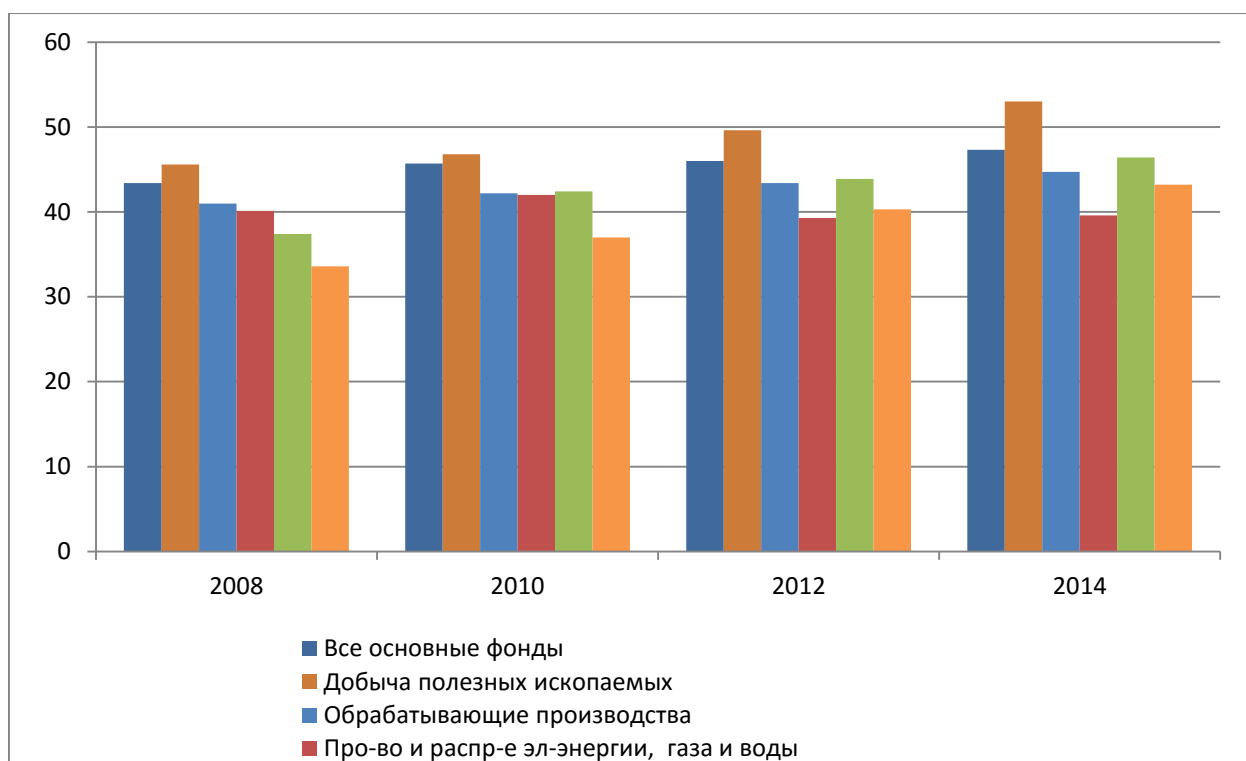


Рисунок 1.4. Степень износа основных фондов по отраслям экономики России (%).  
Источник: Росстат.



### 1.3. Возможности низкоуглеродного роста

#### ***Энергосбережение и возобновляемые источники энергии***

Одним из наиболее важных источников снижения выбросов парниковых газов в России является повышение энергоэффективности и энергосбережение. С точки зрения моделирования выбросов ПГ, существенное значение имеет описание как процесса замещения устаревших технологий, так и характеристик новых технологий, в том числе их энергоемкость, производительность, стоимость и т.д. Именно этот «технологический» ресурс обеспечивает наиболее значительный потенциал долгосрочного снижения выбросов ПГ в России.

Согласно оценкам Международного энергетического агентства, меры по повышению энергоэффективности позволят сократить глобальные выбросы ПГ на 40% к 2050 году (24% в секторе конечного потребления топлива, 12% в потреблении электроэнергии, 7% в производстве электроэнергии и замене топлива на более экологически чистое)<sup>5</sup>.

Российский потенциал повышения энергоэффективности оценивается различными организациями и экспертными группами. Согласно наиболее свежим данным, полученным в ходе исследования Всемирного банка и ЦЭНЭФ<sup>6</sup>, Россия может «сберечь» до 45% первичного энергопотребления, если реализует пакет мер в этой области.

В исследовании Агентства по прогнозированию балансов в энергетике (АПБЭ) показано, что потенциал энергосбережения, который может быть реализован до 2020 года, достигает 250-275 млн. тонн условного топлива (тут) в год или около 63% суммарного потенциала России. Суммарный потенциал энергосбережения оценивается в 420 млн. тут, на долю пяти крупнейших секторов (жилой сектор, электроэнергетика, промышленность, транспорт, теплоснабжение) приходится более 70% потенциала.

Динамика роста спроса и возможностей энергосбережения на перспективу до 2030 года была оценена Институтом энергетической стратегии (ИЭС). Согласно данным ИЭС, технологический потенциал составляет около 25% от суммарного потенциала экономии первичной энергии, тогда как структурные преобразования в экономике позволяют добиться 75% энергосбережения. В этой связи политику повышения энергоэффективности экономики России действительно необходимо рассматривать в широком плане, с учетом всех, а не узкоотраслевых возможностей.

Основной потенциал использования возобновляемых источников энергии в России связан с гидроэнергетикой (крупные, малые и микро-ГЭС), солнечной, ветровой, геотермальной энергетикой и др. Крупная гидроэнергетика играет значительную роль в производстве электроэнергии в России – ее доля около 18% в энергобалансе страны. При этом доля всех

---

<sup>5</sup> IEA (2008), Energy Technology Perspectives 2008 - Scenarios and Strategies to 2050, p.64, Figure 2.2; IEA WEO (2011) <http://www.worldenergyoutlook.org>.

<sup>6</sup> WB & IFC (2008) World Bank & International Finance Corporation, Energy efficiency in Russia: Untapped Reserves, [http://www.ifc.org/ifcext/rsefp.nsf/AttachmentsByTitle/FINAL\\_EE\\_report\\_Engl.pdf/\\$FILE/Final\\_EE\\_report\\_engl.pdf](http://www.ifc.org/ifcext/rsefp.nsf/AttachmentsByTitle/FINAL_EE_report_Engl.pdf/$FILE/Final_EE_report_engl.pdf)

остальных видов возобновляемых источников энергии - менее 1%. Это связано с наличием крупных запасов ископаемых видов энергоресурсов, которым придается основной приоритет, и отсутствием в недавнем прошлом конкурентоспособных технологий возобновляемой энергетики. Удорожание добычи, стремительное развитие новых технологий, проблемы изменения климата и экологии меняют «статус-кво» на энергетическом рынке в пользу возобновляемой энергетики, потенциал которой пока далеко не раскрыт.

В исследовании [П.П.Безруких и др., 2007] была проведена подробная оценка технического и экономического потенциалов использования возобновляемых источников энергии в России. Технически доступный – это потенциал, который может быть достигнут с применением существующих в мире технологий, без учета финансовой эффективности. Использование экономически доступного потенциала оправдано при существующих ценах на энергию и стоимости соответствующих технологий. Экономическая эффективность зависит от множества параметров – главным образом, от цен на ископаемое топливо. Так, рост цен на газ, нефть, уголь, повышает сравнительную привлекательность, например, ветровых, гидро- и атомных электростанций. Следовательно, экономически целесообразный потенциал должен вырасти. Поэтому данная величина является довольно условной и справедлива лишь для определенных экономических условий. В данной работе используются оценки, полученные экспертами ИЭС для условий на момент проведения исследования.

В Табл. 1.3 приводятся оценки потенциала для различных видов возобновляемых энергоресурсов. Привлекает внимание тот факт, что экономически доступный потенциал достигает около 30% всех добываемых в России ископаемых видов энергоресурсов, в то время как технический потенциал превышает этот показатель примерно в 25 раз.

**Таблица 1.3. Потенциал использования ВИЭ для производства электроэнергии и тепла в России.**

	Потенциал	
	Технический, млн тут (млрд кВт-ч в год)	Экономический, млн тут (млрд кВт-ч в год)
Геотермальные источники	11868	114
Малые ГЭС	126 (372)	70 (205)
Биомасса	140	69
Низкопотенциальное тепло	194	53
Ветровая энергия	2216 (6517)	11 (33)
Солнечная энергия	9676	3
Микро-ГЭС	83 (253)	-
Всего в России	24221	320

Источник: Безруких и др. (2007).

Величина экономического потенциала превышает объем производимой электроэнергии и тепла в России за вычетом потерь при генерации и составляет более трети всего потребления ископаемого топлива в России (без учета крупной гидроэнергетики). Таким образом, Россия обладает внушительным потенциалом для замещения ископаемого топлива альтернативными энергоисточниками. Задействование лишь экономического потенциала позволило бы увеличить долю ВИЭ до 25-30% в энергобалансе страны и высвободить для экспорта дополнительные объемы природного газа и нефти. Эти оценки не учитывают территориальное размещение источников энергии и спроса, проблему согласования по времени между предложением и потреблением энергии и т.д.

В оценке экономического потенциала также не учтены возможности строительства приливных электростанций, мощность которых в России может достигать более 100ГВт, с ежегодной генерацией около 253 млрд. кВт (83 млн. т.т). Это подчеркивает, что потенциал возобновляемых источников энергии в России очень значительный и в перспективе его использование станет одним из важнейших факторов сокращения эмиссий парниковых газов.

Потенциал ВИЭ становится особенно привлекательным с учетом минимальных выбросов парниковых газов при их использовании по сравнению с ископаемыми видами энергоресурсов. Россия может не только замещать традиционные виды топлива (газ, нефть, уголь) альтернативными, но и в перспективе занять лидирующие позиции в области возобновляемой энергетики, на рынке технологий использования ВИЭ, а в конечном счете и стать крупным экспортером «безуглеродных» видов энергоресурсов.

Привлечение инвестиций в возобновляемую энергетику становится важнейшей политической и экономической задачей для России. Согласно «Энергетической стратегии – 2030», для увеличения доли ВИЭ в структуре производства электроэнергии с 0,5 до 4,5% необходимо обеспечить ввод генерирующих объектов с суммарной установленной мощностью 23-33 ГВт, на что потребуется объем капиталовложений только до 2030 г. около 113-134 миллиардов долларов США<sup>7</sup>. Сегодня, с учетом экономического спада, эти цели представляются слишком оптимистическими, однако в долгосрочной перспективе возможности для реализации имеющегося потенциала вполне доступны, о чем свидетельствует опыт таких стран как Китай и Индия.

### ***Перспективные технологии и рынки***

Развитие низкоуглеродных технологий в мире – одно из ключевых направлений снижения воздействия на климатическую систему. Важным источником сведений о текущих и будущих технологиях является Международное энергетическое агентство (МЭА), которое публикует специальные доклады на эту тему.<sup>8</sup> Материалы МЭА используются для моделирования выбросов ПГ во многих исследованиях.

---

<sup>7</sup> Энергетическая стратегия России – 2030.

<sup>8</sup> Energy Technology Perspectives 2015 - Mobilising Innovation to Accelerate Climate Action; Energy Technology Perspectives 2014 - Harnessing Electricity's Potential и другие. См. <http://www.iea.org/etp/>

Однако особый интерес представляет оценка масштабов распространения различных технологий в энергетике. Этому аспекту посвящен отдельный компонент проекта по углубленной декарбонизации экономики, инициированного Генеральным секретарем ООН Пан Ги Мун и реализуемый Сетью устойчивого развития ООН совместно с национальными исследовательскими группами (проект DDPP) из 16 стран, на долю которых приходится более 70% глобальных выбросов ПГ: Россия, Китай, Индия, США, Япония, Германия, Франция и др.<sup>9</sup>

Сводные результаты модельных расчетов показали, что при реализации стратегий по ограничению роста температуры более чем на 2°C в этих странах (цель, одобренная на конференциях Сторон РКИК ООН), должен произойти «бум» в развитии и внедрении таких технологий, как солнечная энергетика (электричество и тепловые коллекторы), ветровые энергогенераторы, гидроэнергетика, «улавливание и захоронение углерода». Мощность вводимых новых энергоисточников должна стремительно возрастать: к 2020 г. в 7 раз, а к 2050 г. в 17 раз по отношению к 2010 г. (Рис. 1.5).

Не менее впечатляющими должен быть и прирост числа новых грузовых и легковых автомобилей с использованием гибридных, электрических двигателей, топливных ячеек (на водороде), сжиженного газа и т.п. Масштабы внедрения – до 350 млн шт к 2050 г. (Рис. 1.6).

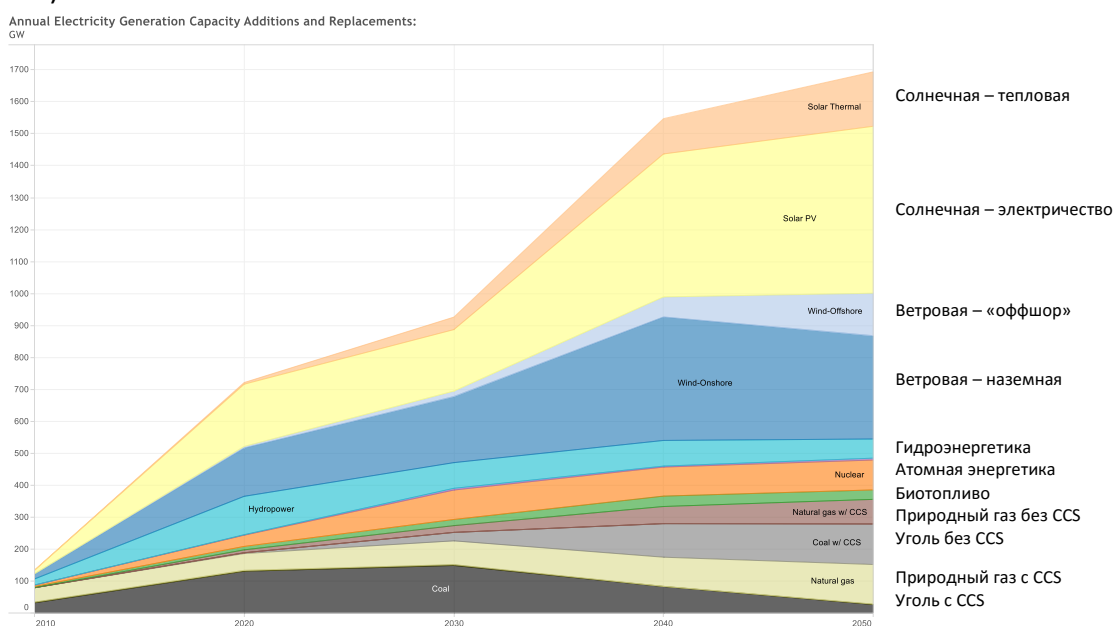


Рис. 1.5. Дополнительный ежегодный прирост и замещение мощностей в электроэнергетике при реализации цели «2°C» в 16 ведущих странах мира (ГВт). Источник: SDSN/IDDRI, 2015.

<sup>9</sup> [www.deepdecarbonization.org](http://www.deepdecarbonization.org)

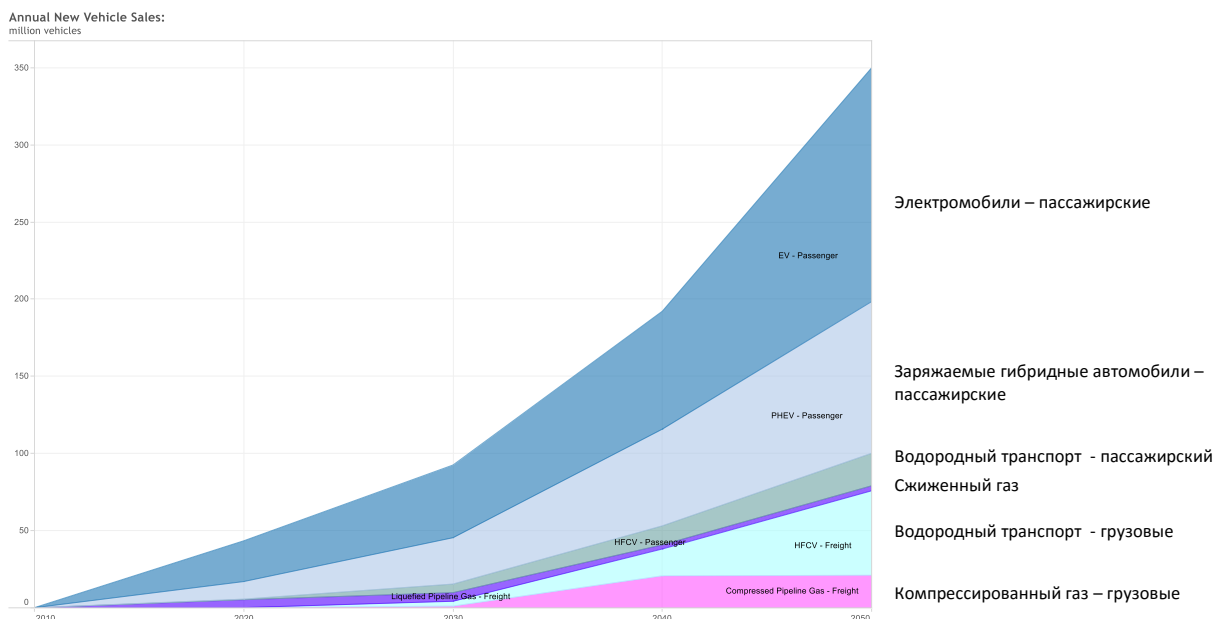


Рис. 1.6. Ежегодное увеличение числа новых автомобилей при реализации цели «2<sup>0</sup>С» в 16 ведущих странах мира (млн шт). Источник: SDSN/IDDRI, 2015.

### **Кривые затрат: динамика на понижение**

Важным показателем также является снижение затрат на использование технологий декарбонизации в электроэнергетике. Кривые «снижения стоимости по мере увеличения масштабов производства» показаны на Рис. 1.7. По отдельным технологиям снижение затрат может составить до 77% (солнечная электроэнергетика) к 2050 г.

Затраты на низкоуглеродные технологии в автотранспорте также будут снижаться. Ожидается сокращение стоимости автомобилей на водородных топливных элементах на 79%, а электромобилей на 58% к 2050 г. (Рис. 1.8).

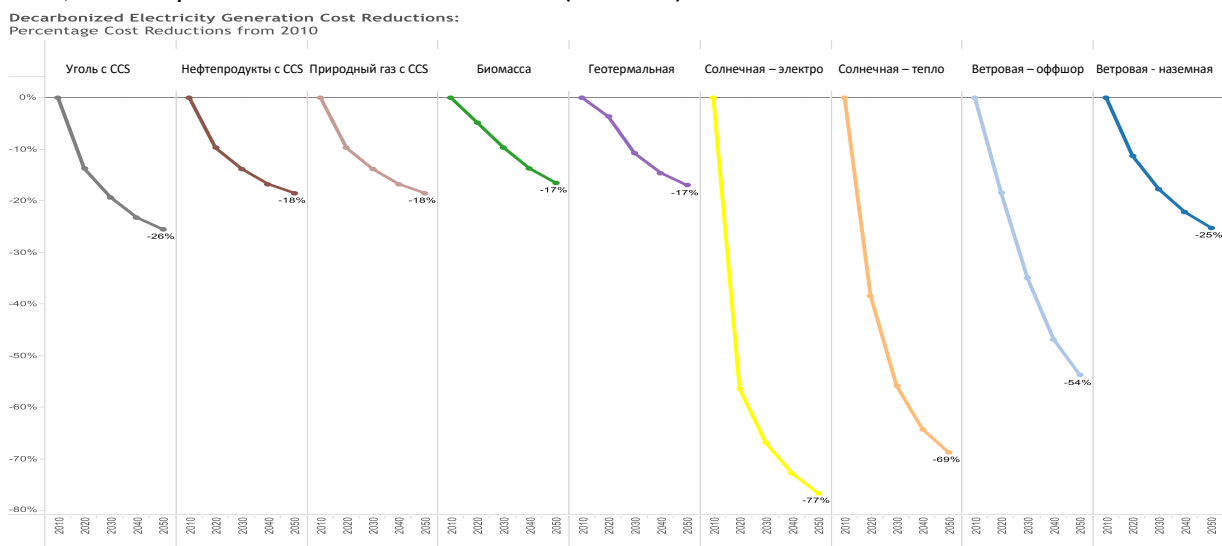


Рис. 1.7. Снижение затрат на технологии декарбонизации выработки электроэнергии при реализации цели «2<sup>0</sup>С» в 16 ведущих странах мира (% к 2010 г.). Источник: IDDRI, 2015.

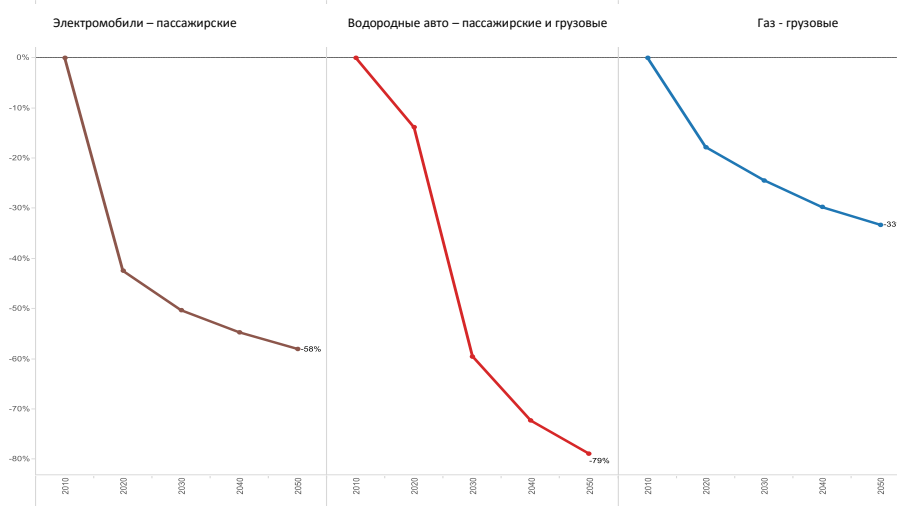


Рис. 1.8. Снижение затрат на технологии декарбонизации автотранспорта при реализации цели «2<sup>0</sup>С» в 16 ведущих странах мира (% к 2010 г.). Источник: IDDRI, 2015.

### **«Углеродная ловушка»**

Опасность для низкоуглеродного развития представляет так называемая ловушка для энергетики (carbon lock-in). Крупные энергетические объекты – достаточно долгосрочный проект, например, введение угольной тепловой электростанции предполагает срок эксплуатации около 40 лет и более. Строительство и ввод в эксплуатацию энергообъектов создает сильную инерцию для функционирования энергосистемы, не позволяет переключаться на другие виды энергоресурсов (безуглеродные, например), если такая задача появится в будущем, а технической возможности для этого заранее не предусмотрели.

Крупная энергетика – это масштабный технологический проект, планируемый на долгую перспективу, с учетом вопросов поставки энергоносителей, инфраструктуры, логистики, спроса и многих других показателей. Поэтому, определяя цели снижения выбросов ПГ на будущее, необходимо уже сейчас учитывать «углеродные» требования ко всей энергосистеме и отдельным ее элементам. Иначе затраты на переориентацию энергообъектов впоследствии могут оказаться чрезмерными.

## 1.4. Угольная отрасль России

### *Развитие отрасли: тренды и стратегии*

Россия занимает одно лидирующих мест в мире по величине запасов угля. На государственном балансе учтены запасы угля в размере 272,8 млрд тонн, а прогнозные ресурсы угля достигают 3,8 триллиона тонн.<sup>10</sup> При текущем уровне использования, запасов угля России хватит на 600 лет<sup>11</sup>.

Угольная отрасль претерпела серьезные изменения после распада СССР. Добыча угля в стране сократилась на 35% в 1990-2000 гг., однако затем происходило заметное увеличение добычи (Рис. 1.9). В последние годы производство угля составляет около 350 млн тонн, в том числе подземным способом 100 млн т угля и открытым способом — 250 млн т, включая углей для коксования 77 млн т.<sup>12</sup>

Внутреннее потребление угля сократилось в период 1990-1998 гг. на 44%, а затем стабилизировалось на уровне около 100 млн т.н.э. нефтяного эквивалента, начиная с 1998 г. Возрастающую роль для угледобытчиков стал играть экспорт энергоресурса, который уже к 2012 г. превысил 43% от общего объема добычи. Главным стимулом для развития отрасли после кризиса 1998-1999 гг. стал резкий рост цен на уголь на мировых рынках: цена на европейском рынке взлетела с 32 долл/т в 2002 г. до пика в 148 долл/т в 2008 г.<sup>13</sup> За этим последовали резкие колебания в интервале 70-122 долл/т и дальнейшее снижение цен после 2013 г. Как будет показано ниже, ценовые показатели сыграли важную роль в разработке стратегии развития угольной промышленности России до 2030 г., которая была принята в 2012 году и базировалась на ожиданиях высоких и растущих в перспективе цен на энергоресурсы.

Компании наращивали свой производственный потенциал, ориентируясь, прежде всего, на экспорт угля, а также пытались лоббировать расширение внутреннего потребления этого энергоресурса. Объем экспорта за последние 10 лет вырос почти в 3 раза, в 4 раза вырос объем инвестиций в основной капитал угольных предприятий. Потенциал производственных мощностей по добыче угля к 2013 г. достиг 405,9 млн т угля в год.

На долю угля приходится 18% общего объема первичной энергии и 15% произведенной энергии, на природный газ — 51% и 41%, нефть — 37% и 39% соответственно (Табл. 1.4).

Добыча угля обеспечивается, в основном, а крупнейших угольных бассейнах (2013 г.):

- Кузнецкий — 202,7 млн т;
- Канско-Ачинский — 37,3 млн т;
- Печорский — 13,9 млн т;

<sup>10</sup> Минэнерго России, Долгосрочная программа развития угольной промышленности России на период до 2030 года, Приложение 2, 2012 г.

<sup>11</sup> В российских и международных источниках есть расхождения. Так, по данным BP data workbook — Statistical review - 2015, запасы угля в России составляют 157 млрд тонн или 17,6% от общемировых (на 01.01.2013). <http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>

<sup>12</sup> Минэнерго России, статистика угольной промышленности, 2015  
<http://minenergo.gov.ru/activity/coalindustry/>

<sup>13</sup> По данным о ценах на уголь для Northwest Europe marker price.

- Донецкий – 4,7 млн т.

Крупнейшие угольные компании страны включают ОАО «СУЭК» - 96,5 млн т, ОАО «УК Кузбассразрезуголь» - 43,9 млн т, ОАО «ХК СДС-Уголь» - 25,7 млн т (в 2013 г.).<sup>14</sup> В последнее время значительно возрастает объем переработки угля на обогатительных фабриках, что обусловлено снижением спроса на «рядовой» экспортный уголь, ужесточением требований к качеству по стороны внешнеторговых партнеров.

Общий объем импорта угля в Россию достигает 14%, а энергетического угля – около 24% от внутреннего потребления. Основной импортер – предприятия Казахстана.

Планы развития угольной промышленности определены в Долгосрочной программе развития угольной промышленности России на период до 2030 года, утвержденной распоряжением Правительства РФ от 24.01.2012 N14-р.

Согласно программе, ожидается достаточно быстрый рост внутреннего спроса на уголь с 300 до 389 млн тонн за период 2010-2030 году (Таблица 1.5), а добыча угля при оптимистическом сценарии должна вырасти к 2030 г. до 430 млн т (вариант 1 Программы), а при консервативном сценарии – незначительно вырасти до 325 млн т (вариант 2, Рис. 1.10).

Однако следует отметить, что разработка программы осуществлялась в условиях растущих цен на энергоносители, в том числе на уголь. Поэтому многие параметры программы предусматривают очень оптимистичные (для сегодняшней ситуации) показатели. Так, например, в расчетах принимается гипотеза о поступательном росте мировой цены высококачественного энергетического угля до 160 долл США/т (цена CIF), а внутренних цен на энергетический уголь до 95-120 долл США/т к 2030 г.<sup>15</sup> Однако обвал цен на нефть в 2014-2015 гг. более чем на 60%, привел к радикальным изменениям на мировых энергетических рынках. В середине 2015 года цена на энергетический уголь достигла 56 долл/т (FOB), многие российские предприятия оказались на грани рентабельности.

Предположения о продолжении роста энергопотребления в Китае и Индии, возможностях России по наращиванию поставок в страны Азиатско-Тихоокеанского региона, увеличении мощностей и доступности транспортной инфраструктуры (включая портовую) и многие другие показатели программы в современных условиях представляются чрезмерно оптимистичными. Да и возможности финансирования программы в размере 3,7 триллионов рублей (148 млрд \$) вряд ли реальны.

Сегодня российская угольная отрасль столкнулась с серьезными проблемами – недостатком инвестиционных ресурсов, резким ограничением доступа к рынкам капитала, падением цен (которое не может компенсировать и случившаяся в 2014-2015 гг. двукратная девальвация рубля), ожиданием длительной слабой конъюнктуры на рынке, высокой инфляцией (около 14% в 2015 г.), сильными колебаниями валютных курсов и т.д.

---

<sup>14</sup> Минэнерго России, статистика угольной промышленности, 2015

<http://minenergo.gov.ru/activity/coalindustry/>

<sup>15</sup> Минэнерго России, Долгосрочная программа развития угольной промышленности России на период до 2030 года, стр. 12.



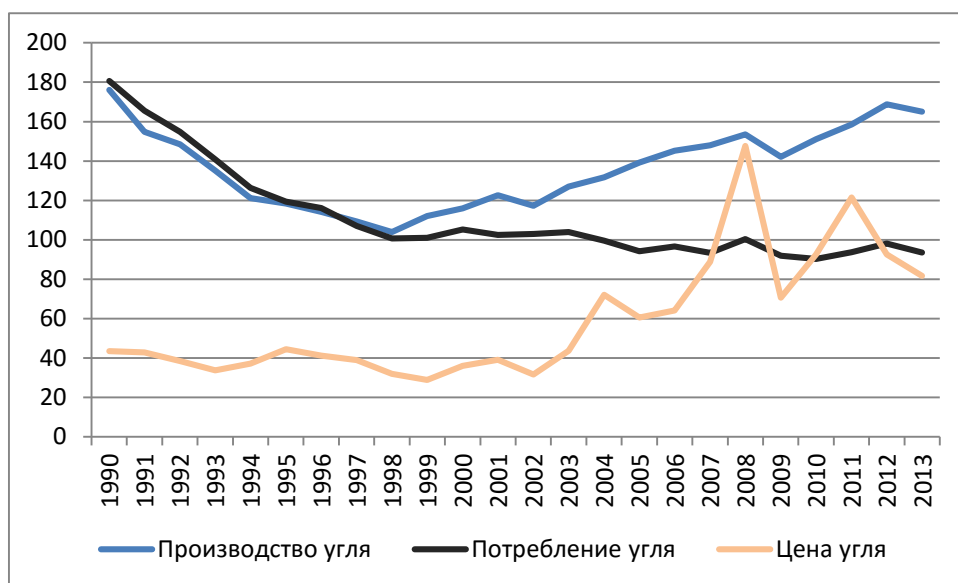


Рис. 1.9. Добыча и потребление угля в России, динамика мировых цен на уголь (млн т.н.э.), 1990-2013 гг. Источник: BP data workbook – Statistical review - 2015.

Таблица 1.4. Данные топливно-энергетического баланса России, 2012 (тыс. т.н.э.)

	Уголь	Нефть	Природный газ	Атомная	Гидро	Геотерм, солнечная и др.	Биотопливо и отходы	Электроэнергия	ВСЕГО
Производство	200719	521251	540639	46627	14267	411	7698	0	1331612
Импорт	18265	840	6605	0	0	0	2	229	27663
Экспорт (-)	85180	241149	158777	0	0	0	307	1646	592607
Изменение запасов	-382	475	-1459	0	0	0	39	0	-1674
Общий объем первичной энергии	133422	281418	387008	46627	14267	411	7432	-1417	756593

Источник: МЭА, 2015

Как результат, в последние годы в угольной промышленности страны наблюдаются кризисные явления. Убытки предприятий отрасли в 2013 г. составили 12,4 млрд руб (0,5 млрд \$), кредиторская задолженность достигла 122,3 млрд руб (4,9 млрд \$). Инвестиции в

основной капитал сократились на 31%.<sup>16</sup> В 2014-2015 гг. негативные тенденции продолжились.<sup>17</sup>

Эти и другие негативные факторы накладывают жесткие ограничения на возможности роста добычи и потребления угля в России. Вероятно также, что многие проблемы, существующие в отрасли, в нынешних условиях будут обостряться, в том числе:

- Сокращение внутреннего спроса на уголь
- Высокие затраты на транспортировку
- Неразвитость инфраструктуры в новых районах добычи угля, неконкурентоспособность российского угольного машиностроения и зависимость от импорта оборудования и технологий
- Высокая социальная напряженность в угледобывающих регионах
- Недостаток квалифицированных кадров и др.

Таблица 1.5. Прогноз потребления угля в России до 2030 г.

	2008	2010	2015 (прогноз)	2020 (прогноз)	2025 (прогноз)	2030 (прогноз)
Тепловые электростанции	108	102	105	110	115	120
На нужды коксования	43	39	42	42	40	40
Коммунально-бытовые нужды, население, агропромышленный комплекс	26	23	20	18	16	14
Прочие потребители - всего	24	20	20	30	40	45
В т.ч. глубокая переработка	-	-	-	-	10	15
Экспорт - всего	101,2	116,4	140	150	155	170
Итого	302,3	300,4	327	350	366	389

*Источник: Минэнерго России, Долгосрочная программа развития угольной промышленности России на период до 2030 года, Приложение 3, 2012 г.*

<sup>16</sup> Минэнерго России, статистика угольной промышленности, 2015.

<http://minenergo.gov.ru/activity/coalindustry/>

<sup>17</sup> <http://www.metaltorg.ru/analytics/publication/?id=4225>

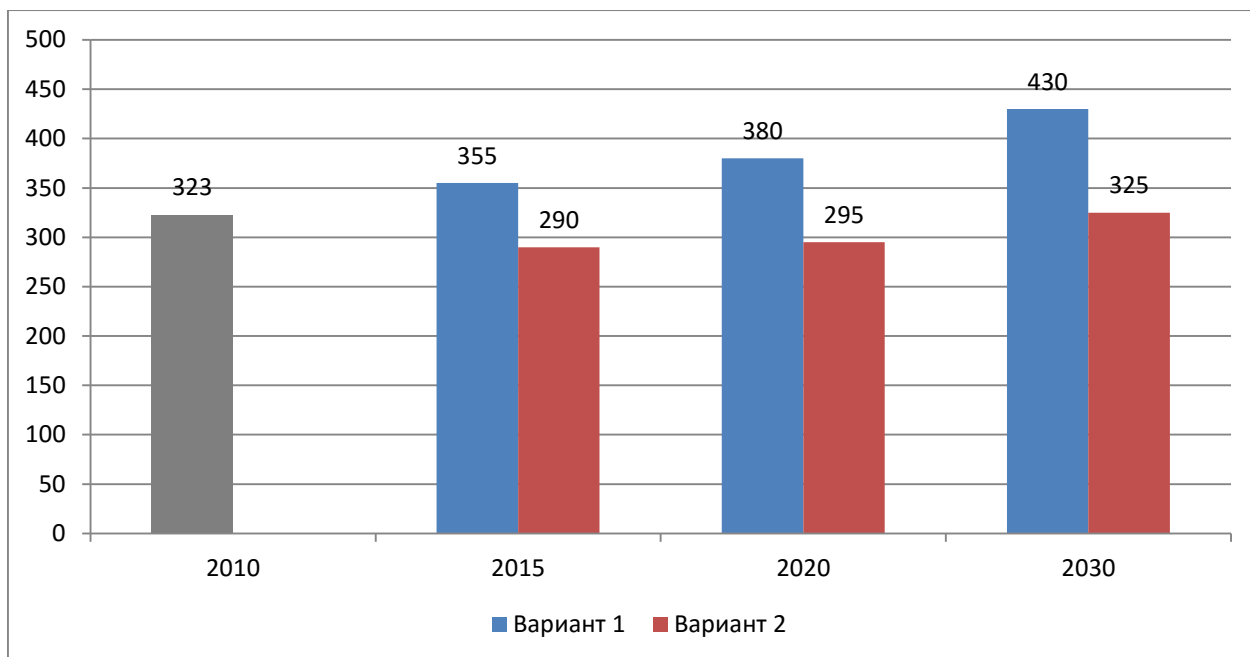


Рис. 1.10. Прогнозы добычи угля в России до 2030 г. (млн т). *Источник: Минэнерго России, Долгосрочная программа развития угольной промышленности России на период до 2030 года.*

### **Негативные экологические последствия добычи и использования угля**

Уголь – самое «грязное» ископаемое топливо. Открытый способ добычи угля наносит колоссальный ущерб окружающей среде. Большая часть отработанной породы просто сваливается в долину, приводя к образованию множества токсических отходов, вызывающих загрязнение водных источников, почвы и атмосферы, уничтожению хрупких горных экосистем.

Добыча угля и его сжигание приводят к образованию значительного количества жидких отходов в виде взвешенного шлама, который содержит канцерогены и токсичные тяжелые металлы. Эти жидкие отходы обычно хранятся в специальных шлакоотстойниках, где зачастую случаются утечки и прорывы, что приводит к загрязнению воды и почвы.

Взвешенные частицы и другие вредные газы, образующиеся в результате сжигания угля, вызывают такие серьезные заболевания, как астма, рак легких, эмфизема, а также целый ряд сердечнососудистых заболеваний. Оксиды азота, вступая в реакцию с летучими органическими соединениями и солнечным светом, вызывают фотохимический смог, опасный для здоровья человека.

Выбросы угольных теплоэлектростанций (ТЭС) содержат 67 вредных веществ, которые являются канцерогенами или нейротоксинами и могут вызвать проблемы в нормальном развитии человека или заболевания дыхательных путей. В выбросах присутствуют сернистые и азотистые оксиды, различные взвешенные частицы (зола и пыль), хлористый водород (HCl) и мышьяк, такие тяжелые металлы, как хром, кадмий и ртуть, вредные полиароматические углеводороды, включая опаснейший бенз(а)пирен, имеющий сильное канцерогенное и мутагенное действия. С 1990-го года именно угольные ТЭС являются

источником значительной доли всех выбросов CO<sub>2</sub> в атмосферу, провоцируя усиление парникового эффекта. Кроме того, по сравнению с другими видами ископаемого топлива, выбросы CO<sub>2</sub> угольных ТЭС на единицу генерируемой электроэнергии – самые высокие.

Угольные ТЭС являются одним из основных источников ртутного загрязнения. Ртутные пары и соединения чрезвычайно опасны для человека. При сжигании угля ртутные соединения оседают в почве, а затем смываются водой в реки, озера и моря, где попадают в организм рыб и постепенно накапливаются. При поедании зараженной рыбы, ртуть попадает в организм человека. Воздействие ртути может вызывать серьезные проблемы со здоровьем, оказывать токсическое воздействие на нервную, пищеварительную и иммунную системы, а также на легкие, почки, кожу и глаза.<sup>18</sup>

При сжигании угля в окружающую среду также поступают радиоактивные изотопы урана. Во всем мире сжигается более 3 млрд тонн каменного и бурого угля. Остатки урановых изотопов (<sup>235</sup>U, <sup>238</sup>U), которые выделяются вместе с угольной золой и газами, по разным оценкам, составляют от 40 до 200 тысяч тонн в год.<sup>19</sup>

Подземные угольные шахты представляют собой крупнейший источник шахтного метана. Метан выделяется из действующих и заброшенных угольных шахт и разрезов, а также в результате работ, осуществляемых после добычи угля (в том числе при обогащении, хранении и транспортировке угля). В 2010 г. из угольных шахт всего мира выделилось около 584 млн т CO<sub>2</sub>-экв., или 8% от общемирового объема выбросов этого газа.<sup>20</sup>

---

<sup>18</sup> <http://leworld.org/index.php/novosti/260-ugol-pochemu-eto-gryaznoe-toplivo>

<sup>19</sup> Кизильштейн Л.Я. Уголь и радиоактивность. Химия и жизнь — 2006 — № 2, — с. 24—29.

<sup>20</sup> Global methane initiative. Метан из угольных шахт: возможности сокращения выбросов, совершенствования сбора и утилизации, 2011.

**Вставка 1.1. Сжигание угля в Китае: -3,5% от ВВП**

За последнее десятилетие потребление угля в Китае возросло примерно на 50%. Большая часть добываемого в Китае угля сжигается с к.п.д. 31,7%. Использование угля является основным источником загрязнения атмосферного воздуха в стране, вызывающим выбросы не только CO<sub>2</sub>, но также других вредных веществ, таких как SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, различных взвешенных частиц (PM<sub>2,5</sub> и PM<sub>10</sub>), канцерогенных и токсичных веществ.

Согласно данным Совета по защите природных ресурсов (NRDC) – ведущего научно-исследовательского центра, занимающегося проблемами экологии в Китае, загрязнение атмосферного воздуха в результате сжигания угля явилось причиной преждевременной смерти 704 тыс. человек в 2012 г. Особенно тяжелые последствия для здоровья имеют выбросы PM<sub>2,5</sub>, вызывающие хронические легочные заболевания, рак легких, ишемическую болезнь сердца и инсульт.

Общие издержки использования угля в Китае оцениваются в 3,5% ВВП. В них включены многочисленные негативные воздействия добычи, транспортировки и сжигания угля. Каждая тонна угля, произведенного и потребленного в стране, вызывает социально-экономический ущерб в размере 72,62 долл. США (Таблица 1.11) при рыночной цене угля 40-50 долл. США за тонну. Социально-экономический ущерб от использования угля существенным образом превышает его стоимость.

**Таблица 1.11. Разбивка расходов, связанных с добычей угля в Китае**

Отрасль	Категория	Подкатегория	Долл. США/ т угля
Добыча угля	Ресурсы минерального угля	Потеря ресурсов	1,72
		Водные ресурсы	Истощение водных ресурсов
	Загрязнение водных ресурсов		0,91
	Экосистемы	Сельскохозяйственная экосистема	0,31
		Эрозия почвы и деградация окружающей среды	3,02
	Здоровье людей	Гибель шахтеров	0,04
		Прямые потери в результате профессиональных заболеваний	0,02
Косвенные потери в результате профессиональных заболеваний		0,03	
Итого			10,40
Транспортировка угля	Автотранспорт	Несчастные случаи, шум, окружающая среда и т.д.	3,70
	Железнодорожный транспорт	Несчастные случаи, шум, окружающая среда и т.д.	0,43
	Водный транспорт	Несчастные случаи, шум, окружающая среда и т.д.	0,23
Итого			4,36
Потребление угля	Здоровье людей	Преждевременная смерть от ишемической болезни сердца, инсульта, хронических легочных заболеваний и рака легких	26,04
	Кислотные дожди	Сельское хозяйство, экосистема	4,75
	Твердые отходы	Почва, подземные воды, экология	0,69
	Сточные воды	Экосистема, подземные воды	1,18
	Изменения климата	Социальные, экономические и экологические аспекты	25,20
Всего			72,62

Источник: Ян Фу Цян, NRDC; расчеты авторов произведены в долларах США на основе данных в национальной валюте.

## 2. Прогнозы выбросов парниковых газов

### 2.1. Моделирование выбросов в России

Существующие прогнозы выбросов ПГ в России базируются, прежде всего, на оценках выбросов CO<sub>2</sub> от сжигания ископаемого топлива. Поскольку на долю этого источника ПГ в стране приходится около 74% суммарных выбросов, можно допустить, что такие расчеты вполне оправданны. Тем не менее, следует подчеркнуть, что 26% выбросов связано с другими источниками, включая промышленные процессы, сельское хозяйство, отходы и др.

Анализ исторических трендов показывает, что выбросы парниковых газов в период 2000-2012 гг. изменялись совершенно по-разному в зависимости от сектора экономики (категории источников по классификации МГЭИК). В Таблице 2.1 представлены официальные данные о динамике выбросов ПГ за 2000-2013 гг., а также оценка среднегодовых изменений. Не смотря на стремительный рост ВВП (до 6-8% в год) и промышленного производства (до 12-14% в год по отдельным отраслям) в период 2000-2013 гг., выбросы ПГ во всех секторах росли гораздо медленнее: в энергетике рост выбросов составил 1,1% в год, в промышленности - 0,7% в год, в секторе отходов рост составил 3,6% в год, в ЗИЗЛХ – 2,8% в год, в сельском хозяйстве достигнуто снижение на 0,5% в год. В секторе ЗИЗЛХ наблюдается увеличение нетто-поглощения углерода до 542 млн т CO<sub>2</sub>-экв. в 2012 г., что демонстрирует прирост на 2,8% в год за период 2000-2012 гг.

Сценарные прогнозы выбросов ПГ в России разрабатываются научными группами на основе различных экономико-математических моделей. В данном исследовании обсуждаются результаты модельных расчетов научных групп РАНХиГС, НИУ «Высшая школа экономики» (ВШЭ), Центра по эффективному использованию энергии (ЦЭНЭФ), Института энергетических исследований (ИНЭИ) РАН, Института народнохозяйственного прогнозирования (ИНП) РАН, Массачусетского технологического института (МТИ), Института энергетической стратегии, Энергетического института (ЭНИН) им. Г.М. Кржижановского и др. Долгосрочные прогнозы нетто-поглощения углерода в лесном хозяйстве России базируются на модели, применяемой ЦЭПЛ РАН и МГУ им. М.В.Ломоносова (Замолотчиков Д.Г.). Более углубленный анализ низкоуглеродного развития экономики России проведен на базе модели MARCAL-TIMES научной группой ВШЭ и РАНХиГС.

**Таблица 2.1. Тренды эмиссий/абсорбции парниковых газов в России по категориям источников, 2000-2013 гг.**

Категория источника	Выбросы ПГ, 2000 г, млн т CO <sub>2</sub> -экв	Выбросы ПГ, 2013 г, млн т CO <sub>2</sub> -экв	Рост за 2000-2013 гг., всего, %	Среднегодовой рост выбросов, % в год
Энергетика	2002	2361	17,9%	1,4%
<i>В т.ч. сжигание топлива</i>	<i>1307</i>	<i>1414</i>	<i>8,2%</i>	<i>0,6%</i>
<i>"Фугитивные" эмиссии (утечки, потери метана)</i>	<i>695</i>	<i>948</i>	<i>36,4%</i>	<i>2,8%</i>
Промышленные процессы	197	202	2,5%	0,2%
Сельское хозяйство	153	132	-13,7%	-1,1%
Отходы	79	105	32,9%	2,5%
Всего выбросы ПГ (без ЗИЗЛХ)	2431	2799	15,1%	1,2%
ЗИЗЛХ	-306	-448	46,4%	3,6%

Источники: Национальный кадастр выбросов ПГ России / Секретариат РКИК ООН; расчеты авторов. «-» - нетто-абсорбция.

## 2.2. Сценарий «энергоемкого роста» (сохранение энерго-сырьевой модели)

Сценарии энергоемкого роста во многом соответствуют параметрам «энергосырьевого сценария», заложенного в Концепцию долгосрочного развития (КДР-2020), утвержденную Правительством РФ в 2008 г. По этому сценарию предполагается широкое использование сравнительных преимуществ российского энергетического сектора: роста экспорта энергоносителей и сырья, совершенствования полноты переработки энергоресурсов. Согласно этому сценарию, инновационные технологии будут применяться в добыче и переработке, энергетическом секторе, металлургии, химической промышленности, развитии транспортной инфраструктуры; диверсификации сырьевого и энергетического экспорта. Предполагается сравнительно медленное развитие высокотехнологичного сектора по сравнению с инновационным сценарием. В КДР-2020 признается, что энергосырьевой сценарий является наиболее вероятным, поскольку отражает доминирующие в настоящее время тенденции в экономике России.

В имеющихся прогнозах по данному сценарию основные предположения о развитии экономики России базировались на продолжении динамики роста ВВП на период до 2030 г. и далее на 2-4% в год и более, предусмотренных официальными документами и прогнозами. Однако введение экономических санкций, падение мировых цен на нефть, металлы, другие экспортные товары, а также ограничения на заимствования в зарубежных финансовых организациях и инвестиционных институтах, на передачу технологий, резкий рост инфляции и инфляционных ожиданий и другие факторы уже сказываются на замедлении роста экономики страны. В 2015 году ожидается около 4% спада ВВП, дальнейшие прогнозы показывают снижение и стагнацию в экономике на ближайшие

энергоемкого роста. К ним относятся оценки, представленные в проекте Энергостратегии России до 2035 года, расчеты Массачусетского технологического института, два прогноза из отчета ЦЭНЭФ и прогноз РАНХиГС/ВШЭ. Можно отметить, что это набор максимальных оценок выбросов ПГ, опубликованных в стране.

Важно отметить, что проект Энергостратегии-2035 предусматривает значительный рост выбросов на перспективу до 2035 г. и, вероятно, далее. Уже к 2035 г. выбросы от сжигания ископаемого топлива, по данным разработчиков документа (в том числе Министерство энергетики РФ), достигнут 120% от уровня 1990 года. Поскольку Энергостратегия является основным стратегическим документом по развитию энергетики, на который ориентируются органы государственной власти при выработке политики и мер в различных отраслях и секторах экономики, при его разработке крайне важно учесть в полной мере цели климатической, экологической, социальной политики. Авторам представляется, что в представленном Минэнерго России проекте Энергостратегии-2035 цели по выбросам парниковых газов не учтены совершенно (например, не превышение уровня 75% от 1990 г. к 2020 г., согласно указу Президента РФ №752 от 30.09.2013), а социальные и экологические цели не получили достаточного освещения и обоснования.

Также отметим, что выбросы могут существенно возрасть, согласно представленным оценкам, при условиях, которые в настоящее время представляются излишне оптимистичными, а именно быстрый рост ВВП, сохранение высоких объемов добычи и потребления ископаемых видов энергоресурсов, высокая численность населения. При этом очевидно, что сценарии быстрого роста выбросов ПГ могут быть обусловлены крайне медленными темпами замены устаревших технологий на более современные. Реалистичность таких «экологически грязных» прогнозов может ставиться под сомнение даже с учетом уже наблюдаемых тенденций замены оборудования, технологий, производственных фондов предприятий, которые часто описываются в сценариях «развития как обычно» (business-as-usual).

Учитывая, что Россия обладает значительным потенциалом энергосбережения, сокращение выбросов ПГ может достигаться за счет обновления существующих производственных мощностей. В рассматриваемых сценариях эмиссия CO<sub>2</sub> от сжигания топлива превышает уровень 1990 года только при полном отсутствии модернизации и продолжении инвестирования в устаревшие энерго-неэффективные технологии. Если отсутствие модернизации можно рассматривать как крайне негативный сценарий, то расширение производства за счет новых инвестиций в устаревшие технологии на практике маловероятно.



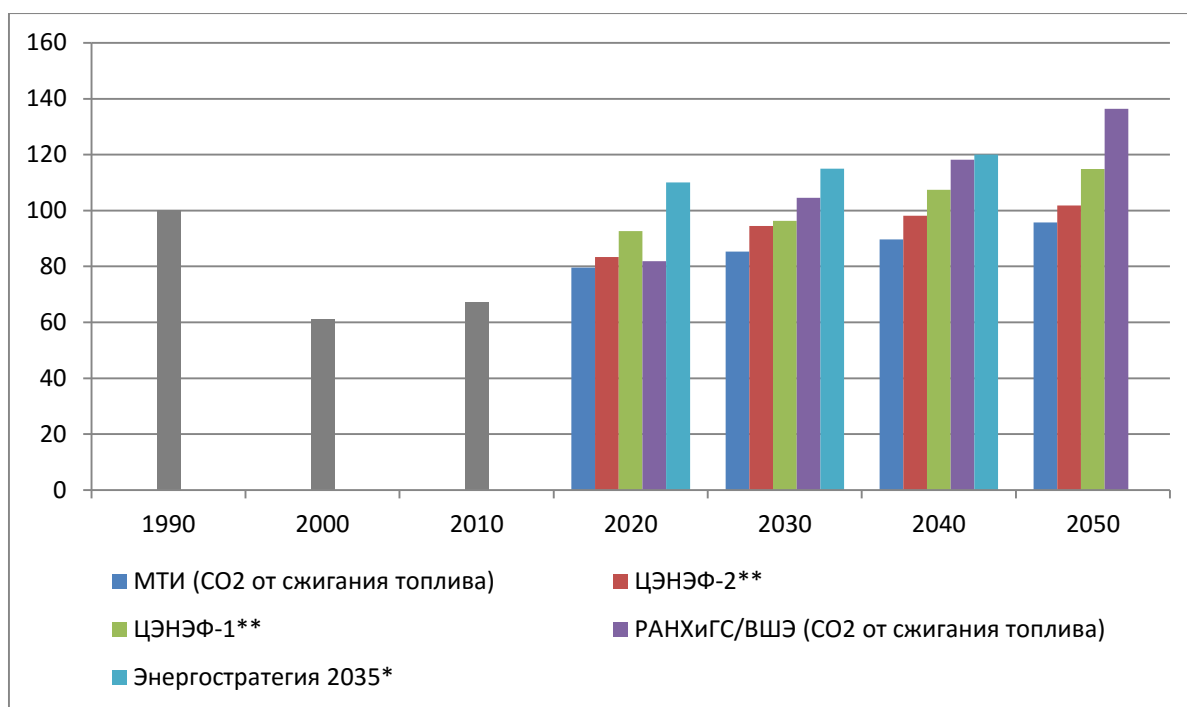


Рис. 2.1. Выбросы ПГ в России: сценарии энергоемкого роста, 1990-2050 гг. (1990=100%).  
Источники: ЦЭНЭФ (2014), Минэнерго России (2015), РАНХиГС/ВШЭ (2015).

\* Данные по Энергостратегии-2035 даны по целевым годам 2025 и 2035 гг.

\*\* Оценки наиболее высоких прогнозов выбросов ПГ из доклада ЦЭНЭФ (2014).

### 2.3. Сценарий «развитие как обычно» (business as usual)

Данный сценарий предполагает постепенное замещение производственных технологий в отраслях промышленности и энергетики России, но без создания существенных дополнительных стимулов для широкомасштабного внедрения низкоуглеродных технологий, использования возобновляемых источников энергии и т.д.

Сценарий практически означает заложенный в модели рост экономики и промышленности при незначительных целевых мерах по низкоуглеродному развитию, при этом основную нагрузку по внедрению энергоэффективных технологий, низкоуглеродных технологий, использования ВИЭ и т.д. ложится бизнес, который без дополнительных мер поддержки реализует соответствующие проекты и программы, главная цель которых – увеличение производства и повышение конкурентоспособности, а углеродный эффект (снижение выбросов ПГ) является вторичным.

В этом сценарии, согласно результатам моделирования научных групп, наблюдается небольшой рост и стабилизация выбросов ПГ до уровня 73-84% от 1990 г. к 2050 г. (Рис. 2.2). При этом в ряде сценариев показано изменение тренда выбросов в сторону постепенного снижения выбросов после 2030 г. Данный «мягкий перелом» тренда обусловлен, прежде всего, необходимостью замены морально и физически устаревшего оборудования на электростанциях и других промышленных объектах. Кроме того, дополнительным фактором является появление более эффективных и менее углеродоемких технологий,

которые становятся более конкурентоспособными по сравнению с ископаемым топливом ближе к 2030 году.

Важно отметить, что в данных сценарных прогнозах практически выполняется цель, поставленная в указе Президента РФ на 2020 год, однако в дальнейшем происходит «стагнация» действий по низкоуглеродному развитию, структура выбросов практически не меняется, что обусловлено «фиксацией» достигнутых уровней потребления ископаемых видов энергоресурсов, а приращение энергопотребления планируется обеспечивать за счет низкоуглеродных источников энергии.

Показательно, что прогнозы по этому сценарию очень схожи у ЦЭНЭФ, ИНЭИ РАН, ИНП РАН, РАНХиГС, расхождения крайне не значительны. При этом они не согласуются с данными Энергостратегии-2030 и проекта Энергостратегии-2035, о которых даны комментарии выше.

Учитывая, что при существующих практиках и технологиях использования ископаемых видов энергоресурсов, прежде всего угля и нефтепродуктов, в России наблюдаются высокие уровни загрязнения окружающей среды и рисков для здоровья населения, «консервация» таких условий на длительную перспективу будет противоречить целям долгосрочного социально-экономического развития, таким как сокращение к 2020 г. числа городов с высоким и очень высоким уровнем загрязнения не менее чем в 5 раз, сокращение количества жителей, проживающих в неблагоприятных экологических условиях, не менее чем в 4 раза (КДР-2020).

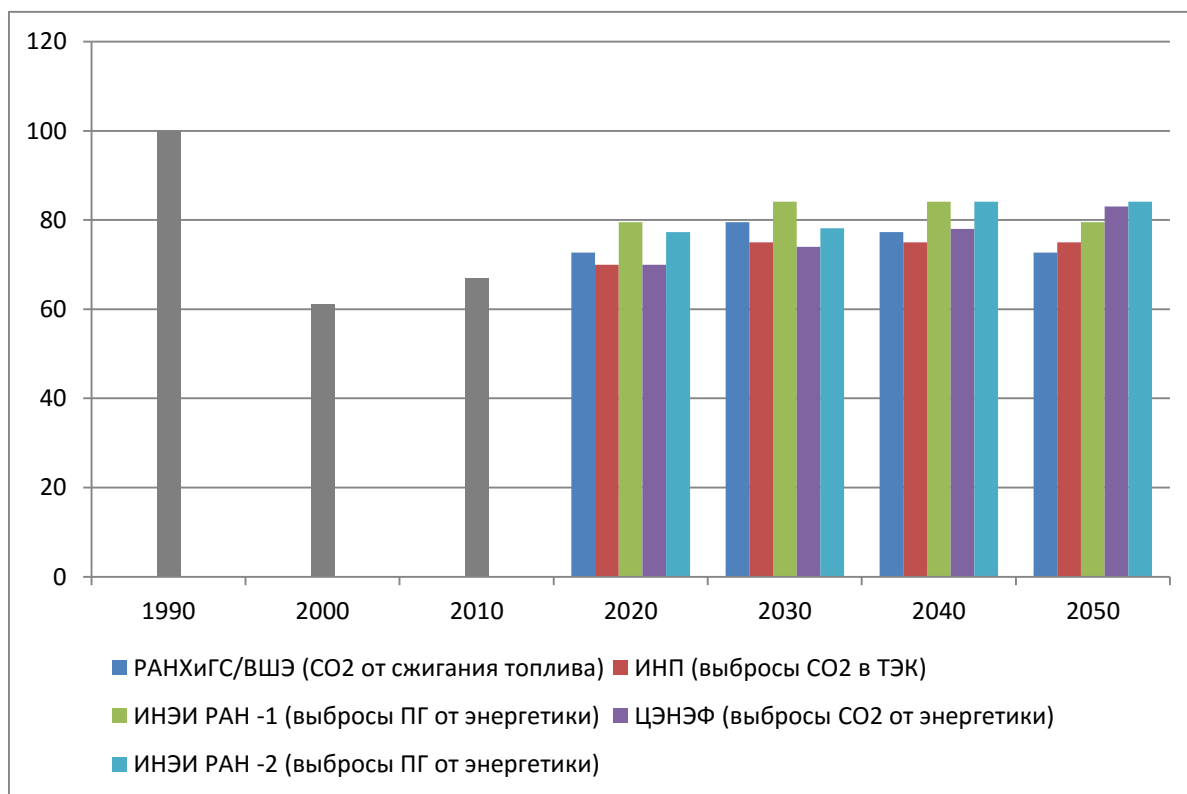


Рис. 2.2. Выбросы парниковых газов в России: сценарии «развития как обычно», 1990-2050 гг. (1990=100%). Источники: ЦЭНЭФ (2014), РАНХиГС/ВШЭ (2015).

## 2.4. Сценарии низкоуглеродного развития

Сценарий низкоуглеродного развития предполагает не только наличие стратегии и плана мер по стимулированию низкоуглеродного развития, но и эффективной их реализации в ключевых секторах экономики (таких как энергетика, транспорт, ЖКХ, промышленность).

Модельные расчеты базируются изначально на предположениях о том, что экономика России и ее ключевые отрасли будут расти достаточно высокими темпами, благосостояние населения будет увеличиваться, при этом будут предприниматься активные меры по внедрению низкоуглеродных и безуглеродных технологий.

Результаты расчетов по модели представлены на Рис. 2.3. Выделим две группы прогнозов: ЦЭНЭФ оценивает максимально возможные уровни снижения выбросов ПГ до 49-53% от 1990 г. к 2050 г., а модели РАНХиГС/ВШЭ и МТИ демонстрируют возможности снижения выбросов до 16-20% от 1990 г. к 2050 г. (это траектории почти полной декарбонизации экономики России).

Существенное снижение выбросов ПГ в период после 2030-2035 гг. может достигаться за счет использования технологии улавливания и захоронения углерода (CCS), которая, согласно предположениям, уже может быть доступна в России для коммерческого использования в это время. Также большое значение для декарбонизации экономики имеет широкомасштабное использование ВИЭ и других безуглеродных энергоисточников. На Рис. 2.4 представлена структура источников для выработки электроэнергии в 2010 и 2050 гг. для «базового» сценария глубокой декарбонизации экономики России, разработанного в рамках исследования.

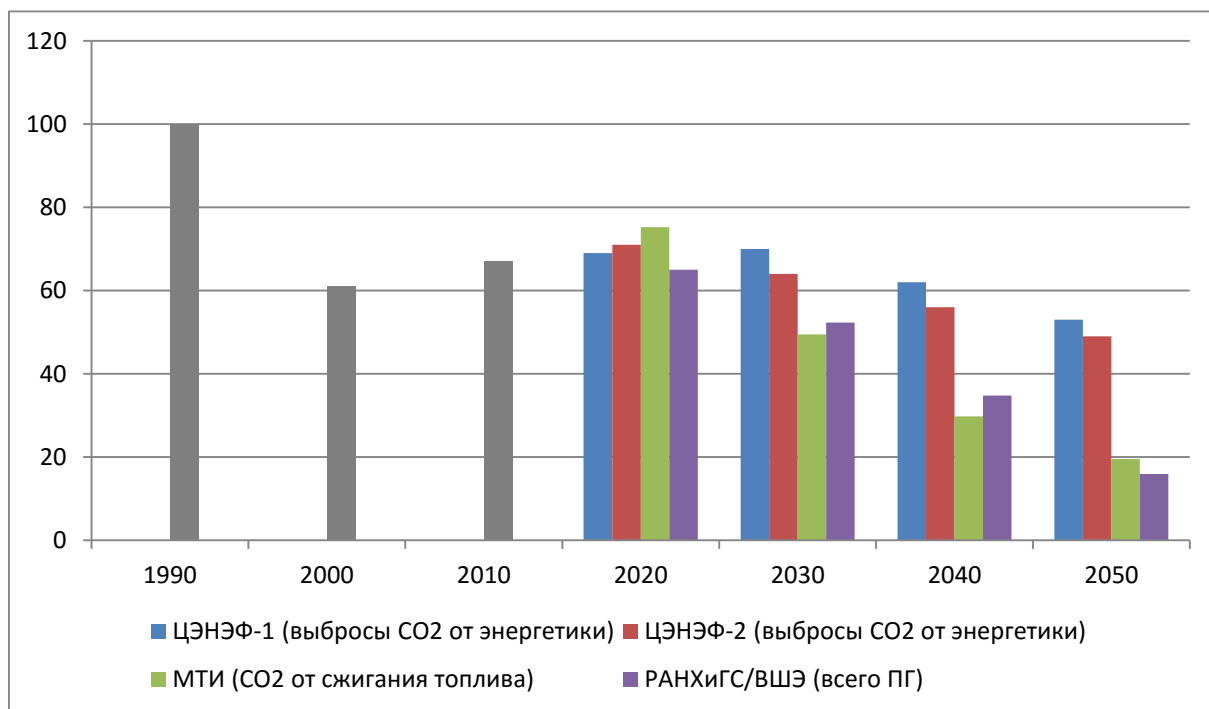


Рис. 2.3. Выбросы парниковых газов в России: сценарии низкоуглеродного развития, 1990-2050 гг. (1990=100%). Источники: ЦЭНЭФ (2014), РАНХиГС/ВШЭ (2015).

Отметим, что при выполнении цели 2<sup>0</sup>C структура энергоисточников должна претерпеть радикальные изменения: сжигание угля снизится практически до нуля, около 90% газа должно использоваться с применением CCS, на долю атомной энергетики может приходиться до 22%, крупных ГЭС 28%, ветровой энергетики 12%, солнечной 7%. Перераспределение между энергоисточниками может обеспечиваться за счет изменения стоимости технологий их использования и доступности соответствующих ресурсов.

Так, например, выработка энергии на АЭС может замещаться ВИЭ и биомассой из отходов, причем, как было показано в Главе 1, Россия обладает огромными ресурсами для этого. Возможности увеличения выработки на крупных ГЭС также ограничены (по физическим, технологическим, экологическим, социальным и экономическим условиям), поэтому возможно замещение «выпадающего» объема генерации энергии в этом сегменте за счет других безуглеродных источников.

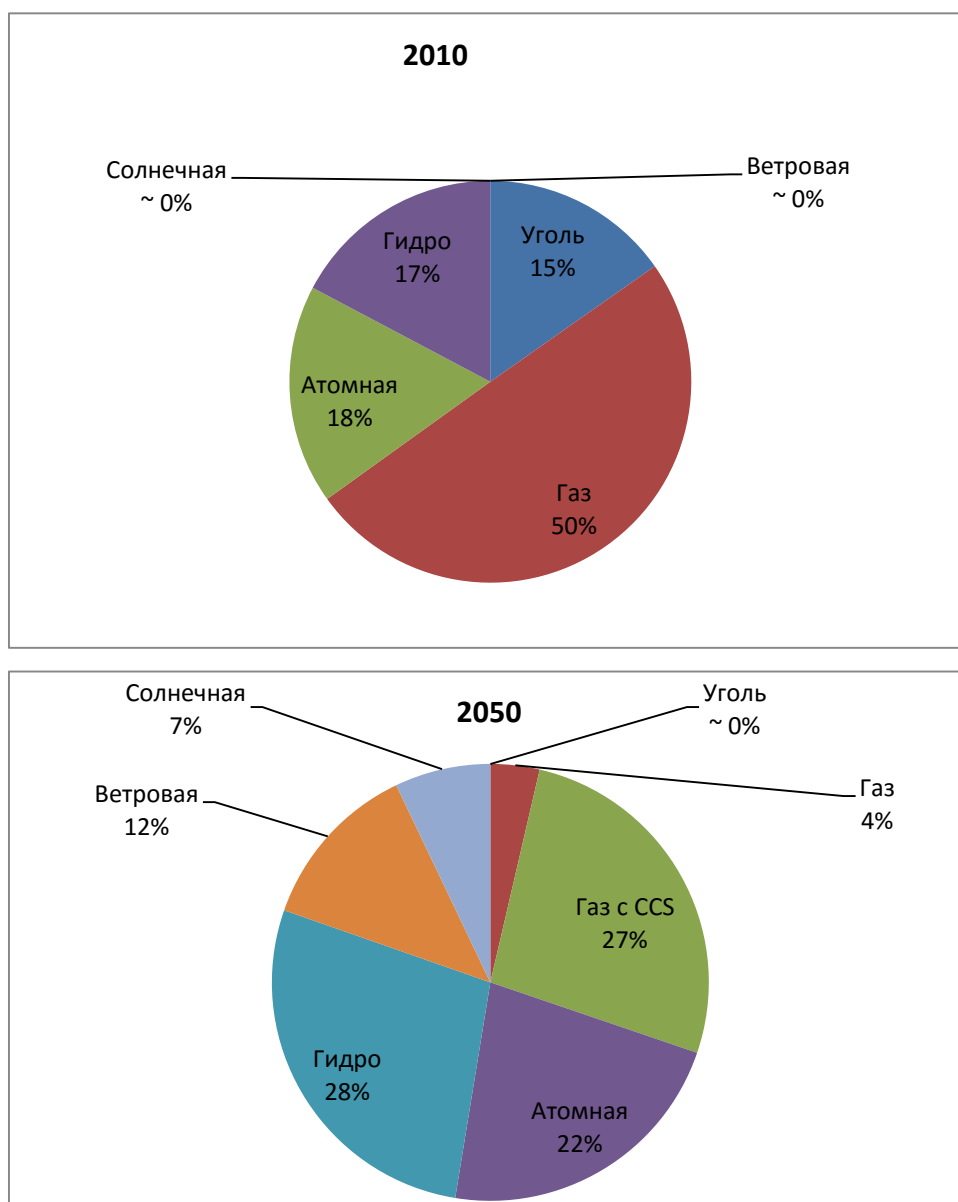


Рис. 2.4. Структура выработки электроэнергии в России в 2010 г. и 2050 г. при «базовом» сценарии глубокой декарбонизации. Источник: РАНХиГС/ВШЭ (2015).

Оценка выгод и издержек низкоуглеродного развития экономики России проводилась с использованием экономической модели TIMES, разработанной специалистами РАНХиГС с участием НИУ ВШЭ.

Достижение цели, поставленной в Парижском климатическом соглашении – не превышение роста глобальной температуры более чем на 2°C, согласно принятым предположениям, возможно при условии, что выбросы ПГ должны достигнуть 1,67 т CO<sub>2</sub>/чел к 2050 г. для России и других стран мира. Именно такой уровень, с учетом роста населения на планете, может обеспечить необходимое сдерживание роста концентрации ПГ в атмосфере и потепление климата. Основными секторами моделирования стали энергетика (выработка электроэнергии и тепла), транспорт, металлургия, строительство, потребления энергии в зданиях и сооружениях, на долю этих источников приходится около 80% выбросов CO<sub>2</sub> в стране. Структура выбросов и взаимосвязей различных отраслей по «косвенным» выбросам в 2010 г. представлена на Рис. 2.5.

Целевой показатель снижения выбросов ПГ в модели задан на уровне 87% от 1990 г. к 2050 г. (Рис. 2.6). Как показали модельные расчеты, достижения этого показателя возможно, причем при различных сценарных предположениях. То есть существует достаточно широкий набор вариантов решения проблемы декарбонизации экономики России, а выбор того или иного варианта зависит от стратегии страны, принятых политических решений.

Следует отметить также, что столь значительное снижение выбросов ПГ не означает ухудшения благосостояния или падение потребления энергии в стране.

По заданным сценариям, предполагается увеличение ВВП на душу населения с 2010 по 2050 гг. около 3,3 раза, демографическая ситуация – согласно прогнозам ООН – снижение численности населения до 120 млн человек к 2050 г., снижение конечного потребления энергии на 25% (Рис. 2.7) и т.д.

Результаты моделирования по всем сценариям декарбонизации представлены на Рис. 2.8, включая дополнительные сценарии (помимо «базового»):

- “DDPP без CCS” – Недоступность (высокая стоимость) технологии CCS
- “DDPP лим. ВИЭ” – предпосылка низком потенциале (экономической нецелесообразности) некоторых возобновляемых источников энергии
- “DDPP лим. АЭС” – ограничения на рост атомной генерации
- “DDPP высокий ВВП” – предпосылка о более высоком экономическом росте (3,17% против 2,44% в год в остальных сценариях)

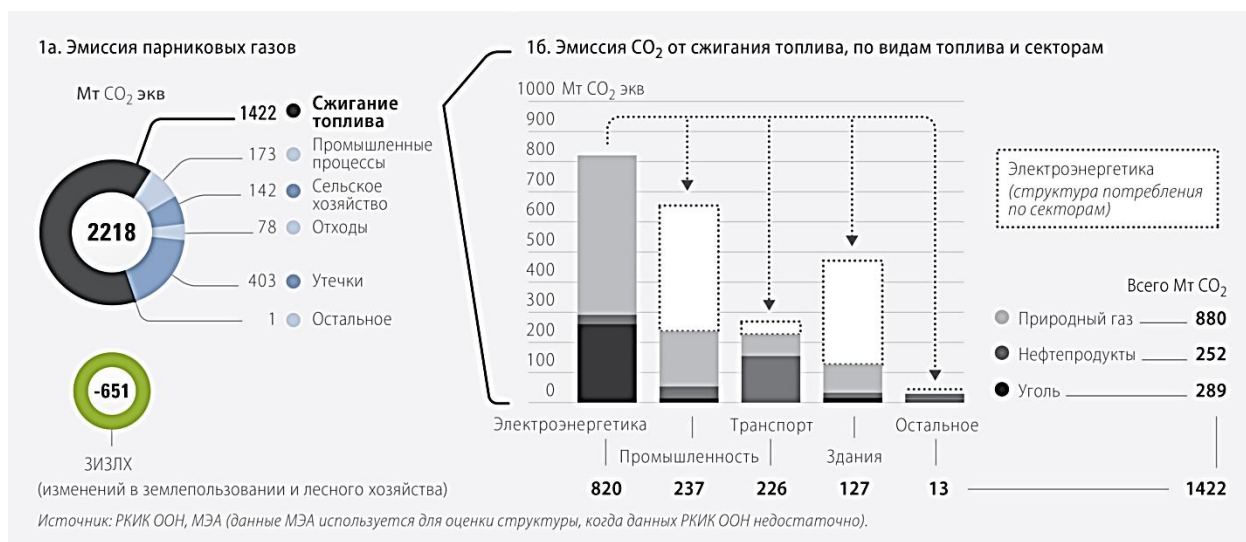


Рис. 3.1. Декомпозиция выбросов ПГ в России, 2010 г. Источник: РАНХиГС/ВШЭ.

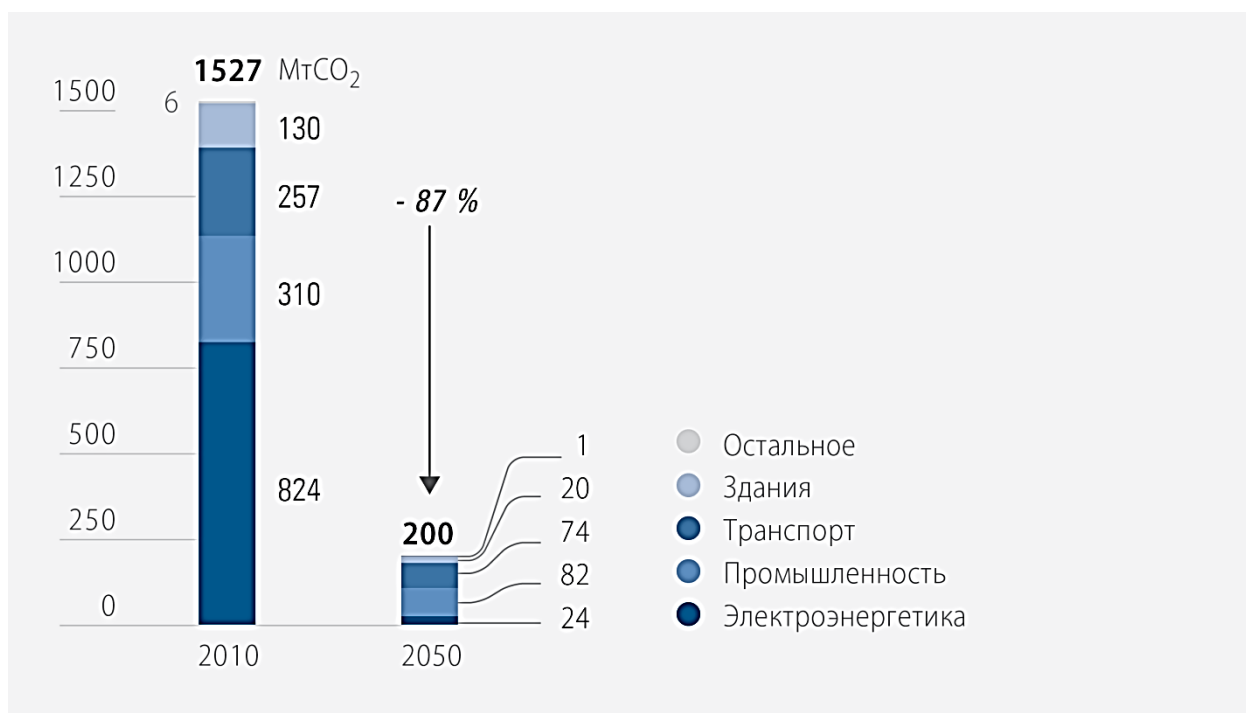


Рис. 3.2. Выбросы CO<sub>2</sub> от сжигания топлива: прогноз на 2050 г. при сценарии глубокой декарбонизации экономики России. Источник: РАНХиГС/ВШЭ.

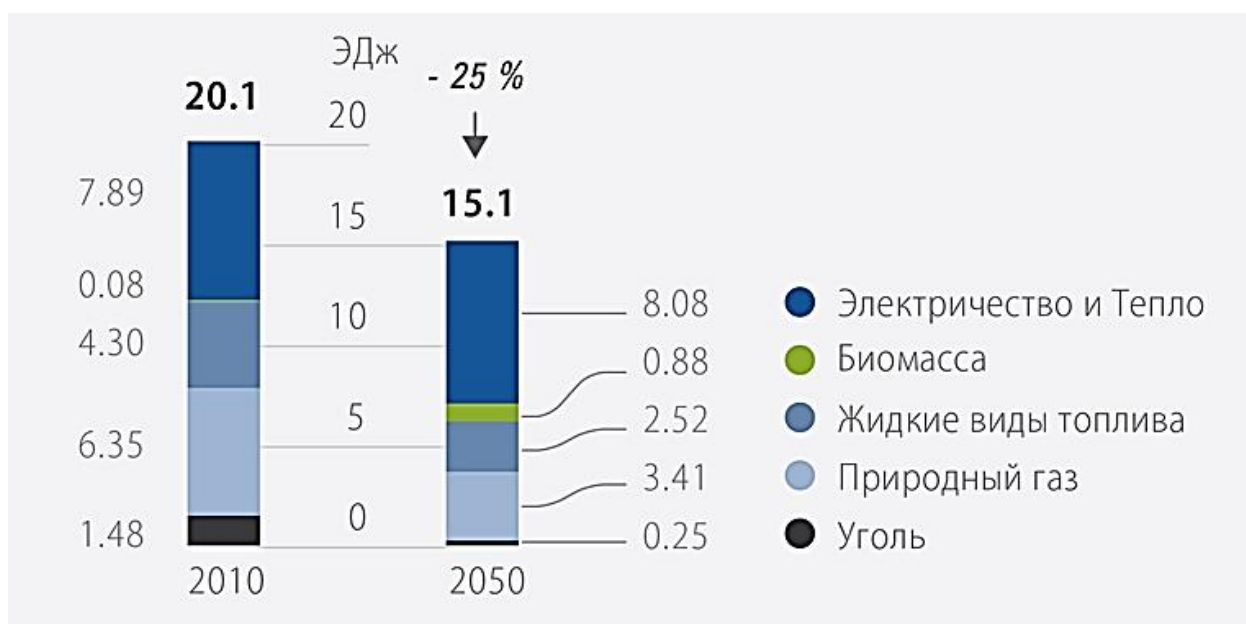


Рис. 3.3. Изменение конечного потребления энергии к 2050 г. при «базовом» сценарии глубокой декарбонизации экономики России. Источник: РАНХиГС/ВШЭ

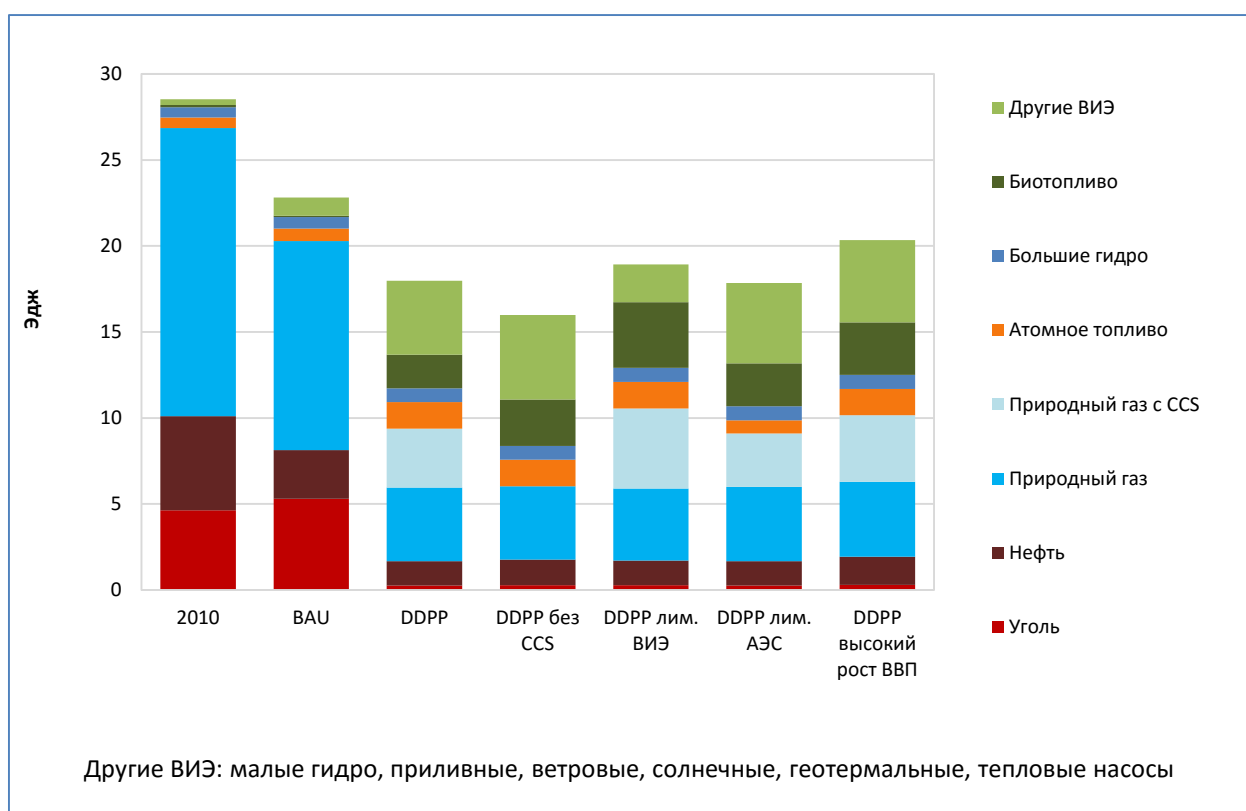


Рис. 3.4. Изменение структуры энергобаланса при различных сценариях глубокой декарбонизации экономики России 2010-2050 гг. Источник: О.В.Луговой (РАНХиГС), доклад на «Гайдаровском форуме – 2016».

Отметим, что для всех сценариев характерно снижение потребления угля почти до нуля, значительное снижение потребления нефти и нефтепродуктов (в 5 раз), трехкратное снижение потребления природного газа без CCS, но сопоставимое с этим потребление газа с CCS (для всех сценариев, кроме одного – отсутствия доступных технологий CCS). Доля крупных ГЭС почти неизменна при всех сценариях. Доля АЭС существенно меняется при разных предпосылках, но не является определяющей в энергобалансе. Биотопливо и ВИЭ во всех сценариях значительно возрастают, достигая 30-50% общего энергопотребления в 2050 г.

Важно отметить, что затраты на декарбонизацию, согласно результатам моделирования, отличаются от сценария «бизнес как обычно» (BAU) на 12-18%, причем основное отличие – в уровне инвестиционных расходов, которые можно рассматривать не столько как издержки, сколько в качестве инвестиционных расходов на развитие других, смежных отраслей (например, в производстве солнечных, ветровых и других технологий ВИЭ).

Сводные результаты по анализу декарбонизации в 16 крупнейших странах (проект DDPP) показали, что разница между затратами на переход к низкоуглеродной экономике (не только в энергетике, но и строительстве, промышленности, транспорте и др.) и «развитии как обычно» достигает лишь 0,8-1,3% ВВП, при имеющихся сведениях о развитии и стоимости технологий.

Таким образом, затраты на трансформацию экономики в сторону декарбонизации, по нашим данным, не намного превышают издержки, связанные с сохранением действующей модели экономики, энергетической инфраструктуры. Интуитивно это объяснимо и с точки зрения необходимости все более крупных затрат на обеспечение добычи, транспортировки, использования ископаемого топлива в стране. По данным ЦЭНЭФ<sup>21</sup>, при нынешних темпах добычи и экспорта нефти и газа в перспективе до 2050 г. Россия не сможет обеспечить экономический рост и утратит возможность самообеспечения экономики этими энергоресурсами, поэтому изменение энергетической и экономической модели для России необходимы и из соображений сохранения потенциала роста экономики.

Важным эффектом развития низкоуглеродной экономики является создание новых рабочих мест. По данным Международного института системного анализа<sup>22</sup>, увеличение выработки электроэнергии с использованием возобновляемых источников энергии приводит к увеличению «прямой» занятости в строительстве, производстве материалов и компонентов, управлении – до 614 рабочих мест на 100МВт, а также увеличению «косвенной» занятости до 4666 рабочих мест на 100МВт. С учетом полученных в данном исследовании оценок роста выработки энергии с использованием ВИЭ до 95,7 ТВт-ч в год к 2035 г., можно оценить дополнительную «прямую» занятость свыше 1,2 млн рабочих мест, а «косвенную» - 6-8 млн рабочих мест.

---

<sup>21</sup> <http://www.cenef.ru/file/2050.14.pdf>

<sup>22</sup> Komendantova and Patt, Renewable and Sustainable Energy Reviews, IIASA, 2014.



Оценки улучшения качества окружающей среды и снижения рисков для здоровья населения от уменьшения химического загрязнения атмосферного воздуха при реализации мер по снижению выбросов парниковых газов в энергетике (прежде всего, на тепловых электростанциях и котельных в крупных населенных пунктах) были выполнены в ходе масштабных исследований, проведенных с участием специалистов НИУ ВШЭ, в 2000-х годах<sup>23</sup>.

Согласно полученным данным, наиболее выраженные неблагоприятные для здоровья населения эффекты при сжигании ископаемого топлива определяются действием взвешенных частиц менее 10 мкм и диоксида серы. Переход с использования угля на природный газ либо возобновляемые источники энергии приносит значительные климатические выгоды и снижает риск здоровью населения за счет сопутствующего сокращения выбросов наиболее распространенных атмосферных загрязнителей и некоторых химических веществ, обладающих специфическим действием, в частности канцерогенным.

Наиболее значимые экологические и социальные выгоды от перехода к низкоуглеродному развитию связаны с изменением роли угля в экономике. Реализация стратегии низкоуглеродного развития в России, при которой был бы предотвращен резкий рост потребления угля при ныне действующих технологиях его сжигания, позволит снизить риск смертности населения до 40 000 случаев в год, снизить ущерб качеству жизни, получить суммарный эффект в виде «сопутствующих экологических выгод» более 60 долларов на 1 тонну CO<sub>2</sub><sup>24</sup>.

Из проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

При сохранении энерго-сырьевой модели экономики, опирающейся на добычу, потребление и экспорт ископаемого топлива, производство энергоемких товаров, Россия ни при одном из рассмотренных в данном исследовании сценариев не сможет снизить выбросы парниковых газов в соответствии с целями, заявленными в рамках решений РКИК ООН, Большой Восьмерки, Большой Двадцатки - предотвратить рост глобальной температуры свыше 2 градусов Цельсия. При таком развитии ("энергосырьевой" сценарий) выбросы углерода от энергетики будут возрастать и могут достичь от 100-136% от уровня 1990 г. к 2050 году. Ограниченные (слабые) меры по повышению энергоэффективности, развитию безуглеродных технологий не дадут существенного эффекта, а увеличение внутреннего потребления угля, газа, нефтепродуктов окажет доминирующее влияние на стремительный рост выбросов ПГ.

В сценариях "развитие как обычно", даже с учетом более активных мер в сфере энергоэффективности и развития ВИЭ, выбросы ПГ будут в лучшем случае стабильны (на текущем уровне) и достигнут 75-84% от уровня 1990 г. к 2050 г. Это явно не достаточно для достижения цели 2°C. Даже при оптимистических вариантах такого развития

---

<sup>23</sup> Климатические изменения: взгляд из России. Под редакцией В.И. Данилова-Данильяна. М.: ТЕИС, 2003, 416 с.

<sup>24</sup> S. Avariany, D. Dudek, A. Golub, E. Strukova, Ancillary Benefits of Climate Change Mitigation in Russia: Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, May 2006  
<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11027-006-2948-4>

энергетическая система по-прежнему будет базироваться на ископаемом топливе, а вводимые в эксплуатацию новые энергетические мощности на угле и газе на 30-40 лет вперед предопределять попадание России в "углеродную ловушку", когда энергетическая инфраструктура не будет позволять переходить на безуглеродные энергоисточники без существенного ущерба для экономики.

Сценарии, позволяющие сократить выбросы ПГ до уровня, соответствующего 2°C, связаны с глубокой декарбонизацией экономики и энергетики. Как показывают расчеты на базе моделей РАНХиГС/ВШЭ и МИТ, целенаправленное снижение выбросов до уровня 16-20% от 1990 г. к 2050 г. в России вполне достижимо. Это потребует существенной переориентации энергетики на безуглеродные технологии, особенно в период 2030-2040 гг., когда амортизация и выбытие старых технологий позволит без дополнительных издержек вводить новые, безуглеродные энергоисточники. При этом возникают масштабные сопутствующие эффекты в виде снижения загрязнения окружающей среды, заболеваемости и смертности от опасного воздействия технологий добычи, транспортировки и потребления ископаемого топлива (прежде всего угля) и т.д. Кроме того, разработка и внедрение зеленых технологий в России позволит не потерять конкурентоспособность, а усилить конкурентные преимущества отечественного бизнеса в формирующейся низкоуглеродной экономике мира, занять новые ниши на рынках, обеспечить выполнение целей РКИК и Глобальных целей развития ООН.

### 3. Алтайский регион: развитие возобновляемой энергетики

Энергоснабжение Алтайского региона<sup>25</sup> обеспечивается в основном за счет поставки ископаемых видов топлива и электроэнергии из соседних регионов. В энергобалансе на долю угля приходится 82%, нефтепродукты – 9%, природного газа – 7%, местных видов топлива (дрова, бурый уголь) – около 2%. Начиная с 1995 г., в регионе реализуется программа газификации.

Необходимость использования ВИЭ в Алтайском регионе обусловлена, прежде всего, отсутствием собственных запасов ископаемого топлива, а также географическим положением, особенностями местности и рельефа, где часто крайне сложно обеспечить централизованное энергоснабжение (труднодоступный горный рельеф местности затрудняет проведение линий электропередач и увеличивает капитальные затраты).. Наиболее перспективные направления развития ВИЭ на Алтае - солнечная энергетика, гидроэнергетика, ветроэнергетика, низкопотенциальное тепло, органические отходы.

Развитие ВИЭ на Алтае представляет особый интерес, поскольку именно здесь реализуются многие пилотные проекты, эксперименты изобретателей и ученых, а также и первые масштабные проекты, такие как крупнейшая в России солнечная электростанция в Кош-Агаче. Ниже рассмотрены примеры практического использования возобновляемых источников энергии в регионе. Субсидии на ВИЭ от государства составляют 50%, согласно действующему законодательству, из них федеральным бюджетом выделяются (80%), а региональным (20%), в сумме субсидии не должны превышать более 3 млн. рублей.

#### 3.1. Солнечная энергетика

По данным Алтайского государственного технического университета,<sup>26</sup> максимальная интенсивность прямой солнечной радиации в Алтайском регионе в среднем составляет 0,754 кВт/м<sup>2</sup>. Столь высокие показатели означают, что имеется большой потенциал для выработки электроэнергии или применения солнечных тепловых коллекторов (для обогрева помещений)<sup>27</sup>. Зимой интенсивность радиации снижается до 0,216 кВт/м<sup>2</sup>. Изменения суммарной радиации в естественных условиях при одной и той же высоте Солнца, обусловленные колебаниями прозрачности атмосферы, составляют 10-15%.

Небольшие солнечные электростанции получают все более широкое распространение на Алтае. Одни из первых солнечных батарей (панелей) в Республике Алтай были установлены на турбазе «Боор» в Чемальском районе, в Алтайском государственном заповеднике на Телецком озере (Рис. 3.1).

---

<sup>25</sup> Здесь и далее под Алтайским регионом понимается Алтайский край и Республика Алтай, если в тексте не указано иное.

<sup>26</sup> Федянин В.Я., Мещеряков В.А. Инновационные технологии для повышения эффективности алтайской энергетики. Барнаул: Изд-во ААЭП 2010, с. 57.

<sup>27</sup> Например, для обеспечения электричеством дома площадью 150 квадратных метров требуется мощность 5 кВт. Для этого на дом достаточно установить 15-20 м<sup>2</sup> солнечных панелей (это менее одной стороны крыши дома).

Однако гордостью региона, да и всей России, является крупнейшая в стране (но далеко не большая по мировым меркам) действующая Кош-Агачская солнечная электростанция (СЭС), мощностью 5 МВт (Рис. 3.2). Ее открытие состоялось 4 сентября 2014 года в присутствии президента Российской Федерации. Электроэнергия со станции поступает в общую сеть через Бийский энергоузел.

Это один из самых первых в России примеров выполнения контракта на поставку мощности ВИЭ. Уникальность его заключается в том, что строительство и эксплуатация станции финансируется при поддержке федерального и регионального бюджетов, гарантируется закупка всей вырабатываемой электроэнергии на 15 лет вперед, обеспечивается фиксированный доход инвесторам в размере 15% годовых. Без субсидий реализация проектов по строительству СЭС пока не окупается.<sup>28</sup>

В ближайшей перспективе алтайская компания ООО «Солнечная энергия» (оператор СЭС) планирует ввести дополнительно солнечных электростанций мощностью 40 МВт (Таблица 3.1).

Таблица 3.1. Планы реализации проектов солнечных электростанций в Республике Алтай.

	Объект	Планируемый год ввода в эксплуатацию
1	Кош-Агачская СЭС-2 (Вторая очередь), 5 МВт	2015
2	Усть-Канская СЭС, 5 МВт	2016
3	Онгудайская СЭС, 5 МВт	2016
4	Ининская СЭС, 25 МВт	2017

Источник: данные ООО «Солнечная энергия».



Рис. 3.1. Солнечное электроснабжение на турбазе «Боор» (слева) и в Алтайском государственном заповеднике (справа). Фотографии предоставлены ООО «Солнечная Энергия+».

<sup>28</sup> Источник: интервью с А.Н. Ялбаковым, директором ООО «Солнечная Энергия+», оператором Кош-Агачской СЭС.



Рис. 3.2. Кош-Агачская Солнечная Электростанция – 1. Фотографии предоставлены ООО «Солнечная Энергия+».

Распространение на Алтае получают и системы горячего водоснабжения за счет солнечной энергии, так называемые солнечные коллекторы. Используются различные технологии коллекторов – от самодельных до самых современных образцов. Например, на турбазе «Млечный путь» в Чемальском районе энтузиасты-экспериментаторы создали свой собственный коллектор из подручных материалов, который по эффективности лишь немного уступает германскому образцу. Опыт показывает, что температура нагрева воды в солнечные дни может достигать 60 и более градусов Цельсия, даже зимой.

Через коллекторы солнечное тепло может использоваться для обогрева жилых и производственных помещений, горячего водоснабжения, подогрева бассейнов и т.д.

### 3.2. Ветровые электростанции

Средний по территории Алтайского региона удельный валовой потенциал ветровой энергии составляет 56,6 млн. кВт-ч/км<sup>2</sup> в год. Однако распределение этого потенциала очень неоднородно. Поэтому важно учитывать те территории, где ветровой энергетический потенциал наиболее высок. Таких территорий с потенциалом 50-70 млн кВт-ч/км<sup>2</sup> в регионе более 51%.

При столь внушительном потенциале ветровой энергетики, практического его использования в регионе крайне мало. Основная причина – недостаток инвестиций, субсидий на строительство ветропарков. Поэтому пока не планируются крупные проекты в области ветровой энергетики, но зато активные шаги в этом направлении совершают энтузиасты, которые реализуют пилотные проекты в малых масштабах. Однако и этот опыт может оказаться полезным для масштабирования в перспективе.

Одни из первых установок ветровой энергетики в Республике Алтай расположены в селе Беле (мощность 10 кВт) и Кок-Паш (мощность 9 кВт). В обоих случаях используются комбинированные ветро-дизельные станции.





Рис. 3.3. Ветро-дизельные электростанции в селе Беле (слева) и Кок-Паш (справа). Фотографии предоставлены ООО «Солнечная Энергия+».

### 3.3. Малые ГЭС

Гидроэнергетический потенциал рек горной части Алтайского региона составляет около 42 млрд. кВт-ч в год. Электроснабжение удаленных, нуждающихся в энергии объектов возможно на автономной основе, а при определенных условиях возможно сливание электроэнергии от малых ГЭС в общую сеть.

На Алтае уже реализовано несколько проектов мини-ГЭС (Рис. 3.3-3.4), действующих преимущественно автономно для локальных энергетических нужд.

В разработанной «Схеме размещения малых ГЭС в предгорных районах Алтая», выполненного по заданию ООО «Алтайэнерго», представлено 26 вариантов ГЭС на реках Ануй, Песчанная, Чарыш, общей мощностью 60 МВт и возможностью получения 210 млн.кВт-ч электроэнергии в год.

На территории Алтайского края находятся более ста гидротехнических сооружений различных типов, предназначенных в основном для сельскохозяйственных нужд. Суммарный гидроэнергетический потенциал этих сооружений оценивается в 35 МВт, или 122,5 млн.кВт-ч в год. Оснащение энерго-генерирующими мощностями этих сооружений экономически оправдано, поскольку выдавало бы электроэнергию по себестоимости ниже существующих тарифов, не изменяя существующий водный режим и сброс водных объектов, не вызывая социальной напряженности.

Следует также учитывать экономическую целесообразность при планировании объектов МГЭС. В юго-восточной части Алтайского края низкая численность населения, городов нет, большая часть сел пустеет, население переселяется в более крупные села или города. Это связано с экономическими и социальными причинами. Развитие малой энергетики могло бы снизить темпы переселения людей из малых населенных пунктов, где уже сейчас ощущается недостаток надежного энергоснабжения. Основным потребителем электроэнергии является сельское хозяйство, в том числе скотоводство. Промышленные объекты отсутствуют. Наиболее перспективным потребителем энергии в этой части региона может стать туристическая отрасль.

В качестве примера экономических показателей МГЭС можно привести проект на Гилевском водохранилище, расположенном в Алтайском крае, с установкой четырех гидроагрегатов мощностью 3,2 МВт. Расчетное время строительства - 27 месяцев, Себестоимость 1 кВт-ч оценивается в 7-8 раз ниже существующих тарифов. Срок окупаемости - 4,2 года.

Наряду с мини-ГЭС реализуются и проекты строительства микро-ГЭС. Различаются мини- и микро-ГЭС размерами. Микро-ГЭС возможны к транспортировке и установке на новом месте. Они находят применение, например, в лесном хозяйстве. Действующий объект на Алтае – микро-ГЭС мощностью 30 кВт (Рис. 3.5).

В планах администрации Республики Алтай на ближайшую перспективу – строительство нескольких малых ГЭС (Табл. 3.2). Согласно законодательству, такие проекты обязательно должны проводить оценку воздействия на окружающую среду, изменения микроклимата и других экологических параметров и т.д. Необходимо учитывать не только экономическую целесообразность, но и возможный ущерб различным секторам экономики региона это и туристическая отрасль, и лесное, и сельское хозяйство и др. от строительства и функционирования малых ГЭС. Местное население, объединившись с учеными, экологами общественными деятелями уже выступали против строительства Катунской ГЭС в советское время и в 90-е годы, Каскада МГЭС на р. Мульты. Ряд публикаций и выступлений общественных деятелей приводили к остановке работ по строительству ГЭС<sup>29</sup>.

Таблица 3.2. Предполагаемые к реализации проекты малых ГЭС в Республике Алтай.

	Объект	Планируемый год реализации
1	МГЭС Чибит, каскад малых МГЭС на р. Чуя (24 МВт)	2016
2	Каскад МГЭС на р. Мульты (3х12 МВт)	2016
3	МГЭС Уймень (10 МВт)	2018

Источник: данные ООО «Солнечная энергия».

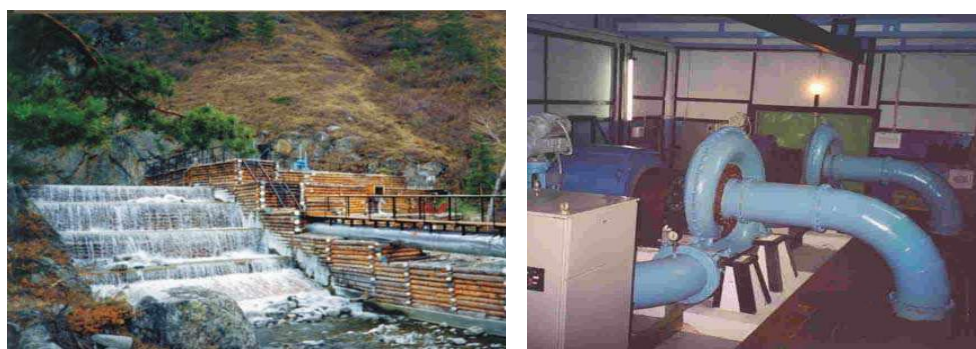


Рис. 3.3. Гидроэлектростанция с.Кайру мощностью 400 кВт. Фотографии предоставлены ООО «Солнечная Энергия+».

<sup>29</sup> О Мультинских ГЭС. Елена Климова. Если ГЭС собираются строить, значит, это кому-нибудь нужно? <http://wetlands.vx6.ru/pages/178-178-afera>



Рис. 3.4. Гидроэлектростанция с. Джазатор, установленная мощность 630 кВт. Фотографии предоставлены ООО «Солнечная Энергия+».



Рис. 3.5. Рукавная микро-ГЭС мощностью 30 кВт. Фотографии предоставлены ООО «Солнечная Энергия+».

Как показали консультации с экспертами, перспективными являются гибридные системы, сочетающие в себе мини-ГЭС, солнечные и ветровые генераторы. При общем развитии малой энергетики это может в значительной степени сгладить колебания солнечной и ветровой энергии.

### 3.4. Органические отходы/биотопливо

Значимым источником энергии в регионе могут стать органические отходы<sup>30</sup>. Для этого уже доступны необходимые технологии, однако этот потенциал в настоящее время почти не используется.

Только в Алтайском крае ежегодно образуется около 900 тыс. м<sup>3</sup> отходов лесозаготовки и деревообработки, в отрасли растениеводства (солома, лузга, подсолнечник, шелуха

<sup>30</sup> Органические отходы мы рассматриваем как Биотопливо.



гречи и др.) – более 2,5 млн т.у.т. Отходы животноводства могут дать еще более 1,3 млн т.у.т. Использование биогаза из отходов животноводства соответствует экономии более 175 тыс. т.у.т. органического топлива в год. Потенциально перспективным направлением получения биогаза могут стать сбраживание городских сточных вод.

Валовый потенциал использования отходов достигает свыше 3 млн т.у.т., а экономически доступный – 439 тыс т.у.т. (Таблица 3.3).

Таблица 3.3. Общий энергетический потенциал отходов на территории Алтайского края.

Источник биомассы	Валовой потенциал тыс. т.у.т.	Технический потенциал тыс. т.у.т.	Экономический потенциал тыс. т.у.т.
Древесные отходы	374,3	205,4	181,3
Отходы растениеводства	1328,1	929,7	77,5
Отходы животноводства	1297,6	261,2	174,22
Городские сточные воды	16,3	9,8	6,4
Всего	3016,3	1406,1	439,42

Источник: Федянин В.Я., с. 68.

### 3.5. Гибридные системы

Гибридные системы позволяют использовать преимущества как возобновляемых, так и традиционных источников энергии. К гибридным энергетическим системам можно отнести любые сочетания различных источников энергии, в том числе ВИЭ, а также источники бесперебойного питания, накапливающие энергию во время ее наличия и выдающие ее из батарей.

В Республике Алтай широкое распространение получает малая энергетика в труднодоступных и малонаселенных районах. Гибридные автономные энергосистемы с применением ВИЭ используются во многих населенных пунктах Алтая (Суринаш, Яйлю, Балыкча и т.д.), где сложно обеспечить условия для централизованного энергоснабжения.

Один из наиболее показательных примеров того, как в условиях города может применяться подход к автономному энергоснабжению, известен в Барнауле. В 2007 году новый собственник дома в черте города столкнулся с дилеммой: подключиться к централизованному электроснабжению за довольно высокую цену (около 2 млн рублей) или, следуя совету знакомых ученых, установить автономное энергоснабжение, сэкономить (более 20%) и не зависеть от поставщиков электроэнергии. Был выбран второй, инновационный вариант.

Здание было усовершенствовано – увеличена толщина стен, созданы специальные оконные проемы, значительно повышена энергоэффективность строения (что особенно важно в условиях зимних температур ниже 400С). Установлены солнечные панели, с учетом возможных проблем со снегом и загрязнением. В качестве дополнительного источника энергии поставлен ветрогенератор. Дизельный генератор установлен как резервный. Здание было полностью обеспечено собственным теплом и электричеством (Рис. 3.6).

Главная проблема, как показал опыт эксплуатации, связана с накопителями энергии. Ни один из аккумуляторов отечественных и зарубежных производителей не сохранял заявленной в техническом паспорте мощности дольше 1 года. Покупка новых и дополнительных накопителей стала одной из главных статей текущих расходов.



Рис. 3.6. Автономный дом «Апарт-отель» в г. Барнаул, Алтайский край. Используются ветрогенератор, солнечные панели, энергосберегающие технологии строительства и материалы. Автор фото: А.В.Стеценко.

### 3.6. Тепловые насосы

Извлекаемая с помощью тепловых насосов низкопотенциальная тепловая энергия поверхностных слоев Земли может использоваться для отопления, горячего водоснабжения, кондиционирования в зданиях и сооружениях. Работа теплового насоса основана на простом физическом законе: газ нагревается при сжатии и охлаждается при расширении. Тепло-насос работает как холодильник, только наоборот. Холодильник переносит тепло изнутри вовне, тепловой насос переносит тепло, накопленное в воздухе, земле или воде, в дом. Применяются различные модели тепловых насосов: воздушные, грунтовые, водные.

Главное достоинство тепловых насосов – на каждый киловатт затраченной электроэнергии (она необходима для работы насосного оборудования для перекачки жидкости в контурах-

трубопроводах или вентиляции воздуха) получается до 4 и более киловатт тепловой энергии!

В Алтайском регионе тепловые насосы получают все большее распространение. Одним из поставщиков оборудования является ООО «Экоклимат», предлагающее модифицированные для российских условий датские теплонасосы. Их основное преимущество – надежность, гарантия долгосрочной бесперебойной эксплуатации. Однако стоимость достигает 2 млн рублей (для коттеджа 200 кв м).

Экспериментальная установка теплового насоса с участием специалистов Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова (Шарипов Н.Б. и др.) в селе Бельмесьен Алтайского края оказалась почти на порядок дешевле - стоимость оборудования теплового насоса около 60 тыс.руб., а бурение 300 тыс.руб. Тепла достаточно для круглогодичного отопления дома (Рис. 3.7).

В Республике Алтай тепловые насосы все больше применяются на туристических базах, где затруднено или дорого использовать другие виды теплоснабжения (Рис. 3.8). Тепловые насосы имеют ряд преимуществ: высокая надежность и независимость от сбоев поставок теплоносителей (газа, угля, мазута, дров), отсутствует необходимость закупки теплоносителей, а существует лишь одноразовые капитальные вложения, рассчитанные на длительный срок эксплуатации 15-20 и более лет.



Рис. 3.7. Тепловой насос в коттедже (с. Бельмесьен Алтайского края). Фотографии предоставлены Федяниным В.Я., Н. Б.Шариповым.

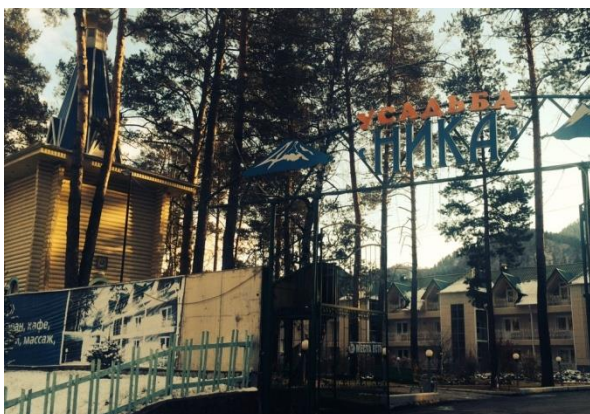


Рис. 3.8. Турбаза «Усадьба Ника», оборудованная тепловым насосом (с. Чемал, Республика Алтай). Автор фото: А.В.Стеценко.

### 3.7. Социальные выгоды от использования возобновляемых источников энергии

Развитие возобновляемых источников энергии имеет широкий спектр позитивных социальных эффектов, включая следующие:

- Значительное снижение загрязнения воздуха вредными веществами (особенно при переходе от угля на ВИЭ), включая канцерогены, тяжелые металлы, мелкодисперсные частицы (особо опасны PM<sub>2,5</sub> и PM<sub>10</sub>, проникающие в кровь через альвеолы легких), ртуть, мышьяк и др. Одновременно снижается риск для здоровья человека (преждевременная смертность, заболеваемость, прежде всего детей и людей старшего возраста);
- Улучшение качества жизни населения: оснащение жилищ электроприборами, бытовой техникой и т.д.;
- Более надежное энергоснабжение позволяет обеспечить переработку и хранение продуктов питания, особенно в удаленных районах;
- Обеспечение удаленного доступа к информации (интернет, средства связи), это особенно важно для оказания необходимой медицинской помощи, получения консультаций, записи на обследования и врачебные услуги;
- Получение дополнительных доходов, связанных с использованием энергии (туризм, скотоводство, сельское хозяйство и др.).
- Увеличение рабочих мест, занятых на распространение и установку ВИЭ.

Был отмечен и такой эффект, как возвращение молодежи в родные места, к родителям-чабанам, в отдаленные поселения, где теперь используются ВИЭ. По утверждению местных жителей, с появлением малой энергетики жизнь в удаленных районах переходит на качественно иной, более высокий уровень.

Важное значение использование ВИЭ имеет и с точки зрения гендерных аспектов социально-экономического развития (Вставка 1.2).

### **Вставка 1.2. Изменение климата и гендерные аспекты\***

Изменение климата неодинаково влияет на различные группы населения. «Все более очевидно, что женщины находятся в центре проблемы негативного воздействия климатических изменений. Женщины наиболее подвержены засухам, наводнениям и другим погодно-климатическим явлениям, они также играют критическую роль в борьбе с изменением климата» (Women's Major Group contribution for the Seventh Session of the Open Working Group on the Sustainable Development Goals).

Женщины часто не имеют доступа к адекватному здравоохранению, образованию, ограничены в правах, не могут влиять на принятие решений. При этом они играют главную роль в обеспечении домохозяйств, воспитании детей, заботе о престарелых, инвалидах, больных.

Гендерным аспектам климатических изменений, адаптации, перехода на низкоуглеродный путь развития уделяется крайне мало внимания в научных исследованиях и при разработке соответствующей политики и мер. Так, например, после таких ярких и драматических явлений, как наводнение в бассейне реки Амур в 2013 году, на Алтае в 2014 г., засух 2010 и 2012 годов в России, лесных и торфяных пожаров в центральной европейской части страны в 2010 г. практически нет никаких сведений о том, какой ущерб понесли именно женщины – ухудшение и потеря здоровья, разрушение домов, приусадебных участков, инфраструктуры и т.д.

Переход на низкоуглеродные технологии и снижение выбросов ПГ может привести к различным позитивным эффектам для домохозяйств:

- снижение потребление угля, улучшение качества воздуха в населенных пунктах в непосредственной близости к домохозяйствам,
- использование тепловых насосов, солнечных коллекторов – улучшить обеспечение теплом жилищ и хозяйственных построек,
- установка солнечных, ветряных, гибридных электрогенераторов – повысить надежность электроснабжения и снизить расходы на электроэнергию, особенно в удаленных местах (на стойбищах, отдаленных поселениях без инфраструктуры и др.)
- привлечение детей, молодежи в традиционные хозяйства, где обеспечивается более высокое качество жизни (электричество, тепло, интернет и др.), сохранение негородского типа поселений (сельское хозяйство, кочевья и др.).

Даже в городских условиях, как показывает российский и зарубежный опыт, применение ВИЭ для тепло- и электроснабжения вполне оправдано и экономически привлекательно. При этом домохозяйства имеют возможность сэкономить и повысить качество энергоснабжения. При современных тенденциях снижения затрат на солнечную, ветровую энергетику для малых хозяйств и населения.

На международных переговорах по РКИК ООН многие организации поднимают гендерные вопросы, требуют их включения в решения и проекты по адаптации к климатическим изменениям, по передаче технологий, финансировании помощи и компенсации «ущерба и потерь» (loss and damage), а также в мерах по снижению воздействия на климатическую систему. Начиная с 1997 года, когда был принят Киотский протокол, активную позицию занимают врачи: инициирована международная кампания “Medical Warning – Global Warming” («Медицинское предупреждение – Глобальное потепление») по учету негативных последствий изменения климата для здоровья человека. В России эта инициатива нашла отражение, например, в проведении исследований по вопросам климата и здоровья, а первый международный семинар «Изменения климата и здоровье населения России в XXI веке» с участием ВОЗ и РАМН был проведен в апреле 2004 года.

## 4. Кемеровская область: возможности низкоуглеродного развития в ведущем угольном регионе России

### 4.1. Роль угля в энергетике и экономике Кузбасса

Кузбасский угольный бассейн - один из самых крупных по запасам угля и объемам добычи в России. Площадь Кузнецкого угольного бассейна - 26,7 тыс. км<sup>2</sup>, наибольшая длина - 335 км, ширина - 110 км. Кондиционные запасы составляют 693 млрд. тонн низкосольных каменных углей с содержанием серы 0,1-0,5%, представлены все известные в мире коксующихся и энергетических углей.

На долю угольной промышленности приходится более 30% от общего объема промышленного производства в Кемеровской области. В угольной промышленности региона занято более 133 тыс. человек. Добычей угля занимаются более 50 шахт и 44 разреза, обогащением - 27 обогатительных фабрик и установок.<sup>31</sup>

Топливо-энергетический баланс Кемеровской области представлен производством топлива и энергии (около 160 тыс т.у.т. в год), импортом (около 10 тыс т.у.т.), внутренним потреблением (стабильно в последние годы около 60 тыс т.у.т.), экспортом (120 тыс т.у.т.), преимущественно в виде угля, электрической энергии и сухого кокса.

Уголь играет доминирующую роль в топливном балансе области (Табл. 4.1): на его долю приходится 96% всего объема топливных ресурсов и 76% энергетических ресурсов области. При этом экспорт из области превышает 70% от объема добычи. Внутреннее потребление (37 млн т.у.т. в 2010 г.) представлено преобразованием в другие виды энергии – 70%, переработкой в другие виды топлива – 16%, конечным потреблением – 14%.

Один из главных внутренних потребителей угля - тепловые электростанции суммарной установленной электрической мощностью 4,8 ГВт, тепловой - 7000 Гкал/час. Также крупные потребители угля включают промышленность, сельское хозяйство, транспорт, строительство и коммунально-бытовой комплекс.

---

<sup>31</sup> Информационный портал Кемеровской области <http://kemoblast.ru/>

Таблица 4.1. Сводный топливно-энергетический баланс Кемеровской области, 2010 г., тыс.  
т.у.т

	Природно е топливо	В т.ч.			Продукты перера- ботки топлива	Горючие побочны е энерго- ресурсы	Электро- энергия	Тепло- энергия	Всего
		уголь	газ горючий природный (естествен- ный)	нефть, включая газовый конденсат					
Ресурсы									
Добыча (производство) - всего	127205	127188	-	-	8283	4240	9185	6489	155402
Изменение запасов у поставщиков	-2044	-2044	-	-	-16,1	-	-	-	
Изменение запасов у потребителей	227	227	-	-	-13,6	-	-	-	
Ввоз	5218	346	4379	492	2547	-	4487		12252
Итого ресурсов	130606	125717	4379	492	10800	4240	13672	6489	165807
Распределение									
Вывоз	88533	88533	-	-	2782	-	1968	-	93283
Общее потребление	42073	37184	4379	492	8018	4240	11704	6489	72524
в том числе:									
на преобразование в другие виды энергии	26747	25664	1081	1,9	492	262	1,6	-	27502,6
в качестве сырья:									
на переработку в другие виды топлива	6286	5813	-	473	-	-	-	-	
на производство нетопливной продукции	1803	-	1803	-	6,3	-	-	-	
в качестве материала на нетопливные нужды	3,6	-	3,6	0,1	1,9	-	-		
на конечное потребление	7234	5707	1492	17,8	7518	3978	11153	6077	35960
потери на стадии потребления и транспортировки	--	-	-	-	-	-	550	413	963

Источник: Программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности экономики Кемеровской области».



## 4.2. Загрязнение и выбросы парниковых газов

### **Выбросы загрязняющих веществ**

В Кемеровской области действует около 23 тысяч организованных и неорганизованных источников выбросов, от которых в атмосферный воздух поступает более 250 наименований загрязняющих веществ различных классов опасности.

Суммарный объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу превышает 1,36 млн тонн в год (на 2013 г.) За последние десять лет суммарные валовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников увеличились на 9%. Удельный вес улавливаемых (обезвреживаемых) загрязняющих веществ от стационарных источников в общем количестве загрязняющих веществ составляет около 77%.

Важнейшим источником загрязнения атмосферы является добыча и потребление угля. В результате происходят эмиссии не только парниковых газов, но и загрязняющих и вредных веществ. Так, в 2013 году в атмосферу было выброшено 15,9 тыс. тонн сажи, 1,1 тыс. т аммиака, свыше 7,9 тыс. т неорганической пыли. На одного жителя Кузбасса ежегодно приходится в среднем 496 кг загрязняющих веществ.

Высокие концентрации вредных веществ наблюдаются в крупных городах области: бенз(а)пирена, диоксида азота – в городах Кемерово, Новокузнецк, Прокопьевск; твердых частиц (наиболее опасны частицы PM10 и PM2,5 диаметром менее 10 и 2,5 микрон) – в городах Новокузнецк, Прокопьевск; формальдегида – в городах Кемерово, Новокузнецк. В 2013 г. среднегодовые концентрации формальдегида в столице области г. Кемерово превысили ПДК в 3,2 раза, бенз(а)пирена в 2,4 раза, диоксида азота в 1,3 раза.

Огромную проблему также представляют золошлаковые отходы, образующиеся в результате сжигания угля. Такие отходы могут содержать опасные минеральные вещества и полициклические ароматические углеводороды, участвующие в природных циклах путем попадания в подземные воды, почву и атмосферный воздух. Концентрации хрома, марганца, никеля, кобальта, цинка, мышьяка, меди в почве в местах размещения отходов могут многократно превышать ПДК.

### **Выбросы парниковых газов**

Основными парниковыми газами, связанными с промышленностью и энергетикой в области являются углекислый газ и метан.

Оценка выбросов CO<sub>2</sub> от сжигания угля в энергетических целях (на котельных, тепловых электростанциях, населением) с использованием методологии МГЭИК показывает, что в Кемеровской области в 2003-2013 гг. выбросы в среднем составили около 84,7 млн тонн CO<sub>2</sub> в год.

Оценка эмиссии метана при подземной добыче угля представляется наиболее важной, т.к. добыча угля этим способом ведется на больших глубинах из угольных пластов, обладающих высокой газоносностью. Инженерные службы шахт постоянно контролируют метанообильность для предотвращения загазований горных выработок и обеспечения



безопасной работы. Как правило, эти данные доступны в региональных службах Госгортехнадзора. Поэтому оценка эмиссии шахтного метана может быть получена с высокой точностью.

В период 2003-2013 гг. объем выбросов метана от стационарных источников вырос почти в два раза и достиг максимального значения 790 тыс. тонн в 2013 г. (Рис. 4.1), что эквивалентно 16,5 млн т CO<sub>2</sub>.

Суммарные выбросы парниковых газов в Кемеровской области только от сжигания и добычи угля составляют около **101,2 млн тонн CO<sub>2</sub>-эквивалента в год.**



Рис. 4.1. Динамика выбросов метана от стационарных источников в Кемеровской области, 2003-2013 гг. *Источник: Айвазян Р. О., Брабандер Е. В.*

#### 4.3. Альтернативы традиционному использованию угля и энергоснабжению

##### ***Повышение энергоэффективности и энергосбережение***

Федеральным законом от 23 ноября 2009 г. N 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" поставлена амбициозная задача - добиться снижения энергоемкости валового внутреннего продукта (ВВП) на 40% к 2020 году (от 2007 г.). В целях выполнения данного закона, постановление Коллегии Администрации Кемеровской области от 31 августа 2010 года N 363 утвердило Комплексную региональную целевую программу «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности экономики Кемеровской области» на период с 2010 по 2012 годы и на перспективу до 2020 года.

Основные цели программы включают<sup>32</sup>:

- Снижение энергоемкости внутреннего регионального продукта (по фактическому потреблению топливно-энергетических ресурсов) с 151,1 до 90,8 т.у.т./млн. рублей в период 2007-2020 гг.
- Снижение энергоемкости внутреннего регионального продукта (по конечному потреблению топливно-энергетических ресурсов), с 82,2 до 49,31 т.у.т./млн. рублей в период 2007-2020 гг.
- Сокращение потребления энергетических ресурсов к 2020 году в объеме 17,9 млн. т.у.т.
- Использование потенциала энергосбережения в Кемеровской области, который составляет около 2 млн. т.у.т. (до 2012 г.), в том числе:
  - в промышленности - 1373,5 тыс. т.у.т.
  - на транспорте - 78,3 тыс. т.у.т.
  - в сельском хозяйстве - 15,9 тыс. т.у.т.
  - в жилищно-коммунальном хозяйстве (включая население) - 435,7 тыс. т.у.т.
  - прочие отрасли - 94,3 тыс. т.у.т.

Затраты на программу оцениваются в 56,7 млрд рублей (до 2020 года), в том числе из федерального и областного бюджетов около 1,5 млрд рублей.

В Таблице 4.2 представлены оценки потенциала энергосбережения в Кемеровской области видам потребляемых энергоресурсов. Отметим, что суммарный потенциал, включая организационный, технический и инвестиционный достигает 26,5 млн т.у.т.

По мнению А.Б.Артюшина, директора ГУ «Кузбасский центр энергосбережения», «потенциал энергосбережения до 2020 года составляет 384 тыс. вагонов угля. Если эти вагоны выстроить в один состав, то он растянется на 5 340 км (от Кемерово до Парижа)».<sup>33</sup>

Таблица 4.2. Оценка потенциала энергосбережения в Кемеровской области видам потребляемых энергоресурсов (тыс. т.у.т.).

	Энергоресурсы	Организационный	Технический	Инвестиционный	Всего
1	Уголь	1958	3892	5874	11724
2	Газ	191	380	574	1145
3	Нефть и нефтепродукты	139	277	418	834
4	Прочее топливо	310	616	930	1856
5	Электроэнергия	972	1933	2916	5821
6	Тепловая энергия	850	1691	2550	5089
	Всего	4420	8789	13262	26469

<sup>32</sup> Программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности экономики Кемеровской области», с. 7, <http://docs.cntd.ru/document/990310609>

<sup>33</sup> Артюшин А.Б. «Энергетическая политика Кузбасса: опыт реализации и перспективы», Презентация Доклада ПРООН о развитии человеческого потенциала в России «Энергетика и устойчивое развитие», 16.12.2010г., г. Кемерово.

Источник: ГУ «Кузбасский центр энергосбережения».

Реализация мер по повышению энергоэффективности позволит сократить выбросы парниковых газов в Кемеровской области на 48,3 млн т CO<sub>2</sub> к 2020 г. (в среднем на **7 млн т CO<sub>2</sub> в год**).

### ***Газовое топливо из угольных пластов***

Перспективным направлением увеличения объемов газового топлива в области считается использование шахтного метана. Общие запасы метана в угольных пластах Кузбасса оцениваются в 13,5 трлн. куб. м<sup>34</sup>, а его ежегодные эмиссии достигают 2 млрд. куб. м. Большие глубины залегания пластов в Кузнецком бассейне (до 1800 м) могут в перспективе дать оценку запасов до 20 трлн куб м. При этом на полях шахт с действующей и перспективно необходимой дегазацией прогнозные ресурсы метана в пластах оцениваются в 212 млрд куб м – это практически доступный объем газа для утилизации уже в ближайшее время. Наиболее интересны для промышленной добычи метана Ерунаковский, Терсинский и Томь-Усинский районы, где сосредоточено около половины всех ресурсов метана угольных пластов Кузбасса.<sup>35</sup>

В Кузнецком угольном бассейне применяются системы дегазации угольных пластов. Метан, капируемый такими системами, имеет высокую концентрацию в метановоздушной смеси (40-90%) и может быть эффективно использован для производства тепло- и электроэнергии.

Добыча метана из угольных пластов уже производится ООО «Газпром добыча Кузнецк», 100-процентным дочерним предприятием ОАО «Газпром». Объем добычи газа к 2015 г. планируется довести до 184,5 млн куб м в год. По мере увеличения объемов добычи планируется его активное использование. Предусматривается газификация населенных пунктов, расположенных рядом с добывающими районами. Метан будет использоваться в ближайшее время и в малой энергетике, планируется поставлять газ на блочные ТЭС суммарной мощностью до 100 МВт.

В 2011-2012 гг. были запущены 2 ГПЭС суммарной мощностью 2,4 МВт и 2 ГПЭС мощностью 2,2 МВт. Использование метана из угольных пластов при применении технологий, таких как GE-Jenbacher, снижает выбросы метана на 85% по сравнению с традиционной добычей угля.<sup>36</sup>

В ближайшей перспективе ожидается, что газа будет достаточно для покрытия всех нужд Кемеровской области, полного замещения природного газа, которые сегодня импортируются в регион, а также может заместить угольную генерацию, если будут

---

<sup>34</sup> Tailakov O.V., Polevshikov G.Y., Abramov I.L., Panchiseva T.A., Sinelnikova A.V., Zolotikh S.S. Potential and Utilization Trends of Coalbed Methane Recovery in Kuznetsk Coal Basin of Russia.// Proc. of International Coalbed Methane Symposium. Alabama. 12-16 May 1997, p. 157-167

<sup>35</sup> Безруких П.П. и др., стр. 255.

<sup>36</sup> Russia and India Report, Russia begins producing electricity from coal bed methane [http://in.rbth.com/articles/2011/03/17/russia\\_begins\\_producing\\_electricity\\_from\\_coal\\_bed\\_methane\\_12300](http://in.rbth.com/articles/2011/03/17/russia_begins_producing_electricity_from_coal_bed_methane_12300)

созданы соответствующие условия. При полном замещении угля газом выбросы CO<sub>2</sub> в области сократились бы на **51 млн т CO<sub>2</sub> в год**.

В более отдаленном будущем метан из угольных пластов должен совершить настоящий прорыв в обеспечении энергетическими ресурсами Сибири и Дальнего Востока. Большую долю добываемого метана «Газпром» планирует направить в газотранспортную систему.

### ***Возобновляемые источники энергии***

Кемеровская область обладает огромным потенциалом использования возобновляемых источников энергии. По данным специалистов Института энергетики им. Кржижановского, валовый ресурс ВИЭ в регионе превышает 35 млрд т у.т. в год, технически доступный ресурс – свыше 2,5 млрд т у.т. в год, а экономически доступный – около 1,5 млрд т у.т. в год.

В области есть возможности задействовать солнечную, ветровую энергию, малую гидроэнергетику, утилизировать для энергетических целей отходы и лесную биомассу. В Таблице 4.3 представлены подробные данные о валовых, технических и экономических ресурсах ВИЭ.

Отметим, что ресурсы ВИЭ распределены неравномерно на территории области. Рис. 4.2 иллюстрирует примеры распространения потенциала использования ветровой и солнечной энергии.

В настоящее время ресурсы ВИЭ в области рассматриваются преимущественно для децентрализованного энергоснабжения. При этом при использовании ВИЭ решаются следующие вопросы:

- оценка объемов и условий децентрализованного энергоснабжения потребителей
- оценка потенциала ресурсов ВИЭ в зоне размещения объектов энергоснабжения и выделение приоритетных видов энергии
- анализ технико-экономических характеристик создания децентрализованных систем энергоснабжения
- анализ социальных и экологических аспектов использования ВИЭ
- обоснование организационно-правовых форм функционирования энергоснабжения.

Социально-экологические критерии эффективности применения ВИЭ включают:

- Потенциальная угроза жизни людей
- Наличие топливной составляющей
- Отчуждение земли
- Влияние на животный мир
- Акустическое воздействие и вибрация
- Электромагнитное излучение

Таблица 4.3. Сводные данные о потенциале использования возобновляемых источников энергии в Кемеровской области.

Вид ВИЭ	Валовый ресурс	Технический ресурс	Экономический ресурс
Солнечная энергетика	13,7 млрд т.у.т./год	Производство тепла – 62,3 млн т.у.т. электроэнергии – 5,7 млн т.у.т.	Производство тепла – 37,6 тыс. т.у.т. электроэнергии – 5,4 тыс. т.у.т.
Малая гидроэнергетика	8,1 млрд т.у.т./год	2,5 млрд т.у.т./год	1,4 млрд т.у.т./год
Ветровая энергия	13,6 млрд т.у.т./год	34 млн т.у.т./год	0,17 млн т.у.т./год
Лесная биомасса	Всего запас энергии в биомассе – 246,5 млн т.у.т.	Отходы лесозаготовки – 0,7 млн т.у.т./год деревопереработки – 120,0 тыс т.у.т.	
Отходы, всего, тыс. т.у.т./год	979,3	1158	472,6
<i>В т.ч. твердые бытовые отходы, тыс. т.у.т./год</i>	23,8	17,9	17,9
<i>Осадки сточных вод, тыс. т.у.т./год</i>	2,1	1,7	1,1
<i>Птицеводство, тыс. т.у.т./год</i>	20,6	205,6	8,2
<i>Животноводство, тыс. т.у.т./год</i>	205,6	205,6	82,2
<i>Растениеводство, тыс. т.у.т./год</i>	650,3	650,3	286,3
<i>Агропереработка, тыс. т.у.т./год</i>	76,9	76,9	76,9

Источник: Безруких П.П. - М.: ИАЦ «Энергия», 2007 – 272 с.

В ходе исследования были проведены выезды на места реализации пилотных проектов по использованию ВИЭ. В частности, одним из наиболее значимых объектов по использованию биогаза из отходов животноводства является биогазовая установка, установленная на свиноферме под г. Новокузнецком (37 тыс. голов). Установка собственного производства, состоит из специально подготовленных цистерн-резервуаров для навоза и оборудования для сжигания образующейся газовой смеси с содержанием метана около 50-60% (Рис. 4.3). Биогаз используется для собственных нужд предприятия – освещения и отопления цехов свинокомплекса. Это первый опыт использования биогазовой установки, причем специалисты предприятия смогли учесть не только международный опыт, но и адаптировать технологию для условий Сибири, где морозы могут достигать  $-40-50^{\circ}\text{C}$ , а характеристики сырья – существенно отличаться от «общепринятых». В перспективе планируется применение биогазовой установки на соседнем свинокомплексе производительностью более 150 тысяч голов скота.



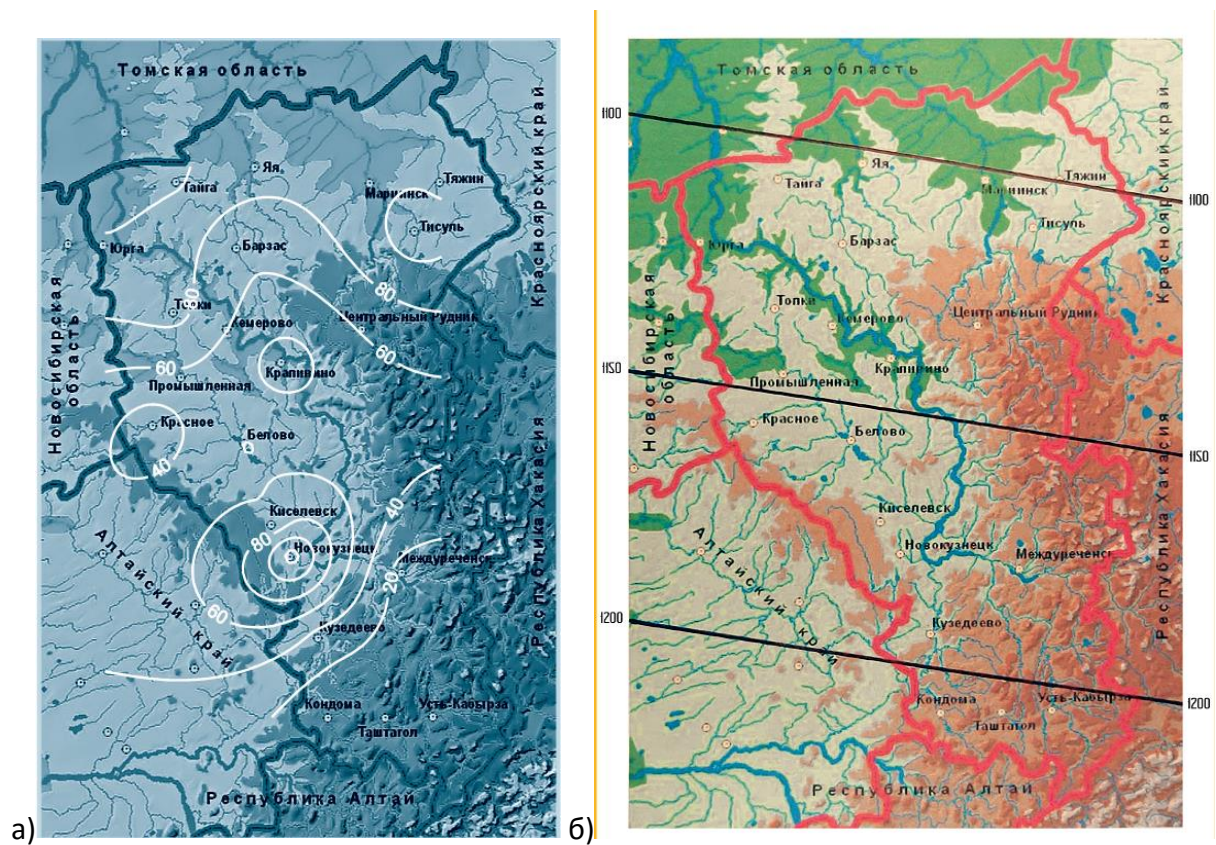


Рис. 4.2. Оценка потенциала ветровой и солнечной энергии в Кемеровской области: а) распределение удельной мощности ветрового потока за год на уровне 50м, Вт/м<sup>2</sup>; б) потенциальные годовые гелиоэнергетические ресурсы Кемеровской области, кВт\*ч/м<sup>2</sup>.



Рис. 4.3. Пример практического использования биогаза на свиномкомплексе под г. Новокузнецком (накопители навоза и установка для выработки электроэнергии). Автор фото: Г.В.Сафонов.

### ***Угলেখимия и комплексная переработка угля***

Угলেখимия – одно из перспективных направлений использования угля. Из исходного сырья (угля) можно получать 130 видов химических полупродуктов и более 5000 видов продукции (сталь, бензол, фенол, диметилловый спирт, углеродные сорбенты, капролактамы, углеродные волокна, молекулярные сита, металлополимерные нанокомпоненты, нанотрубки и мн.др.).

Крупные проекты по угলেখимическому производству уже реализованы в Китае, Австралии, США, Великобритании и других странах. Глубокая переработка угля решает многие проблемы, с которыми сталкивается угольная отрасль, включая следующие:

- большая волатильность (нестабильность) цен на рынках твердого топлива,
- высокая конкуренция на рынке угля, а также со стороны других видов топлива,
- создание высокой добавленной стоимости на всех цепочках производства,
- снижение экологических рисков и связанных с ними коммерческих рисков для компаний-производителей и потребителей угля,
- формирование новых и расширение существующих ниш на рынках химических продуктов, производимых из угля,
- увеличение доходов от производства (в 17 раз и более при переходе от продажи угля, например, к капролактаму и другим продуктам).

В Кемеровской области действует несколько предприятий, производящих химическую продукцию, такие как ОАО «Кокс» (30 видов продукции), КОАО «Азот» (более 40 видов химической продукции), ООО «Сорбенты Кузбасса» и другие, суммарный оборот которых превышает 60 млрд рублей в год.

В Кузбассе уже создана научная база – действуют единственные в России академические институты угля и угলেখимии, учреждения системы высшего профессионального образования:

- Кемеровский научный центр СО РАН
- Институт угля СО РАН
- Институт угলেখимии и химического материаловедения СО РАН
- ФГБУН «Институт теплофизики им. С.С.Кутателадзе» СО РАН
- ФГБОУ ВПО «Кузбасский государственный технический университет» (КузГТУ)
- ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет» (СибГИУ)

Разрабатываются и начинают внедрение инвестиционные проекты, планируемые на перспективу до 2020 года:

- Караканский-Западный энерготехнологический комплекс;
- Менчерепский энерготехнологический комплекс;
- Серафимовский энерготехнологический комплекс;
- Подземная газификация каменного угля на полях шахты «Дальние горы».

Общий объем инвестиций по этим проектам должен составить 121 млрд. руб., будет создано 16 тысяч рабочих мест.<sup>37</sup>

В целом, при реализации программы создания в Кузбассе углехимического кластера ожидается создание 75 тысяч дополнительных рабочих мест, годовой оборот может превысить 275 млрд рублей (\$10 млрд). При этом глубокая переработка угля могла бы составить до 80% от суммарной добычи к 2020 г. или 185 млн. т угля (58 млн. т – химические полупродукты, 20 млн. т – бездымное экологически чистое топливо, 3,5 млн. т – металлургический кокс, химические полупродукты, 5 тыс. т – углеродные материалы).<sup>38</sup>

При таких целевых показателях углехимическое производство потенциально могло бы предотвратить эмиссию углекислого газа в объеме 383 млн т CO<sub>2</sub> до 2020 г.<sup>39</sup>

---

<sup>37</sup> Территориальный инновационный кластер "Комплексная переработка угля и техногенных отходов" в Кемеровской области

<http://innovation.gov.ru/sites/default/files/documents/2014/6584/2104.pdf>

<sup>38</sup> Там же, стр. 40.

<sup>39</sup> Оценка авторов.



## 5. Рекомендации по формированию стратегии низкоуглеродного развития России

На основе проведенного исследования и обсуждения результатов на научных семинарах и конференциях, представляется целесообразным рекомендовать Правительству Российской Федерации, руководству Субъектов Федерации, деловым кругам, экспертному сообществу и неправительственным организациям следующие необходимые меры по формированию стратегии низкоуглеродного развития экономики России, базирующейся на активной политике и мерах по снижению выбросов и увеличению абсорбции парниковых газов, повышению конкурентоспособности экономики страны, увеличению благосостояния населения, занятости, снижению неблагоприятных воздействий на здоровье человека, обеспечению интересов различных групп населения в развитии и росте экономики России, в том числе гендерных аспектов развития (инклюзивный рост).

**Разработать стратегию низкоуглеродного развития России на перспективу до 2050 г.,** синхронизировать в ней целевые показатели развития по отраслям промышленности, энергетики, секторам экономики для выполнения национальной цели по снижению выбросов парниковых газов, соответствующей глобальной цели предотвращения роста температуры более 2°C, разработать дорожную карту достижения поставленной национальной цели – обеспечить уровень выбросов ПГ не более 70% от 1990 года к 2030 году.

Необходимо предусмотреть одобренный Парижским климатическим соглашением (2015 г.) механизм регулярного пересмотра и усиления национальных целей по снижению негативного воздействия на климатическую систему (как минимум раз в пять лет).

На основе анализа возможностей по декарбонизации экономики в долгосрочной перспективе определить приоритетные цели и задачи развития низкоуглеродных технологий, новых материалов, мер в сельском и лесном хозяйстве, направленных на снижение эмиссий и повышение абсорбции парниковых газов, управления отходами.

Крайне важно разработать комплекс мер по мониторингу технологического развития в области разработки и внедрения прорывных низкоуглеродных технологий, продуктов, материалов, которые могут иметь существенные последствия для «переформатирования» мировой экономики в целом и экономики России в частности. Необходимо определить угрозы, риски, возможности для российских компаний в развитии таких рынков, обеспечения мер по участию отечественных предприятий в их развитии и получению достаточных компетенций (производственных, технологических и др.), чтобы не допустить «выпадания» российского бизнеса из новых трендов низкоуглеродного развития.

Наиболее серьезное внимание необходимо уделить следующим перспективным технологиям, обеспечивающим низкоуглеродное развитие:

- возобновляемые источники энергии (солнце, ветер, геотермальные, приливные, биотопливо и др.). Потенциал ВИЭ в России огромен, во много раз превышает ежегодное производство первичной энергии в стране, однако по-прежнему почти не задействован. Затраты на многие виды технологий ВИЭ сокращаются по мере увеличения масштаба их

внедрения в мире. В перспективе до 2020-2050 гг. по ряду технологий ВИЭ ожидается снижение затрат на 77% и более. В настоящее время уровень компетенции в России по этим технологиям крайне низок.

- технологии энергосбережения и повышения энергоэффективности (на стадиях производства и потребления энергии). Потенциал снижения потребления топлива при выполнении мер повышения энергоэффективности достигает в России 420 т.у.т, однако действующие политики и меры не обеспечивают возможностей практической реализации этого потенциала. Более того, наметилась тенденция отступления в проведении соответствующей политики (прекращение федерального финансирования программы повышения энергоэффективности в части целевых мер по этому направлению).

- развитие технологий улавливания и захоронения углерода (CCS). Эксперименты в этой области продолжаются, реализуется ряд проектов в разных странах мира. Пока результаты не достаточно убедительные (высокие затраты, неразвитые технологии), однако без технологий CCS для многих стран выполнение климатической цели Парижского соглашения не представляется возможным. При этом в России есть определенный опыт и научно-технологический задел, который может быть задействован для поиска технологий, тиражируемых в рамках и международных проектов в этой области.

- низкоуглеродный и безуглеродный транспорт (легковой и грузовой автотранспорт, авиаперевозки, трубопроводный транспорт и др.), где наметились радикальные изменения в отношении «экологических» требований, «углеродного» регулирования, стимулирования спроса на электрический и гибридный автотранспорт, в перспективе – водородный транспорт (на топливных элементах), а также газифицированный и другие виды транспорта. Важное значение при реализации мер в этой области имеет развитие инфраструктуры (дороги, станции для электрозарядки и заправки автомобилей, развитие «умных» (smart) транспортных систем и т.д.). Масштабы развитие рынка низкоуглеродного транспорта – десятки миллионов единиц нового автотранспорта ежегодно уже к 2020 г., а в перспективе 2030-2050 гг. – сотни миллионов единиц. Пока в России крайне недостаточен уровень компетенции в этой сфере.

- накопители электроэнергии. Решение проблемы недорогого накопления энергии – одна из приоритетных задач низкоуглеродного развития в мире. Внедрение таких технологий в глобальных масштабах будет означать радикальное изменение всей энергетической инфраструктуры. Это прямой путь к отказу от централизованного энергоснабжения в пользу децентрализованного, обеспечению автономного энергообеспечения для населения и предприятий многих отраслей (и не только в сельскохозяйственных, удаленных районах), стимулирование внедрения технологий ВИЭ для собственных нужд потребителей и их переход от существующих централизованных энергосистем. Уже появляются системы для домохозяйств, где ВИЭ сочетаются с электротранспортом и полностью обеспечивают автономное энергоснабжение. В России есть научный задел в области технологий накопления энергии, изобретения и опыт использования технологий, однако пока это направление не получило значимого развития. Это значительно контрастирует с теми

активными мерами, которые предпринимают передовые компании мира (в том числе Тесла и др.).

**Внести коррективы в Энергетическую стратегию России** с учетом задач низкоуглеродного развития и декарбонизации энергетики и экономики на перспективу до 2050 года, а также целей и обязательств, принятых в Парижском климатическом соглашении.

Важнейшая цель – придать высокий приоритет низкоуглеродной энергетике в России, дать сигнал деловым кругам, инновационным компаниям, изобретателям, разработчикам низкоуглеродных технологий, финансовым и инвестиционным институтам.

Необходимо установить жесткие и амбициозные цели по увеличению абсолютных объемов выработки энергии на безуглеродных источниках, в том числе ВИЭ, развитию инфраструктуры для низкоуглеродного транспорта, автономных систем энергообеспечения с использованием низкоуглеродных технологий.

Крайне опасно попасть в «углеродную ловушку», когда вводимые производственные мощности с использованием ископаемых энергоресурсов и процессов будут «консервировать» нынешние углеродоемкие производственные процессы на десятилетия в будущем (например, строительство угольных электростанций требует окупаемости около 30-40 лет).

Очень важно решать и проблему избыточных мощностей в электрогенерации. По данным Российского энергетического агентства, при общей установленной мощности электростанций около 250 ГВт в настоящее время используется (на пиковой нагрузке) лишь около 60%. При этом огромная доля (более 90%) основных фондов в электрогенерации введена еще во времена СССР, а устаревших электро- и тепловых сетей более 70% (по данным Росстата).

**Разработать меры поддержки альтернативного использования угля.** Запасы угля в России огромны, их достаточно на сотни лет (при нынешних темпах добычи и потребления). Однако в низкоуглеродной экономике роль угля, очевидно, будет радикально снижаться, вплоть до запрета на его традиционное сжигание (без технологий CCS). В то же время, в угольной отрасли России занято огромное количество предприятий, финансовых, инвестиционных компаний, научных институтов, работников и т.д. Это очень социально-емкая отрасль. Поэтому вопросы выживания отрасли в новой низкоуглеродной экономике – очень существенны и чувствительны.

Необходимо отказаться от позиции «незамечать» вызовы, с которым сталкивается угольная отрасль при переходе на новую модель низкоуглеродного развития. Для этого есть большой арсенал возможностей – технологии углехимии, газификации угля, добыча шахтного метана и метана из угольных пластов, комплексное использование угля (выделение и утилизация всех полезных химических элементов) и другие. При этом необходимо обеспечить выполнение социальных и экологических требований для проектов развития угольной отрасли в новых условиях.

Альтернативное использование угля поможет в преодолении проблемы дивестиций (вывода инвестиций) из угольной отрасли, которая принимает все более глобальные масштабы в мире. От угольных проектов отказываются не только международные организации (Всемирный банк, ЕБРР и др.), но и крупнейшие институциональные инвесторы – пенсионные фонды, страховые компании и другие, в управлении которых находятся долгосрочные инвестиционные ресурсы объемом в несколько триллионов долларов США.

**Исследовать возможности применения в России технологий улавливания и захоронения углерода (CCS).** Эти технологии пока недостаточно изучены, хотя в нефтяной отрасли давно применяется метод закачивания газовой смеси (включая углекислый газ и метан) в нефтяные скважины для повышения давления и добычи нефти. Существуют различные технологии CCS, применяемых в зависимости от локальных условий, наличия доступных геологических структур или глубоких водоемов для закачивания газа и многих других факторов.

России учесть международный и отечественный опыт (например, в нефтегазовом секторе), перспективы и планы использования CCS в различных странах мира (Австралия, США, Канада, ЕС и др.), рассмотреть возможности реализации пилотных проектов и участия в совместных международных инициативах по CCS.

Без использования технологий CCS достижение цели ограничения роста глобальной температуры не более 2<sup>0</sup>C может оказаться невозможным. Этот вывод сделан на основе анализа результатов исследования по углубленной декарбонизации экономики 16 крупнейших стран мира.<sup>40</sup>

**Оценить потенциал и разработать пакет мер по реализации экспортно-ориентированных проектов в сфере безуглеродной энергетики.** В низкоуглеродной экономике приоритет будет отдаваться энергоресурсам, материалам, продуктам и услугам, производимым с минимальным углеродным следом. Уже сейчас необходимо определить перспективные направления по участию российских предприятий на таких мировых рынках.

Страна обладает огромными ресурсами для производства "зеленой" энергии: приливные электростанции и другие ВИЭ могут вырабатывать безуглеродное электричество, которое можно экспортировать по современным (сверхпроводящим) ЛЭП или в виде водорода, жидкое биотопливо нового поколения для автомобилей и авиации и др.

Разработка технологий по накоплению энергии, производство нанотрубок, применяемых в базовых материалах (пластик, цемент, резина, алюминий и др.) для радикального

---

<sup>40</sup> Доклады по проекту Deep decarbonisation pathways доступны на сайте [www.deepdecarbonization.org](http://www.deepdecarbonization.org)

улучшения их прочностных и других свойств, для аккумуляторов – для повышения сроков эксплуатации без изменения мощности и мн.др.<sup>41</sup>

Подобные высокотехнологичные «продукты» могут рассматриваться как альтернатива экспорту традиционных энергоресурсов и энергоемкой продукции (металлы, химическая продукция и др.).

Целесообразно заключить международные соглашения по продвижению подобных проектов и продукции в ключевых странах-партнерах (включая Китай, Индию, Бразилию и др.).

**Содействовать внедрению новых стандартов по углеродоемкости продукции и производственных процессов среди российских предприятий**, в том числе стандартов серии ISO 14064-14067 и др.

Наряду с планируемыми мерами по развитию системы мониторинга и отчетности по выбросам ПГ, а также мер углеродного регулирования, это будет способствовать включению бизнеса в сокращение эмиссий ПГ, оптимизацию "углеродных" показателей деятельности, снижению рисков от ужесточения регуляторных механизмов на международном уровне (например, при поставках продукции в ЕС, США и др.).

**В ближайшее время России необходимо разработать и принять стратегию развития лесного хозяйства на долгосрочную перспективу** (до 2050 г. и далее), учитывающая задачи адаптации к изменениям климата и увеличения углерод-депонирующей функции российских лесов.

Текущие меры по борьбе с последствиями климатических изменений в лесном хозяйстве неэффективны. Это связано как с институциональной и правовой системой хозяйствования в секторе, так и с отсутствием стимулов к сохранению экологической, климатической функции лесов.

Без масштабных мер по спасению лесов, уже в перспективе до 2040 г. возникнет проблема резкого снижения углерод-депонирующей способности лесов: ухудшение (старение) возрастной структуры и породного состава лесов, увеличение частоты и масштабов лесных пожаров из-за более сухого климата, распространение болезней и вредителей леса (с этим столкнулась Канада в конце 1990-х годов), вырубки без должного лесовосстановления и т.д.

Утрата климаторегулирующей функции российских бореальных лесов как крупного источника депонирования углерода будет иметь глобальные последствия, подстегнет рост концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере и процессы изменения климата (глобального и локального).

---

<sup>41</sup> Отчет о наноматериалах для снижения выбросов парниковых газов на сайте Роснано [www.rosnano.ru](http://www.rosnano.ru)

**При реализации стратегии, программ и планов низкоуглеродного развития на всех уровнях** (федеральном, региональном, муниципальном, уровне предприятий и отдельных проектов) необходимо **учитывать экономические, технологические, экологические, социальные последствия**, в том числе влияние на загрязнение окружающей среды и здоровье населения, гендерные аспекты реализуемых политик и мер.

Необходимо провести специальные исследования по оценке влияния низкоуглеродного развития на занятость населения, качество создаваемых новых рабочих мест, риски потери рабочих мест в отдельных отраслях (например, в угольной) и регионах. По имеющимся данным международных исследований, в секторе ВИЭ генерируется большое количество рабочих мест для высококвалифицированных специалистов и на порядок больше рабочих мест – в сопутствующих секторах. При этом занятость часто носит локальный характер, то есть рабочими местами обеспечиваются местные жители, в том числе в отдаленных районах.

В настоящее время в России крайне мало исследований гендерных аспектов экономического развития и негативных последствий изменения климата. Между тем в мире этой проблематике уделяется все возрастающее внимание. Распространено мнение о том, что женщины наиболее уязвимы и несут больший ущерб от влияния климатических факторов, чем мужчины. Заботы о детях, пожилых членах семьи в основном лежат на женщинах, не только финансовые расходы, но и огромные затраты времени, здоровья, усилий на преодоление проблем семьи – часто их прерогатива.

Развитие низкоуглеродных технологий может иметь разнообразные позитивные последствия в гендерном плане: рост возможностей для занятости женщин, снижение затрат домохозяйств на энергообеспечение, улучшение качества воздуха и здоровья членов семьи, особенно детей, и т.д.

**Разработать комплекс мер по обучению и повышению квалификации специалистов, формированию научного, кадрового потенциала в области низкоуглеродного развития и технологий.**

России необходим качественный прорыв в этой сфере, чтобы сформировать компетенции в области низкоуглеродных технологий, создать научные школы, начинать длительный процесс формирования кадрового потенциала страны. Без этого достижение конкурентных позиций в условиях низкоуглеродной экономики в мире будет невозможно.

В ближайшее время потребуются и такие «пожарные» меры, как методические и организационные изменения в работе проектных институтов, отвечающих за подготовку проектно-технической документации для всех существенных инвестиционных проектов, часто имеющих крайне недостаточный уровень компетенции в вопросах применения низкоуглеродных технологий, альтернативных вариантов энергоснабжения и т.п.

Необходимо расширять сотрудничество с научными и образовательными центрами ведущих стран мира, компаниями-лидерами на рынках низкоуглеродных технологий, поддержка международных инициатив и программ по развитию и декарбонизации

экономики в других странах мира, прежде всего, государств СНГ, ШОС, БРИКС и др. Для этих целей следует активнее участвовать и в работе Зеленого климатического фонда, через который планируется направлять значительную часть международной помощи развивающимся странам в адаптации к климатическим изменениям и снижении выбросов ПГ.

## Литература

1. Avaliany S., D. Dudek, A. Golub, E. Strukova, Ancillary Benefits of Climate Change Mitigation in Russiaб Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, May 2006
2. Charap S., G. Safonov Climate Change and Role of Energy Efficiency in Russia after the Global Economic Crisis edited by Anders Åslund, Sergei Guriev and Andrew Kuchins May 2010, 288 pp. ISBN Paper 978-0-88132-497-6
3. Global methane initiative. Метан из угольных шахт: возможности сокращения выбросов, совершенствования сбора и утилизации, 2011.
4. IEA World Energy Outlook 2015
5. IEA, Energy Technology Perspectives 2014 - Harnessing Electricity's Potential
6. IPCC, 2013–2014. Fifth Assessment Report, Climate Change 2013–2014, vol. 1–3.
7. Komendantova and Patt, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2014
8. Korppoo, O. Lugovoy, Safonov G., Russia and the Post 2012 Climate Regime: Emission Trends, Commitments and Bargains, Nordic Council of Ministers, Copenhagen 2010, ISBN 978-92-893-2133-4 – 81 p
9. Outlook for Russian Energy, IEA WEO11 Part B
10. Pathways to deep decarbonisation - 2014 – Synthesis report, SDSN – IDDRI
11. Pathways to deep decarbonization - 2015 - Executive summary, SDSN - IDDRI.
12. Schaeffer M., B. Hare, M. Rocha, J. Rogel. Adequacy and feasibility of the 1.5°C long term global limit. Climate Analytics. 2013.
13. Sustainable Development in Russia, Berlin/St.Petersburg: Russian-German Bureau of Ecological Information, 2013 - 203 с.
14. Tailakov O.V., Polevshikov G.Y., Abramov I.L., Panchiseva T.A., Sinelnikova A.V., Zolotykh S.S. Potential and Utilization Trends of Coalbed Methane Recovery in Kuznetsk Coal Basin of Russia.// Proc. of International Coalbed Methane Symposium. Alabama. 12-16 May 1997, p. 157-167.
15. Trends, 2013. Oliver JGJ, Janssens-Maenhout G, Muntean M and Peters JAHW (2013), Trends in global CO2 emissions; 2013 Report, The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency; Ispra: Joint Research Centre.
16. UNEP, 2013. The Emissions Gap Report 2013. United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi
17. WB & IFC (2008), Energy efficiency in Russia: Untapped Reserves,
18. World Bank, 2014. State and Trends of Carbon Pricing 2014.
19. Аверченков А., Галенович А., Сафонов Г., Федоров Ю. Регулирование выбросов парниковых газов как фактор повышения конкурентоспособности экономики России, - М.: НОПППУ, 2013 - с. 88, ISBN 978-5-8481-0124-9
20. Администрация Кемеровской области, Комплексная региональная целевая программа «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности экономики Кемеровской области» на период с 2010 по 2012 годы и на перспективу до 2020 года.
21. Айвазян Р. О., Брабандер Е. В. Анализ состояния атмосферы Кемеровской области за период до 2013 г., Кемерово: КузГТУ, 2014. УДК 504



22. Алешинский Р. "Влияние конкурентных свойств газа и угля на перспективы угольной генерации России". Профессиональный журнал (специальный выпуск по энергетическому рынку) 07-08 (79), 2010, стр.10-12.
23. Альтернативная энергетика России 2010. «АЭнерджи», 2011
24. Башмаков И. А. Низкоуглеродная Россия: 2050 год, - М ЦЭНЭФ, 2009.
25. Башмаков И.А., Мышак А.Д. Факторы, определившие динамику выбросов парниковых газов в секторе «энергетика» России. Анализ на основе данных национального кадастра. – М.: АНО «Метеоагентство Росгидромета», 2012.
26. Безруких П.П., Дегтярев В.В. и др. Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии России и местным видам топлива /показатели по территориям. М.: "ИАЦ Энергия", 2007. - 272 с.
27. Белая книга: Мировая энергетика 2050 – взгляд из России, под ред В.В. Бушуева, - М.: Издательство ИЭС, 2010.
28. Бушуев В.В., Троицкий А.А., Энергетика – 2050, М.: Издательство ИЭС, 2007, - 72 с.
29. Грицевич И.Г. Перспективы и сценарии низкоуглеродного развития: ЕС, Китай и США в глобальном контексте. М.: WWF России, Скорость цвета, 2011. – 36 с.
30. Замолодчиков Д. Г., В. И. Грабовский и Г. Н. Краев Динамика бюджета углерода лесов России за два последних десятилетия. Лесоведение, 2011, № 6, с. 16–28.
31. Замолодчиков Д. Г., В. И. Грабовский, Г. Н. Коровин, М. Л. Гитарский, В. Г. Блинов, В. В. Дмитриев, В. А. Курц. Бюджет углерода управляемых лесов Российской Федерации в 1990–2050 гг.: ретроспективная оценка и прогноз. Метеорология и гидрология. 2013, т. 38, № 10, с. 701–714.
32. Затраты и выгоды низкоуглеродной экономики и трансформации общества в России. Перспективы до и после 2050 г. Под ред. И.А.Башмакова. – М:ООО Типография «Пи Квадрат», 2014 – 208 с.
33. Кизильштейн Л.Я. Уголь и радиоактивность. Химия и жизнь — 2006 — № 2, — с. 24—29.
34. Климатические изменения: взгляд из России, под ред. В.И.Данилова-Данильяна - М.: ТЕИС, 2003.
35. Климова Е. Если ГЭС собираются строить, значит, это кому-нибудь нужно? 2013.  
<http://wetlands.vxb.ru/pages/178-178-afera>
36. Кресст В.М., Кошелев Ф.Н., Точилин С.Б. Не так страшна АЭС, как ее малюют. Томский вестник. 12.12.2007, — с. 4—5.
37. Крылов Д.А. Оценки выбросов в атмосферу CO<sub>2</sub> и метана при производстве электроэнергии на ТЭС на природном газе в России («добыча газа — потребление газа на ТЭС»): Препринт № МЦЭБ-01-03, М., 2001.
38. Крылов Д.А., Путинцева В.Е., Крылов Е.Д. Исследование экологических последствий использования угля вместо природного газа в электроэнергетике России: Препринт № МЦЭБ-01-01, М., 2001.
39. Первый двухгодичный доклад Российской Федерации, представленный в соответствии с Решением 1/CP.16 Конференции Сторон Рамочной Конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата. – М.: Росгидромет, 2014 – 27 с.

40. Перспективы возобновляемой энергетики Кемеровской области, Кузбасский центр энергосбережения, Кемерово: 2008.
41. Сафонов Г., Федоров Ю., Кокорин А. Россия и мировой углеродный рынок: тенденции развития, возможности, перспективы - М.: НОПППУ, 2009 - 24 с.
42. Сафонов Г.В. Борьба с глобальным изменением климата: перспективы для развития возобновляемой энергетики в России – М.: журнал Форсайт №3, 2007
43. Сафонов Г.В., Багиров А.Т., Энергетическая безопасность и климат: глобальные вызовы для России, М.: ТЕИС, 2010.
44. Сафонов Г.В., Сафонова Ю.А., Экономический анализ влияния климатических изменений на сельское хозяйство России: национальный и региональный аспект - Оксфорд: Оксфам, апрель 2013 - 47 с.
45. Сафонов Г.В., Способы регулирования парниковых выбросов - Журнал «Энергия: Экономика, Техника, Экология» №9 2012 , с. 47-51 ISSN: 0233-3619 - 5 с.
46. Стеценко А.В., Сафонов Г.В., Инвестиции в леса России. Методологические основы Монография М.: МАКС Пресс, 2010 ISBN 978-5-317-03332-3 136 с.
47. Устойчивое развитие в России под ред. С.Н.Бобылева, Р.А.Перелета - Берлин/Санкт-Петербург: Русско-Немецкое Бюро Экологической Информации, 2013 - 220 с.
48. Федоров Ю.Н., Сафонов Г.В., Багиров А.Т., Низкоуглеродная экономика России: тенденции, проблемы, возможности. – М.: НОПППУ/ ООО Типография возрождение, 2009 – 32 с.
49. Федянин В.Я., Мещеряков В.А. Инновационные технологии для повышения эффективности алтайской энергетики - Барнаул: изд-во ААЭП, 2010 - 192с.
50. ЮНЕП, Доклад о разрыве в уровне выбросов (ноябрь 2010)