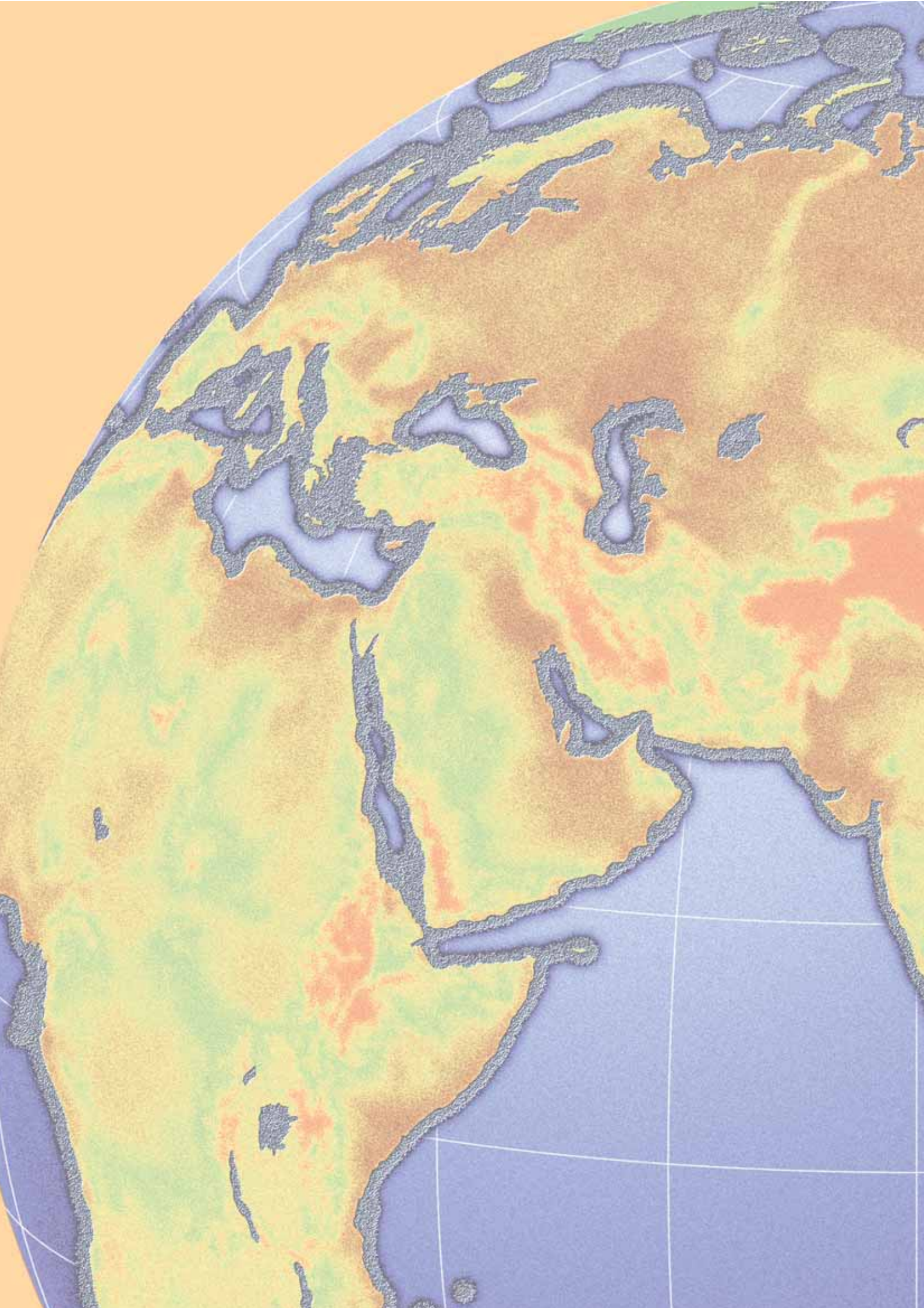
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА

ДЛЯ СТРАТЕГИЙ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



СОДЕРЖАНИЕ

Вступительное слово Руководителя Росгидромета А.И. Бедрицкого 4

Введение 6

1.Наиболее актуальные для России направления исследования изменений климата 8

2.Оценка антропогенного влияния на изменения климатической системы 17

3.Стратегический прогноз изменений климата Российской Федерации на период до 2010-2015 гг. и их влияния на отрасли экономики России 80

4.Предложения по учету факторов меняющегося климата при разработке региональных программ устойчивого развития 83

5.Учет факторов меняющегося климата в обеспечении развития ресурсосберегающей энергетики 96

6.Работы в области климатических изменений и практического использования климатической информации, проводимые организациями Росгидромета, Российской Академии Наук, Высшей школы и других ведомств, предложения по координации работ 119

7.Предложения по интеграции работ разных ведомств РФ по ключевым направлениям в области климата и влияния его изменений на экономику и социальную сферу 137

8.Предложения по введению государственного управления наиболее актуальными исследованиями климатических изменений и их последствий для РФ и по интеграции этих исследований в международные программы 147

9.Научное обоснование и основные положения концепции Климатической доктрины РФ как основы формирования и осуществления государственной политики в области климата 157

10.Предложения по примерной структуре и некоторым положениям Климатической доктрины РФ 167

11.Рекомендации по реализации Климатической доктрины РФ органами управления для обеспечения устойчивого развития территории РФ 170

Заключение 172

Список использованных источников 173

Россия, вступив в XXI век, в полной мере ощущает необходимость поиска решений по таким вопросам, как получение объективных и непредвзятых оценок характера климатических изменений на своей территории, в том числе оценки роли антропогенного фактора в текущих и предстоящих изменений климата, научное обоснование шагов в связи с Киотским протоколом, как на период его действия, так и на более отдаленную перспективу, оценки влияния меняющегося климата на отрасли экономики и на социальную сферу и выработка конкретных решений по их адаптации. Нужны решения и по координации усилий внутри страны, с тем, чтобы в области исследований климата и использования климатической информации добиться прорывных результатов и ликвидировать отставание от целого ряда зарубежных стран. Приходится признать, что в противном случае нашей стране, занимающей шестую часть суши и имеющей выход сразу в несколько частей Мирового океана, грозит перспектива оказаться на второстепенной роли по многим критериям, как в политике, так и в экономике.

Климатические условия страны, их изменения, сегодня следует рассматривать не только как источник все более часто происходящих стихийных бедствий, как отражение негативных изменений, происходящих в окружающей среде и наносящих вред условиям проживания населения, его здоровью, работе предприятий, транспорта, и др. Климатические условия для любой страны – это такое же богатство, как богатство ее недр, флоры и фауны. Рациональное использование богатства и разнообразия климатических условий страны, в том числе меняющихся условий – залог ее стабильного развития.

Настоящий сборник содержит материалы, собранные учеными и специалистами Росгидромета и отражающими результаты исследований (в первую очередь, исследований ученых системы самого Росгидромета) по актуальным для Российской Федерации направлениям в области климата и его изменений, учету факторов меняющегося климата при построении стратегий устойчивого развития страны. Материалы, вошедшие в сборник, касаются обоснования наиболее актуальных на сегодняшний день направлений исследований в области климата, оценки степени антропогенного влияния на изменения климатической системы, анализа существующего состояния проводимых разными ведомствами работ в области наблюдения за климатом, его исследования и развитием потенциала в этой области, обоснования и формулировки предложений по интеграции мер и проведению государственной политики в области климата.

Одним из путей решения на государственном уровне проблемы интеграции мер в области климата следует считать подготовку и принятие Климатической Доктрины Российской Федерации. В сборник включены предложения по ее структуре и содержанию.

В 2005 году Росгидрометом подготовлен и издан «Стратегический прогноз изменений климата Российской Федерации на период до 2010-2015 гг. и их влияния на отрасли экономики России». Этот документ, ряд выводов

которого приводится в настоящем сборнике, в сжатом виде содержит характеристику предполагаемых на ближайшее десятилетие изменений климата страны и основные предложения по адаптации к ним экономики с учетом регионального фактора.

Не претендуя на исчерпывающее и всестороннее освещение затронутых вопросов, сборник, как представляется, может служить противовесом односторонним, предвзятым и необоснованным точкам зрения на столь всеобъемлющий комплекс проблем, каковыми являются климат, его исследования, адаптация к его изменениям и выработка решений по приоритетам в этой области. С примерами таких точек зрения приходится, увы, регулярно сталкиваться.

Слишком велика цена, которую платят человечество в целом и отдельные страны за непринятие мер, либо за принятие неверных или несвоевременных мер, в связи с изменениями климата. Учитывая это, хочется надеяться, что намеченные в предлагаемых материалах конкретные шаги станут реальностью.

А.И. Бедрицкий,
Руководитель Росгидромета,
Президент Всемирной Метеорологической Организации

ВВЕДЕНИЕ

Глобальное потепление создает для России - с учетом ее географического положения, экономического потенциала, демографических проблем и геополитических интересов – новую ситуацию, когда руководству страны необходимы осознание национальных интересов в отношении изменения климата, разработка долговременных инвестиционных программ и выработка соответствующей внутренней и внешней политики в отношении возникающих проблем мирового масштаба, обусловленных изменением климата. Игнорирование проблемы глобального изменения климата, бездействие, оправдываемое ее недостаточной изученностью, – неблагоразумно, и может быть чревато серьезными рисками для устойчивого развития и безопасности страны. Основой для построения и реализации государственной политики в отношении изменений климата должна послужить совокупность официальных взглядов (установок) в виде Климатической доктрины Российской Федерации.

Целью настоящего сборника является изложение наиболее актуальных проблем для России, связанных с оценкой происходящих и предполагаемых изменений климата на ее территории и в мире в целом, в том числе с оценкой степени антропогенного влияния на изменения климата, определение основных направлений исследований климата на территории РФ, необходимых для использования при подготовке региональных прогнозов и программ экономического и социального развития, и предложения по концепции климатической доктрины РФ.

Материалы, включенные в настоящий сборник, подготовлены под руководством и по инициативе Руководителя Росгидромета А.И. Бедрицкого, на основе обобщения результатов научных исследований, выполненного научно-исследовательскими институтами Росгидромета:

– Всероссийским научно-исследовательским институтом гидрометеорологической информации – Мировым центром данных (ГУ “ВНИИГМИ-МЦД”)

– Институтом глобального климата и экологии Росгидромета и РАН (ГУ ИГКЭ Росгидромета и РАН),

– Главной геофизической обсерваторией им. А.И. Воейкова (ГУ ГГО им. А.И. Воейкова),

– с привлечением других НИУ Росгидромета, а также ряда других учреждений и организаций, отдельных экспертов.

Структурирование и компоновка материалов выполнена ГУ “ВНИИГМИ-МЦД”.

В сборнике материалов обсуждаются следующие вопросы:

1. Наиболее актуальные для РФ направления исследований возможных изменений климата.

2. Оценки происходящих и предполагаемых изменений климата территории России, в том числе оценки антропогенного воздействия на климатическую систему.

3. Анализ работ, проводимых организациями Росгидромета, РАН, ВШ и других ведомств, в области изучения климатических изменений и практического использования климатической информации с целью улучшения координации этих работ.

4. Предложения по интеграции работ разных ведомств по ключевым направлениям в области климата и влияния его изменений на экономику и социальную сферу.

5. Предложения по введению государственного управления наиболее актуальными исследованиями климатических изменений и их последствий для РФ и по интеграции этих исследований в международные программы.

6. Учет факторов меняющегося климата в обеспечении развития ресурсосберегающей энергетики.

7. Предложения по учету факторов меняющегося климата при разработке региональных программ устойчивого развития по федеральным округам РФ.

8. Предложения по концепции климатической доктрины РФ, ее основным определениям, и рекомендации по реализации климатической доктрины органами управления, для обеспечения устойчивого развития территорий РФ.

В сборнике излагаются также научные основы концепции Климатической доктрины РФ, которые обобщают результаты отечественных и зарубежных исследований в области оценки изменений глобального и регионального климата, происходящих в последние десятилетия и возможных в ближайшие десятилетия и в более отдаленной перспективе, а также влияния этих изменений на функционирование экономики, общества и государства.

При осуществлении обобщений материалов исследований, составивших основу для формирования настоящего сборника, были использованы некоторые официальные и научные материалы зарубежных стран по построению и реализации климатической политики как на национальном, так и на международном уровне. При подготовке использовались доклады Межправительственной группы экспертов по изменениям климата (МГЭИК), материалы Всемирной программы исследования климата (ВПИК), Глобальной системы наблюдения за климатом (ГСНК), материалы секретариата Рамочной Конвенции по Изменению Климата (РКИК), Третье Национальное сообщение и материалы к Четвертому Национальному сообщению, опубликованные национальные планы ряда стран по проблеме изменения климата, а также обзоры, недавно появившиеся в российских и зарубежных изданиях. В значительной мере предложения по концепции Климатической доктрины РФ опираются на обобщение новейших исследований и на результаты расчетных оценок климата XXI в., проведенных МГЭИК, в т.ч. в связи с подготовкой Четвертого Оценочного Отчета об изменении климата.

Особо необходимо подчеркнуть, что ряд утверждений и предложений, включенных в сборник, отражают исключительно точку зрения их авторов по вопросам, по которым существуют и иные, в ряде случаев противоположные, точки зрения. Их включение в настоящий сборник лишь демонстрирует остроту дискуссии по многим актуальным разделам климатической науки.

1. Наиболее актуальные для РФ направления исследования изменений климата

1.1 Задачи, стоящие перед современной мировой наукой о климате

Круг задач, стоящих перед современной мировой наукой о климате, чрезвычайно обширен. Можно выделить на пять основных групп задач:

1. Исследования климата Земли в прошлом и настоящем, включая его естественную изменчивость; исследования причин наблюдаемых колебаний и изменений, в т.ч. естественные долгопериодные моды изменчивости (Северо-Атлантическое колебание, Арктическое колебание, и др.); предсказуемость климатической системы на масштабах от сезона до десятилетия; экстремальные климатические явления (в частности, находятся ли наблюдаемые и ожидаемые характеристики изменчивости (повторяемость, амплитуда) за пределами естественной изменчивости климатической системы); как и насколько изменился климат.

2. Уточнение количественных оценок факторов, определяющих изменения климата и связанных с ними других изменений, в т.ч. уменьшение неопределенности, связанной с источниками и стоками парниковых газов, выбросов аэрозолей, и их влияния на климат; мониторинг озонового слоя и исследования взаимодействий между изменением климата, истощением озонового слоя и другими атмосферными процессами; исследование взаимодействий между выбросами загрязняющих веществ, атмосферным переносом, изменением климата и управлением качеством воздуха; получение информации об углеродном цикле, покрове суши и землепользовании, биологических и экологических процессах - с целью получения количественных оценок поступления в атмосферу парниковых газов и т.о. совершенствования стратегий сокращения их выбросов; совершенствование разработки и применения сценариев выбросов (и связанных с ними прочих сценариев) для оценки будущих изменений климата.

3. Уменьшение неопределенностей оценок будущих изменений климата и связанных с ними других изменений, в т.ч. улучшение модельных описаний общей циркуляции атмосферы и океана и их взаимодействия посредством потоков энергии и веществ; исследования ключевых обратных связей в климатической системе, в т.ч. включающие изменения количества и пространственного распределения водяного пара в атмосфере, площади морского льда и альбедо Земли, свойств облаков, а также биологических и экологических систем; исследование причин резких изменений климатической системы, например, термохалинной циркуляции Мирового океана; использование новых результатов исследований климатических процессов и обратных связей в климатических моделях с целью уменьшения неопределенностей, связанных с чувствительностью климатической системы к внешним воздействиям (например, радиационному); развитие национальных климатических моделей и более широкое их использование в фундаментальных и прикладных исследованиях.

4. Исследование чувствительности и способности к адаптации различных естественных и управляемых экосистем и населения к изменениям климата и связанным с

ними других изменений, в т.ч. исследование чувствительности экосистем и экономического сектора к изменениям климата; определение и оценка возможностей адаптации - в сотрудничестве с представителями соответствующих ведомств и других органов управления природными ресурсами; исследование взаимного влияния изменений экосистем и экономической инфраструктуры в долгосрочной перспективе.

5. Изучение возможностей управления рисками и использования возможностей, связанных с изменением климата и его колебаниями, в т.ч. содействие общественному обсуждению проблем, представляющих особую важность для отдельных регионов и стран, и подготовка на регулярной основе официальных научных обобщений и оценочных докладов; научное обеспечение управления действиями по адаптации и планирования, связанных с влиянием изменения климата на экономику и население отдельных регионов и стран; обеспечение лиц, принимающих решения, аналитическими материалами и оценками социально- экономических и экологических последствий принятия тех или иных мер по адаптации и смягчению воздействий климатических изменений.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОБЛЕМ, СВЯЗАННЫХ С ИЗМЕНЕНИЯМИ КЛИМАТА, А ТАКЖЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА КЛИМАТОМ В ИНТЕРЕСАХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, ПРИЗВАНЫ СЛУЖИТЬ ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПРОЦЕССА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ И ИНФОРМИРОВАНИЮ НАЦИОНАЛЬНОГО И МЕЖДУНАРОДНОГО НАУЧНЫХ И ДРУГИХ ЗАИНТЕРЕСОВАННЫХ СООБЩЕСТВ. АКТУАЛЬНЫЕ ДЛЯ РФ ИССЛЕДОВАНИЯ КЛИМАТА НАХОДЯТСЯ В РУСЛЕ ЭТИХ ЗАДАЧ, ОДНАКО ОГРАНИЧЕННЫЕ ФИНАНСОВЫЕ И КАДРОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОВРЕМЕННОЙ РОССИЙСКОЙ НАУКИ ТРЕБУЮТ ЧЕТКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНЫХ ПРИОРИТЕТОВ.

1.2 Международные климатические программы

В современном мире перечисленные в 1.1. задачи решаются на международном и - в той или иной мере - на национальном уровне.

На сегодняшний день крупнейшими международными программами, организующими исследования в области климата и смежных областях, являются Всемирная программа исследования климата (ВПИК или WCRP, http://www.wmo.ch/web/wcrp-home.html), Международная программа исследований геосферы и биосферы IGBP (http://igbp.kva.se), Международная программа исследования роли человека в глобальном изменении окружающей среды IHDP (http://www.ihdp.org), Международная программа исследований биоразнообразия DIVERSITAS (http://www.diversitas-international.org), Партнерство в области наук о Земле ESSP (например, Инициатива партнерства в области наук о Земле в Северной Евразии NEESPI (http://neespi.org)). РФ должна принять эти программы в качестве отправной точки для формулировки своих собственных исследовательских программ.

ВПИК, созданная в 1980 г. Всемирной метеорологической организацией и Международным Советом научных союзов, за 25 лет своего существования получила широкое признание среди мирового научного сообщества. Основные цели этой программы - определить предсказуемость климата и установить влияние на него хозяйственной деятельности человека. Для достижения этих целей созданы крупномасштабные международные проекты междисциплинарного характера, направленные на организацию систем наблюдений за климатом и на развитие методов моделирования его изменений. В основе моделирования климата лежат сложные физико-математические модели.

ВПИК включает четыре проекта, основными компонентами каждого из которых являются наблюдения за отдельными характеристиками климата и моделирование соответствующих физических процессов и климатической системы в целом:

- Климатическая изменчивость и предсказуемость (CLIVAR)
- Эксперимент по изучению глобальной энергии и гидрологического цикла (GEWEX)

- Стратосферные процессы и их роль в климате (SPARC)
- Климат и криосфера (CliC)

В каждом из указанных проектов существует большое число подпроектов с соответствующими координирующими органами, в рамках которых осуществляется обмен научно-технической информацией по исследованиям, проводимым в научных организациях разных стран.

В рамках ВПИК предложен новый стратегический подход, названный “Координированные наблюдения и прогнозирование природной системы” (COPES) на период 2005-2015 гг. Цель COPES - усилить внимание к проблеме совершенствования прогнозов изменений и изменчивости природной среды и создать предпосылки для широкого применения достижений в этой области в различных практических приложениях. COPES объединяет существующие проекты ВПИК в единое целое в рамках основополагающих целей, направленных на повышения предсказуемости климатической системы.

ВПИК непосредственно содействует подготовке научных оценок изменения климата, которые готовятся МГЭИК. В свою очередь, доклады МГЭИК представляют собой авторитетные и наиболее полные научные выводы и рекомендации по проблеме изменения климата, которые служат основой в деятельности РКИК Организации объединенных наций и играют важную роль в принятии политических решений, среди которых широкую известность получил Киотский протокол.

Изучение влияния климата на водные ресурсы, водообеспеченность и социально-экономические условия при возникновении чрезвычайных гидрологических явлений в той или иной степени включены в международные программы и проекты, которые осуществляются под эгидой двух международных организаций - ЮНЕСКО и ВМО. Активное содействие в решении водных проблем оказывает международная неправительственная организация - Международная Ассоциация гидрологических наук (МАГН). Гидрологические программы ЮНЕСКО имеют научную направленность и нацелены на изучение и оценку водных ресурсов, водного баланса, различных видов гидрологических явлений и процессов, механизма их возникновения и развития под влиянием деятельности человека и климатических изменений. В настоящее время в ЮНЕСКО реализуются две основные программы - Международная Гидрологическая Программа и Всемирная Программа Оценки Воды. Программы ВМО имеют преимущественно оперативный характер и осуществляются в области развития гидрологических сетей и службы гидрологических прогнозов. Главной гидрологической программой ВМО является Программа по Гидрологии и Водным Ресурсам. В составе ВМО имеются и другие программы, в которых большое внимание уделяется научным гидрологическим аспектам изменения климата. В рамках МАГН осуществляется несколько проектов, среди которых заслуживают упоминания такие, как «Поверхностные воды» и «Гидрология снега и льда».

Физическая климатическая система неразрывно связана с биогеохимической системой и с деятельностью человека. Для понимания и предсказания климатических изменений и их влияния на хозяйственную деятельность человека необходимо в более широком аспекте изучать интегрированную земную систему, которая осуществляется в рамках вышеупомянутых международных программ IGBP, IHDP, DIVERSITAS, ESSP.

РОССИЙСКАЯ КЛИМАТИЧЕСКАЯ НАУКА ДОЛЖНА ПОЗИЦИОНИРОВАТЬ СЕБЯ В МЕЖДУНАРОДНЫХ ПРОГРАММАХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ С УЧЕТОМ НАЦИОНАЛЬНЫХ ИНТЕРЕСОВ РФ, ИСПОЛЬЗУЯ ВСЕ ВОЗМОЖНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА, ВКЛЮЧАЯ ВОЗМОЖНОСТИ ФИНАНСИРОВАНИЯ СОБСТВЕННЫХ ИЛИ СОВМЕСТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИЗ ЗАРУБЕЖНЫХ ИЛИ МЕЖДУНАРОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ. ПОИСКИ «АЛЬТЕРНАТИВНЫХ» НАПРАВЛЕНИЙ, ИДУЩИХ ВРАЗРЕЗ С МАГИСТРАЛЬНЫМИ НАПРАВЛЕНИЯМИ МИРОВОЙ НАУКИ О КЛИМАТЕ, В СЛОЖИВШИХСЯ УСЛОВИЯХ ВЕДУТ К ПУСТОЙ ТРАТЕ И БЕЗ ТОГО СКУДНЫХ ФИНАНСОВЫХ И ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ РЕСУРСОВ.

1.3 Предсказание климата и последствий его изменений - центральная задача климатических исследований.

Среди огромного количества задач, связанных с исследованием климатической системы, центральной является проблема предсказания климата - т.е. статистического описания будущих состояний климатической системы в терминах среднего и изменчивости различных характеристик ее компонентов за период времени от нескольких месяцев до тысяч лет и более. На ближайшую перспективу, наряду с прогнозом изменений в климатической системе, происходящих под влиянием антропогенного фактора, особую важность представляют прогнозы короткопериодных колебаний климата (долгосрочные сезонные прогнозы).

Климатическая система является сложной системой, поведение которой определяется взаимодействием между атмосферой, океаном, криосферой, биосферой и деятельным слоем суши. Характерные времена релаксации атмосферы, океана и криосферы к внешнему воздействию различаются на несколько порядков, а процессы взаимодействия между ними характеризуются нелинейностью и зависят от интенсивности обратных связей. Благодаря взаимодействию указанных сред в климатической системе возбуждаются сложные естественные колебания с временными масштабами от нескольких недель до десятков, сотен и более лет. Чтобы понять и рассчитать поведение такой системы под влиянием внешнего воздействия, необходимо использовать сложные физико-математические модели, описывающие основные процессы в указанных средах и взаимодействия между ними.

Современные модели общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) позволяют воспроизводить основные особенности поведения климатической системы и ее компонентов, включая эволюцию климата 20-го в., а также климаты прошлых эпох. Вместе с тем, МОЦАО требуют дальнейшего совершенствования с целью более детального и качественного расчета изменений климата отдельных регионов, соизмеримых, например, с размерами крупных административных регионов РФ. Кроме того, необходимо, чтобы модели достоверно воспроизводили не только средние климатические характеристики и их изменения, но и экстремальные погодные явления, воздействие которых на многие виды хозяйственной деятельности и общество может быть особенно велико.

Помимо совершенствования модельных описаний физических процессов в атмосфере, океане, криосфере и в деятельном слое суши, в число мировых приоритетов входит разработка и объединение с МОЦАО моделей углеродного цикла, динамической растительности, а также транспортно-фотохимических моделей. Эти разработки призваны, в частности, значительно повысить достоверность расчетов будущих изменений климата.

В современных климатических исследованиях используются МОЦАО, горизонтальное разрешение которых (100-300 км) недостаточно для расчета регионального климата и экстремальных режимов погоды. Для этих целей требуется более высокое пространственное разрешение (не грубее нескольких десятков км), обеспечивающее детальное представление рельефа, конфигурации внутренних водоемов, характеристик подстилающей поверхности и т.п. Одним из путей решения указанной проблемы является применение моделей регионального климата (МРК), которые имеют достаточно высокое разрешение и встраиваются в МОЦАО методом вложенных сеток. К настоящему времени в мире накоплен богатый опыт применения МРК для исследования климата отдельных регионов ЕС, США, Канады, Африки, Восточной Азии, Австралии, Антарктиды и др. в рамках ряда зарубежных проектов (PRUDENCE, MICE, STARDEX и др.). Развитию ансамблевого подхода к моделированию региональных изменений посвящен находящийся в стадии подготовки крупнейший европейский проект ENSEMBLES. Аналогичный проект NARCCAP реализуется для территории Северной Америки. Для РФ с ее огромной территорией и разнообразием климатических условий необходимо развитие нескольких национальных МРК - для различных регионов страны. Эти МРК станут связующим зве-

ном между расчетами будущих изменений климата с помощью МОЦАО и прикладными исследованиями, нуждающимися в климатической информации намного более детализированной, нежели та, что МОЦАО смогут обеспечить в ближайшей перспективе.

Разработка МОЦАО и МРК, проведение с ними исследований и собственно прогнозирование климатических изменений и их последствий относятся к разряду высоких технологий, поскольку требуют применения сложных компьютерных программ, мощной (и дорогостоящей) вычислительной техники, высокоскоростных средств связи, а также специальной квалификации научного персонала. В этом направлении науки о климате тесно сочетаются фундаментальные исследования и прикладные (внедренческие) разработки. Работы в области моделирования должны развиваться по двум параллельным направлениям: (1) создание и совершенствование МОЦАО и МРК и (2) анализ результатов модельных расчетов будущих изменений климата и их последствий, интерпретация модельных расчетов с целью получения специализированных климатических показателей, использующихся в отраслях экономики, и информирования правительственных органов, ответственных за принятия решений.

Нельзя не отметить возросшую в последние годы роль МОЦАО в долгосрочном прогнозе погоды. Наряду с расчетами будущих изменений климата, это приложение физико-математического моделирования климатической системы является очень перспективным.

В условиях более чем скудного финансирования науки в РФ, вопрос, нужны ли РФ собственные дорогостоящие МОЦАО и МРК, обсуждается подчас весьма оживленно. Аргументов против развития физико-математического моделирования в РФ, как правило, два: недоверие к моделям вообще, либо возможность использования в собственных исследованиях результатов расчетов климата с помощью иностранных моделей, что, конечно же, требует существенно меньших ресурсов, нежели развитие собственных моделей.

В этой связи заслуживает упоминания то обстоятельство, что в иерархии показателей уровня экономического развития того или иного государства наличие собственных МОЦАО, наряду с национальными космическими программами, занимает более высокое место, нежели наличие ядерного оружия. Например, среди наиболее экономически развитых стран национальные климатические модели развиваются в Великобритании, Германии, Франции, Японии, США и Канаде. К этим странам примыкает Австралия и, в последние годы, Норвегия. Активные усилия по созданию и развитию национальных МОЦАО в последние годы предпринимаются Китаем и Южной Кореей. В то же время, ядерным оружием, как известно, располагают и менее благополучные в экономическом отношении страны, такие как Индия и Пакистан, не имеющие собственных климатических моделей.

Очевидно, в ближайшее десятилетие создание новых и усовершенствование существующих МОЦАО и МРК будет оставаться одним из приоритетных направлений развития фундаментальной науки наиболее развитых стран. Об этом можно судить по финансированию этой деятельности правительствами вышеупомянутых стран (см. также раздел 3). Благодаря интенсивному развитию вычислительной техники и электронных средств связи, помимо расчетов будущих изменений климата и прогнозов погоды большой заблаговременности, модели все полнее будут использоваться в решении следующих важнейших задач:

- оценки последствий различных антропогенных воздействий на окружающую среду (загрязнения, изменений землепользования, урбанизации и т.п.) для различных временных и пространственных масштабов;
- оценки эффективности существующих наблюдательных систем за окружающей средой и их оптимизация;
- анализ результатов наблюдений за окружающей средой и восстановление недостающих данных наблюдений, и др.

Успех и международное признание деятельности МГЭИК позволяют с уверенностью утверждать, что в ближайшие годы будет усиливаться роль гидродинамического моде-

лирования климатической системы как ключевого инструмента в стратегическом планировании хозяйственной деятельности человечества, а также - весомого аргумента в межгосударственных отношениях. МОЦАО и МРК начинают занимать заметное место в системах национальной безопасности разных стран и межгосударственных союзов. Поэтому вряд ли следует ожидать, что международная научная кооперация в области моделирования климата и его антропогенных изменений вскоре увенчается созданием единой, "всемирной" климатической модели, удовлетворяющей запросы всего человечества, включая РФ.

ПРЕДСКАЗАНИЕ КЛИМАТА И ПОСЛЕДСТВИЙ ЕГО ИЗМЕНЕНИЙ - ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЗАДАЧА НАУКИ О КЛИМАТЕ. В РЕШЕНИИ ЭТОЙ ЗАДАЧИ СЛОЖНЫЕ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ НЕ ИМЕЮТ АЛЬТЕРНАТИВЫ. В ЭТОЙ СВЯЗИ РАЗВИТИЕ ОТВЕЧАЮЩИХ МИРОВОМУ УРОВНЮ НАЦИОНАЛЬНЫХ МОЦАО И МРК И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ПРОГНОЗЕ КЛИМАТА И В ДРУГИХ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ДОЛЖНЫ ВХОДИТЬ В ЧИСЛО ВЫСШИХ ПРИОРИТЕТОВ РОССИЙСКОЙ НАУКИ О КЛИМАТЕ. БЕЗ СОБСТВЕННЫХ МОДЕЛЕЙ И СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ ИХ НАДЛЕЖАЩЕЕ РАЗВИТИЕ, РФ МОЖЕТ УТРАТИТЬ НЕЗАВИСИМУЮ, НАУЧНО ОБОСНОВАННУЮ ПОЗИЦИЮ ПРИ ВЫРАБОТКЕ ТЕХ ИЛИ ИНЫХ ПОЛИТИЧЕСКИХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ, А ТАКЖЕ СТРАТЕГИЙ СМЯГЧЕНИЯ ИЛИ АДАПТАЦИИ К ВОЗМОЖНЫМ НЕГАТИВНЫМ ПОСЛЕДСТВИЯМ АНТРОПОГЕННОГО ВЛИЯНИЯ НА КЛИМАТ. А ЭТО, В СВОЮ ОЧЕРЕДЬ, МОЖЕТ ОБЕРНУТЬСЯ ЭКОНОМИЧЕСКИМ УЩЕРБОМ, НЕСРАВНИМО БОЛЬШИМ, НЕЖЕЛИ ЗАТРАТЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ РАЗВИТИЯ РОССИЙСКИХ МОЦАО И МРК.

1.4 Социально-экономические исследования, связанные с проблемой изменяющегося климата.

Экономика предъявляет новые и все более жесткие требования к науке о климате, что объективно обусловлено усложнением производственных процессов, ростом потенциальных ущербов от стихийных явлений, потребностью в количественных оценках рисков, и другими причинами. Однако прогностическая информация используется потребителями часто неполно, а иногда и неправильно, в результате чего эффективность принимаемых решений существенно снижается. Поэтому возникла необходимость в развитии экономических исследований и экономической оценки использования климатической информации. Важно развивать методы оптимального использования климатических данных в решении хозяйственных, технологических и политических задач в целях адаптации к изменяющимся климатическим условиям для устойчивого развития общества. Учет климатических ресурсов и рисков является обязательным компонентом климатической экспертизы отраслей экономики, и должен происходить на всех этапах планирования, организации, управления и развития хозяйственно-производственной деятельности. Эффективная стратегия использования климатических сведений не сводится лишь к количественным оценкам экономической полезности климатической информации. Необходимо развивать модели учета основных показателей влияния климатических условий в хозяйственных региональных и федеральных программах. В случаях, связанных с наиболее значительными и неотвратимыми (адаптация)/предотвратимыми (защита) рисками, долгосрочные программы развития должны учитывать различные сценарии климатических изменений и их последствий.

СОЦИО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ОТНОСЯЩИЕСЯ К ПРОБЛЕМЕ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА, ЯВЛЯЮТСЯ СВЯЗУЮЩИМ ЗВЕНОМ МЕЖДУ НАУКОЙ О КЛИМАТЕ В ЦЕЛОМ И ЛИЦАМИ ПРИНИМАЮЩИМИ ПОЛИТИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ. ОДНИМ ИЗ УСЛОВИЙ ВЫЖИВАНИЯ РОССИЙСКОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ

НАУКИ В СОЗДАВШЕЙСЯ ПОЛИТИЧЕСКОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В РФ ЯВЛЯЕТСЯ СПОСОБНОСТЬ ПРОДЕМОНСТРИРОВАТЬ ЭКОНОМИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОТ ПРАВИЛЬНО ОЦЕНЕННЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ РИСКОВ И СВОЕВРЕМЕННО ПРИНЯТЫХ РЕШЕНИЙ. ЭТО ВОЗМОЖНО ЛИШЬ ПРИ НАДЛЕЖАЩЕМ РАЗВИТИИ СОЦИО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО КОМПОНЕНТА КЛИМАТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.

1.5. Национальный центр климатических данных.

Получение достоверной информации о состоянии климатической системы и о климатических условиях, сложившихся на территории отдельных регионов страны, является одной из важнейших задач в области исследования климата. Следует особое внимание уделить качеству поступающей по каналам Глобальной Системы Телесвязи (ГСТ) информации и методам ее обработки. Все более важной становится проблема получения и использования спутниковых данных. В то же время, оценка степени аномальности сложившихся условий, вероятности их повторения требует достоверных данных за возможно больший период времени, в ряде случаев превышающий период инструментальных наблюдений. Создание базовых массивов данных предполагает проведение большой работы по проверке однородности данных с использованием всей доступной информации об истории станции и о сменах приборов и методик наблюдений (так называемых метаданных). До недавнего времени, исследование изменчивости климата на территории России сдерживалось отсутствием на технических носителях рядов данных, необходимых для проведения статистической обработки. В настоящее время, в связи с развитием вычислительной техники и возможностью использования средств информационных технологий, ситуация меняется, становятся доступными значительные объемы данных, комплексная обработка которых может и должна привести к получению новых знаний о состоянии климата.

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ – ПОЛНОЦЕННАЯ ОБЛАСТЬ КЛИМАТИЧЕСКОЙ НАУКИ, НЕОБХОДИМАЯ ОСНОВА ВСЕХ ПОСЛЕДУЮЩИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И СУЩЕСТВУЮЩИЕ ПОДЧАС УПРОЩЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ ИХ НАКОПЛЕНИИ, ХРАНЕНИИ И ИСПОЛЬЗОВАНИИ МОГУТ, В КОНЕЧНОМ СЧЕТЕ, СТАТЬ ПРИЧИНОЙ НЕВЕРНЫХ ВЫВОДОВ О СОСТОЯНИИ КЛИМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ.

Требования к качеству данных лежат в основе всей совокупности работ по изучению климата и применений этих знаний. Комплексный подход к решению проблемы данных обуславливает необходимость построения последовательной многоэтапной процедуры получения массивов данных, начиная от собственно данных наблюдений и завершая однородными рядами метеорологических данных высокого качества. Сопоставимые требования к качеству должны выполняться на каждом этапе этой процедуры. Поэтому необходимо должны быть приняты меры по повышению качества данных наблюдений на сети метеорологических станций, разработаны современные программные средства контроля данных на этапе их включения в состав Госфонда, полностью собрана и размещена на технических носителях информация об истории каждой станции. Только на этом этапе возможно создание как эффективной системы слежения за текущим состоянием климатической системы (мониторинг климата), так и получение надежных сведений об изменении климата за исторический период, которые должны использоваться при выработке решений по адаптации и использоваться в различных секторах экономики.

Необходимо ускорить создание унифицированных массивов данных для научных исследований, расширять круг пользователей таких данных, организовывать творческие коллективы для совместного анализа вновь подготавливаемых массивов.

СОВОКУПНОСТЬ ВСЕХ ПЕРЕЧИСЛЕННЫХ ПРОБЛЕМ МОЖЕТ БЫТЬ РЕШЕНА ПУТЕМ СОЗДАНИЯ НАЦИОНАЛЬНОГО ЦЕНТРА КЛИМАТИЧЕСКИХ ДАННЫХ РОССИИ, НА КОТОРЫЙ МОЖЕТ БЫТЬ ВОЗЛОЖЕНА ОТВЕТСТВЕННОСТЬ НЕ ТОЛЬКО ЗА ОБЕСПЕЧЕНИЕ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ, НО И ЗА СОЗДАНИЕ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПРОДУКЦИИ КАК ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ, ТАК И ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ОТРАСЛЕЙ ЭКОНОМИКИ И СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРЫ.

1.6. Изучение климата среднеширотной зоны Северного полушария.

В настоящее время имеется значительное количество международных и региональных программ изучения климата отдельных регионов Северного полушария (Арктика, Северная Евразия, Западная Европа, Юго-Восточная Азия и др.). Ряд программ посвящен изучению глобальных процессов в атмосфере и океане. В то же время представляется необходимым обратить особое внимание на комплексное изучение климатических изменений, происходящих в среднеширотной зоне Северного полушария. Программ, которые интегрировали бы предпринимаемые на региональных и национальных уровнях усилия исследователей, нет, при том, что уровень самих региональных и национальных исследований для климата средних широт Северного полушария, проводимых странами с наиболее высоким научным потенциалом, наиболее высок, по сравнению с исследованиями для других географических регионов Земного шара.

В средних широтах Северного полушария переплетены все последствия влияния неравномерного широтного и долготного распределения солнечного тепла на полушарии. В этой зоне наблюдается интенсивный западно-восточный перенос воздушных масс, сосредоточены крупномасштабные волновые процессы и циклоничность атмосферной циркуляции, определяющей все разнообразие климатических условий. Волны Россби охватывают все океаны и континенты в этой зоне и создают единую полушарную систему дальних связей в атмосферных процессах. Долгопериодные изменения в атмосфере над Евразией, через единые механизмы и волновые процессы, находят свое отражение над Северной Америкой.

ИССЛЕДОВАНИЕ КЛИМАТА СРЕДНЕШИРОТНОЙ ЗОНЫ, РЕАЛИЗОВАННОЕ В РАМКАХ ИНИЦИИРОВАННОЙ РОССИЕЙ СОВМЕСТНОЙ НАУЧНОЙ ПРОГРАММЫ РЯДА РАЗВИТЫХ СТРАН, МОЖЕТ ЯВИТЬСЯ БАЗОЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СОВМЕСТНЫХ РАБОТ ПО АНАЛИЗУ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА, И ОСОБЕННО ИЗМЕНЕНИЙ В ЧАСТОТЕ ПОВТОРЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ЭКСТРЕМУМОВ, НА ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СЕКТОР ЭКОНОМИКИ ГОСУДАРСТВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В ЭТОЙ ЗОНЕ, Т.Е. ВСЕХ СТРАН ТАК НАЗЫВАЕМОЙ «БОЛЬШОЙ ВОСЬМЕРКИ», ЧТО ОСОБЕННО ВАЖНО В СВЯЗИ С ВЫДВИНУТОЙ РОССИЕЙ ИНИЦИАТИВОЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ МИРОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.

1.7. Изучение меняющегося климата больших городов.

Отдельного внимания заслуживает проблема меняющегося климата больших городов. В настоящее время развитые страны среднеширотной зоны Северного полушария осуществляют такие исследования, однако координация усилий и уровень использования мирового опыта для решения проблем климата мегаполисов еще недостаточны. В крупных мегаполисах среднеширотной зоны находится и значительная часть населения развитых стран, испытывающих влияние погодных и климатических экстремумов (волны тепла и холода, резкие перепады температур, необычно интенсивные осадки, и другие). Имеющийся опыт анализа таких явлений и борьбы с их последствиями является крайне важным для взаимного изучения и последующего использования. Большая плотность

населения делает эти районы уязвимыми по отношению к развитию инфекций, вызванных климатическими изменениями, что требует разработки специальных способов анализа и заблаговременного информировния о возможных изменениях климата.

Климат крупных городов России, сравнительно с климатом городов западно-европейских стран (расположенных на тех же широтах), из-за низких температур воздуха, континентальности, сезонности и наличия длительного периода со снежным покровом, является существенно более суровым и менее эффективным для развития производства, условий проживания и благосостояния населения. Эти особенности к востоку от Урала усугубляются наличием явления вечной мерзлоты.

Фактор суровости климата влияет на эффективность исполнения инвестиций, и в первую очередь, на удорожание в 2-4 раза строительства и эксплуатации производственных и социальных объектов на жизнеобеспечивающих системах, особенно при чрезвычайных ситуациях, вызываемых опасными явлениями. Упомянутые факторы в особой мере сказываются на уровне «энергетического комфорта» и благосостояния населения.

Несмотря на общий спад производства, в городах России продолжает ухудшаться экологическая ситуация, что, прежде всего, обусловлено развитием и выбросами автотранспорта. Таким образом, проблемы изменения климата, энергосбережения и экологического мониторинга, применительно к крупным городам России, должны решаться совокупно.

НЕСМОТРЯ НА ОЖИДАЕМЫЕ СУЩЕСТВЕННЫЕ ЭФФЕКТЫ ПОТЕПЛЕНИЯ, КЛИМАТУ РОССИИ И, В ТОМ ЧИСЛЕ, ЕЕ КРУПНЫХ ГОРОДОВ ОСТАНУТСЯ ПРИСУЩИ ЧЕРТЫ СУРОВОСТИ, КОНТРАСТНОСТИ, ОТНОСИТЕЛЬНОЙ НЕБЛАГОПРИЯТНОСТИ В СРАВНЕНИИ С КЛИМАТОМ НА ТЕХ ЖЕ ШИРОТАХ ЕВРОПЫ И СЕВЕРНОЙ АМЕРИКИ.

2.Оценка антропогенного влияния на изменения климатической системы

2.1. Аналитическое обобщение работ отечественных и зарубежных авторов, в которых приводятся исследования комплекса факторов антропогенного и естественного происхождения, являющихся возможными причинами наблюдаемых и ожидаемых изменений климата .

За последние два десятилетия произошел взрывной рост исследований в области изменения климата, толчок которому дали ранние алармистские прогнозы катастрофических последствий глобального потепления, связанного с антропогенными выбросами в атмосферу парниковых газов, в первую очередь, двуокиси углерода, образующейся при сжигании ископаемого топлива. Довольно быстро возникла широкая обеспокоенность возможностью изменения самих условий существования человека на Земле, в том числе, в контексте «устойчивого развития». Обзор аспектов проблемы, связанных с восприятием этих вопросов общественностью и политиками, см. напр. [1].

Образованная в 1988 г. Межправительственная группа экспертов по изменению климата сыграла важную роль в координации и обобщении исследований в области изменения климата. Довольно скоро выявились основные направления исследований, которые полностью оформились при подготовке Третьего Оценочного Отчета (ТОО) МГЭИК [2]:

- исследования спектра климатической изменчивости по данным наблюдений (включая естественные и антропогенные изменения климата);
- анализ и моделирование физических процессов в климатической системе;
- выделение антропогенного сигнала на фоне естественной изменчивости по данным наблюдений с использованием результатов моделирования;
- сценарные прогнозы климата.

Первоначальные достаточно произвольные суждения, основанные преимущественно на общих соображениях и простейших «полукачественных» моделях, были подвергнуты анализу с использованием широчайшего спектра данных наблюдений и физико-математического моделирования. Некоторые из ранних предположений были отвергнуты (например, такие, как рост глобальной температуры более 10 градусов и затопление обширных прибрежных зон), другие нашли научное подтверждение. Развитие представлений об изменении климата и его возможных причинах подробно документировано в уже изданных трех отчетах МГЭИК [2,3,4] и готовящемся четвертом. В дальнейшем изложении мы будем следовать в основном выводам МГЭИК. В то же время, следует отметить довольно широкое распространение альтернативных точек зрения и критики данных МГЭИК.

Одним из наиболее важных достижений последних десятилетий XX века явилось создание обширных массивов данных инструментальных наблюдений за основными климатическими переменными (в первую очередь, температурой воздуха), тщательно

проанализированных на предмет возможной временной неоднородности за счет изменения инструментов и методик наблюдений и их обработки, изменения положения станций или их окружения, и т.д. Это позволило надежно оценить изменения температуры для Земного шара в целом и отдельных крупных регионов, и установить основные черты этих изменений с середины XIX века. Временные ряды среднегодовой температуры воздуха для Земного шара и Северного полушария представлены на Рис.2.1 (данные Университета Восточной Англии и метеобюро Великобритании [5,6]). Там же показаны данные мониторинга климата для территории России, полученные в ИГКЭ [7].

Основными особенностями изменения глобальной температуры являются два периода роста в XX веке: 1910-40 гг. и продолжающееся в настоящее время потепление, начавшееся около 1970 г. Анализ этих двух периодов потепления показал, что они существенно различаются по структуре [6], в частности, первый из них проявляется только в отдельных областях (преимущественно в Арктике). В частности, на Рис. 2.1 хорошо видно, что он весьма слабо выражен для территории России. Имеется ряд гипотез относительно причин первого потепления в XX веке (колебания солнечной радиации; прозрачности атмосферы из-за пониженной вулканической активности; долгопериодные колебания в системе океан-атмосфера, и др.), но ни одна из них не является общепризнанной. Второе потепление наблюдается на всей поверхности Земного шара (исключая небольшие области в океане), хотя величина его не одинакова (в частности, над сушей она выше, чем над океанами). В настоящее время преобладающей точкой зрения является то, что это потепление в значительной мере (или даже в основном) связано с дополнительным парниковым эффектом от антропогенных эмиссий парниковых газов.

Факторы изменения климата: общая характеристика. В первую очередь должно быть определено, что следует понимать под изменениями климата. Имеется важное расхождение в употреблении этого термина в документах МГЭИК и Рамочной конвенции ООН по изменению климата (РКИК ООН). В документах МГЭИК под изменениями климата понимаются любые статистически существенные вариации среднего состояния или его изменчивости природного или антропогенного происхождения. Это определение отличается от предложенного РКИК ООН, где под изменениями климата понимаются только антропогенно обусловленные изменения, в отличие от изменчивости климата за счет природных факторов. В соответствии с терминологией МГЭИК, под изменчивостью климата понимаются вариации среднего состояния и других статистических характеристик (дисперсия, повторяемость экстремальных событий и др.) климата при всех временных и пространственных масштабах, выходящие за пределы отдельных событий погоды. Изменчивость климата может быть как природно обусловленной (за счет внутренних процессов и внешних воздействий), так и антропогенной. В дальнейшем принято употребление термина МГЭИК.

Многообразие факторов изменения климата принято подразделять наиболее общим образом на внутренние (т.е., процессы, происходящие в самой климатической системе, включающей атмосферу, океан, деятельный слой суши и криосферу) и внешние по отношению к климатической системе. Последние, в свою очередь, подразделяются на естественные (временные вариации потока энергии от Солнца, концентрации вулканических аэрозолей в атмосфере, и т.д.) и антропогенные (в глобальном масштабе это, в основном, изменения концентрации активных составляющих в атмосфере, а также изменения природных ландшафтов, растительности, гидрологического цикла и др. в результате хозяйственной деятельности).

Основной концепцией, определяющей различные направления исследования изменений климата, является радиационное равновесие, которое подразумевает, что в среднем за достаточно длительные промежутки времени (более года), – климатическая система излучает в пространство энергию, равную той, которая поступила за это время от Солнца. Средний энергетический баланс, включающий преобразования энергии различными компонентами атмосферы и поверхностью Земли, представлен на Рис. 2.2 [8]. Факторами изменения климата являются любые изменения в климатической систе-

ме, приводящие к долговременным изменениям составляющих энергетического баланса. Для сравнения относительной важности различных факторов широко используется понятие радиационного форсинга, который представляет собой эквивалентное изменение суммарного баланса приходящей и уходящей радиации (измеренное на уровне тропопаузы), выражаемое в ваттах на квадратный метр.

Парниковые газы. На сегодняшний день основной продолжает оставаться гипотеза, что значительная часть наблюдаемого в последние десятилетия 20 века и продолжающегося в начале XXI века потепления объясняется дополнительным парниковым эффектом от антропогенных эмиссий активных газов (прежде всего, двуокиси углерода), сформулированная в конце 1960 гг. [9,10].

С точки зрения радиационного баланса, парниковый эффект состоит в том, что парниковые газы поглощают часть уходящей длинноволновой радиации, которая переизлучается в пространство из верхних слоев, т.е. при более низких температурах, чем у поверхности, позволяя, таким образом, температуре у поверхности быть выше той, которая наблюдалась бы в отсутствие парникового эффекта (поскольку энергия излучения пропорциональна четвертой степени температуры). При повышении концентрации парниковых газов в тропосфере растет поглощение уходящей длинноволновой радиации, т.е. усиливается парниковый эффект, в результате чего можно ожидать роста температуры у поверхности.

Данные наблюдений (Рис. 2.3) демонстрируют очень значительный рост концентрации CO_2 во второй половине XX века (около 50 частей на миллион), что составляет более половины роста концентрации углекислого газа при переходе от ледниковых к межледниковым условиям. Другой важный парниковый газ, метан (CH_4), демонстрирует еще более интенсивный рост концентрации в индустриальную эпоху: от примерно 700 ppb (ppb – parts per billion – частей на миллиард) в начале XVIII века (среднее значение для межледниковых периодов) до 900 ppb в начале и 1700 ppb в конце XX века; однако, радиационный форсинг, обусловленный наблюденным изменением концентрации метана, примерно втрое меньше аналогичного форсинга, связанного с двуокисью углерода.

Еще меньшим парниковым потенциалом обладают озон, фторуглероды и азот (в форме окиси азота). Эффекты наиболее сильного парникового газа – водяного пара – изучены слабо; воздействие непосредственных изменений концентрации водяного пара за счет хозяйственной деятельности (ирригация, вырубка лесов и т.д.) по-видимому невелико. Оценки эффекта изменения влагосодержания в атмосфере при потеплении включают в себя многочисленные обратные связи (в том числе с облачностью) и весьма неопределенны. В целом предполагается рост влагосодержания в планетарном пограничном слое (нижние 1-2 км атмосферы) за счет роста влагоемкости атмосферы и испарения при потеплении, эквивалентный в радиационном балансе эффекту от роста содержания углекислого газа. Однако, очень мало известно про изменения и эффекты водяного пара в более высоких слоях атмосферы.

Тем не менее, наличие серьезных неопределенностей, связанных с неполнотой наблюдений, понимания физических процессов и многочисленных обратных связей в климатической системе, надежностью климатических моделей, сложностью выявления малого антропогенного сигнала на фоне естественной климатической изменчивости, не позволяет сделать однозначных выводов о вкладе антропогенных эмиссий парниковых газов в наблюдаемое потепление. Во Втором отчете МГЭИК (1995 г.), после больших дебатов записано: «Баланс доказательств показывает различимое влияние человека на глобальный климат». В Обобщающем докладе (SYR TAR, 2001 г.), основанном на отчетах трех рабочих групп, сделано заключение: «Климатическая система Земли явно изменилась как в глобальном, так и в региональном масштабах по сравнению с доиндустриальным периодом, причем некоторые из этих изменений могут быть приписаны человеческой деятельности».

Атмосферные аэрозоли. Основные источники атмосферных аэрозольных частиц – вулканические извержения и хозяйственная деятельность (в основном – сульфатные

аэрозоли и сажа от сжигания органического топлива). Принято подразделять влияние атмосферных аэрозолей на прямое (т.е., непосредственное влияние на радиационный баланс за счет рассеяния и поглощения длинно- и коротковолновой радиации частицами аэрозоля), и косвенное (когда аэрозоли изменяют микрофизические свойства облаков, их количество и время жизни): см. [11,12].

Прямой эффект аэрозолей зависит от их оптических свойств, а также горизонтального и вертикального распределения в атмосфере. Прямой радиационный эффект аэрозолей в целом, по-видимому, отрицательный, но сравнительно небольшой (примерно вдвое меньше, чем у метана).

Косвенный эффект аэрозолей связан с их способностью служить ядрами конденсации. При этом возможно влияние на количество облачных частиц при неизменном количестве жидкой воды, или на количество жидкой воды при неизменном числе частиц. Результатом является изменение альбедо облаков или времени их жизни. Считается, что косвенное воздействие аэрозолей на альбедо облаков является одним из основных источников неопределенности в оценке суммарного радиационного форсинга, поскольку оно отрицательное и составляет, по разным оценкам, от трети до полного радиационного форсинга CO_2.

Вулканическая деятельность. Влияние вулканической деятельности определяется изменением прозрачности верхних слоев атмосферы (стратосферы) за счет концентрации аэрозольных частиц двух типов: сульфатных аэрозолей, образующихся при окислении попавших при извержении в стратосферу сернистых газов (процесс занимает несколько месяцев), и непосредственно вулканического пепла, который быстро оседает под действием силы тяжести. Радиационный эффект от сильного извержения может быть весьма значительным (максимальная оценка для извержения Пинатубо в 1991 г. составляет –3 Ватт/кв.м. с соответствующим похолоданием около 0.5K), но непродолжительным по времени (от года до нескольких лет) – следовательно, вызывающим флуктуации температуры на тех же временных масштабах. Поскольку нет теории, позволящей прогнозировать вулканическую активность, нельзя в настоящее время оценить ее влияние на будущий климат.

Роль облачности. Хотя важнейшая роль облачности в радиационном балансе климатической системы хорошо осознается исследователями, в настоящее время численные, и даже, в ряде случаев, качественные оценки этого влияния неполны и являются одним из важнейших источников неопределенности в оценках изменения климата. Сложность нелинейных механизмов в системе океан-атмосфера с участием облачности описана, например, в [13]. Облака покрывают около 60% поверхности Земли и ответственны за две трети планетарного альбедо, составляющего в настоящее время 30%. Изменению альбедо на 1% соответствует изменение температуры (в предположении лучистого равновесия для чёрного тела) приблизительно на 1 градус Кельвина. Это равно реакции температуры чёрного тела в ответ на добавление в радиационный бюджет поверхности Земли 4 Ватт на квадратный метр, что приблизительно равно прямому радиационному форсингу, обусловленному удвоением атмосферной концентрации CO_2. С другой стороны, облака также вносят большой вклад в планетарный парниковый эффект, задерживая уходящую длинноволновую радиацию. В частности, в результате увеличения облачного покрова уменьшается суточный ход температуры (за счет более быстрого роста ночных температур).

Важным, и в настоящее время недостаточно изученным, является эффект непрямого воздействия аэрозолей на облачность [11], в котором участвуют сложные физико-химические процессы, которые весьма сложно учесть при построении моделей климата.

Изменчивость солнечной радиации. Новейшие исследования с использованием результатов спутниковых измерений солнечной радиации показывают, что последняя подвержена изменениям на различных масштабах времени; наиболее выражены 11-летние колебания, связанные с колебаниями солнечной активности, и колебания с периодом около нескольких дней из-за вращения Солнца вокруг своей оси. Суммарный

размах колебаний достигает 5 ватт/кв.м., или около 0.4%. По-видимому, никакого долгопериодного тренда не наблюдается за последние примерно 3 десятилетия с 1978 г. (не более 0.01% при точности около 0.03%): хотя Willson and Mordvinov [14] обнаружили тренд в спутниковых данных Нимбуса 7, он не подтверждается другими наблюдениями.

С другой стороны, основанные на астрономических данных реконструкции солнечной иррадиации за последние несколько сот лет (с XVII века) показывают возможность существования заметных долгопериодных изменений [15]: в частности, от конца XIX к середине XX века наблюдался рост примерно 1 ватт/кв.м. (около 0.075%).

Естественные изменения климата. Одним из первых климатологов, оценивших с достаточной точностью изменения глобальной температуры по данным наблюдений и обнаруживших похолодание 1950-60-х гг., был Дж. Митчелл [16]. Он высказал гипотезу о наличии в системе океан-атмосфера естественного колебания с периодом около 80 лет. Наличие долгопериодных колебаний климата подтверждается современными данными наблюдений и палеоданными [17].

В Третьем отчете МГЭИК на основе анализа реконструкций временных рядов температуры с помощью косвенных данных (включая древесно-кольцевые хронологии, ледовые керны и другие подобные данные), утверждается, что, по-видимому, наблюдаемое в конце XX века потепление является беспрецедентным за последние 1000 лет(и, следовательно, маловероятно, чтобы оно было проявлением естественных колебаний климата). McIntyre and McKitrick [18] подвергли эти данные критике и предложили свою реконструкцию, в которой, в частности, имеется аналогичное современному потепление в XV веке, однако, по-видимому, их работа ошибочна. Тем не менее, неопределенности реконструкций весьма велики и не могут, рассматриваемые сами по себе, служить надежным подтверждением приведенного утверждения об уникальности современного потепления.

Долгопериодные естественные флуктуации температуры, аналогичные современному потеплению, не были обнаружены в длительных (много сотен лет) контрольных экспериментах с моделями климата в отсутствие внешних вынуждающих воздействий. Следует, однако, отметить, что это может служить лишь косвенным свидетельством того, что потепление не является проявлением естественной изменчивости климата, т.к. модели не воспроизводят достаточно адекватно естественную климатическую изменчивость.

Ледниковые – межледниковые колебания и астрономическая теория изменения климата. Данные глубинного бурения ледовых щитов позволили получить численные оценки изменений климата за последние несколько сотен тысяч лет. В первую очередь должны быть упомянуты данные со станции Восток в Антарктиде [19,20]. Обнаруженные в спектрах этих временных рядов периодичности около 100 тысяч лет и 40 тысяч лет подтверждают гипотезу Миланковича [21] о связи смены ледниковых периодов – межледниковий с колебаниями орбитальных параметров Земли, среди которых наиболее важны колебания эксцентриситета орбиты и наклона оси вращения Земли по отношению к эклиптике. Однако, было обнаружено, что линейный отклик климата на изменения инсоляции не объясняет основных особенностей колебаний климата на этих масштабах времени: скачкообразного окончания ледниковых периодов и преобладания периода 100 тысяч лет (в спектре инсоляции преобладает период 40 тысяч лет), а также и амплитуды этих колебаний. По крайней мере частично, эти особенности могут быть объяснены положительными обратными связями с участием парниковых газов (двуокиси углерода и метана) и дальнейшим усилением потепления за счет обратной связи лед - альбедо, однако количественно они весьма неопределенны, и имеются разногласия по поводу качественной последовательности событий (знака фазового сдвига между колебаниями температуры и атмосферных составляющих) [22].

Важный вопрос, связанный с ледниково-межледниковыми колебаниями климата, состоит в том, возможно ли, что дополнительный парниковый эффект от антропогенных выбросов двуокиси углерода сделает невозможной или существенно замедлит ожидаемую фазу похолодания ледникового цикла? [23].

Нелинейная динамика. В климатической системе Земли наблюдается большое число примеров нелинейного поведения: поступающая и уходящая энергия (сигнал) не являются пропорциональными; изменения часто эпизодические и внезапные; множественные равновесия являются нормой. Нелинейное взаимодействие океана и атмосферы, по-видимому, лежит в основе некоторых важнейших мод климатической изменчивости, таких, как Эль Ниньо – Южное колебание [24], междесятилетняя изменчивость в Северной Атлантике и Тихом океане [25]. Нелинейность часто характеризуется нестабильным поведением с сильным откликом на относительно малое воздействие. Было рассмотрено много примеров и выдвинуто значительное число гипотез о возможных «сюрпризах», связанных с таким поведением, из которых наиболее изученными являются вопросы, связанные с внезапными изменениями климата в течение последнего ледникового периода и с так называемой «термохалинной катастрофой» [26].

Еще одной важной гипотезой, связанной с нелинейным характером реакции климатической системы на внешнее возбуждение, является так называемая «нелинейная парадигма Палмера». Суть ее состоит в том, что отклик климатической системы может проявляться, как изменение повторяемости некоторых «преимущественных режимов» (или множественных состояний равновесия). Эта гипотеза имеет определенное подтверждение в данных наблюдений [27]. Важные следствия этой гипотезы могут быть получены для региональных изменений климата, а также повторяемости и интенсивности экстремальных явлений. Структуры крупномасштабной циркуляции определяют важнейшие региональные особенности, например, распределение аридных зон и зон повышенного увлажнения, сезонный цикл муссонных климатов и т.д.: эти свойства могут существенно изменяться при изменении повторяемости климатических режимов. Имеются также определенные указания на то, что региональная повторяемость и интенсивность экстремальных явлений, таких, как штормы или тропические циклоны, может изменяться в зависимости от изменения повторяемости режимов крупномасштабной циркуляции, таких, как Североатлантическое колебание и Южное колебание.

Быстрые изменения климата. Палеоклиматические данные показывают, что в климатической системе возможны «быстрые» изменения, не связанные с внешним воздействием, а лишь с внутренней изменчивостью климатической системы [28]. Наиболее яркие явления такого рода – ‘это т.н. потепления Дансгарда – Ошгера, когда изменения температуры в интервале 8-16 градусов в Гренландии происходили за время порядка десятилетия [29]. Другие явно нелинейные колебания температуры – это холодные события Хайнриха длительностью порядка столетий, оканчивающиеся быстрыми потеплениями за десятилетия. Стоит отметить, что большинство этих явлений происходило в ледниковую эпоху. Эти явления демонстрируют противофазное изменение температуры в Северной и Южной Атлантике и, по всей видимости, связаны с изменениями меридионального переноса тепла термохалинной циркуляцией в Атлантическом океане [30].

Термохалинная циркуляция в Атлантике. До половины меридионального переноса тепла осуществляется течениями в океане, из которых наиболее важной является система меридиональных поверхностных и глубинных течений в Атлантике (известная как меридиональный круговорот или конвейерная циркуляция). Стоммелом была высказана гипотеза, что эта система имеет различные состояния равновесия (из-за нелинейной связи между температурой, соленостью и плотностью морской воды). Переход между равновесиями может приводить к быстрым изменениям климата; в частности, предполагается, что с такими переходами связаны события Дансгарда – Ошгера (см. выше). Ряд моделей океана подтверждает гипотезу Стоммела [31,32]. Обсуждение вопросов, связанных с возможностью изменения режима ТХЦ (вплоть до ее прекращения) при глобальном потеплении, дано в [33].

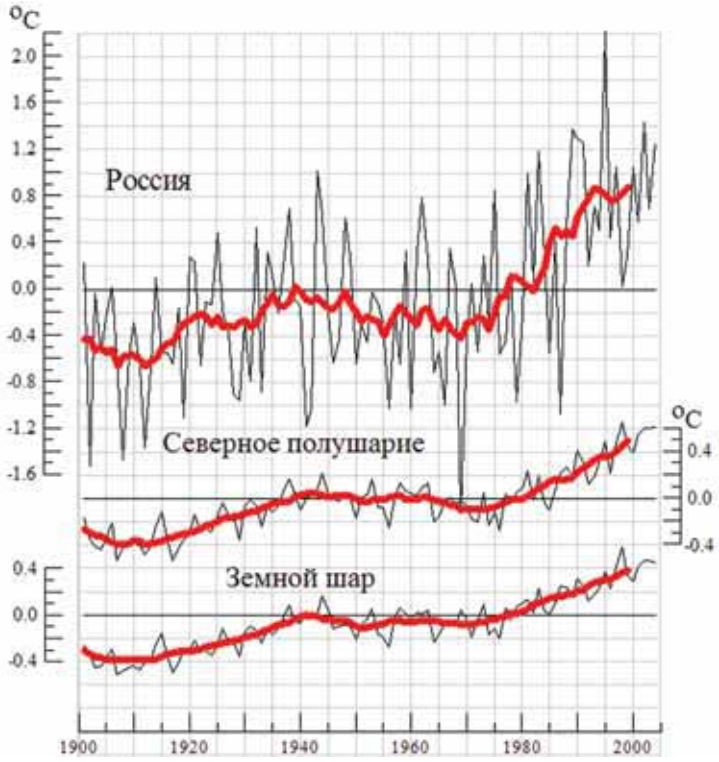


Рис. 2.1. Временные ряды пространственно осредненных аномалий среднегодовой температуры приземного воздуха для территории РФ, Северного полушария и Земного шара.

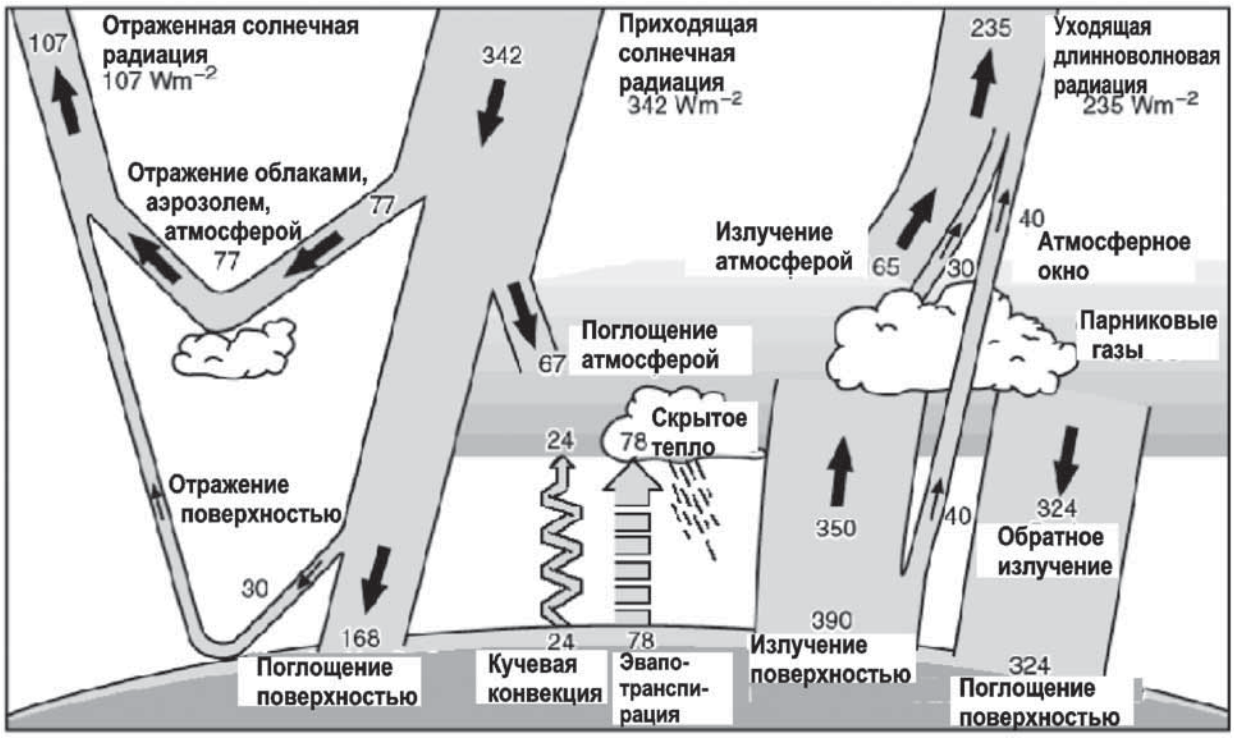


Рис.2.2. Глобальный среднегодовой энергетический баланс Земной климатической системы

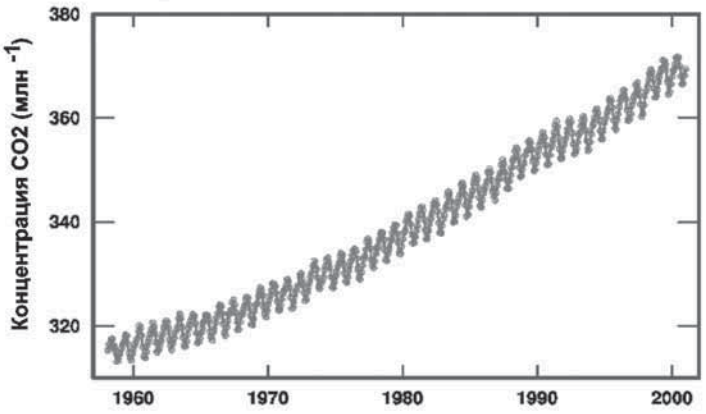


Рис.2.3. Концентрация двуокиси углерода в атмосфере (по данным Мауна-Лоа, Гавайи)

2.2. Сценарные прогнозы возможных изменений климата

Предсказуемость поведения системы океан-атмосфера от суток к суткам ограничена 2-3 неделями. Но хотя эта динамическая система чувствительна к малым возмущениям и потому неустойчива, медленно меняющиеся ее компоненты можно прогнозировать на более значительных временных масштабах. Чтобы исключить влияние начальных условий и конкретной глобальной климатической модели (ГКМ), в расчетах используются мультимодельные ансамбли с результатами многократных интегрирований по каждой модели. Задача, таким образом, сводится к агрегированию мультимодельных ансамблей и их вероятностной интерпретации, которая должна обеспечить собственно прогноз ожидаемых климатических состояний и числовую характеристику его неопределенности. В случае успеха можно будет заключить, что климат предсказуем на десятилетия и более. Подтверждением этому служит успешное воспроизведение трендов XX столетия, обусловленных воздействием естественного и антропогенного характера с помощью нескольких ГКМ. Это позволяет надеяться, что оценить предстоящие изменения климата можно, но с учетом будущих выбросов парниковых газов и соответствующих изменений их концентрации в атмосфере.

Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) разработала набор сценариев будущих выбросов парниковых газов в атмосферу в XXI столетии. Сценарии основаны на различных гипотезах о мировом развитии, а оно определяется демографическими, экономическими и технологическими факторами, от которых, в свою очередь, зависят интенсивность использования ископаемого топлива и объемы выбросов в атмосферу парниковых газов и аэрозолей. Для каждого конкретного сценария выбросов модели углеродного цикла позволяют рассчитать изменения концентрации парниковых газов, а затем уже с помощью имеющихся климатических моделей выполняются многократные интегрирования.

Модельные прогнозы, соответствующие сценариям, принято называть «сценарными проекциями», так как они ориентированы на определенный сценарий воздействий на климатическую систему и являются в этом смысле его “проекцией”. В отличие от прямых прогнозов, базирующихся на уже осуществившихся данных, сценарные прогнозы являются условными, так как неизвестно, какой из сценариев человечество в будущем выберет для осуществления своего развития. Современные климатические модели (МОЦАО) позволяют получить сценарные прогнозы (проекции) для всех сценариев и для каждого в отдельности – по температуре, осадкам и другим климатическим переменным.

2.2.1. Краткая характеристика используемых сценариев эмиссии парниковых газов МГЭИК

Специальный доклад МГЭИК о сценариях выбросов СДСВ [33] предложил набор из 40 сценариев, охватывающих широкий диапазон возможных в будущем выбросов (и концентраций) углекислого газа CO_2, метана CH_4, закиси азота N_2O и других атмосферных газов. Сценарии объединены в 4 "семейства" в соответствии с четырьмя возможными вариантами изменения ситуации в будущем (учитываются ключевые характеристики "будущего", такие как демографические, экономические и технологические факторы, определяющие будущие эмиссии парниковых газов и серы). Сюжетная линия каждого семейства предполагает свое, отличное от других, развитие будущих событий, а вместе они дают описание различных вариантов будущего, которые охватывают значительную долю основных неопределенностей в четырех определяющих факторах. Поэтому все они являются в равной степени обоснованными, а их правдоподобие и реалистичность не следует рассматривать, основываясь на экстраполяции текущих экономических, технологических и социальных тенденций. Краткое описание основных характеристик этих четырех сюжетных линий развития общества сводится к следующему.

A1. Сюжетная линия A1 (семейство сценариев A1) содержит описание будущего мира, который характеризуется очень быстрым экономическим ростом, быстрым внедрением новых и более эффективных технологий и ростом народонаселения Земного шара с пиком в середине века и последующим уменьшением. Основная стратегия такого развития включает: постепенное сближение разных регионов, укрепление потенциала и активизация культурных и социальных взаимосвязей при значительном уменьшении региональных различий в доходе на душу населения. Это семейство сценариев разделяется на три группы в зависимости от основного направления развития энергетических технологий: значительная доля ископаемого топлива (A1F1); не ископаемые источники (A1T) и равновесие между всеми источниками (A1B). Равновесие определяется здесь как отсутствие явной зависимости от какого-либо одного конкретного источника энергии в предположении аналогичных темпов повышения эффективности для всех технологий энергоснабжения и конечного использования.

A2. В сюжетной линии A2 (семейство сценариев A2) дается описание очень неоднородного мира. Основополагающим принципом является самообеспечение и сохранение самобытности. Показатели рождаемости в разных регионах очень медленно сближаются, результатом чего является постоянный рост общей численности населения. Экономическое развитие имеет главным образом региональную направленность, а технологические изменения и экономический рост в расчете на душу населения являются более фрагментарными и медленными, чем в других сюжетных линиях.

B1. Сюжетная линия и семейство сценариев B1 соответствуют единой для всего мира направленности развития с тем же, что и в A1, глобальным населением, которое достигает максимальной численности в середине века, а затем уменьшается. Однако быстрые изменения в экономических структурах направлены на развитие сервисной и информационной экономики с уменьшением материальной интенсивности и внедрением чистых и ресурсосберегающих технологий. Главное внимание уделяется глобальным решениям в сфере экономической, социальной (включая большую справедливость) и экологической устойчивости, но без дополнительных инициатив, связанных с климатом.

B2. Сюжетная линия и семейство сценариев B2, аналогично A2, исходят из стратегии локальных решений проблемы экономической, социальной и экологической устойчивости. Это мир с постоянно увеличивающимся глобальным населением (при более низких, чем в A2, темпах роста), промежуточными уровнями экономического развития и менее быстрыми и более разнообразными технологическими изменениями по сравнению с сюжетными линиями A1 и B1. Данный сценарий ориентирован, как и B1, на охрану окружающей среды и социальную справедливость, но главное внимание в нем уделяется местным и региональным уровням.

Сценарии выбросов из указанного доклада проиллюстрированы на рис. 2.4, где приведены общие кумулятивные выбросы (в Гт углерода). Они представляют альтернативные варианты изменения состава атмосферы в будущем и, таким образом, позволяют оценить вероятные изменения климата при каждой альтернативе и по их совокупности. Для проведения сравнений обычно используют сценарии с разными определяющими факторами, но сходными выбросами, или, наоборот, с аналогичными факторами, но сходными выбросами. Подробная информация о сценариях содержится в докладе SRES [39].

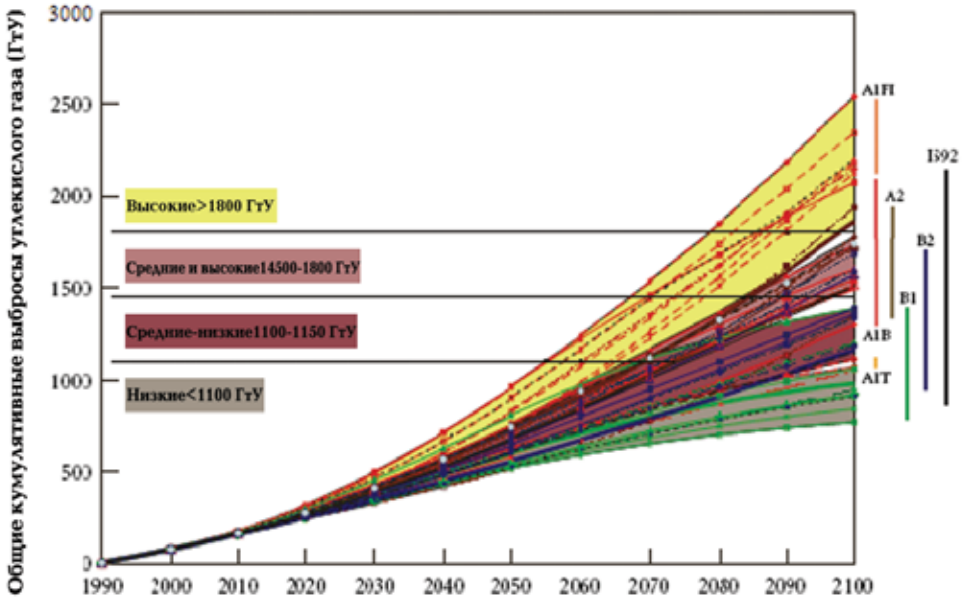


Рис.2.4. Сценарии глобальных кумулятивных выбросов CO_2 (ГтУ) с 1990 по 2100 гг., сгруппированные в четыре категории по уровню выбросов. Показаны также кумулятивные выбросы по сценариям IS92. Каждая категория содержит один иллюстративный сигнальный сценарий плюс альтернативы, которые ведут к сопоставимым кумулятивным выбросам, хотя нередко посредством различных определяющих факторов.

2.2.2.Данные результатов моделирования климата МГЭИК.

Межправительственной группой экспертов был создан интернет-портал IPCC Model Output [34], предназначенный для обеспечения данными климатического моделирования работ по подготовке 4-го оценочного отчета МГЭИК. Через этот портал обеспечивается доступ к временным рядам ряда стандартных экспериментов, выполненных с моделями ряда ведущих центров моделирования климата (см. Таблицу 2.1).

Эксперимент представляет собой прогон климатической модели на определенный срок (обычно порядка 100-200 лет) при изменении концентрации активных атмосферных составляющих в соответствии с определенным климатическим сценарием (см. выше). Перечень основных экспериментов, представлен в Таблице 2.2.

Таблица 2.1

Модели, представленные на Интернет-портале МГЭИК (IPCC Model Output)

Модель	Климатический центр	Страна
BCC-CM1	Beijing Climate Center	КНР
BCM2.0	Bjerknes Center for Climate Research	Норвегия

Модель	Климатический центр	Страна
CGCM3.1 T47 Res	Canadian Centre fo Climate Modeling and Analysis	Канада
CGCM3.1 T63 Res	Canadian Centre fo Climate Modeling and Analysis	Канада
MIROC3.2 high res	CCSR/NIES/FRCGC	Япония
MIROC3.2 med res	CCSR/NIES/FRCGC	Япония
CSIRO Mk3.0	CSIRO Atmospheric Research	Австралия
HadCM3	Hadley Centre for Climate Prediction, UK Met Office	Великобритания
HadGEM1	Hadley Centre for Climate Prediction, UK Met Office	Великобритания
INMC3.0	Институт вычислительной математики РАН	РФ
CM4 V1	IPSL/LMD/LSCE	Франция
FGOALS1.0_g	LASG Institute of Atmospheric Physics	КНР
ECHAM5/MPIOM	Max Planck Institute for Meteorology	Германия
CM3	Meteo-France, Centre National de Recherches Meteorologiques	Франция
ECHO-G	Meteorological Institute of the University of Bonn	Германия
CGCM2.3.2a	Meteorological Research Institute	Япония
C4x3	NASA Goddard Institute for Space Studies	США
E20/HYCOM	NASA Goddard Institute for Space Studies	США
E20/Russel	NASA Goddard Institute for Space Studies	США
CCSM3.0	NCAR	США
PCM1	NCAR	США
CM2.0	NOAA GFDL	США
CM2.1	NOAA GFDL	США

Следует отметить, что приведенные в Таблице 2.2 периоды для экспериментов представляют собой полные периоды, запрошенные МГЭИК. Реально исследовательские группы предоставили более короткие ряды. Отдельные эксперименты представлены не для каждой модели (например, 1pctto4x не представлен для примерно половины моделей).

Временное разрешение. Временные ряды, как правило, представлены с временным разрешением: 3 часа – сутки – месяц – год (для отдельных переменных представлены не все масштабы). Они соответствуют срочным данным и рассчитанным по ним средним суточным, месячным и годовым.

Переменные. Полные таблицы переменных в рамках проекта CMIP включают более 100 переменных; реально представлено значительно меньшее их число, причем это число меняется для разных моделей, экспериментов и разрешения. Полный список запрошенных МГЭИК переменных включает:

Для месячного разрешения около 50 атмосферных полей и более 10 океанических полей:

- температура, ветер, влажность, облачность на изобарических поверхностях;
- осадки, температура и давление у поверхности;

Эксперименты, представленные на интернет-портале МГЭИК (IPCC Model Output)

Обозначение	Сценарий	Описание
1pctto2x	1% в год до удвоения	Рост CO_2 на 1% в год до удвоения концентрации (70 лет), затем 150 лет при $2xCO_2$
1pctto4x	1% в год до учетверения	Рост 1% в год до учетверения концентрации (140 лет), затем 150 лет при $4xCO_2$
2xco2	$2xCO_2$ равновесный	Прогон при $2xCO_2$ до достижения равновесия (океан двумерный без динамики)
sresb1	Стабилизация при 550 ppm	SRES B1 до 2100 года, затем 100 лет при постоянной концентрации 550 ppm
sresa1b	Стабилизация при 720 ppm	SRES B1 до 2100 года, затем 100 лет при постоянной концентрации 720 ppm
Amip	AMIP	Эксперимент AMIP
20c3m	Климат 20 века	Эксперимент с наблюденными в 20 веке концентрациями
Commit	Произошедшее изменение климата	Эксперимент с фиксированными концентрациями на 2000 год
Picntrl	Доиндустриальный контрольный эксперимент	Без антропогенного или естественного форсинга (с фиксированными концентрациями на 1871 год)
Pdcntrl	Современный контрольный эксперимент	Эксперимент с фиксированными концентрациями на 2000 год
sresa2	SRES A2	Сценарий SRES A2 до 2100 года
Slabcntl	Контрольный эксперимент с «неподвижным» океаном	Прогон при современной концентрации CO_2 (двумерный океан без динамики)

- снежный покров, влажность почвы, речной сток;
- испарение и потоки тепла у поверхности; температура и соленость океана;
- скорости течений; перенос тепла морскими течениями;
- величины «коррекции потоков» и др.

Для суточного разрешения 18 ежедневных атмосферных полей, как правило, для 20-летних периодов 1921-1940, 1991-2010, 2061-2080, 2131-2150: температура, ветер, давление у поверхности, влажность; максимальная и минимальная суточная температура воздуха у поверхности; осадки; потоки радиации.

Девять полей с 3-часовым разрешением, обычно за 1 год: осадки; температура воздуха и давление у поверхности; потоки радиации у поверхности.

Десять индексов экстремальности с годичным разрешением: число морозных дней, индекс засушливости, индекс интенсивности осадков, максимальное число последовательных дней без осадков, внутригодовой размах температур, продолжительность вегетационного периода, индекс продолжительности волн тепла, число дней с интенсивностью осадков более 10 мм/день, максимальная 5-дневная сумма осадков, процент дней с минимальной температурой выше 90%-го процентиля.

Набор данных в базе МГЭИК представляет собой в действительности набор родственных файлов - результатов одного эксперимента по заданной модели при фиксированном разрешении (месячном, суточном, и т.д.).

Файл в базе данных портала представляет временной ряд для фиксированной модели – эксперимента - переменной – разрешения - периода.

Доступ к данным портала разрешен зарегистрированным пользователям. Доступ осуществляется при помощи «поисковой системы», формирующей запрос до уровня запрашиваемых файлов, входящих в определенный набор данных (т.е. задаются модель, эксперимент, разрешение, переменные). Выбор файла осуществляется в интерактивном режиме из предоставляемого списка. Возможен доступ через FTP: в этом случае адрес формируется пользователем с использованием списка обозначений (например, как в Таблице 2.2).

Регистрация. Регистрируются участники программы анализа результатов климатического моделирования для 4-го Научного отчета МГЭИК. Эта программа PCMDI (The Program for Climate Model Diagnosis and Intercomparison) предназначена для выявления недостатков современных моделей и разработки унифицированного диагностического аппарата для оценки их адекватности (успешности). Одновременно она обеспечивает исключительные возможности для архивации результатов моделирования и делает их доступными для научного сообщества, работающего в области моделирования климата.

В заключение приведем краткую дополнительную информацию об основных моделях ведущих мировых метеорологических центров, участвующих в данной деятельности (PCMDI, CMIP).

CCCMA (Canadian Center for Climate Modelling and Analysis)

Модель Канадского центра включает атмосферную модель с дискретизацией по вертикали T32/L10 и существенно доработанной параметризацией процессов вертикального переноса на поверхности и в свободной атмосфере и процессов на поверхности суши; с улучшенной схемой радиационных процессов; с анизотропной орографией и др. Доступны практически все эксперименты, запланированные в CMIP.

CCSR/NIES (Center for Climate System Research National Institute for Environmental Studies, JAPAN)

Цель экспериментов - исследовать в будущих проекциях изменений климата прямые и косвенные климатические воздействия антропогенного сульфата и каменноугольных аэрозолей. Численное моделирование выполнено для всех четырех иллюстративных сценариев A1, A2, B1, и B2. Во всех сценариях прямое радиационное воздействие каменноугольных аэрозолей, почти уравновешивает воздействие сульфатных аэрозолей. Оценка полного косвенного радиационного воздействия составляет около «-1.3 Wm-2» для сценариев A1, B1, и B2, и около «-2.0 Wm-2» для сценария A2 во второй

половине XXI столетия. Глобальная среднегодовая температура приземного воздуха увеличивается при всех сценариях под влиянием радиационного воздействия увеличивающегося CO_2. Глобальное потепление замедляется с увеличением антропогенного сульфата и каменноугольных аэрозолей, потому что косвенное воздействие аэрозолей имеет существенный эффект охлаждения. Изменение средней глобальной температуры к 2100 относительно средней температуры за 1961-90 наибольшее для A2 (около 5.5 °C) и наименьшее для B1 (около 3.3 °C). Географическое распределение приземного потепления не сильно зависит от сценариев. Обратные связи с облачностью становятся доминирующими во второй половине XXI столетия и приводят к дальнейшему потеплению у поверхности.

CSIRO (Australia's Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation)

Результаты моделирования доступны для всех четырех групп сценариев SRES для широкого диапазона климатических переменных. Последствия индивидуальных сценариев неразличимы для отдельных регионов даже к 2100 году, но четко проявляются в глобальных изменениях климата в течение последних десятилетий.

ЕН4ОРУС (MPIFM –Center Max Plank Institute Fur Meteorologie, GERMANY)

Модель Института Макса Планка (Германия) использует изопикнические уровни в качестве вертикальной системы координат для океана и включает модель морского льда с реологией, чтобы отделить океан от экстремальных зимних условий высоких широт. Сокращение ОРУС в названии модели получено как аббревиатура: Океан & изоПИКнические координаты.

GFDL R30 (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, USA)

Модель разработана специалистами GFDL и NOAA (США) как совместная модель общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО). Ее четыре главные компоненты – атмосферная (с разрешением R30), океаническая и относительно простые модели морского льда и поверхностности суши.

HadCM3, UK (Bracknell, Hadley Centre for Climate Prediction and Research)

Усовершенствованная совместная модель атмосферы и океана (Великобритания), имеющая устойчивую контрольную климатологию и не использующая подгонку потоков. Включает атмосферную модель (соответствует T42, 19 уровней), океаническую модель (1.25 град, 20 уровней по вертикали) и простую термодинамическую модель морского льда.

NCAR-CSM (National Centre for Atmospheric Research, USA)

CSM3 – самый недавний выпуск (версия 3.0) глобальной совместной модели климата, разработанной специалистами Национального центра атмосферных исследований США. Модель содержит новые физические модели, поддерживает новые модельные разрешения и имеет новые прогоны на разных разрешениях.

NCAR-PCM (National Centre for Atmospheric Research, USA), 1980-2099.

Объединение NCAR CSM3 с моделью океана и моделью морского льда других ведомственных учреждений США. Для минимизации начального дрейфа совместной системы, океан/лед раскручивается в ней форсингом из предыдущих прогонов CSM3 с предписанной температурой океана.

МОЦАО ИВМ РАН (РФ)

В России серьезные результаты по развитию теории и моделей климата получены в ИВМ РАН, где разработана совместная модель океана и атмосферы, полноценно участвующая в программах PCMDI и CMIP. Подробное описание модели приведено в [35].

2.2.3. Сценарные прогнозы предстоящих изменений климата.

Меняя сценарии технологического развития промышленности, сельского хозяйства и роста населения, разрабатываются сценарии изменения антропогенных факторов

и строятся прогнозы, соответствующие этим сценариям, то есть сценарные прогнозы ("проекции"). К настоящему времени существенное развитие получили «сценарные прогнозы», основанные на использовании ансамблей численных экспериментов. Ансамбли включают или группу экспериментов с различными вариантами начальных и граничных условий или группу различных моделей (мультимодельные ансамбли), или те и другие. Результирующий «прогноз» получается осреднением отдельных прогнозов и считается заслуживающим большего доверия. Можно построить и более сложный результирующий прогноз, включив в него вероятностные характеристики мультимодельного ансамбля.

Согласно расчетам, представленным в Третьем отчете МГЭИК [2], повышение средней глобальной температуры в 1990-2100 гг. может составить от 1,5° до 5,8°С. Такое потепление не имеет прецедента в течение последних 10 тыс. лет! В результате уровень Мирового океана может повыситься на 0.09-0.88 м.

Сценарные прогнозы, глобальные и региональные, наиболее подробно и с учетом современных достижений, проанализированы в Третьем отчете МГЭИК (IPCC, 2001). Здесь же представлена подробная библиография. Девятая глава этого Отчета содержит обзор глобальных прогнозов, а десятая глава посвящена региональным аспектам сценарных прогнозов климата XXI века. Самые полные данные сценарных прогнозов доступны на портале МГЭИК [34]. Прогнозы охватывают территорию Земного шара и представлены в графическом и числовом форматах. Пример такого прогноза приведен на рис. 2.5.

«Проекции» возможных изменений климата России. Современный климат на территории России отличается чрезвычайно большим разнообразием уже вследствие ее значительной протяженности. К тому же, как показано в ряде исследований, климат в этом регионе чувствителен к росту содержания парниковых газов (ПГ) в атмосфере. По этой причине оценка возможных изменений климата в России в XXI веке в результате антропогенного роста содержания ПГ в атмосфере имеет большое научное и практическое значение.

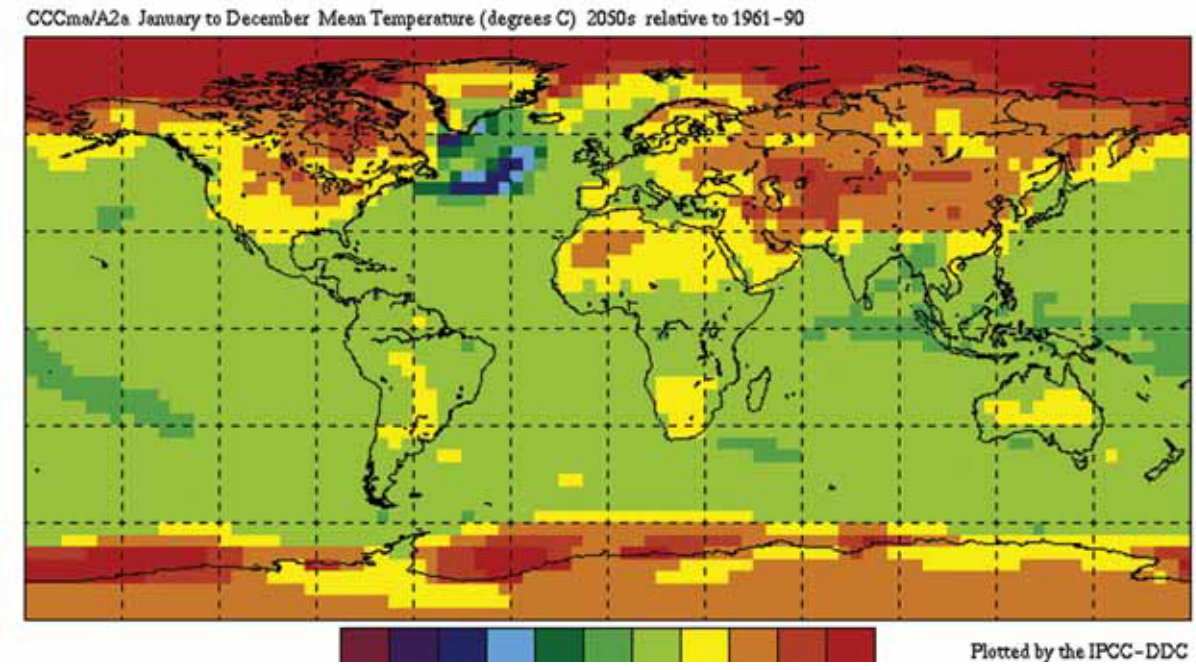


Рис.2.5. Сценарный прогноз изменений средней годовой температуры (°С) к 2050 году относительно 1961-90 гг. по модели CCCma (Канада) для сценария А2.

Как отмечено выше, данные глобальных сценарных прогнозов по моделям ведущих метеорологических центров мира доступны на портале данных МГЭИК. На рис. 2.6 приведен прогноз температуры по ряду зарубежных моделей для сценария А2 (вырезка из глобальных прогнозов). Из рисунка видно, что ожидаемое потепление на территории РФ пространственно неоднородно. Во всех моделях потепление к югу уменьшается (кроме дополнительных максимумов на юге Европейской части РФ и в Приморье). Тем не менее, различия между моделями весьма заметны и по интенсивности прогнозируемого потепления, и по его конфигурации. Наиболее интенсивное потепление дает модель ECHAM – на севере Сибири оно достигает 7 °С. Нигде на территории РФ не ожидается уменьшения температуры.

На рис. 2.7 аналогичный прогноз приведен для осадков. Картина для осадков менее гладкая, но в целом по территории РФ преобладает рост осадков с максимумом на севере Европейской части и в Приморье, в то время как в южных широтах ожидается убывание осадков. Как и в случае температуры, наиболее значительные изменения – по площади и по интенсивности – прогнозирует модель ECHAM (рост осадков на Европейской территории и в Западной Сибири).

В работе [36] приведена оценка изменений климата в XXI веке на территории России и сопредельных стран по ансамблю физически полных моделей ОЦАО для двух новых сценариев МГЭИК эмиссий парниковых газов и аэрозолей – А2 и В2. Использованы результаты расчетов с помощью семи современных глобальных совместных МОЦАО, разработанных в ведущих мировых центрах исследования климата. На территории России и сопредельных стран выделены семь регионов, соответствующие водосборам крупных рек или систем рек, для которых анализируются изменения сезонного хода термического режима и влагооборота к концу XXI века, а также оценивается их статистическая значимость. На фоне общего глобального потепления наибольшее повышение приземной температуры в XXI веке авторы получили в Сибири и на Дальнем Востоке зимой.

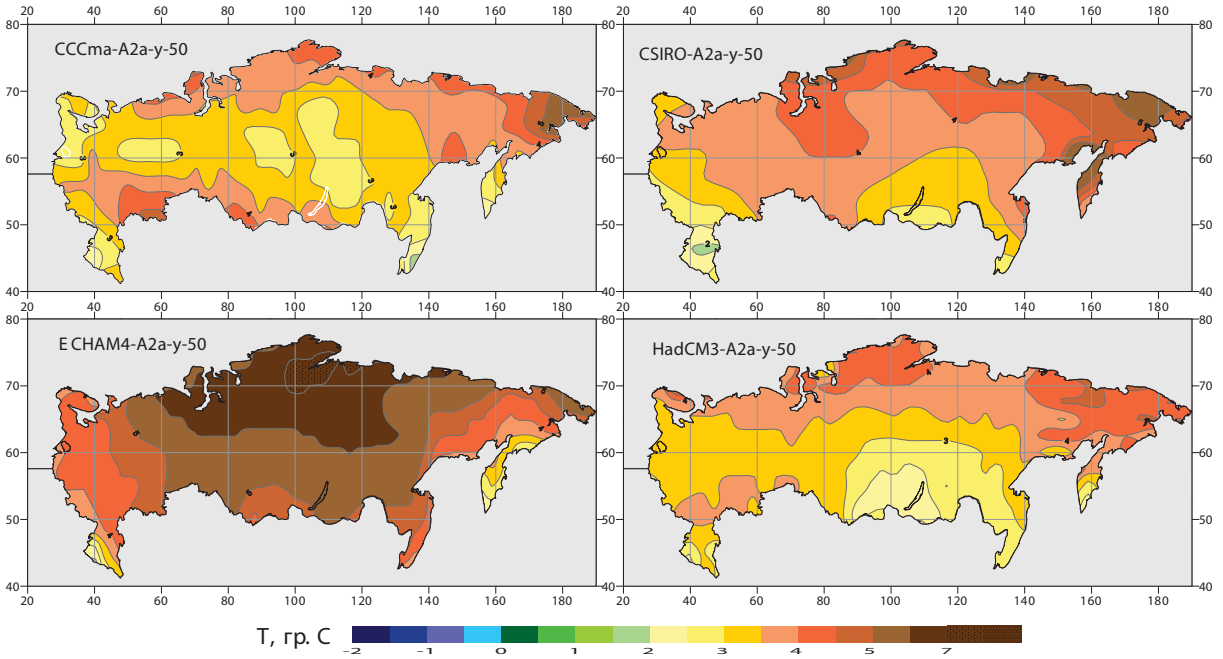


Рис. 2.6. Сценарные прогнозы изменения температуры (°К) над территорией России к 2050 г. по сравнению с 1961-1990 в соответствии со сценарием А2 по моделям МГЭИК (по данным портала Model Output МГЭИК)

Среднее по ансамблю потепление на всей территории России значительно превышает дисперсию, характеризующую разброс в оценках потепления между отдельными моделями. На всех рассматриваемых водосборах рост температуры воздуха у Земли получился значимым уже в первой половине XXI века.

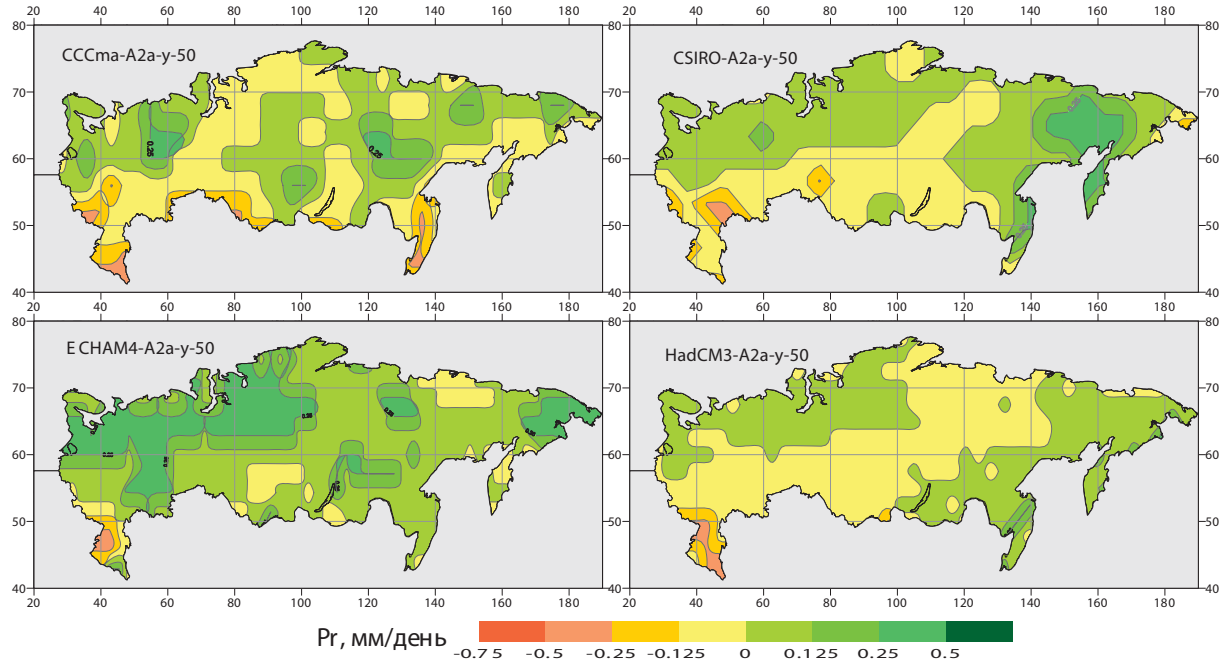


Рис. 2.7. Сценарные прогнозы изменения осадков (мм/день) над территорией России к 2050 г. по сравнению с 1961-1990 в соответствии со сценарием А2 по моделям МГЭИК (по данным портала Model Output МГЭИК)

В соответствии с проанализированными в этой работе прогнозами, ожидаемый среднегодовой рост осадков в XXI веке на всей территории России значительно превышает ожидаемые глобальные изменения. В теплое время года рост осадков оказывается заметно меньшим и наблюдается, в основном, в северных регионах, в Сибири и на Дальнем Востоке. Летом усиливаются преимущественно конвективные осадки, что указывает на возможность увеличения повторяемости ливней и связанных с ними экстремальных режимов погоды. В южных регионах европейской территории России и на Украине в XXI веке происходит уменьшение летних осадков. В регионах, свободных от снежного покрова, тенденция к уменьшению влагосодержания почвы обнаруживается уже весной. В целом, на большей части территории России могут сформироваться более засушливые условия, по сравнению с современными. Это особенно выражено на южных и западных водосборах и вызвано, наряду с уменьшением осадков, более ранним таянием снега и усилением испарения с подстилающей поверхности.

Рост средних за год осадков при потеплении климата приводит к заметному увеличению стока на большинстве водосборов. Исключением являются лишь водосборы южных рек (Днепр-Дон), на которых годовой сток к концу XXI века незначительно убывает. Результаты расчетов указывают на уменьшение весеннего максимума стока и его более раннее наступление на водосборах Днепр-Дон и Волга-Урал в XXI веке, связанные с уменьшением накопленной массы снега зимой. На водосборах Балтии, Печоры-С.Двины и Оби, несмотря на некоторое уменьшение массы снега к началу весны, сток заметно возрастает в середине XXI века, в результате более быстрого таяния снега. Однако к концу XXI века сток на этих водосборах уменьшается, поскольку важную роль начинает играть убывание накопленной массы снега зимой. Иная ситуация складыва-

ется в центральной и восточной Сибири. Так, при потеплении климата на водосборах Енисея и Лены происходит накопление дополнительной массы снега зимой, что, в свою очередь, приводит к существенному росту стока за счет его таяния с апреля по май. Несмотря на значительный разброс в расчетах, рост весеннего стока за счет растаявшего снега оказывается статистически значимыми на водосборах Енисея и Лены уже в первой половине XXI века. Таким образом, вероятность крупных весенних паводков на этих водосборах существенно возрастает.

Важный вывод сделан и относительно глубины протаивания вечномерзлых грунтов: потепление климата приведет к значительному увеличению глубины протаивания вечномерзлых грунтов, особенно в обширной зоне, примыкающей к южной границе вечной мерзлоты (ВМ). Прогностические распределения глубин слоя протаивания и температур на разных глубинах были получены на основе модели теплопередачи в растительном покрове, снежном покрове и в грунтах для начала, середины и конца XXI века. Анализ показал, что для заданного типа растительности, абсолютные отклонения прогностических глубин слоя протаивания от современных значений мало меняются в зоне ВМ России, увеличиваясь при приближении к границе зоны прерывистой ВМ. Дисперсии расчетных изменений характеристик ВМ, обусловленные различием моделей, заметно меньше самих изменений. При климатическом протаивании ВМ имеется элемент обратной связи, вызванный увеличением эмиссии метана с болот севера Западной Сибири и соответственным усугублением парникового эффекта.

В целом, авторы сделали вывод, что потепление климата и связанный с ним рост осадков на водосборах России в XXI столетии существенно превышают средние глобальные значения, особенно зимой. При этом рост температуры у Земли на всей территории России, рассчитанный по ансамблю моделей, оказался намного больше, чем разброс между отдельными моделями, что повышает достоверность ансамблевых оценок. С другой стороны, при расчетах осадков и стока модели показывают большой разброс во многих регионах России, что снижает достоверность полученных оценок.

Для повышения качества оценок будущих изменений климата требуется дальнейшее совершенствование МОЦАО, использование большего числа членов ансамблей и более широкого набора климатически важных характеристик (в том числе, более высокого временного разрешения), позволяющих оценивать изменения не только средних значений, но и, например, повторяемости экстремальных режимов.

«Проекции» изменений климата высоких широт. Площадь морского льда в Арктике традиционно рассматривается как один из ключевых индикаторов и факторов антропогенного потепления. Оценки возможных в будущем (сценарий B2) изменений площади морского льда указывают на сокращение площади морского льда в XXI веке. Однако эти изменения немонотонны и характеризуются значительной межгодовой и пространственной изменчивостью. При этом разброс в расчетах современного состояния ледяного покрова океана между моделями весьма значительный [36,37]. Авторы показали, что в среднем по ансамблю из 5 моделей сокращение площади морского льда в северном полушарии к концу XXI в. составляет 2.5 млн. км^2 в марте (при разбросе между моделями от 2 до 3 млн. км^2) и, приблизительно, столько же в сентябре (при еще большем разбросе модельных оценок). В одной из моделей (CGC), начиная со второй половины XXI века, ледяной покров океана в северном полушарии становится сезонным, так что в конце лета Арктический бассейн полностью освобождается ото льда.

Интересные соображения относительно моделирования климата высоких широт сформулированы в [38]. Результаты исследований реакции климатической системы на антропогенное увеличение концентрации ПГ в атмосфере, выполняемых с помощью МОЦАО, указывают на ключевую роль полярных областей в глобальном потеплении. Это проявляется, в частности, в сравнительно более сильном повышении температуры нижней тропосферы и усилении осадков в высоких широтах и обычно объясняется наличием в климатической системе обратных связей, в которых первостепенную роль играет криосфера. Между тем, хотя рост содержания ПГ в атмосфере оказывает наиболее

сильное воздействие на климат Арктики (в сравнении с другими регионами мира), Арктика, по-видимому, не является регионом, в котором сигнал изменения климата можно легко и рано распознать – возможно, из-за чрезвычайно высокой внутренней изменчивости. При этом именно в высоких широтах современные МОЦАО демонстрируют наибольший разброс количественных оценок изменений климата в результате роста концентраций ПГ. Основными причинами этого разброса являются: (1) неопределенность будущих сценариев эмиссии парниковых газов и аэрозолей как внешнего воздействия на климатическую систему и (2) различия реакции отдельных МОЦАО на одни и те же внешние воздействия (из-за различий в модельном описании процессов и обратных связей в климатической системе). Авторы пришли к выводу, что проблемы моделирования климата высоких широт связаны с недостаточным пониманием происходящих там процессов и действующих обратных связей. Надежду на повышение достоверности оценок будущих изменений климата Арктики (в контексте глобальных изменений) следует, таким образом, связывать с развитием средств наблюдений за климатической системой в этом труднодоступном регионе, проведением крупномасштабных наблюдательских кампаний и дальнейшим развитием физико-математических моделей климата. Однако из-за большой естественной изменчивости климата Арктики соответствующая часть неопределенности оценок его будущих изменений не может быть устранена только усовершенствованием моделей. Здесь возникает проблема предсказуемости климата, требующая исследовать неизбежную неопределенность, связанную с естественной изменчивостью, в вероятностном пространстве. С этой целью необходимо проводить ансамблевые расчеты с варьированием и начальных состояний, и неопределенных модельных параметров – в реалистичном диапазоне, связанном с вероятностным распределением. Учитывая опыт численного прогноза погоды, можно предположить, что число членов таких ансамблей должно измеряться, по меньшей мере, десятками, что связано с необходимостью привлечения весьма значительных вычислительных ресурсов.

Основные выводы:

- «Сценарные прогнозы», основанные на использовании ансамблей численных экспериментов, выполненных с различными вариантами начальных и граничных условий, или по группе различных моделей (мультимодельные ансамбли) представляются заслуживающим большего доверия. Не оспаривается вывод МГЭИК о том, что «повышение средней глобальной температуры в 1990-2100 гг. может составить от 1.5˚ до 5.8 ˚С. Такое потепление не имеет прецедента в течение последних 10 тыс. лет. В результате уровень Мирового океана может повыситься на 0.09-0.88 м».

- Для повышения качества оценок будущих изменений климата требуется дальнейшее совершенствование моделей МОЦАО, использование большего числа членов ансамблей и более широкого набора климатически важных характеристик (в том числе, более высокого временного разрешения), позволяющих оценивать изменения не только средних значений, но и, например, повторяемости экстремальных режимов.

- Отмечается значительный разброс в результатах воспроизведения климата и сценарных прогнозах (проекциях), полученных с помощью разных климатических моделей. Это приводит к существенной неопределенности сценарных прогнозов изменений климата в XXI веке.

- Существенные результаты получены по анализу процессов и обратных связей в Арктическом регионе. Однако из-за большой естественной изменчивости климата Арктики неопределенность оценок его будущих изменений не может быть полностью устранена только усовершенствованием моделей. Необходимо исследовать предсказуемость климата и, в частности, неопределенность, связанную с естественной изменчивостью.

2.3. Выделение антропогенного вклада в изменение климата.

2.3.1 Основные понятия

«Обнаружение» климатических изменений и их «атрибуция», то есть приписывание обнаруженных изменений определённым причинам, занимают важное место в методологии исследований изменений климата.

Для понимания этих проблем необходимо уточнить определения основных терминов, связанных с задачей анализа климата и климатической изменчивости по данным наблюдений в условиях меняющегося климата, которые сформулированы в [40].

Физическое состояние атмосферы в заданной точке земного шара в заданный момент времени определяется как ПОГОДА. Характеристиками состояния атмосферы, в частности, являются температура воздуха, давление, скорость ветра, влажность, осадки, солнечное сияние и облачность, а также такие явления, как туман, иней, град и другие погодные переменные (элементы погоды).

КЛИМАТ в узком, но широко распространенном смысле, есть обобщение состояний погоды, и представляется набором условий погоды в заданной области пространства в заданный интервал времени. Для характеристики климата используется статистическое описание в терминах средних, экстремумов, показателей изменчивости соответствующих величин и частот явлений за выбранный период времени. Все эти дескриптивные статистики называются климатическими переменными. В качестве стандартного периода для оценивания климатических переменных, характеризующих текущий или современный климат, по рекомендации ВМО используется период в 3 десятилетия. В настоящее время это 1961 – 1990 годы.

В современных исследованиях термин «КЛИМАТ» используется также вместо термина «ГЛОБАЛЬНЫЙ КЛИМАТ», который характеризуется набором состояний Глобальной Климатической Системы в течение заданного интервала времени. Глобальная Климатическая Система состоит из пяти основных компонентов: атмосферы, гидросферы, криосферы, поверхности континентов и биосферы, взаимодействие которых существенно влияет на колебания погоды в течение длительных промежутков времени и ответственно за формирование климата и его изменений.

Такое определение климата позволяет использовать в качестве КЛИМАТИЧЕСКИХ ПЕРЕМЕННЫХ любые статистические характеристики любых параметров состояния Глобальной Климатической Системы для некоторого заданного интервала времени. Необходимо только точно указывать, какая характеристика, для какой территории и какого интервала времени рассматриваются.

Спектр изменений метеорологических и океанологических величин, характеризующий КЛИМАТИЧЕСКУЮ ИЗМЕНЧИВОСТЬ, является непрерывным. Как для большинства непериодических процессов, плотность его стремится к бесконечности лишь для периодических составляющих и их гармоник – годовой и суточной компонент. При этом вклад изменчивости, связанной с периодическими процессами, в общую дисперсию является конечным и может быть оценен для годового и суточного хода, если известны их амплитуды.

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА для заданной области или для Земного шара в целом характеризуется разностью между некоторыми климатическими переменными для двух заданных интервалов времени. Это изменение может считаться реальным, если оно превосходит вероятную ошибку расчета соответствующих климатических переменных, и статистически значимым в рамках принятой стохастической модели климата (гипотезы), если оно выходит за пределы доверительного интервала, соответствующего этой гипотезе и заданному уровню значимости.

Изменения климата могут быть следствием как естественных внутренних и внешних причин (факторов), так и следствием человеческой деятельности. В Статье 1 РКИК ООН «изменение климата» определяется более узко как «изменение климата, которое прямо

или косвенно приписывается человеческой деятельности, меняющей состав глобальной атмосферы, и является добавкой к естественной климатической изменчивости для сравниваемых периодов времени». Тем самым, понятие «изменение климата» сужается в этом определении до «антропогенных (под влиянием человеческой деятельности) изменений климата», которые представляют только одну составляющую реальных «изменений климата».

В научных исследованиях принято данное выше более общее определение изменений климата – безотносительно к вызвавшим их причинам. Соответственно, при анализе климатической изменчивости и изменений климата рассматриваются две составляющие изменений климата – антропогенные изменения (вызванные человеческой деятельностью) и естественные изменения (под влиянием естественных, то есть природных, факторов) и две составляющие климатической изменчивости – антропогенная климатическая изменчивость и естественная климатическая изменчивость. В качестве характеристик климата при этом могут использоваться любые климатические переменные и любые базовые периоды (не только тридцатилетние). Важно только в явном виде приводить точные определения и придерживаться их при описании результатов.

Следует иметь в виду при этом, что данные наблюдений позволяют оценивать только суммарные изменения климата вследствие как естественных, так и антропогенных причин. Установление причин выявленных изменений и оценка соответствующих им эффектов является сложной задачей, решаемой в настоящее время с помощью климатических моделей.

В настоящее время хорошо известно, что климат в прошлом менялся. Однако есть основания утверждать, что Земная Климатическая Система является весьма устойчивой. Несмотря на существенную климатическую изменчивость, температура у поверхности континентов и морей в течение многих миллионов лет оставалась в узких пределах, благоприятных для сохранения жизни. А это достаточно узкий диапазон колебаний температуры с точки зрения космических масштабов.

В качестве стандартного периода для оценивания климатических переменных, характеризующих текущий или современный климат, по рекомендации Всемирной Метеорологической Организации (ВМО) используется период в 30 лет. В настоящее время это 1961 – 1990 годы. Термин «НОРМА» по умолчанию означает среднее значение переменной величины именно за указанный период, а отклонение текущего значения этой величины от “нормы” называют «АНОМАЛИЕЙ». Важнейшим параметром состояния климата является именно аномалия температуры у поверхности планеты, осредненная по всему Земному шару, или полушарию, или некоторому региону. Определение достаточно точных и надежных данных о температуре воздуха за длительный ряд лет является непростой задачей.

Наиболее достоверно изменения климата могут быть оценены по данным инструментальных наблюдений на сети гидрометеорологических станций. Однако точность определения температуры у поверхности Земли, средней для земного шара, полушарий и крупных регионов, ограничена. Это связано с тем, что со временем менялись методы наблюдений и число станций, применялись различные термометры и сроки наблюдений, и др. Значительная часть поверхности планеты была почти не охвачена наблюдениями. Все эти помехи позволили получить более или менее надежную оценку температуры лишь с середины XIX столетия - сначала для Северного полушария, позже – и для всего Земного шара.

Теоретически изменения климата могут происходить под влиянием внешних воздействий на климатическую систему. Примером внешних воздействий естественного происхождения может быть, например, изменение излучения Солнца или извержение вулканов, а антропогенных воздействий - изменение состава атмосферы, в частности, роста концентрации парникового углекислого газа вследствие сжигания органического топлива. Но “изменения” климата обнаруживаются и при постоянстве внешних факторов вследствие хаотического поведения климатической системы, что подтверждается

моделированием климата при постоянстве внешних факторов. Такие “изменения” носят случайный в вероятностном смысле характер и составляют “внутреннюю климатическую изменчивость”.

Итак «обнаружение изменений климата» - это процесс, демонстрирующий, что наблюдаемое изменение климата значительно отличается (в статистическом смысле) от естественной (внутренней) климатической изменчивости. «Атрибуция» - процесс отнесения (приписывания) обнаруженного климатического изменения к определенным причинам. Для чёткой (однозначной) «атрибуции» потребовался бы контрольный эксперимент с нашей климатической системой, который невозможен. В практическом смысле принадлежность к антропогенному изменению климата означает демонстрацию того, что обнаруженное в наблюдениях изменение, согласуется с модельными прогнозами «сигнала» климатического изменения, который получился в ответ на антропогенную вынуждающую силу и демонстрацию того, что обнаруженное изменение не согласуется с альтернативным, физически возможным объяснением недавнего климатического изменения, которое исключает важное антропогенное воздействие.

«Обнаружение» и «атрибуция» относятся как к данным наблюдений, так и к результатам моделирования. Так, модель без изменения атмосферного углекислого газа даёт информацию о естественной (внутренней) изменчивости климата за сотни лет. Из прямых наблюдений трудно получить такую информацию. Атрибуция, с другой стороны, требует анализа данных модели, в которую были введены оценки изменения ключевых антропогенных и естественных воздействий (парниковые газы, вулканический аэрозоль, солнечное излучение).

Обнаружение изменений климата является статистической задачей. Периоды со значимыми трендами обнаруживаются в наблюдениях (в первую очередь, в температуре воздуха, но затем и в других переменных) методами статистики. Более сложной является проблема определения причин тех или иных изменений и, тем более, выделение доли изменений, связанной с антропогенными воздействиями. Эта проблема получила название «атрибуции», т. е. «приписывания» обнаруженным в данных наблюдений изменениям климата определенных, вызвавших эти изменения причин или факторов. Ответить же на вопросы о том, каким причинам следует приписать обнаруженные изменения, и какие изменения климата предстоят в будущем, могут помочь только исследования климатических процессов с помощью физико-математических Глобальных Климатических Моделей, рассмотренных выше.

В разделе 2.3.2 будут кратко описаны причины наблюдавшихся изменений климата. В разделе 2.3.3 мы остановимся на более строгом методе атрибуции, который заключается в оценке сигналов моделируемого изменения и сравнении их с сигналом, имеющимся в данных наблюдений (сигнал моделируемого изменения – это изменение, получаемое по данным моделирования при включении в модель того или иного фактора). Для этой цели в настоящее время разработаны методы оптимального выявления причин (например, метод «отпечатков пальцев»). С помощью Байесовской теории решений удается установить, какова вероятность воздействия той или иной причины, и выбрать наиболее вероятную из них. Этим методом удалось объяснить изменения температуры на различных высотах и отнести их именно к антропогенному воздействию, связанному с увеличением концентрации парниковых газов. В последнее время это объяснение получено также и для отдельных очень сложных сигналов, таких, как изменение высоты тропопаузы, изменения климата в отдельных регионах, а также изменение продолжительности и повторяемости экстремальных процессов.

2.3.2. Причины наблюдаемых изменений климата

К настоящему времени выполнено достаточно много работ, содержащих доказательства того, что многие из изменений, наблюдаемых в климатической системе в течение

XX столетия, происходили вследствие совместного воздействия антропогенных и естественных внешних факторов [2].

Большинство климатологов в настоящее время связывают рост приземной температуры в XX веке в значительной мере с усилением парникового эффекта, вызванного увеличением концентрации в атмосфере парниковых газов (в первую очередь, двуокиси углерода) за счет человеческой деятельности (антропогенный фактор!).

Научные оценки показали, что за прошлые несколько десятилетий антропогенное загрязнение (в результате человеческих действий), особенно сжигание ископаемого топлива для производства энергии и транспорта, изменяет состав атмосферы. За более чем 160 000 лет до начала XIX века атмосферная концентрация углекислого газа (CO_2) изменилась всего на 1-3 процента. С тех пор она увеличилась на 33 процента и в конце 2002 достигла 373 ppmv. Современный уровень концентрации CO_2 не был превышен в течение прошлых 420 000 лет. Больше половины увеличения CO_2 произошло после 1950 года, причем пропорционально использованию энергетического сырья. Эти оценки базируются на измерениях парниковых газов по данным Глобальных наблюдений за атмосферой (ВМО).

Наиболее сильное доказательство того, что последнее потепление связано с антропогенным влиянием, дает результат эксперимента с помощью моделирования. При многократном моделировании изменений глобальной температуры под влиянием только естественных факторов, в ряду изменений модельной температуры не наблюдалось потепления, сопоставимого с потеплением XX века, в особенности второй его половины, когда потепление было наиболее интенсивным. Однако включение в число факторов роста концентрации парниковых газов и сульфатного аэрозоля (по величине воспроизводившего их наблюдаемый антропогенный рост), приводит к вполне удовлетворительному согласию модельного ряда с наблюдаемым ходом температуры XX века, особенно последнего 30-летия (см. [2]). На рис. 2.8 приведены результаты новых численных экспериментов.

В пользу этого же утверждения говорит и уже отмечавшееся выше отсутствие в течение предшествующих почти 2000 лет роста температуры, аналогичного потеплению последних 100 лет. Подтверждается оно и экспериментами по воспроизведению 1000-летних изменений температуры с помощью различных, в т.ч. наиболее совершенных, климатических моделей, при постоянной концентрации углекислого газа. Ни в одном эксперименте с разными моделями не отмечалось 100-летних отрезков с такими крупными изменениями, как в наблюдениях за последние 100 лет.

Однако в разные периоды могут действовать различные факторы, вызывающие изменения климата. Что касается циклического чередования ледниковых и межледниковых периодов, оно объясняется изменениями в орбите движения Земли относительно Солнца. Эти представления сформировались в девятнадцатом столетии, но углубленная теория была разработана югославским астрономом Миланковичем лишь в начале двадцатого столетия. Астрономическая теория Миланковича объясняет изменения климата периодичностями в изменениях эксцентриситета земной орбиты, наклона оси вращения и изменения ее направления (прецессии) при движении Земли вокруг солнца (с периодами соответственно 96000, 41000 и 23000 лет). Суммарно эти циклы приводят к квазипериодичности в количестве солнечной радиации, получаемой поверхностью Земли в каждой широтной зоне. Задача усложняется тем, что континенты распределены на поверхности Земли неравномерно. Теория Миланковича полезна тем, что с той или иной долей успешности она показала применимость рассмотрения орбитальных причин изменения климата.

Учитывая, что большое беспокойство вызывает возможность антропогенного воздействия на интенсивность и частоту климатических экстремумов, поскольку эти изменения могут быть опасны для человека и природных систем, исследователи пытаются обнаружить внешние влияния на частоту и интенсивность климатических экстремумов. Эти работы частично опираются на предложенные недавно стандартизированные ин-

дексы экстремумов. Широко распространенное использование этих индексов учеными развитых и развивающихся стран должно вести к увеличению пространственного охвата информации, которая может использоваться для решения проблем обнаружения и атрибуции. Предпринимаются попытки по оценке потенциальной способности сценарных прогнозов обнаружить изменения в интенсивности климатических экстремумов. Однако, методология обнаружения таких изменений требует дальнейшего развития. Как указывают некоторые исследования, осуществление определенных экстремальных событий никогда нельзя будет приписать влияниям изменений климата, но могут быть сделаны выводы в отношении изменений в вероятности (риске) осуществления таких событий.

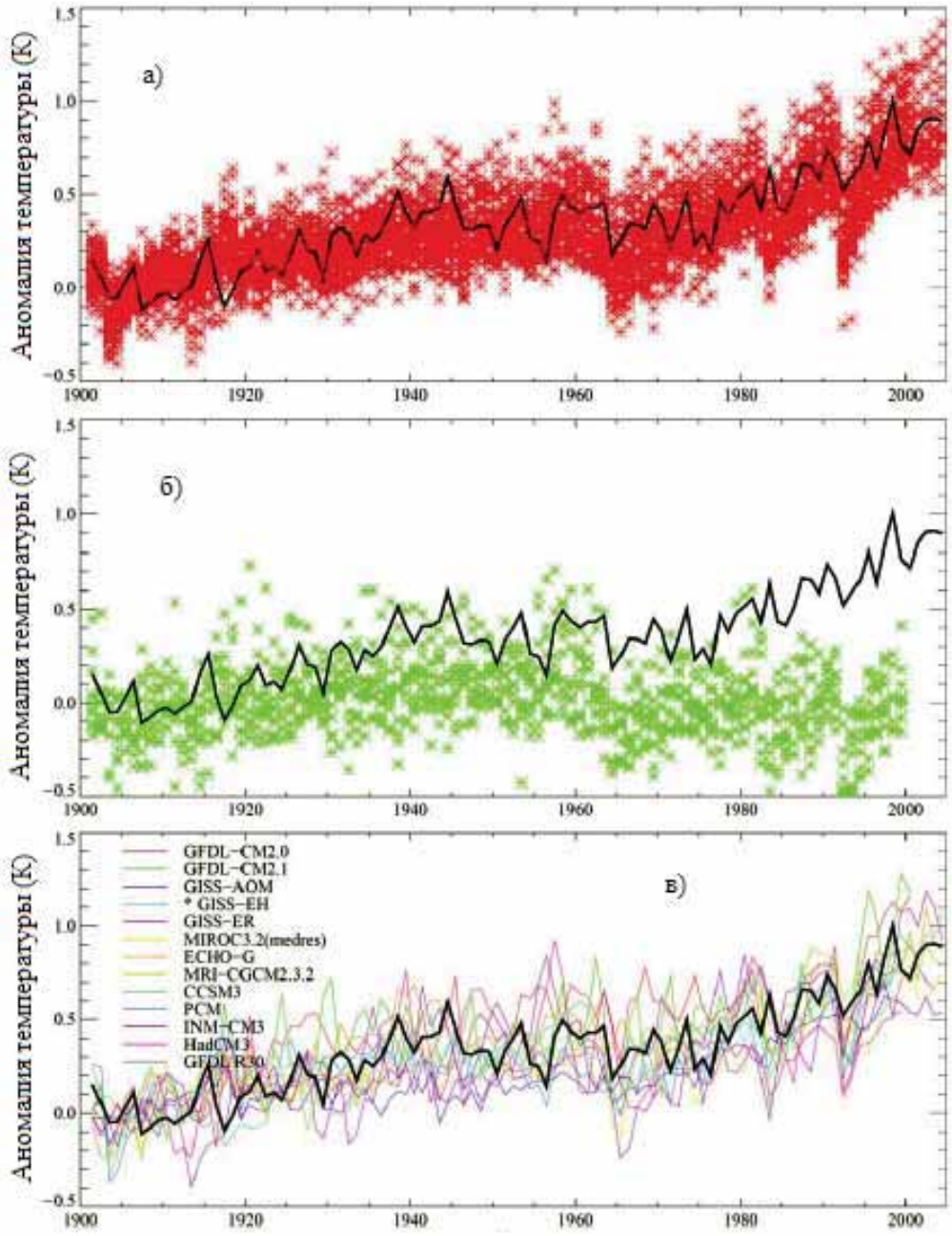


Рис. 2.8. Глобальная средняя температура по данным наблюдений (черная линия) и моделирования с учётом (а) антропогенных и естественных факторов и (б) только естественных факторов. На рисунке (в) показаны результаты единственного прогона каждой из 13 указанных моделей климата при включении и антропогенных и естественных факторов [41,42].

2.3.2. Оптимальный метод «ОТПЕЧАТКОВ ПАЛЬЦЕВ»

Для атрибуции изменений климата необходимо знать форму “климатического сигнала”, то есть пространственную или пространственно-временную структуру изменений климата, соответствующую каждому из возможных внешних воздействий на климатическую систему. Эти сигналы рассматриваются как статистические гипотезы, апостериорная вероятность которых используется для оценки роли рассматриваемых внешних воздействий. Климатические сигналы могут быть получены только с помощью моделирования.

На рис. 2.9 приведены результаты модельной оценки климатических сигналов в структуре изменений в XX веке зонально-осреднённой температуры воздуха (в градусах К/за 100 лет) на широтно-высотном разрезе, соответствующих в отдельности пяти потенциальным воздействиям: солнечного излучения, вулканов, хорошо-перемешанных парниковых газов, тропосферный и стратосферный озон, сульфатный аэрозоль и сумма всех воздействий (см. [43]). Легко видеть, что климатический сигнал парниковых газов преобладает в суммарном сигнале, который при этом весьма похож на структуру наблюдавшихся изменений.

Однако вместо такой визуальной оценки для атрибуции предлагается использовать более строгий так называемый метод “оптимальных отпечатков пальцев”, в котором использована обобщенная модель множественной регрессии y=Xb+e, где вектор y содержит фильтрованную версию наблюдаемого температурного ряда, матрица X содержит оценки откликов на известные воздействия на климатическую систему (сигналы изменения климата), и вектор e – естественный климатический шум, который является результатом внутренних источников. Предполагается, что вектор e - реализация Гауссовского случайного вектора, состоящего из коррелированных элементов. Матрица X обычно оценивается с помощью совместной климатической модели, предназначенной для моделирования откликов на известные воздействия в XX столетии. Сигнал обычно представлен как некая пространственно-временная конфигурация (образ), определенная на интервале 5-10 десятилетий (например, 1950-1999 или 1900-1999), и оценивается осреднением по ансамблю модельных реализаций климата при заданных воздействиях. Воздействия, которые наиболее часто используются в исследованиях с методом “оптимальных отпечатков пальцев”, соответствуют сценарию антропогенных изменений концентрации парниковых газов и сульфатного аэрозоля. Некоторые исследования посвящены изучению антропогенных изменений в распределении озона и естественных воздействий типа изменений солнечного излучения, стратосферного аэрозоля и вулканических извержений. Вектор параметров b даёт возможность оценить ошибки оцененных сигналов и измерить соответствие сигналов, содержавшихся в матрице X, изменениям, которые взяты из наблюдений.

Вопросы обнаружения и атрибуции решаются посредством дедуктивных умозаключений (относительно других механизмов, не включенных в модель климата, которые могут правдоподобно объяснить наблюдаемые изменения климата) в сочетании с проверкой определенных гипотез относительно *b*. Постулируемый сигнал изменения климата считается обнаруженным, если его амплитуда в наблюдениях значимо выше нуля. То есть, в стандартном оптимальном методе отпечатков пальцев проверяется нуль-гипотеза H_0: b=0, где 0 - вектор нулей.

Атрибуция относится к процессу установления причинно-следственной связи между наблюдаемым изменением и предполагаемыми внешними воздействиями. Для уверенной атрибуции необходимо: обнаружение изменений, исключение других правдоподобных причин и доказательство, что наблюдаемое изменение согласуется с оцененным откликом на внешнее воздействие (то есть, b=1 где 1 - вектор единиц). Классический оптимальный анализ “отпечатков пальцев” использует в качестве критерия для проверки гипотез тест «уверенности атрибуции» («attribution consistency test») для проверки нулевой гипотезы H_a: b=1. Формально, уверенное заключение возможно, если гипотеза

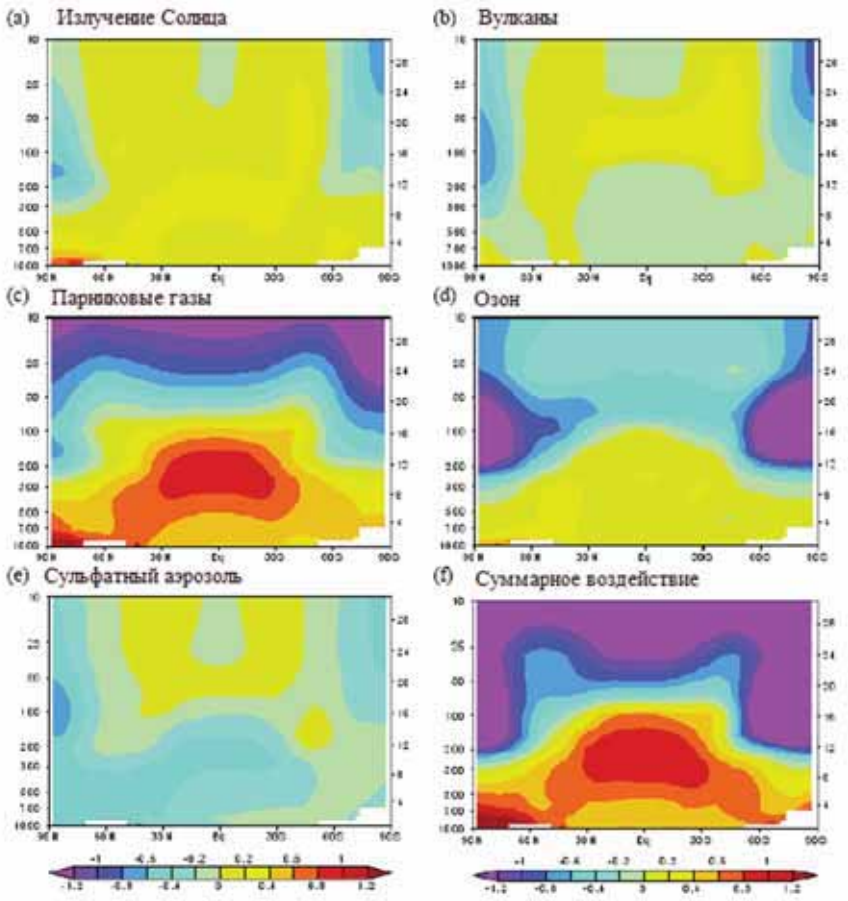


Рис. 2.9. Модельное изменение зонально-осредненной температуры воздуха в течение XX столетия (°C/Century) в результате воздействия изменений (a) солнечного излучения, (b) вулканов, (c) хорошо-перемешанных парниковых газов, (d) тропосферного и стратосферного озона, (e) сульфатного аэрозоля и (f) суммы всех воздействий. Показана область - от 75N к 75S и от 1000 hPa до 10 hPa.(см. [43]).

На не может быть отклонена. Однако, неправомерность отклонения На указывает лишь на недостаток доказательств против На, но не является доказательством в пользу На, которое действительно необходимо для поддержки оценки атрибуции.

Подход Байеса обеспечивает альтернативу стандартному (частотному) подходу к проверке гипотез и последовательно решает три основных задачи:

(1) Получить функцию правдоподобия для вектора амплитуд b посредством оптимального (обобщенного) регрессионного анализа в предположении, что e является Гаусовским случайным вектором.

(2) Вычислить апостериорное распределение вероятности амплитуд, воспользовавшись теоремой Байеса, которая объединяет априорные знания об амплитудах (в форме априорного распределения вероятностей) с функцией правдоподобия, полученной в (1).

(3) Оценить достоверность обнаружения и атрибуции, проверяя апостериорные вероятности с помощью надлежащим образом определенных критериев для обнаружения и атрибуции.

Важное преимущество Байесовского подхода состоит в том, что неопределённость учитывается более полно, чем при стандартном частотном подходе. Как при частотном подходе, неопределённость вследствие внутренней изменчивости климата (величина в регрессии), учтена через функцию правдоподобия. Однако, с помощью Байесовского подхода можно также оценить неопределённость модельной оценки климатического сигнала, определив надлежащим образом априорное распределение.

Байесовские исследования по обнаружению и атрибуции, выполненные до настоящего времени, не изменяют выводов, полученных ранее при стандартном частотном походе. Тем не менее, вероятно, что Байесовский подход найдет широкое использование в будущих исследованиях. Байесовская техника решает вопросы обнаружения и атрибуции более удовлетворительно, чем стандартный частотный подход, более полно включает информацию о неопределённости (благодаря использованию априорного распределения) и обеспечивает вероятностные результаты, которые в большей мере пригодны для принятия решений и разработки долговременной политики.

Многие из ключевых результатов по обнаружению и атрибуции представлены в Третьем Докладе об Оценках МГЭИК [2]. После этой публикации большое внимание уделено другим переменным, помимо приземной температуры. В частности, обнаружены изменения в модельных осадках применительно к модели HadCM3. Обнаружен также антропогенный сигнал в нескольких массивах наблюденных данных о давлении на уровне моря.

Существенное продвижение после публикации TAR - быстрое расширение доступного периода палеореконструкций приземной температуры Северного полушария, некоторые из которых продлены назад более чем на тысячелетие. Компиляции прокси-данных, полученные за последние несколько лет, ясно показывают, что планета быстро потеплела в течение прошлого столетия.

Исследования по обнаружению и атрибуции изменений климата теперь начинают фокусироваться на масштабах континентов и их частей – то есть на масштабах, которые в большей мере интересуют стран-участниц.

Наконец, появляются работы, которые могут привести к обнаружению внешних воздействий на повторяемость и интенсивность климатических экстремумов. В этих работах по-прежнему внимание уделяется методам анализа экстремальных величин, таким как более эффективное использование скудных ежедневных данных, а также использование совместно меняющихся величин (covariates), которые могут быть полезны при оценке гипотез об обнаружении и атрибуции.

Таким образом, методы оптимального обнаружения следует рекомендовать для широкого использования при атрибуции климатических сигналов.

2.4. Количественные оценки роли факторов, обусловливающих крупномасштабные изменения климата в XX веке и в начале XXI века.

2.4.1 Вклад антропогенных выбросов парниковых газов в наблюдаемые и предполагаемые изменения климата.

Климатическая система Земли изменялась после доиндустриальной эпохи как на глобальном, так и на региональном уровнях. Некоторые из этих изменений обусловлены антропогенной деятельностью. Антропогенная деятельность в индустриальную эпоху привела к повышению концентрации парниковых газов и аэрозолей в атмосфере. Атмосферная концентрация основных антропогенных парниковых газов (т.е. диоксида углерода (CO_2), метана (CH_4), закиси азота (N_2O) и тропосферного озона (O_3)) достигла наивысшего зарегистрированного уровня в 90-е годы, что обусловлено, прежде всего, сжиганием ископаемых видов топлива, сельскохозяйственной деятельностью и изменениями в землепользовании (см. Табл. 2.3) [2].

Таблица 2.3

Изменения, произошедшие в атмосфере, климате и биофизической системе Земли в течение XX века

Показатель	Наблюдаемые изменения
Показатели концентрации	
Атмосферная концентрация CO_2	С 280 млн.$^{-1}$ за период с 1000 по 1750 год до 368 млн.$^{-1}$ в 2000 году (увеличение на 31 ± 4%).
Обмен CO_2 в земной биосфере	Кумулятивный источник выбросов в объеме приблизительно 30 Гт С в период с 1800 по 2000 год; в то же время в 90-е годы чистая абсорбция составила примерно 14 ± 7 Гт С.
Атмосферная концентрация CH_4	С 700 млрд.$^{-1}$за период с 1000 по 1750 год до 1 750 млрд.$^{-1}$ в 2000 году (увеличение на 151 ± 25%).
Атмосферная концентрация N_2O	С 270 млрд.$^{-1}$ за период с 1000 по 1750 год до 316 млрд.$^{-1}$ в 2000 году (увеличение на 17 ± 5%).
Тропосферная концентрация O_3	Увеличилась на 35 ± 15% в период с 1750 по 2000 годы; варьируется в зависимости от региона.
Стратосферная концентрация O_3	Снизилась в период с 1970 по 2000 год; варьируется в зависимости от высоты и широты.
Атмосферная концентрация ГФУ, ПФУ и SF_6	Увеличилась в глобальном масштабе в течение последних 50 лет.
Показатели погоды	
Средняя глобальная температура поверхности	Увеличилась на 0,6 ± 0,2°С в течение XX века; температура на суше повысилась больше, чем температура океана (весьма вероятно).
Температура на поверхности северного полушария	Увеличилась в течение XX века в большей степени, чем в течение любого другого века за последнюю тысячу лет; 90-е годы прошлого столетия оказались самым теплым десятилетием в этом тысячелетии (вероятно).
Диапазон дневной температуры на поверхности	Увеличился в период с 1950 по 2000 год на суше: темпы увеличения минимальных температур в ночное время превышали в два раза темпы увеличения максимальных дневных температур (вероятно).

Показатель	Наблюдаемые изменения
Индекс жарких дней / жары	Увеличился (вероятно).
Индекс холодных / морозных дней	Снизился практически во всех районах суши в течение XX века (весьма вероятно).
Материковые осадки	Увеличились на 5%-10% в течение XX века в северном полушарии (весьма вероятно), хотя в некоторых регионах сократились (например в Северной и Западной Африке и некоторых районах Средиземноморья).
Случаи обильного выпадения осадков	Увеличились в средних и высоких широтах северного полушария (вероятно).
Частотность и суровость засухи	Увеличились масштабы аридизации в летнее время и связанная с нею распространенность засухи в ряде районов (вероятно). В отдельных регионах, таких, как некоторые части Азии и Африки, в последние десятилетия наблюдалось увеличение частотности и интенсивности засухи.
Биологические и физические показатели	
Глобальный и средний уровень моря	Увеличивался в среднем ежегодно на 1-2 мм в течение XX века.
Длительность ледостава на реках и озерах	Снизилась приблизительно на две недели в течение XX века в средних и высоких широтах северного полушария (весьма вероятно).
Протяженность и толщина льда арктических морей	В последние десятилетия стала тоньше на 40% в период с конца лета по начало осени (вероятно) и уменьшилась на 10-15% с 50-х годов прошлого столетия в весенний и летний периоды.
Неполярные ледники	Повсеместное отступление в течение XX века.
Снежный покров	Сократился по площади на 10% с момента введения в действие глобальной системы наблюдения с помощью спутников в 60-е годы (весьма вероятно).
Вечная мерзлота	Подтаяла, потеплела и деградировала в некоторых частях полярных, субполярных и горных районов.

Показатель	Наблюдаемые изменения
Явления типа Эль-Ниньо	По сравнению с предыдущими ста годами в течение последних 20-30 лет стали более частыми, продолжительными и интенсивными.
Период роста растений	Удлинялся примерно на 1-4 дня за десятилетие в течение последних 40 лет в северном полушарии, в особенности в высоких широтах.
Границы произрастания растений и обитания животных	Сдвинулись в сторону полюса и вверх по высоте над уровнем моря в случае растений, насекомых, птиц и рыбы.
Размножение, цветение и миграция	Более раннее цветение, более ранний прилет птиц, более раннее наступление периода размножения и более раннее время появления насекомых в северном полушарии.
Обесцвечивание коралловых рифов	Частотность увеличилась, особенно в период явлений типа Эль-Ниньо.
Экономические показатели	
Экономические убытки, связанные с погодой	Масштабы глобальных убытков, скорректированных на инфляцию, в течение последних 40 лет увеличились. Эта наблюдаемая повышательная тенденция отчасти связана с социально-экономическими и отчасти с климатическими факторами.

Радиационное внешнее воздействие, обусловленное наличием антропогенных парниковых газов, является позитивным (приводящим к росту температуры) и характеризуется небольшим диапазоном неопределенности.

Прямоугольные столбцы на рис. 2.10. представляют собой оценку величины этих воздействий, которые в ряде случаев приводят к потеплению, а в ряде случаев – к похолоданию. Воздействия, обусловленные эпизодическими извержениями вулканов, которые приводят к негативному воздействию, продолжающемуся в течение всего лишь нескольких лет, на рисунке не показаны. Показанное косвенное воздействие аэрозолей представляет собой их воздействие на размер и число частиц, образующих облака. Второе косвенное воздействие аэрозолей на облака, а именно, их воздействие на продолжительность жизни облаков, которое тоже, как представляется, обуславливает негативное воздействие, также не показанное на рис. 2.10. Воздействие выбросов авиации на парниковые газы выделено отдельно. Вертикальная линия на прямоугольном столбце означает диапазон значений, определенных на основании имеющихся опубликованных значений внешнего воздействия и физического понимания этих процессов. Некоторые виды внешнего воздействия характеризуются гораздо большим уровнем достоверности по сравнению с другими. Вертикальная линия без прямоугольного столбца обозначает воздействие, точную оценку которого дать невозможно в силу большой неопределенности. Общий уровень научного понимания каждого вида внешнего воздействия варьируется в широких пределах. Некоторые вещества, вызывающие радиа-

ционное воздействие, хорошо перемешаны в атмосфере в пределах всего земного шара, например CO_2, и, как следствие, приводят к нарушению глобального теплового баланса. Другие вызывают нарушения, характеризующиеся более сильно выраженными региональными особенностями в силу их пространственного распределения, например, аэрозоли.

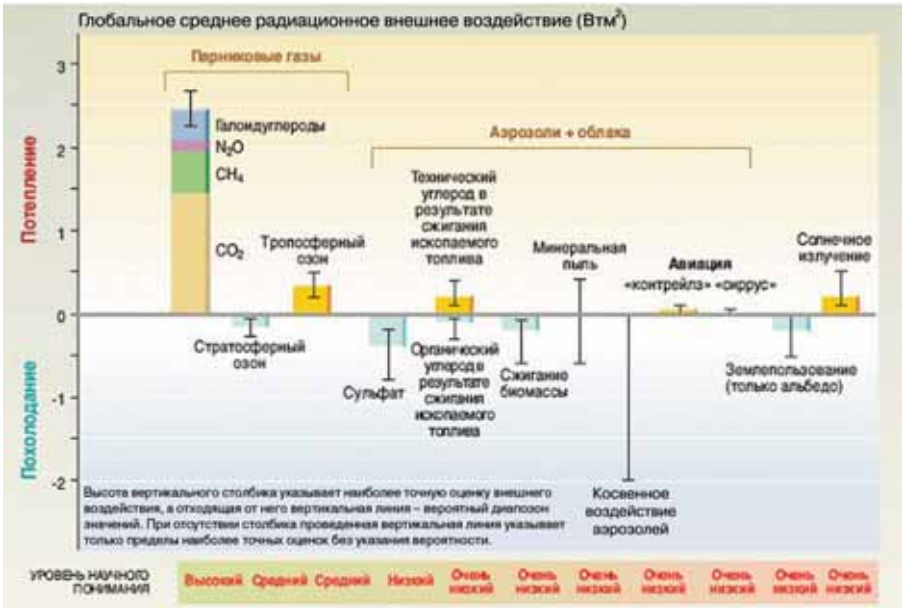


Рис. 2.10.Антропогенное и естественное внешнее воздействие на климат в 2000 г. (радиационный форсинг), по сравнению с 1750 г. (МГЭИК)

Согласно выводам, сделанным МГЭИК [2], радиационное внешнее воздействие (форсинг) продолжает оставаться полезным средством приближенной количественной оценки воздействий, обусловленных изменением климата, например, относительного глобального изменения средней температуры на поверхности в результате возмущающих факторов, обусловленных радиационным воздействием. Однако эти глобальные средние оценки внешнего воздействия не обязательно точно описывают некоторые аспекты потенциальной реакции климата (например на региональном уровне).

Изменения уровня моря, снежного покрова, масштабов ледяного покрова и режима осадков соответствуют закономерности потепления климата вблизи поверхности Земли. Примеры этих изменений включают более активный гидрологический цикл с более частыми случаями обильных осадков и изменениями в их режиме, повсеместное отступление неполярных ледников, повышение уровня моря и аккумулирование тепла океанами, а также уменьшение снежного покрова и сокращение масштабов ледяного покрова и его толщины.

Наблюдаемые изменения в региональном климате сказались на многих физических и биологических системах, а также, по предварительным данным, на социально-экономических системах. В свою очередь, последствия изменения климата вызывают “включение” в общее воздействие на климатическую систему целого ряда обратных связей (по биотическим и абиотическим циклам парниковых газов, по планетарному альбедо и т.д.), которые также можно отнести к косвенным антропогенным воздействиям.

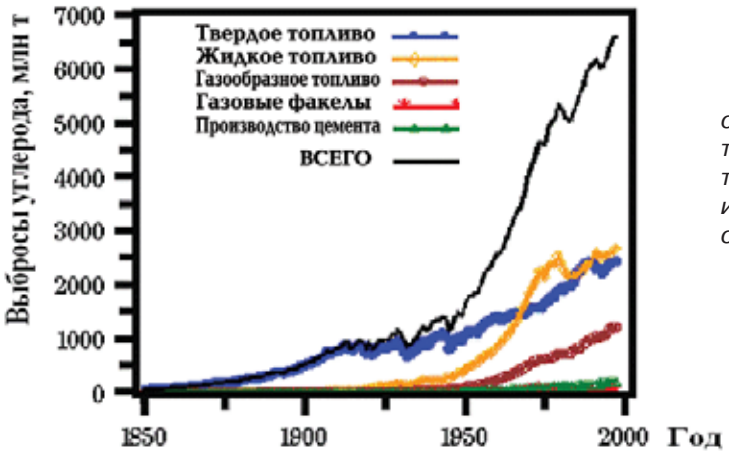


Рис. 2.11. Глобальные выбросы CO_2, обусловленные сжиганием твердого, жидкого и газообразного топлива, горением газовых факелов и производством цемента за период от 1850 до 1998 года

Масса глобальных выбросов CO_2, обусловленных сжиганием твердого, жидкого и газообразного топлива, горением газовых факелов и производством цемента за период от 1850 до 2000 года, по данным CDIAC (Центром информации по двуокиси углерода Окриджской Национальной Лаборатории, США), представлена на рис.2.11 [45] и за период от 1850 до 2002 года в табл.2.4 [46].

По данным МГЭИК, в растительности и метровом слое почв бореальных лесов содержится 559 млрд. т углерода. Содержание углерода в пахотных землях составляет 131 млрд. т. Почва является основным резервуаром органического углерода и содержит около 80% (более 2,0 млрд. т) его общих запасов в наземных экосистемах [50]. В зависимости от способа использования земель в сельскохозяйственном производстве (пашня, сенокосы, пастбища и др.), а также уровня агротехники и плодородия, почвы могут быть как источником эмиссии, так и поглотителем CO_2 из атмосферы.

Таблица 2.4

Глобальные выбросы CO_2, обусловленные сжиганием твердого, жидкого и газообразного топлива, горением газовых факелов и производством цемента за период от 1850 до 2002 года по данным CDIAC [44].

Год	Все виды топлива, млн. т С	Газообразное топливо, млн. т С	Жидкое топливо, млн. т С	Твердое топливо, млн. т С	Производство цемента, млн. т С	Газовые факелы, млн. т С	На душу населения, т С
1850	54	0	0	54	0	0	
1851	54	0	0	54	0	0	
1852	57	0	0	57	0	0	
1853	59	0	0	59	0	0	
1854	69	0	0	69	0	0	
1855	71	0	0	71	0	0	
1856	76	0	0	76	0	0	
1857	77	0	0	77	0	0	
1858	78	0	0	78	0	0	
1859	83	0	0	83	0	0	
1860	91	0	0	91	0	0	
1861	95	0	0	95	0	0	
1862	97	0	0	96	0	0	
1863	104	0	0	103	0	0	
1864	112	0	0	112	0	0	

1865	119	0	0	119	0	0	
1866	122	0	0	122	0	0	
1867	130	0	0	130	0	0	
1868	135	0	0	134	0	0	
1869	142	0	0	142	0	0	
1870	147	0	1	146	0	0	
1871	156	0	1	156	0	0	
1872	173	0	1	173	0	0	
1873	184	0	1	183	0	0	
1874	174	0	1	173	0	0	
1875	188	0	1	187	0	0	
1876	191	0	1	190	0	0	
1877	194	0	2	192	0	0	
1878	196	0	2	194	0	0	
1879	210	0	3	207	0	0	
1880	236	0	3	233	0	0	
1881	243	0	4	239	0	0	
1882	256	0	4	252	0	0	
1883	272	0	3	269	0	0	
1884	275	0	4	271	0	0	
1885	277	1	4	273	0	0	
1886	281	2	5	275	0	0	
1887	295	3	5	287	0	0	
1888	327	5	5	317	0	0	
1889	327	3	6	318	0	0	
1890	356	3	8	345	0	0	
1891	372	2	9	360	0	0	
1892	374	2	9	363	0	0	

1893	370	2	10	358	0	0	
1894	383	2	9	372	0	0	
1895	406	2	11	393	0	0	
1896	419	2	12	405	0	0	
1897	440	2	13	425	0	0	
1898	465	2	13	449	0	0	
1899	507	3	14	491	0	0	
1900	534	3	16	515	0	0	
1901	552	4	18	531	0	0	
1902	566	4	19	543	0	0	
1903	617	4	20	593	0	0	
1904	624	4	23	597	0	0	
1905	663	5	23	636	0	0	
1906	707	5	23	680	0	0	
1907	784	5	28	750	0	0	
1908	750	5	30	714	0	0	
1909	785	6	32	747	0	0	
1910	819	7	34	778	0	0	
1911	836	7	36	792	0	0	
1912	879	8	37	834	0	0	
1913	943	8	41	895	0	0	
1914	850	8	42	800	0	0	
1915	838	9	45	784	0	0	
1916	901	10	48	842	0	0	
1917	955	11	54	891	0	0	
1918	936	10	53	873	0	0	
1919	806	10	61	735	0	0	
1920	932	11	78	843	0	0	

1921	803	10	84	709	0	0	
1922	845	11	94	740	0	0	
1923	970	14	111	845	0	0	
1924	963	16	110	836	0	0	
1925	975	17	116	842	0	0	
1926	983	19	119	846	0	0	
1927	1062	21	136	905	0	0	
1928	1065	23	143	890	10	0	
1929	1145	28	160	947	10	0	
1930	1053	28	152	862	10	0	
1931	940	25	147	759	8	0	
1932	847	24	141	675	7	0	
1933	893	25	154	708	7	0	
1934	973	28	162	775	8	0	
1935	1027	30	176	811	9	0	
1936	1130	34	192	893	11	0	
1937	1209	38	219	941	11	0	
1938	1142	37	214	880	12	0	
1939	1192	38	222	918	13	0	
1940	1299	42	229	1017	11	0	
1941	1334	42	236	1043	12	0	
1942	1342	45	222	1063	11	0	
1943	1391	50	239	1092	10	0	
1944	1383	54	275	1047	7	0	
1945	1160	59	275	820	7	0	
1946	1238	61	292	875	10	0	
1947	1392	67	322	992	12	0	
1948	1469	76	364	1015	14	0	

1949	1419	81	362	960	16	0	
1950	1630	97	423	1070	18	23	0,65
1951	1767	115	479	1129	20	24	0,69
1952	1795	124	504	1119	22	26	0,69
1953	1841	131	533	1125	24	27	0,69
1954	1865	138	557	1116	27	27	0,69
1955	2043	150	625	1208	30	31	0,74
1956	2177	161	679	1273	32	32	0,78
1957	2270	178	714	1309	34	35	0,8
1958	2330	192	731	1336	36	35	0,8
1959	2462	214	789	1382	40	36	0,83
1960	2577	235	849	1410	43	39	0,85
1961	2594	254	904	1349	45	42	0,84
1962	2700	277	980	1351	49	44	0,86
1963	2847	300	1052	1396	51	47	0,89
1964	3008	328	1137	1435	57	51	0,92
1965	3145	351	1219	1460	59	55	0,94
1966	3305	380	1323	1478	63	60	0,97
1967	3411	410	1423	1448	65	66	0,98
1968	3589	446	1551	1448	70	73	1,01
1969	3801	487	1673	1486	74	80	1,05
1970	4076	516	1839	1556	78	87	1,1
1971	4231	554	1946	1559	84	88	1,12
1972	4399	583	2056	1575	89	94	1,14
1973	4635	608	2241	1581	95	110	1,18
1974	4644	618	2245	1579	96	107	1,16
1975	4616	623	2132	1673	95	93	1,13
1976	4885	650	2313	1710	103	109	1,18

1977	5030	649	2396	1772	108	104	1,19
1978	5097	677	2396	1801	116	107	1,19
1979	5391	719	2550	1905	119	100	1,23
1980	5324	731	2428	1956	120	89	1,2
1981	5155	741	2297	1926	121	71	1,14
1982	5111	735	2200	1987	121	68	1,11
1983	5097	738	2183	1990	125	62	1,09
1984	5273	795	2209	2086	128	56	1,11
1985	5431	825	2189	2232	131	55	1,12
1986	5598	822	2297	2290	137	52	1,13
1987	5730	885	2309	2341	143	51	1,14
1988	5954	929	2416	2405	152	51	1,16
1989	6067	964	2464	2440	156	43	1,17
1990	6136	1015	2542	2378	157	44	1,16
1991	6231	1062	2650	2308	161	51	1,16
1992	6104	1076	2535	2285	167	42	1,12
1993	6100	1093	2565	2225	176	42	1,1
1994	6229	1106	2597	2298	186	42	1,11
1995	6403	1135	2661	2375	196	35	1,13
1996	6546	1198	2694	2416	203	34	1,13
1997	6683	1197	2809	2434	209	34	1,14
1998	6673	1227	2845	2360	209	32	1,14
1999	6512	1244	2789	2231	217	32	1,11
2000	6668	1295	2903	2214	225	31	1,1
2001	6839	1329	2885	2367	236	23	1,11
2002	6975	1348	2883	2472	245	27	1,12

По мнению МГЭИК, эмиссия CO_2 в сельском хозяйстве в основном обусловлена известкованием почв и освоением целинных и залежных земель [51]. источниками эмиссии CO_2 в лесном хозяйстве являются: заготовка древесины, сжигание биомассы, конверсия земель, которая сопровождается полным или частичным изъятием биомассы, и

разложение биомассы при конверсии. Сток CO_2 обусловлен накоплением биомассы в лесах и на землях, выведенных из сельскохозяйственного пользования.

На рис. 2.12 приведены расчетные данные по потокам углерода в атмосферу в результате изменений землепользования (включая лесное хозяйство) по десяти регионам Земли и общий планетарный поток углерода.

Рис.2.12 Поток углерода в атмосферу, обусловленный изменениями землепользования за период с 1850 по 1992 год [47]

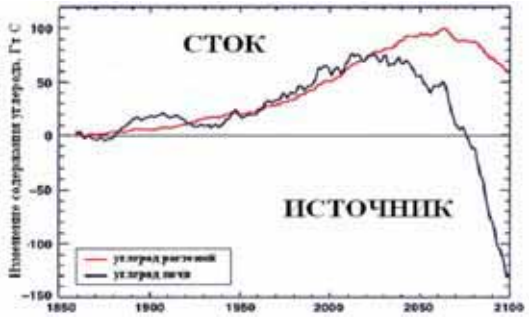


Рис. 2.13 Сценарий изменения мощности стоков CO_2, обусловленных его поглощением растениями и почвой [48]

За последние 150 лет антропогенные выбросы CO_2 в атмосферу существенно нарушили баланс природных выбросов и стоков в биомассу, океаны, и других стоков. С начала “индустриальной революции”, то есть приблизительно с 1850 года, концентрация CO_2 в атмосфере увеличилась с 288млрд-1 до 367млрд-1 в 1998 году [44]. Используя переходный коэффициент 1млрд-1 CO_2 = 2,13 Гт С, получим, что общее содержание углерода в атмосфере увеличилось за этот период с 613 Гт С до 782 Гт С, то есть общее поступление углерода в атмосферу за этот период составило около 169 Гт С.

В 1980-е годы из 7Гт С антропогенных выбросов углерода в год около 3 Гт С оставалось в атмосфере и около 2 Гт поглощалось океанами и наземной растительностью. Эти 2 стока сдерживали глобальное потепление [48]. На рис. 2.4 представлен тренд мощности этих двух стоков за период от 1860 до 2100 года [48]. Первоначально почвы и растительность были очень эффективными стоками углерода, и содержание углерода в них постоянно росло. Однако со временем постепенный прогрев почв может привести к большему выбросу CO_2, чем они поглощали. В результате почвы станут действовать более как источник, а не сток CO_2. То же может произойти с растительностью, но в более медленном временном масштабе (см. рис.2.13).

Первые оценки годовых антропогенных выбросов метана за период с 1860 по 1994 год были сделаны Штерном и Кауфманом [49]. Оценки были сделаны для следующих категорий антропогенной эмиссии метана: сжигание и сброс давления природного газа,

транспортировка нефти и газа, добыча угля, горение биомассы, животноводство, рисоводство, свалки (рис. 2.14). Изменения эмиссии во времени определялось как функция таких переменных как народонаселение или добыча угля, для которых характерны исторические временные масштабы.

Эмиссия метана, связанная с сжиганием в факелах и потерями природного газа при его транспортировке, выросла от нуля в 1860 году до максимального значения 29,3 млн. т в 1973 году, и затем начался спад. Эмиссия из систем транспортировки нефти и газа, исключая сжигание газа в факелах, поднялась от нуля в 1860 году до максимума 18 млн. т в 1994 году. Оцениваемая эмиссия метана при добыче угля выросла от 2,2 млн. т в 1860 году до 49,5 млн. т в 1985 году, а потом медленно падала. Эмиссия метана при горении биомассы поднялась от 9,8 млн. т в 1860 году до 38,0 млн. т в 1988 году, после чего медленно спадала. В животноводстве эмиссия метана поднялась от 25,6 млн. т в 1860 году до 113,1 млн. т в 1994 году. Этот источник представляется наиболее мощным из отдельных источников эмиссии метана. Эмиссия, связанная с выращиванием риса, выросла от 40,1 млн. т в 1860 году до 100,8 млн. т в 1994. Вклад свалок в эмиссию метана поднялся от 1,6 млн. т в 1860 году до 40,3 млн. т в 1994. Полная антропогенная эмиссия метана выросла с 79,3 млн.т в 1860 до 371,0 млн. т в 1994. За весь период с 1860 по 1994 год относительный вклад различных источников менялся с преобладанием доли сельскохозяйственных источников и ростом вклада от ископаемых топлив. В настоящее время относительный вклад сельскохозяйственных источников уменьшается, а лидирующую позицию заняло животноводство.

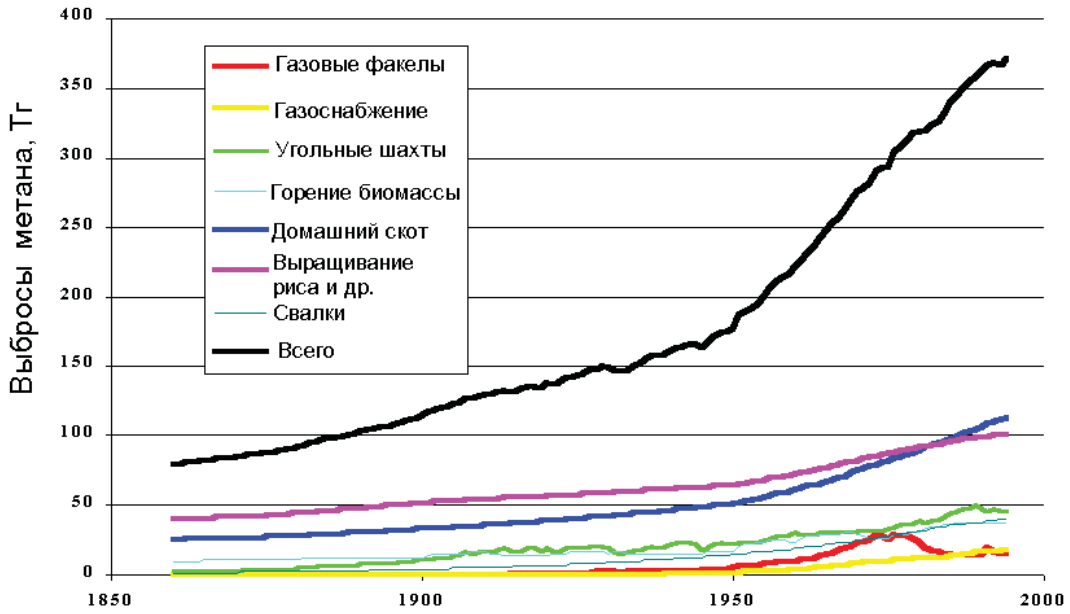


Рис.2.14 Эмиссия метана от различных источников за период с 1860 по 1994 год [49].

2.4.2 Вклады факторов антропогенного происхождения, не сводящиеся напрямую к увеличению эмиссии парниковых газов

В ходе исследований по обнаружению и объяснению различных явлений в климатических сводках за последние 35-50 лет постоянно обнаруживались факторы неопределенности, связанные с внешним воздействием, обусловленным сульфат-аэрозолями антропогенного происхождения и природными факторами (вулканы и солнечное излучение). Внешнее воздействие сульфатов и природных факторов является негативным

за этот период времени и не может являться причиной потепления; в то же время большинство из этих исследований обнаруживают, что в течение последних 50 лет предполагаемые темпы и масштабы потепления, обусловленные только увеличением выбросов парниковых газов, вполне сопоставимы с темпами и масштабами наблюдаемого потепления или превышают их. Наиболее полное совпадение между результатами моделирования и наблюдения на протяжении последних 140 лет было обнаружено в тех случаях, когда все вышеупомянутые антропогенные и природные факторы внешнего воздействия действуют сообща.

Радиационное воздействие, обусловленное прямым воздействием аэрозолей, является негативным и более слабым; в то же время негативное внешнее воздействие, обусловленное косвенным действием аэрозолей на облака, возможно, является сильным, однако точному количественному определению не поддается (см. рис 2.10[2])

Для уменьшения неопределенности оценок эмиссии содержащих углерод аэрозолей требуется детальный анализ методов измерений черного углерода, элементного углерода и органического углерода. Необходимо развитие стандартных методик и сопоставление результатов применения различных методов. Все антропогенные источники аэрозоля включают промышленность, домашнее хозяйство и транспорт, а также сельское хозяйство, лесопользование и другое землепользование.

Около половины всего объема атмосферного аэрозоля (для частиц размером менее 2мкм) имеет антропогенное происхождение [2]. Эти аэрозоли включают сульфаты ископаемого топлива и связывают аммоний, органический углерод и сажу от ископаемых топлив, дым от горения биомассы, минеральную пыль и нитраты ископаемого топлива. Имеются большие неопределенности в оценке их эмиссий, и еще больше неопределенностей на различных этапах оценки их радиационного воздействия. Наибольшие неопределенности касаются сажи, углерода органических аэрозолей, пыли.

Непрямое влияние аэрозоля на климат в целом является негативным и очень неопределенным. Возможны три механизма: рост альбедо облаков за счет роста числа капель (увеличение числа ядер конденсации в облаках); рост времени жизни облаков (увеличение числа капель происходит за счет уменьшения их размера и приводит к удлинению их жизни); рост поглощения радиации черным углеродом, который ведет к повышении температуры облаков и, соответственно, к снижению их времени жизни. Относительный вклад этих механизмов изменяется от региона к региону. Все типы частиц могут действовать как ядра конденсации. Однако механизмы влияния химического состава на гигроскопические свойства и образование капель в облаках пока плохо изучены.

Расширение сельскохозяйственного производства может быть достигнуто посредством более широкого использования азотных удобрений, орошения или конверсии природных пастбищных угодий и лесов в сельскохозяйственные угодья. Однако эти изменения могут сказаться на климате Земли. В результате деградации земельных ресурсов из-за эрозии и засоления почвы может уменьшиться биоразнообразие и снизиться потенциал поглощения углерода в результате конверсии и фрагментации природных экологических систем.

2.5 Вклады естественных факторов

Влияние внешних факторов на климат можно в общем сопоставить с использованием концепции внешнего радиационного воздействия (см. рис.2.10). Это радиационное воздействие обусловлено изменениями в составе атмосферы, изменением отражательной способности поверхности, обусловленным землепользованием, и колебаниями солнечного излучения. За исключением колебаний солнечного излучения, во всех остальных случаях присутствует компонент антропогенной деятельности.

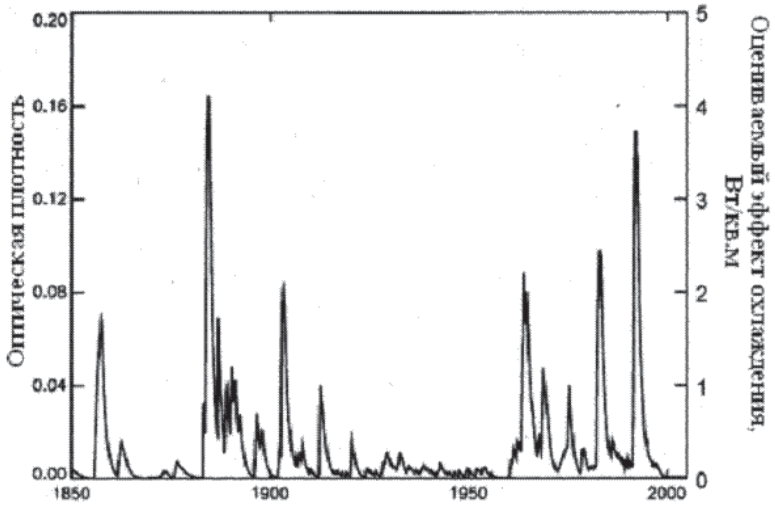


Рис. 2.15 Изменение оптической толщины атмосферы, обусловленное присутствием вулканического аэрозоля, и соответствующего климатического эффекта за период с 1850 года по 2000.

Вулканы выбрасывают в атмосферу большое количество газов. Выбросы в некоторых случаях достигают стратосферы и образуют мелкие частицы сульфатного аэрозоля, которые могут существовать годами. Они отражают часть солнечного излучения и дают тем самым негативный радиационный эффект. Количество вулканического аэрозоля в земной атмосфере крайне изменчиво. На рис. 2.15 представлен временной ход оптической толщины вулканического аэрозоля в земной атмосфере за период с 1850 по 2000 год [48] и соответствующий ей эффект охлаждения. Период с 1940 года по 1960 соответствуют относительно чистой от вулканического аэрозоля атмосфере, из-за чего, возможно, период 40-х годов был относительно теплым по сравнению с предыдущими десятилетиями.

2.6 Оценка роли антропогенных воздействий, в том числе антропогенных воздействий, не вызывающих парникового эффекта, в комплексе причин современных крупномасштабных изменений климата. Вопросы стабилизации концентрации парниковых газов и их допустимых пределов.

2.6.1 Оценка роли антропогенных воздействий, в том числе антропогенных воздействий, не вызывающих парникового эффекта, в комплексе причин современных крупномасштабных изменений климата.

Межправительственная группа по изменению климата (МГЭИК) в своем Третьем Оценочном Отчете (ТОО) дала глобальную оценку влияния важнейших факторов на глобальный климат через влияние на такую его характеристику, как радиационное возмущающее воздействие (РВВ), в англоязычной литературе - radiative forcing.

По определению [54]: **радиационное воздействие на систему “тропосфера - земная поверхность” (вследствие, скажем, изменения концентрации какого-либо парникового газа) есть изменение нетто-потока (Вт/м^2) лучистой энергии на высоте тропопаузы после установления нового термодинамического равновесия в стратосфере, но при невозмущенном распределении температуры в подсистеме “тропосфера + земная поверхность”.**

При этом имеется в виду, что термодинамическое равновесие в верхней атмосфере устанавливается существенно быстрее, чем в системе “тропосфера + земная повер-

хность". Ведь в первом случае энергия распространяется очень быстро путем излучения, поглощения и переизлучения, а во втором случае в процесс передачи энергии вовлечены также довольно медленные механизмы - конвекция и адвекция в тропосфере и океане. В приведенном выше определении подразумеваются средние глобальные потоки энергии в вертикальном направлении.

При проведении модельных расчетов изменения средней глобальной приповерхностной температуры ΔT в ответ на заданное радиационное воздействие ΔF при помощи радиационно-конвективных моделей было обнаружено, что они примерно пропорциональны:

$$\Delta T = \lambda \Delta F,$$

причем коэффициент пропорциональности $\lambda \approx 0{,}5\ ^0K/(Вт\ м^2)$ мало зависит от причины изменения ΔF [55]. Этот коэффициент пропорциональности называется "чувствительностью климата" - "climate sensitivity" (Ibid). Именно в связи с этим понятие радиационного воздействия получило широкое распространение в прикладных исследованиях, связанных с вкладом различных атмосферных газов и других веществ в возможное антропогенное усиление парникового эффекта.

МГЭИК в ТОО [56] выделила следующие основные факторы, оказывающие влияние на РВВ: парниковые газы (прежде всего, диоксид углерода, метан, закись азота, галоидоуглероды), аэрозоли (сульфатный, органический - "черный" и органический, продуцируемые процессами сжигания ископаемого органического топлива, продуцируемые в ходе сгорания биомассы), минеральная пыль, облака (на которые влияют аэрозоли), авиация (контрейлз, циррус), землевользование (только через изменение альбедо земной поверхности), поток солнечной энергии. Их вклады в РВВ за период с 1750 г. до настоящего времени количественно охарактеризованы на рис.2.10. Соответствующее изменение средней равновесной температуры земной поверхности можно вычислить по приведенной выше формуле.

"За исключением колебаний солнечной энергии, каждый вид воздействия так или иначе связан с деятельностью человека. Прямоугольные столбики на рисунке 2.10 представляют оценочные значения вкладов этих воздействующих факторов — некоторые из них способствуют потеплению, а некоторые —похолоданию. Воздействие, связанное с эпизодическими извержениями вулканов, ведущими к возникновению отрицательного воздействия, сохраняющегося в течение всего лишь нескольких лет, на рисунке не показано. Отраженное на рисунке косвенное влияние аэрозолей представляет собой их влияние на размеры и количество капель в облаках. Второе косвенное влияние аэрозолей на облака, а именно, их влияние на продолжительность существования облаков, которое также ведет к возникновению отрицательного воздействия, на рисунке не показано. Виды влияния авиации на парниковые газы показаны в виде отдельных столбиков. Вертикальная линия при прямоугольнике указывает на диапазон оценок, которые определяются опубликованными значениями воздействий и физическим пониманием. Некоторые из воздействующих факторов характеризуются гораздо большей степенью определенности, чем другие. Вертикальная линия вне прямоугольника означает такое воздействие, для которого не дано никакой наилучшей оценки из-за существования слишком больших неопределенностей. Как уже отмечено, общий уровень научного понимания каждого воздействующего фактора весьма различен. Некоторые вещества, вызывающие радиационное воздействие, сильно перемешаны над земным шаром, как например CO_2, в результате чего нарушается глобальный тепловой баланс. Другие вещества вызывают возмущения, обладающие скорее региональным характером, что связано с их пространственным распределением, например аэрозоли. По этой и по другим причинам нельзя ожидать того, что простая сумма положительных и отрицательных столбиков на рисунке отобразит нетто-влияние на климатическую систему" [56].

В 1992 г. в Рио-де-Жанейро была принята Рамочная конвенция ООН по изменению климата, где основной целью ставилась задача стабилизации парниковых газов в атмосфере на уровне, не представляющем опасности антропогенных воздействий на климатическую систему. В 1997 г. был принят Киотский протокол к Конвенции, в котором было обусловлено добровольное уменьшение выбросов парниковых газов развитыми странами в среднем на 5,3% за период 2008-2012 гг. Очевидно, что в этих документах из всех параметров были выбраны только парниковые газы, как наиболее сильно влияющие на климат. Однако, довольно быстро стало очевидно, что такая стабилизация произойдет очень не скоро и для ее осуществления потребуется гигантские расходы (по оценкам МГЭИК (2001 г.) до 18 триллионов долларов США за сто лет).

Для предотвращения крупных, вплоть до, возможно, катастрофических последствий потепления климата нужно прежде всего решить вопрос о предотвращении такого потепления эффективными методами и при реалистичных уровнях расходов. В 1974 г. академик М.И. Будыко предложил способ регулирования состояния климата путем введения в нижнюю стратосферу (12 - 20 км) мелкодисперсных аэрозольных веществ. Это ведет к изменению РВВ и может снижать температуру в тропосфере на необходимое количество градусов.

Согласно предварительным расчетам [52], с учетом данных по уменьшению проникновения солнечного излучения после вулканов, для уменьшения температуры в тропосфере на 1-2 ^{o}C, требуется забросить туда 600 тыс. тонн аэрозоля. Для получения такого количества аэрозоля (например, мелких частиц сульфатов) необходимо сжечь в стратосфере около 200 тыс. тонн серы, а в предположении продолжительности жизни в стратосфере такого аэрозоля, равной 2 годам – 100 тыс. тонн в год. Это возможно сделать путем специального заброса серы и ее сжигания в стратосфере, либо путем использования в высотных самолетах высокосернистого топлива.

Это обеспечит снижение температуры тропосферы, причем это уменьшение может быть достигнуто очень быстро (за несколько лет) в отличие от мер Киотского протокола. Меньшее количество самолетов потребуется при распылении высокодисперсной сажи в стратосфере. Такие установки сконструированы и уже испытаны.

При реализации описанного подхода могут возникнуть вопросы и возражения. Не будет ли выброс аэрозоля в стратосферу влиять вредным образом на биосферу и здоровье человека, в частности, уменьшение прихода полезной солнечной радиации к земной поверхности? Расчетами показано, что уменьшение солнечной радиации к поверхности Земли при данном методе составит менее 1%. Количество аэрозоля, выброшенного в конечном счете на земную поверхность, составит 0,2 мг серы на квадратный метр в год, что примерно в 1000 раз меньше выпадения серы в обычных атмосферных осадках.

Как было указано выше, предложенный оперативный метод сдерживания потепления или регулирования климата не представляет опасности для планеты и всего живого, населяющего ее. Указанный метод в тысячи раз дешевле и, главное, в десятки и даже сотни раз быстрее регулирования выбросов парниковых газов в атмосферу и может легко подвергаться корректировке в любом направлении.

Предлагаемый метод требует дальнейшей проверки и проработки.

2.6.2. Вопросы стабилизации концентрации парниковых газов и их допустимых пределов.

Глобальная концентрация CO_2 варьировала в диапазоне от 180 до 300 ppmv на протяжении последних 400 000 лет [53]. Она менялась в пределах примерно 270-290 ppmv в течение последней 1000 лет в доиндустриальную эру (условно до 1860 г.), и, таким образом, была практически постоянной [55]. С середины XIX столетия концентрация CO_2 стала быстро возрастать [55] и превзошла к настоящему времени 370 ppmv.

Естественные изменения температуры в приповерхностном слое являются значительными в масштабе столетий. Например, как это следует из палеоданных с антарктической станции Восток, в последнее тысячелетие, 200 и 400 лет назад наблюдался подъем температуры примерно на 0,5 - 1,5 ^{0}C. Эти явления возникали, развивались и заканчивались в течение примерно 100 лет [66]. Они были обусловлены, по-видимому, солярными и орбитальными факторами, взаимодействовавшими с нелинейной климатической системой Земли. Конечно, эти явления - региональные, антарктические.

Беспрецедентное (для последних 400 000 лет) увеличение концентрации CO_2 с 1850х годов и различимый рост глобальной температуры в приповерхностном слое ($0,6 \pm 0,2$ ^{0}C) в XX веке обычно связывают с антропогенным усилением парникового эффекта. Это стало основной причиной разработки и принятия Рамочной Конвенции ООН об изменении климата (РКИК) в 1992 г. В ее статье 2 сказано что «Конечная цель настоящей Конвенции и всех связанных с ней правовых документов, которые может принять Конференция Сторон, заключается в том, чтобы добиться во исполнение соответствующих положений Конвенции стабилизации концентрации парниковых газов в атмосфере на таком уровне, который не допускал бы опасного антропогенного вмешательства в климатическую систему».

Таким образом пока конечная цель РКИК не изменена, основной задачей является стабилизация, т.е. удержание концентрации CO_2 (и других парниковых газов) ниже некоторого порогового значения, определенного постоянного уровня. Однако до настоящего времени никаких решений о конкретном уровне не было принято, и природа такого порогового значения остается неясной.

Стабилизация уровня содержания парниковых газов в атмосфере не является бесплатной для мирового сообщества. Экономический анализ стабилизационных сценариев, использующих, в частности, 1000, 750, 650, 550 и 450 ppmv CO_2 в качестве уровней стабилизации, показал, что это может стоить до 18 триллионов долларов США 1992 г. [57]. Конечно, народы вправе ожидать, что такие значительные глобальные “инвестиции” будут сделаны оптимальным образом.

Обычно предполагается, что в отсутствие мер по ограничению эмиссий определенный ущерб природным и социально-экономическим системам возникнет. Этот ущерб представляется значительным, по крайней мере, сопоставимым с издержками, связанными со смягчением антропогенного воздействия на климат. Иначе нет причин для введения таких мер. В этой связи можно рассмотреть разные сценарии сокращения эмиссий, осуществление которых предотвратит определенную часть ущерба. Однако определенный остаточный ущерб все же будет. Для специального подмножества сценариев ограничения эмиссий, а именно, для стабилизационных сценариев (т.е., когда концентрация CO_2 в результате их осуществления стремится к некоторому постоянному уровню) эта остающаяся часть ущерба монотонно возрастает при возрастании уровня стабилизации CO_2.

Целесообразный стабилизационный уровень может быть определен как соответствующий равновесию между общими СТАБИЛИЗАЦИОННЫМИ ИЗДЕРЖКАМИ и связанным с изменением климата ОСТАТОЧНЫМ УЩЕРБОМ (при этом адаптации также учитываются). Следующий количественный критерий может быть использован для этого:

сумма

{СТАБИЛИЗАЦИОННЫЕ ИЗДЕРЖКИ + ОСТАТОЧНЫЙ УЩЕРБ}

должна быть минимальной. Разумеется. соответствующие коэффициенты дисконтирования должны применяться при вычисления обеих частей этой суммы. Рис.2.16 иллюстрирует такой глобальный подход. В этом иллюстративном примере сумма достигает минимального значения при 650 ppmv CO_2.

В то время как методы оценки издержек, связанных с реализацией программ ограничения эмиссий имеются (хотя очевидно нуждаются в совершенствовании), методам оценки остаточного ущерба до настоящего времени уделялось значительно меньше внимания. В Третьем оценочном докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) [56] охарактеризованы основные фактические и потенциальные последствия изменения климата. К сожалению, глобальная оценка не была получена даже для глобально агрегированных метрик (количественных показателей), предложенных в [67], а именно, для воздействия на рынки, потери человеческих жизней, потери биоразнообразия, распределение эффектов и качество жизни. Таким образом, оценка остаточного ущерба с использованием агрегированных переменных, а также, в конечном счете, в монетарном выражении является одной из приоритетных задач в настоящее время.

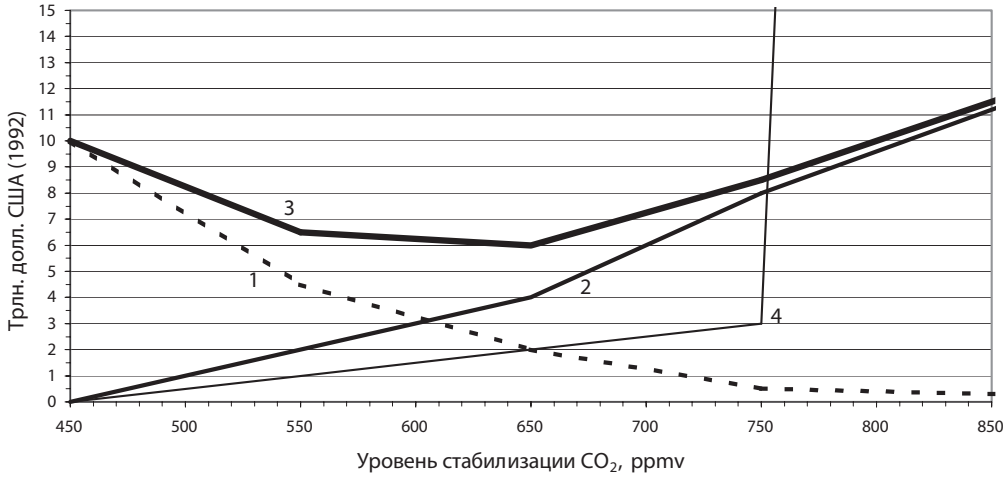


Рис. 2.16.. Стабилизация уровня CO_2 (иллюстративный пример): 1 - стабилизационные издержки, зависят от уровня стабилизации примерно так, как указано в [46, pp. 544 - 545]; 2 - остаточный ущерб, связанный с изменением климата, возрастающий при возрастании уровня стабилизации; 3 - их сумма {СТАБИЛИЗАЦИОННЫЕ ИЗДЕРЖКИ + ОСТАТОЧНЫЙ УЩЕРБ}, зависящая от уровня стабилизации; 4 - остаточный ущерб, связанный с определенным ключевым уязвимым элементом.

Однако даже если последняя научная проблема будет решена, другая проблема политического характера останется. Достижение равновесия между глобальными стабилизационными издержками и остаточным ущербом при оптимальном уровне стабилизации CO_2 по определению ведет к достижению глобально-оптимального результата в смысле “затраты - выгода”. Но этот выигрыш существует только в глобальном масштабе, что не означает, вообще говоря, того, что все страны и/или регионы будут в выигрыше. Может оказаться, что будут выигравшие и проигравшие, что политически неприемлемо. Поэтому для реализации описанного выше процесса оптимизации необходим некоторый механизм компенсации - часть выигрыша будет передаваться от выигравшего к проигравшему таким образом, чтобы не было проигравших. К сожалению, сегодняшние реалии международного сотрудничества позволяет рассматривать такую схему компенсации только как идеальную, теоретическую возможность, применимую пока лишь для постановки проблемы, а не для ее решения.

Функция, характеризующая ОСТАТОЧНЫЙ УЩЕРБ (см. рис. 2.16), является суммой частичных функций ущерба, характеризующих ущерб, связанный с изменением климата, для различных реципиентов. Частичная функция ущерба есть просто соответствующая функция, характеризующая ответную реакцию реципиента, приведенная к монетарным единицам. При построении и анализе функций, характеризующих ответные реакции реципиентов, целесообразно особенно тщательно изучать крупномасштабные уязвимые объекты [65], например, крупномасштабные ключевые элементы планетарной системы, обладающие одновременно высокой чувствительностью и ограниченными

(в частностями, нулевыми) возможностями адаптации. Естественными "кандидатами" могут служить некоторые физические элементы климатической системы Земли: термохалинная циркуляция, мировой океан (в связи с его уровнем), континентальная часть криосферы (в том числе, ледниковый покров Гренландии), Азиатский юго-западный муссон. Их ответные реакции на изменение температуры в приповерхностном слое демонстрируют исключительно нелинейное поведение, а именно, быстрое прогрессивное нарастание после некоторого порогового значения уровня воздействия (см. линию 4 на рис. 2.16). В таком случае оптимальный уровень стабилизации не может превосходить такого порогового значения - иначе такое вмешательство в климатическую систему может привести к практически бесконечной величине ущерба. Поэтому такие пороги могут служить в качестве мажорирующих оценок и временных верхних границ оптимального уровня стабилизации. Недавно множество таких пороговых значений было проанализировано в работе [58]. Изначально концепция критических порогов для антропогенного воздействия на климатическую систему и биосферу была предложена в работе [60] и недавно развита в работе [61].

Приняв определенный уровень стабилизации для концентрации CO_2 в атмосфере, необходимо изучить возможности его достижения. Первая попытка разработать пути перехода от современных уровней CO_2 к различным постоянным уровням в будущем была предпринята в работе [59]. Для конструирования так называемых концентрационных профилей S350 и S750 была использована полиномиальная аппроксимация. Позднее такой подход получил дальнейшее развитие в работе [68], где были предложены широко известные WRE-профили. Профили концентраций были затем трансформированы в соответствующие стабилизационные сценарии методом обратного моделирования с использование моделей Bern-CC [62,63] и ISAM [64]. Основным недостатком этих концентрационных профилей было их монотонное поведение, т.е. стабилизационный уровень достигался в процессе монотонного возрастания концентрации CO_2 от современного. На самом деле это не является необходимым, и концентрация может на какое-то время превосходить стабилизационный уровень.

Для достижения основной цели РКИК и Киотского протокола следует изучить широкий диапазон сценариев и выбрать из них те, которые гарантируют удержание концентрационной траектории внутри безопасного коридора. В частности, асимптотическое значение концентрации не должно превышать определенного критического предела. Такие пределы еще не вполне разработаны и общепризнанны.

Следующие временные границы для концентрации CO_2 и средней температуры в приповерхностном слое могут быть предложены для XXI века:

a) концентрация CO_2 не должна превышать 550 ppmv;

b) увеличение средней температуры в приповерхностном слое не должно превосходить $2{,}5^0$C в глобальном масштабе и 4^0C в Арктике по отношению к доиндустриальному уровню;

c) увеличение уровня океана не должно превосходить 1 м по отношению к доиндустриальному уровню.

В ходе разработки сценариев, удовлетворяющих данным временным критериям, следует ответить, по крайней мере, на следующие вопросы:

– можно ли достичь этих целей (и при каких конкретно сценариях) лишь усилиями стран Приложения I к РКИК, и какие сокращения эмиссий для этого потребуются?

– будут ли абсолютно необходимы для выполнения этих критериев определенные сокращения эмиссий развивающимися странами, и как их можно оценить в настоящее время?

– кроме определенного замедления роста ВВП, потребует ли выполнение этих критериев фундаментальной перестройки существующего уклада жизни в большинстве стран, а также определенного снижения уровня жизни?

Мы надеемся, что мировое сообщество ученых сможет ответить на эти вопросы в ближайшем будущем. Это позволит разным странам выполнить на национальном уровне экспертизу их политики в области климата (как внутренней, так и внешней) и выработать обоснованные действия по осуществлению РКИК и протоколов в ней.

2.7. Рекомендации по предотвращению возможного ущерба для экономики и социальной сферы в условиях реализации Киотского протокола, а также для практического использования при разработке государственной политики и инициатив в контексте Киотского протокола.

2.7.1. Конвенция ООН об изменении климата и Киотский протокол.

Проблеме антропогенного изменения климата посвящены два важных международных соглашения: имеющая декларативный характер - Рамочная Конвенция ООН об изменении климата (принята в 1992 году, вступила в силу в 1994 году) и содержащий конкретные обязательства развитых стран - Киотский протокол к этой Конвенции (принят в 1997 г., после ратификации Россией вступил в силу в 2005 г.)

Среди многих естественных и антропогенных факторов, приводящих к изменениям в климатической системе, в Конвенции и Протоколе рассматривается единственный фактор - антропогенные выбросы парниковых газов (ПГ) в атмосферу, причем в статье 4.2 Конвенции справедливо подчеркивается первостепенное значение антропогенных выбросов диоксида углерода (CO_2).

Конечная цель Конвенции и Протокола заключается в том, чтобы добиться стабилизации концентрации ПГ в атмосфере на безопасном для климатической системы уровне.

Не теряя из виду этой важнейшей цели, **необходимо уже сейчас разрабатывать научный подход к контролю над другими, кроме антропогенных выбросов ПГ, антропогенными факторами воздействия на климатическую систему.**

2.7.2. Парниковые газы: глобальный антропогенный выброс и концентрация в атмосфере.

Говоря о накоплении антропогенных ПГ в атмосфере, следует подчеркнуть, что текущий парниковый эффект содержащихся в атмосфере (и перемешанных во всей ее толще) антропогенных ПГ составляет [2].

CO_2 - 60 % , CH_4 - 20 %, N_2O - 6 %, галокарбоны - 14 %

В долговременной перспективе, с учетом времени жизни и имеющихся сценариев выбосов ПГ, в структуре парникового воздействия ожидается определенное возрастание роли CO_2.

В последние десятилетия прошлого века и в первые годы XXI века зарегистрированы следующие уровни глобального антропогенного выброса CO_2 (без учёта землепользования и лесного хозяйства) и концентрации CO_2 в атмосфере: [70,71,72,73], (Таблица 2.5).

Таблица 2.5

Рост глобальных антропогенных выбросов CO_2 и концентраций CO_2 в атмосфере

Годы и периоды лет	Темп роста выбросов CO_2	Рост концентрации CO_2 в атмосфере
1971-1980	+ 2,6 % в год в среднем	1,30 ppm за год в среднем
1981-1990	+1,7 % в год в среднем	1,55 ppm за год в среднем
1991-2000	+1,2 % в год в среднем	1,52 ppm за год в среднем
1971-2000	+1,8 % в год в среднем	1,46 ppm за год в среднем
2001	+0,8 % в год	1.66 ppm за год

2002	+2 % в год	2.08 ppm за год
2003	+4 % в год	2.63 ppm за год
2004		1.59 ppm за год
		В Мауна-Лоа концентрация достигла 377,4 ppm

В последней трети XX века средний рост выбросов CO_2 составил 1,8 % в год, а средний рост концентрации оказался на уровне 14,6 ppm в год.

Данные за 2001-2004 г.г. указывают на увеличение темпов роста выбросов CO_2 и увеличение ежегодного накопления CO_2.

Опираясь на прямую связь антропогенных выбросов CO_2 с масштабами потребления энергоресурсов органического происхождения, систематическое сокращение темпов роста глобальных антропогенных выбросов CO_2 в конце прошлого века следует объяснить глубинными процессами в характере мирового экономического развития и масштабах энергопотребления, которые привели в последней четверти XX века к процессу стабилизации душевого энергопотребления прежде всего в промышленно-развитых странах (хотя в развивающихся странах продолжался определенный рост душевого энергопотребления). В последнем десятилетии XX века на сокращение темпов роста глобальных выбросов CO_2 повлияли также экономические потрясения в большинстве стран плановой экономики [74].

2.7.3. Средние многолетние температуры воздуха.

По данным [75] в таблице 2.6 приведены средние многолетние температуры воздуха по сезонам в некоторых странах с учетом плотности населения:

Таблица 2.6

Средние многолетние температуры

Страна	январь, ^{0}C	июль, ^{0}C	Ср. годовая, ^{0}C
Россия	-12.5	+19.5	+3
Европейская часть России без Крайнего Севера	-9	+20	+5
Канада	-7	+19.5	+7
Финляндия	-7	+16.5	+4.5
Украина	-4.5	+21	+8.5

Автор [75] считает, что Россия действительно является самой холодной страной в мире.

Сложившуюся ситуацию, несомненно, **следует учитывать в переговорах о будущих обязательствах стран по ограничению и сокращению антропогенных выбросов CO_2.**

2.7.4. Удельный (на человека) антропогенный выброс CO_2 в России и в других странах (таблица 2.7)

Как видно из таблицы 2.5, в 2000 году среди стран с высокими ежегодными выбросами ПГ, удельный (на человека) антропогенный выброс CO_2 в России незначительно отличался от целой группы промышленно-развитых стран (Германия, Япония, Ю.Корея, Англия) , климат в которых теплее, чем в России. В то же время удельный выброс CO_2 в России оказывается в 2 раза меньше,чем в США, и заметно меньше, чем в Канаде и Австралии, хотя затраты на отопление в России достаточно велики.

Данные этого и предыдущего параграфов показывают необходимость комплексного подхода к учету обстоятельств, влияющих на результирующие антропогенные выбросы CO_2 в стране; это следует учитывать на международных переговорах.

2.7.5. Антропогенные выбросы и поглощение CO_2 при землепользовании и в лесах России

Названная проблема должна учитываться при взятии обязательств по ограничению и снижению выбросов CO_2 . Научно-технологические и информационные ее аспекты рассмотрены в других частях отчета. К сожалению, Россия, с учетом ее природных и экономических условий, еще не заняла достойное место среди стран с низким антропогенным выбросом и высоким уровнем антропогенного поглощения CO_2, связанных с землепользованием и лесным хозяйством.

Таблица 2.7

Удельный (на человека) антропогенный выброс CO_2 в 2003 г. в странах с высоким выбросом CO_2 , а также в некоторых малых странах с высоким удельным выбросом CO_2

№	Страна	тCO_2/(год. чел)	№	Страна	тCO_2/(год. чел)
1	США	19.7	15	Украина	6.1
2	Канада	17.5	16	Иран	5.7
3	Австралия	17.4	17	Мексика	3.6
4	Сауд.Аравия	13.6	18	Китай	2.9
5	Россия	10.6	19	Бразилия	1.7
6	Германия	10.4	20	Индонезия	1.5
7	Япония	9.4	21	Индия	1.0
8	Ю.Корея	9.4	22	Катар	50.9
9	Англия	9.1	23	Кувейт	24.4
10	Италия	7.8	24	ОАЭ	23.8

11	Польша	7.7	25	Бахрейн	22.7
12	Испания	7.7	26	Люксембург	22.0
13	Ю.Африка	6.9			
14	Франция	6.3	Мир в целом 4.0		

2.7.6. НЕ-CO_2 парниковые газы Киотского протокола

Обращаясь к другим, кроме CO_2, ПГ, и особенно к группе ПГ, включенных в Протокол (метан- CH_4, закись азота - N_2O, гидрофторуглероды - ГФУ, перфторуглероды - ПФУ и гексафторид серы - SF_6), отметим прежде всего явно недостаточную глобальную информацию об антропогенных выбросах этих ПГ, а для CH_4 и NO_2 – еще и огромные трудности разделения их естественных и антропогенных выбросов (таблица 2.6). Однако, наибольшие трудности в оценке влияния рассматриваемых газов на усиление парникового эффекта и в области практического регулирования их антропогенных выбросов связаны с принципиальной неопределенностью включенной в Протокол методики определения “эквивалентных по CO_2” выбросов этих газов. В результате используемый в Протоколе так называемый “совокупный выброс ПГ” (т.е. сумма выброса CO_2 и перечисленных в Протоколе ПГ в эквиваленте CO_2) приобретает некоторый мистический характер, и в настоящее время явно преждевременно использовать величину “совокупного выброса ПГ” в каких-либо государственных или международных документах и соглашениях, имеющих юридическую силу. Выход из этой ситуации известен: по примеру Конвенции о трансграничном переносе загрязняющих воздух веществ, **Протоколы с обязательствами по контролю за антропогенными выбросами ПГ должны, после серьезной научно-технической подготовки, приниматься отдельно для каждого ПГ или группы однородных ПГ.** К сказанному добавим, что и поставленная в Конвенции и Протоколе проблема стабилизации концентрации ПГ в атмосфере имеет смысл только для каждого газа в отдельности!

2.7.7. Кумулятивный выброс и накопление в атмосфере ПГ.

В дальнейших оценках мы будем использовать кумулятивный (интегральный, средний) антропогенный выброс ПГ, который представляет сумму годовых выбросов за несколько лет. Для CO_2, как правило, кумулятивный выброс подсчитывается за 5-10 и более лет. В последние годы [79], [80], [81] и др. еще раз было подтверждено на фоне сложнейших геофизических и биогеохимических процессов глобального круговорота углерода, наличие устойчивого (или медленно меняющегося) количественного соотношения между возрастанием уровня концентрации CO_2 в атмосфере за несколько лет и глобальным антропогенным (как правило, без учета землепользования и лесного хозяйства) кумулятивным выбросом CO_2 за то же время. Отношение названных количеств, выраженное в одинаковых метрических единицах называется воздушной фракцией, атмосферной долей, коэффициентом K и т.д. **Этот коэффициент позволяет, на основании подсчитанной или ожидаемой величины кумулятивной антропогенной эмиссии CO_2, приближенно оценивать соответствующее ей накопление (увеличение концентрации) CO_2 в атмосфере.**

Следует подчеркнуть определенную условность абсолютной величины коэффициента K: его значение зависит от полноты учета различных антропогенных источников CO_2. Чтобы не допустить смещения оценок, мы должны строго придерживаться очевидного

правила: использовать для оценок, включающих значение K, данные по эмиссии CO_2 того же самого состава, для которого было выведено соответствующее значение K. При использовании антропогенных выбросов по данным IEA [73], будут использоваться следующие приближенные значения K, и, на основании известных соотношений: 1 тС = 3,664 тCO_2, 1ppm = 2,123 ГтС, соответствующие коэффициенты пересчета кумулятивных выбросов (ГтCO_2) в накопление CO_2 в атмосфере: 1991 - 2000 г.г., K= 0,53, 1 ГтCO_2 = 0,068ppm; 2000 - 2020 г.г. (прогноз) K =0,6, 1 ГтCO_2 = 0,077ppm.

Таблица 2.8

Антропогенные выбросы парниковых газов (без учета землепользования и лесного хозяйства) в странах с наиболее высоким их выбросом в 2000 году

	Страна	Доля годового выброса CO_2 в % от мирового выброса	Доля кумулятивного выброса CO_2 в 1991-2000 г.г. в % от мирового кумулятивного выброса	Доля выброса не CO_2 парниковых газов Киотского протокола в эквиваленте CO_2 в % от выбросов CO_2
1	США	23.9	24.0	20.0
2	Китай	13.46	13.42	37.5
3	Россия	6.38	7.47	26.0
4	Япония	4.96	5.18	8.0
5	Индия	4.02	3.64	667.0
6	Германия	3.43	4.0	14.3
7	Англия	2.31	2.58	19.2
8	Канада	2.15	2.08	37.0
9	Ю. Корея	1.86	1.68	11.1
10	Италия	1.79	1.89	19.0
11	Мексика	1.55	1.53	36.4
12	Франция	1.48	1.68	35.3
13	Украина	1.45		52.6
14	Ю. Африка	1.42	1.5	18.2
15	Австралия	1.37	1.34	44.7
16	Бразилия	1.29	1.18	160.0
17	Польша	1.24	1.51	23.8
18	Испания	1.20	1.17	23.8

19	Иран	1.20	1.07	46.2
20	Индонезия	1.14	0.92	75.0
21	Сауд.Аравия	1.08	1.0	22.9
22	ЕвроСоюз	13.4		21.7
	Развитые страны	59.0		22.6
	Развивающиеся страны	41.0		66.7
	Мир в целом	23.8 Гт CO_2	224.3 Гт CO_2	36.4

2.7.8. О выполнении Россией Конвенции ООН об изменении климата.

В практической области Конвенция призвала (статья 4.2) Страны Приложения 1 (далее развитые страны) к 2000 г. вернуться к прежним (1990-го года) уровням антропогенной эмиссии CO_2 и других ПГ. Фактически, действительно, в 2000 г. суммарные антропогенные выбросы CO_2 всех развитых стран приблизились к уровню 1990 г. Однако Конвенция призывала каждую развитую страну ограничить свои (its) выбросы CO_2. На деле же одна группа развитых стран заметно превысила свои годовые выбросы CO_2 в период 1991-2000 г.г. (США на 17,4%, Япония на 13,4%, Канада на 22,4% и т.д.), в то время как другая группа значительно снизила свои годовые выбросы CO_2 (Россия на 34,3%, другие страны с переходной экономикой на 15-40%, Германия на 13,6% Англия на 5,1%) [74] Следует подчеркнуть, что ограничение суммарного антропогенного выброса CO_2 в группе развитых стран в целом произошло за счет их глубокого снижения в России и в странах с переходной экономикой, и явилось следствием глубочайших экономических потрясений в этих странах.

За десятилетие (считая от уровня 1990 г.) кумулятивный антропогенный выброс CO_2 в России снизился на - 6,25 Гт CO_2, что привело к сдерживанию накопления CO_2 в атмосфере за этот период приблизительно на - 0,42 ppm (т.е. на 2,8% от фактического возрастания концентрации CO_2 на величину 15,2 ppm в этот период). Отметим, что в тот же период кумулятивный выброс CO_2 в других странах с переходной экономикой снизился еще на 2,6 Гт CO_2.

Указанное снижение кумулятивного выброса в России оказалось в 1,1 раза большим, чем превышение базового уровня кумулятивных выбросов от развитых стран в целом (+ 5,7 Гт CO_2), и равным 50% от результирующего превышения уровня 1990 года кумулятивных выбросов CO_2 от всех стран мира (+ 11,5 Гт CO_2).

Таким образом, среди крупных стран **только в России, Германии и Англии, а также в странах переходной экономики, в силу различных обстоятельств и мероприятий, в 2000г. практические рекомендации Конвенции были решены.**

2.7.9. Выполнение Россией обязательств по Киотскому протоколу в связи с расширением потребления энергоресурсов в эпоху систематического роста экономики страны.

Обязательства России по Протоколу предусматривают, чтобы уровни совокупных годовых антропогенных выбросов ПГ, названных в Протоколе (в эквиваленте CO_2), в среднем в период 2008-2012 г.г. не превышали уровня 1990г.

Рассмотрим, в первую очередь, ожидаемые в зачетный период уровни выбросов главного ПГ - CO_2.

В силу сложившихся после 1990 г. экономических обстоятельств (резкое падение производства, ВВП (на 40 % в 1996 г.), энергопотребления и уровня антропогенных выбросов CO_2 (на 36,5 % к 1996.г), только после 1998 г. начался систематический рост ВВП, потребления энергоресурсов и антропогенных выбросов CO_2.

В настоящее время поступательное развитие энергопотребления определяется Энергетической стратегий России на период до 2020 г., принятой в 2003 г. [77]. В энергетической сфере страны планируются, наряду с развитием энергетики, мероприятия по повышению эффективности потребления энергоресурсов.

В Энергетической стратегии рассматриваются два основных варианта социально-экономического развития страны - умеренный и оптимистический, которые и должны определить развитие всей энергетической системы России.

Кроме того, необходимо рассматривать и третий вариант социально-экономического развития, связанный с задачей удвоения ВВП за 10 лет. В таблице 2.9 представлены основные макропараметры развития экономики и энергопотребления для названных трех вариантов социально-экономического развития страны.

Обращают на себя внимание очень высокие планируемые темпы снижения энергоемкости ВВП (3-4 % в год). В Энергетической стратегии подчеркивается важность достижения таких высоких темпов снижения энергоемкости ВВП для успешного развития экономики страны. С одной стороны, это необходимо для опережающего развития наукоемких производств и сферы услуг, чтобы значительную часть роста экономики обеспечить без увеличения расхода энергии. С другой стороны, необходимо масштабное использование огромного потенциала энергосбережения, который составляет 40-45 % современного энергопотребления в России.

Таблица 2.9

Осредненные макропараметры развития экономики и энергопотребления по вариантам "Энергетической стратегии России" и при удвоении ВВП за 10 лет.

(усредненные приближенные значения на период 2000-2020 г.г. в целом)

Варианты развития	Темпы роста ВВП, % в год	Темпы снижения энергоемкости ВВП, % в год	Темпы роста энергопотребления, % в год	Темпы роста выбросов CO_2, % в год	Эластичность ВВП по энергопотреблению
Умеренный вариант энергетической стратегии	4,2	-3,0	1,2	1,2	0,28

Оптимистический вариант энергетической стратегии	6,0	-4,0	2,0	2,0	0,33
Удвоение ВВП за 10 лет	7,0	-4,5	2,5	2,5	0,36
Дополнительный сценарий из III Нац. сообщ.	4,5	-2,0	2,5	2,5	0,55

Для варианта удвоения ВВП за 10 лет (темп роста составляет почти 7 % в год), мы используем для расчетных оценок тот же темп снижения энергоемкости ВВП (-4,5 % в год), который характеризует оптимистический вариант энергетической стратегии на интервале 2005-2020 г.г. В таком случае темп роста внутреннего энергопотребления составит 2,5 % в год, а эластичность ВВП по энергопотреблению будет равна 0,36 (таблица 2.9).

При анализе различий между планируемыми в Энергетической стратегии макропараметрами сопряженного развития экономики и потребления энергоресурсов в России и мировым опытом в этой области, необходимо, в числе других причин таких различий, учитывать также структуру ВВП России. Как указано в [76], значительную часть прироста ВВП России в последние годы составляет вклад благоприятной внешнеэкономической коньюнктуры, не связанный с внутренним энергопотреблением. Использование завышенных значений темпов роста ВВП и приводит к необоснованным ожиданиям высоких темпов снижения энергоемкости ВВП.

В большинстве стран (кроме Китая) реальные темпы снижения энергоемкости ВВП в 1991-2000 г.г. не превышали - 2% в год, а эластичность ВВП лежит в пределах 0,5-0,7 , снижаясь до 0,4 в странах Европейского союза . В силу указанных причин, представляется целесообразным рассматривать также дополнительный вариант развития экономики и энергопотребления в России, опубликованный ранее в [76] в качестве одного из наиболее вероятных вариантов. Этот дополнительный вариант определяется 4,5 % -ым темпом роста ВВП, - 2 % -ым темпом сокращения энергоемкости ВВП и эластичностью 0,55 (таблица 2.9).

Развитие энергетики и, главное, масштабы внутреннего энергопотребления, определяют уровень выбросов в атмосферу важнейшего парникового газа - диоксида углерода.

Учитывая незначительность ожидаемых структурных изменений в сфере внутреннего энергопотребления до 2020 г. [77] (доля газа снизится от 50 % до 45 - 46%, доля атомной энергии возрастет с 4,5 % до 6,4 % и другие незначительные изменения в структуре) в наших оценках в качестве первого приближения принята неизменной величина удельного (на единицу суммарного потребления энергоресурсов) выброса CO_2. Таким образом, темпы роста энергопотребления в наших сценариях совпадают с темпами роста антропогенных выбросов CO_2 (табл.2.9; 2.10).

Таблица 2.10

Ключевые параметры сценариев антропогенных выбросов CO_2 на период 2003 - 2020 г.г.

Варианты развития	**Эластичность ВВП по энергопотреблению**	**Уровень выбросов в 2002 г. (% от 1990 г.)**	**Темпы роста выбросов CO_2, (% в год)**	**Ожидаемый уровень выбросов в 2010г. (% от 1990 г.)**	**Время достижения выбросами уровня 1990 г.**
Умеренный вариант Энергетич. стратегии	0.28	69.5 %	1.2 % в год	76 %	2032 год
Оптимистический вариант Энергетич. стратегии	0.33	69.5 %	2.0 % в год	82 %	2020 год
Удвоение ВВП за 10 лет	0.36	69.5 %	2.5 % в год	85 %	2016 год
Дополнительный сценарий из III Национальн. сообщения	0.55	69.5 %	-"-"-	-"-"-	-"-"-

Ключевые параметры представленных сценариев роста (темпов роста) антропогенных выбросов CO_2 в России показаны в таблице 6. Расчет ведется с учетом зафиксированного в 2002 г. уровня национальных выбросов CO_2, равного 69,5 % от уровня 1990 г. Как видно, приближенные прогнозные оцеки выбросов CO_2 показывают, что в период 2008 - 2012 г.г. уровень выбросов CO_2 будет ниже установленного (уровня1990 г.) на 15 - 24 %.

При переходе от ожидаемых антропогенных выбросов CO_2 к совокупным выбросам всего набора ПГ, установленного Протоколом, мы используем для прогнозной оценки уже устоявшееся в последние годы в России соотношение величины выбросов указанного ансамбля Киотских парниковых газов (в эквиваленте CO_2) к выбросам CO_2 :

(Киотские ПГ): CO_2 1,26

Следовательно, в период 2008 - 2012 г.г. уровень совокупных выбросов ПГ в эквиваленте CO_2 в России также ожидается ниже установленного уровня на 15 - 24 %, и, таким образом, Россия полностью выполнит обязательства по Киотскому Протоколу.

Согласно Энергетической стратегии, **для обеспечения потребностей народного хозяйства и населения в период до 2020 года достаточны приблизительно 2-2,5 % -е ежегодные темпы роста потребления энергоресурсов. В этом случае темпы роста антропогенных выбросов CO_2 необходимо по-возможности снижать путем постоянных усилий по энергосбережению и увеличению доли используемых энергоресурсов. Достигнутые при таком подходе рубежи необходимо иметь в виду при взятии обязательств в международных соглашениях.**

2.7.10. Характер и масштабы глобальных обязательств по Киотскому Протоколу.

Киотский протокол предписывает взятие обязательств по снижению выбросов ПГ только развитым странам, суммарные выбросы CO_2 которых в 1990 г. составляли 13,6 Гт CO_2, (65,5% мировых выбросов). Непосредственная цель Протокола, наряду с %-ми (от 0% до 20% для крупных стран) обязательствами по снижению годовых выбросов от уровня 1990 г. к 2010 г. (точнее к среднему значению в период 2008-2012 г.г.), формулировалась еще и как обеспечение 5%-го снижения выбросов ПГ всех развитых стран - для CO_2 это снижение должно было составить 680 Мт CO_2/год.

Однако, такое задание - снизить годовой выброс CO_2 группы стран на 0,68 Гт CO_2 в год в период 1990-2010 г.г. - основано на методологии, не подходящей для решения задачи снижения накопления CO_2 в атмосфере. По величине снижения годовых глобальных выбросов CO_2, фиксируемых в начале и в конце некоторого многолетнего интервала, невозможно оценить искомое снижение концентрации CO_2 в атмосфере. В Протоколах, нацеленных на снижение накопления ПГ (здесь мы проводим рассуждения для CO_2) в атмосфере, необходимо открыто планировать и прозрачно контролировать обязательства стран или групп стран по снижению кумулятивных выбросов CO_2 за намеченный срок относительно начального года. Только в этом случае возможен приближенный пересчет достигнутого снижения глобального кумулятивного выброса CO_2 на снижение накопления CO_2 в атмосфере.

Итак, **методология Киотского Протокола не подходит для провозглашенной цели ограничения или снижения концентрации CO_2 в атмосфере. В этом заключается коренной научно-технический недостаток Протокола.**

Что же касается конкретных обстоятельств, связанных с Киотским протоколом, то уже в 2003 году, в результате ускоряющегося роста мировых выбросов CO_2 за счет развивающихся и некоторых развитых стран, и , особенно, после отказа США (23 % мировых выбросов CO_2) и Австралии ратифицировать Протокол, выполнять обязательства по Киотскому Протоколу осталась группа развитых стран с уровнем суммарного годового выброса CO_2 в 2003 г., равного 7,73 Гт CO_2 в год (это всего 31 % мировых выбросов CO_2 в 2003г.).

Поскольку в этой группе стран есть страны (Россия, Украина и др.), уже сейчас имеющие большой “запас прочности” относительно выполнения обязательств по Протоколу, а остальные страны интенсивно работают в этой области, то можно предположить,что к 2010 году суммарные антропогенные выбросы CO_2 названной группы стран не выйдут за пределы, зафиксированные в их суммарных обязательствах. Мы видим, что в эпоху Киотского Протокола общее сокращение годовых антропогенных выбросов CO_2 выполнялось “Киотскими странами” за счет огромного снижения и ограничения выбросов в 1991-2005 г.г. под влиянием гигантских экономических потрясений в большинстве стран плановой экономики. Роль же собственно мероприятий Киотского Протокола по увеличению эффективности энергетики в глобальном масштабе оказывается, по предварительным оценкам, минимальной или незаметной.

Исходя из приведенных в отчете данных, можно утверждать, что **Киотский Протокол не сыграл заметной роли в отмеченных серьезных изменениях снижения темпов роста глобальных антропогенных выбросов CO_2 и колебаниях накопления CO_2 в атмосфере в период 1990-2005 г.г. Такая ситуация, скорей всего, продолжится и далее, до окончания первой фазы Киотского Протокола в 2012 г.**

Парадоксальность ситуации заключается еще и в том, что в финале Киотского процесса, афишированного в качестве решительного шага по снижению глобальных антропогенных выбросов ПГ, не участвуют (по разным причинам) две мировые державы с наибольшими выбросами ПГ - США и Китай, которые в 2003 г. вместе давали 38% мировых выбросов CO_2.

В отношении будущих Протоколов по ограничению и снижению антропогеннных выбросоов ПГ, из только что сказанного следует сделать вывод: **в будущих Протоколах должны участвовать максимальное число стран, но строго обязательно (без чего**

Протокол не должен вступать в силу) - участие всех стран с наибольшими антропогенными выбросами CO_2 (в ранжированном по уровню выбросов списке,- это первые 20-25 стран с выбросами порядка 75-80 % от мировых выбросов).

2.7.11. Механизм Киотского Протокола и возможные ущербы для России.

Исходя из текущей ситуации (2005 год) может оказаться, что в период 2008-2012 г.г. будет поставлено под угрозу выполнение обязательств некоторыми странами (Япония, Канада и др.). Ликвидировать эту угрозу как будто призваны специальные механизмы Киотского Протокола, среди которых привлекают внимание покупка этими странами свободных квот у других Киотских стран.

Не говоря уже о беспрецедентной мере наказания продавца квот - росчерком пера его стране приписывают дополнительный выброс ПГ, и он становится злостным нарушителем климатической системы Земли – , и о “ климатической” несостоятельности прямой торговли квотами, поскольку в результате такой торговли антропогенный выброс парниковых газов в атмосферу не уменьшается, следует подчеркнуть, что сейчас никто не верит в справедливость уже складывающихся цен на свободные квоты.

Из сказанного следует единственный вывод: **России следует отказаться от прямой продажи квот, таящей огромный ущерб стране.** Добавим к сказанному, что Россия вряд ли успеет к нужному сроку разработать и принять необходимые государственные законы и правила (с обязательными антимонопольными гарантиями) по торговле квотами.

Кроме участия в механизме Киотского Протокола, **ущерб России может возникнуть ввиду большого уровня финансовых затрат, возникающих после ратификации Протокола:** создание сложной системы кадастров выбросов и поглощения ПГ, разработка и создание многочисленных международных отчетов и докладов, обеспечения их международной экспертизы, а также навязывание России (путем голосования) необоснованных или “исправленных” расчетных параметров и показателей (например, уровней выбросов ПГ в 1990 г.), искажающих фактическое положение в области ограничения и снижения выбросов ПГ в России.

2.8. Воздействие антропогенных выбросов парниковых газов на содержание парниковых газов в атмосфере и изменения климата

Воздействия, которые оказывает хозяйственная деятельность человека на состав атмосферы путем дополнительной эмиссии парниковых газов, имеют глобальный характер, поскольку все парниковые газы, за исключением озона, относятся к классу хорошо перемешиваемых и обладают значительным (от 12 до 120 лет) временем жизни в атмосфере. Это означает, что дополнительное количество такого газа или же его химических предшественников, эмитированное в атмосферу в какой-либо точке пространства, распределяется по всей атмосфере за время, существенно меньшее времени перехода этого вещества или же его химических предшественников в другие среды - в гидросферу, криосферу или же биосферу, в целом.

Такое свойство предопределяет достаточную степень однородности полей концентрации этих газов в пространстве по широте и долготе. Это легко заметить, анализируя как современные данные результатов инструментальных измерений их концентраций в приповерхностном слое атмосферы на станциях мониторинга, так и данные исторического мониторинга. Такие данные депонированы на открытой веб-странице Центра анализа информации по диоксиду углерода (Carbon Dioxide Information Analysis Center - CDIAC), см. http://cdiac.esd.ornl.gov/. Так, в работе [82] приведены результаты оценок, в том числе среднегодовых концентраций CO_2 , по данным инструментальных измере-

ний на станциях мониторинга Барроу (Barrow) на Аляске за 1975-2001 гг. и Мауна Лоа на Гавайских островах за 1958-2002 гг. В работе [83] содержатся данные оценок среднегодовых концентраций CO_2 в приповерхностном слое за 1832-1978 гг. Они получены с помощью измерений концентрации диоксида углерода в пузырьках воздуха в ледовых кернах на станции мониторинга Лоу Доум, расположенной в Антарктиде. Представленные на рис. 2.17 данные свидетельствуют о хорошей взаимосвязи изменений концентраций во времени в районах проведения наблюдений.

Несмотря на то, что станции мониторинга расположены в совершенно разных широтах - в Заполярье Северного полушария (Барроу), в тропической зоне Северного полушария (Мауна Лоа) и в Антарктиде (Лоу Доум), на общих отрезках времени эти ряды связаны следующими соотношениями:

Y = 1,01X - 6,1 для Мауна-Лоа (Y) -. Барроу (X);

Y = 1,05X - 15,8 для Мауна-Лоа (Y) -. Лоу Доум (X).

Заслуживает внимания, что коэффициенты регрессионной связи рядов на указанных парах станций очень близки к единице.

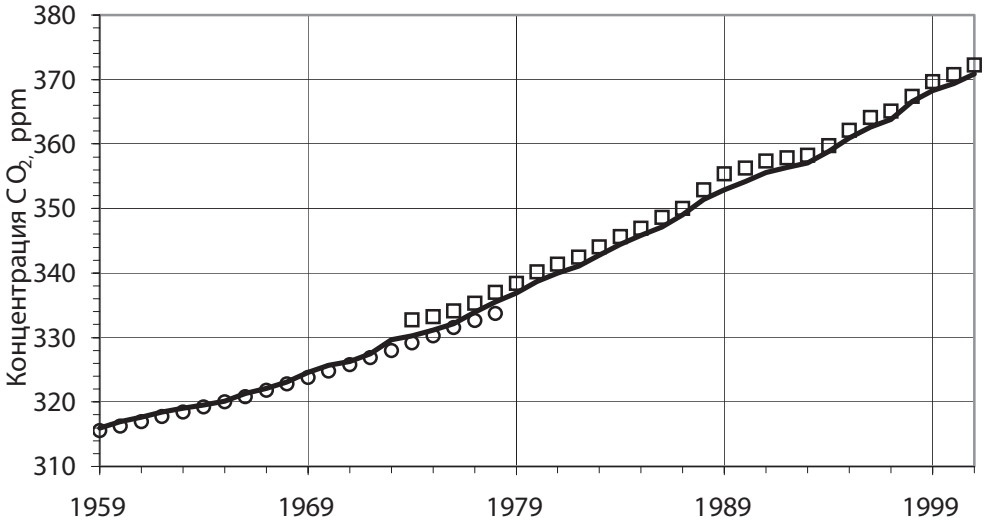


Рисунок 2.17. .Изменение концентрации CO_2 (ppm) во времени по результатам измерений на различных станциях мониторинга:

--- сплошная линия – данные станции Мауна-Лоа (Гавайи)

- кружки - данные станции Лоу Доум, Антарктида;, Гавайи;

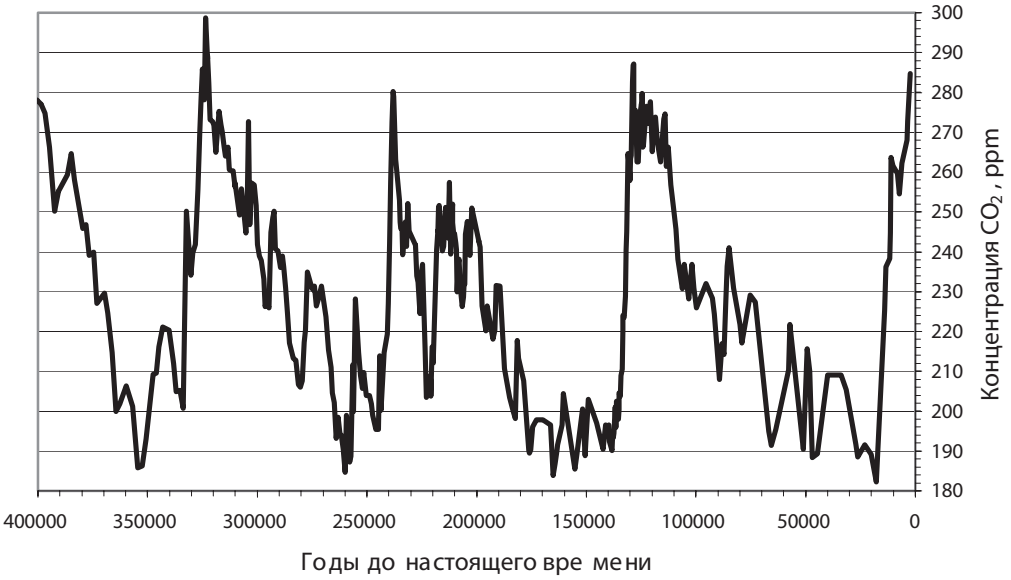
- квадраты – данные станции Барроу, Аляска.

Для станции Лоу Доум приведены концентрации CO_2 в пузырьках воздуха в ледовых кернах, а для остальных двух станций - его среднегодовые концентрации в приповерхностном слое, оцененные по результатам инструментальных измерений; по данным: [82, 83].

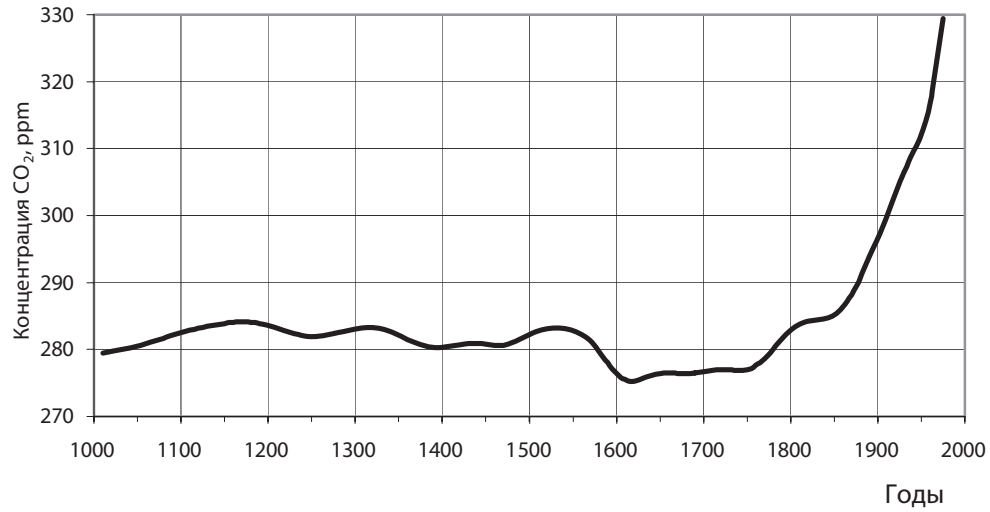
Концентрации приведены в ppm. В обоих случаях $R^2 > 0,99$. Таким образом, среднегодовые концентрации CO_2 в разных точках земной поверхности весьма близки и меняются во времени сходным образом.

Необходимо отметить, что концентрации диоксида углерода в атмосфере в XX веке являются исторически беспрецедентными для последних 400000 лет. На рис. 2.18 а представлены оценки среднегодовых значений концентрации CO_2 в приповерхностном слое за период времени примерно от 6000 до 400000 лет до настоящего времени, полученные по результатам анализа ледовых кернов. Источник данных - результаты совместных измерений российских и французских специалистов на станции Восток в Антарктиде [84].

А)



Б)



б)

Рисунок 2.18. Оценки среднегодовых значений концентрации CO_2 в приповерхностном слое по результатам анализа ледовых кернов: а) оценки за период времени примерно от 6000 до 400000 лет до настоящего времени, станция Восток, Антарктида, по данным [84]; б) оценки за времени 1010-1975 гг. на антарктической станции Лоу Доум по данным [85].

Как видно на рисунке, концентрации диоксида углерода на этом промежутке времени колебались в пределах 180 - 300 ppm. На рис. 2.18-б представлены оценки среднегодовых значений концентрации диоксида углерода в приповерхностном слое на станции Лоу Доум за 1010-1975 гг. (оценки по результатам анализа ледовых кернов).

На рис. 2.18-б хорошо видно, что на протяжении почти тысячи лет, а именно, с 1010 по 1875 г., концентрация диоксида углерода находилась в пределах 280±10 ppm, а, затем, начала расти и к 1975 г. достигла уровня 330 ppm. Особенно интенсивно концентрация CO_2 увеличивалась в последней половине XX века. По данным инструментальных измерений на станции Мауна Лоа с 1957 по 2002 г. она возросла с 316 по 373 ppm (см. рис. 2.19).

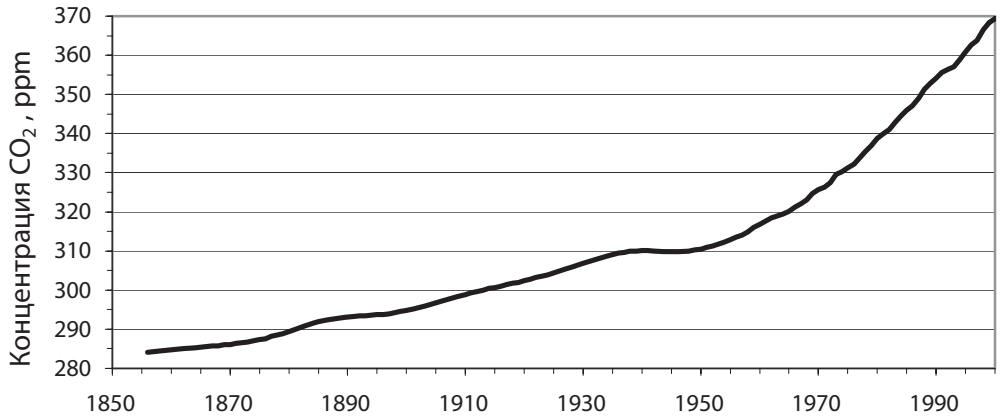


Рисунок 2.19. Изменение среднегодовой концентрации CO_2 в приповерхностном слое на станции Мауна Лоа: за 1959-2000 гг. - данные инструментальных измерений [82]; до 1959 г. - корреляционная реконструкция по результатам измерений концентрации в ледовых кернах на станции Лоу Доум, по данным [85].

Концентрация метана в приповерхностном слое менялась в последнее тысячелетие сходным образом. На рис. 2.20 представлены среднегодовые концентрации метана на станции Лоу Доум в 1008-1980 гг. Оценки получены по результатам анализа ледовых кернов. До начала индустриальной эры значение концентрации колебалось в пределах 660 - 705 ppm, а, начиная примерно в 1750 г., вышло из этого диапазона, начало систематически расти, и к 1980 г. достигло уровня 1470 ppb.

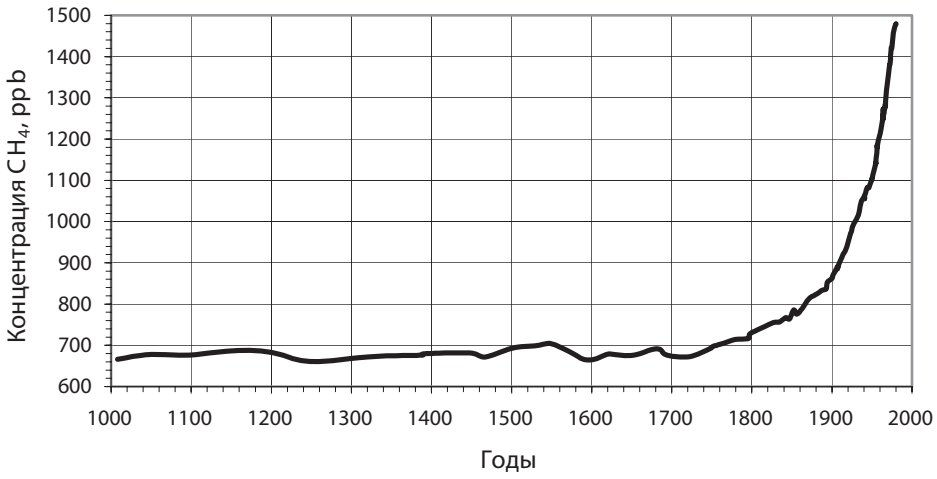


Рисунок 2.20. Изменение концентрации CH_4 в 1008-1980 гг. по результатам анализа ледовых кернов на станции Лоу Доум, Антарктида; по данным из работы [83].

Такая картина - увеличение темпа роста концентрации во второй половине XX века - типична для всех рассматриваемых парниковых газов, а именно, для диоксида углерода, метана, закиси азота, тетрафторметана, гексафторэтана, гексафторида серы, а также ряда галоидозамещенных углеводородов - HFC-23 (CHF_3), HFC-134a (CF_3CH_2F) и HFC-152a (CH_3CHF_2). Напомним, что эмиссии последних веществ не регулируются "Монреальским протоколом о веществах, разрушающих озоновый слой" к "Венской конвенции о защите озонового слоя".

В табл. 2.11 приведены концентрации парниковых газов в начале индустриальной эры (условно 1750 г.) и в период значительных антропогенных эмиссий парниковых газов в атмосферу в 1998 г. Также приведены темпы роста их концентраций в среднем за 1750-1998 гг. и в 1990е годы. Из данных табл. 2.11 видно, что для всех рассматрива-

емых газов темпы роста в 1990е годы всегда превышает темпы роста в 1750-1998 гг. в несколько раз, за исключение метана (для него это превышение - в 1,7 раз). Таким образом, пока рост концентраций рассматриваемых парниковых газов в атмосфере не замедляется.

Таблица 2.11.

Изменение концентрации парниковых газов в атмосфере с доиндустриального времени (1750 г.) по 1998 г. и современный темп их изменения (в среднем за год) : данные по CO_2 [82, 55 стр. 185], остальные данные - по [55, стр. 244].

Вещество	Размерность	Формула	Концентрация в 1750 г.	Концентрация в 1998 г.	Темп изменения концентрации	
					1750-1998 гг.	1990е годы
Диоксид углерода	ppm	CO_2	280	367	0,4	1,6
Метан	ppb	CH_4	700	1745	4,2	7,0
Закись азота	ppb	N_2O	270	314	0,2	0,8
Тетрафторметан	ppt	CF_4	40	80	0,2	1,0
Гексафторэтан	ppt	C_2F_6	0	3,0	0,01	0,08
Гексафторид серы	ppt	SF_6	0	4,2	0,02	0,24
HFC- 23	ppt	CHF_3	0	14	0,06	0,55
HFC-134a	ppt	CF_3CH_2F	0	7,5	0,03	2,0
HFC-152a	ppt	CH_3CHF_2	0	0,5	0,002	0,1

При выполнении оценки вклада антропогенных выбросов в содержание парниковых газов в настоящее время могут быть использованы данные о концентрациях парниковых газов в доиндустриальный период, однако, это было бы достаточно грубым приближением, в частности, в виду того, что в условиях потепления климата, наблюдаемого в настоящее время, увеличивается (по сравнению с доиндустриальным периодом) вклад природных источников парниковых газов. Так, например, рост температуры нижних слоев атмосферы приводит к увеличению объема эмиссии метана, закиси азота переувлажненными почвами, почвой в целом, увеличивается поступление диоксида углеро-

да за счет лесных пожаров. Указанный рост концентрации диоксида углерода в глобальном масштабе наблюдался, например, в течение 1998 г.

Для оценки вклада антропогенных источников в содержание парниковых газов необходимы количественные данные о величине их эмиссии.

Основными антропогенными источниками диоксида углерода являются сжигание ископаемого топлива, производство цемента, сжигание попутного газа в факелах. Суммарная мощность указанной индустриальной эмиссии диоксида углерода в глобальном масштабе составляет ежегодно (для 90-х годов 6300 Мт(С) или 23,1 Гт (CO_2) [55, стр. 204].

Важными антропогенными источниками метана (Мт (CH_4) в год) являются: рисоводство -100; процессы ферментации пищи в организме жвачных животных – 115; добыча, переработка и транспортировка нефти и газа – 110; мусорные свалки – 40; переработка мусора – 25; прочие источники – 20.

Суммарная глобальная антропогенная эмиссия метана в конце 90-х годов составляла 450 Мт (CH_4) ежегодно, а общая эмиссия (с учетом природных источников) – 610 Мт (CH_4) [55, стр. 205].

Антропогенная эмиссия закиси азота в атмосферу обусловливается следующими основными источниками (Мт (N) в год): процессы нитрификации и денитрификации, протекающие в почвах сельскохозяйственных территорий – 4,2; сжигание биомассы – 0,5; химическая промышленность, выхлопные газы автотранспорта и выбросы продуктов сгорания топлива электростанциями – 1,3; пастбищное скотоводство – 2,1. Суммарный глобальный объем антропогенной эмиссии закиси азота составляет 8,1 Мт (N) ежегодно, при общем объеме эмиссии 17,7 Мт (N) [55, стр.252].

Для выполнения оценки вклада антропогенных источников метана и закиси азота в изменение их концентрации в атмосфере могут быть использованы переходные коэффициенты, связывающие увеличение концентраций метана (ppb) и увеличение его содержания в атмосфере (Мт (CH_4)). Значение указанного коэффициента составляет 2,76, то есть увеличение глобальной концентрации на 1 ppb соответствует увеличению объема эмиссии в 2,76 Мт (CH_4) [86].

Для пересчета влияния изменений объема эмиссии закиси азота (Мт N_2O) на уровень ее глобальной концентрации (ppb) используется переходный коэффициент 7,8 [88, стр. 43].

Как уже отмечалось выше, рост содержания парниковых газов в атмосфере от доиндустриального периода до конца XX века является фактом, подтверждаемым инструментальными наблюдениями. Каковы же возможные последствия роста концентрации парниковых газов для климата Земли, в первую очередь для изменений температуры приповерхностного слоя?

В глобальной климатологии широко употребляется такая характеристика парникового газа, как потенциал глобального потепления - GWP. Напомним, что она дает возможность сравнить любые два парниковых газа или же иные климатически активные вещества по тому, к какому радиационному воздействию приводит эмиссия определенной единичной массы вещества (обычно 1 кг) в течение определенного периода времени (чаще всего - 100 лет). Однако не менее важным является и следующий вопрос: как изменится средняя глобальная температура в приповерхностном слое атмосферы в ответ на единичное долговременное увеличение концентрации заданного вещества в атмосфере, скажем, на 1 ppm? Ответить на этот вопрос можно получить, изучая изменение структуры бюджета энергии системы “атмосфера+земная поверхность” после достижения нового состояния равновесия в ответ на такое изменение состава атмосферного воздуха.

Разумеется, планета наша уникальная, эксперименты с ней невозможны, а результаты экспериментов с физическими аналогами лабораторных масштабов не совсем ясно как интерпретировать. Поэтому пока единственным средством для решения такого рода задач являются математические модели различной сложности.

Модель усиления парникового эффекта минимальной сложности [87] показала, что при расчете антропогенного усиления парникового эффекта вследствие увеличения современных концентраций парниковых газов в атмосфере в 2-3 раза, можно пользоваться приближенной формулой

$$\Delta T = 0{,}01 * \cdot \Delta cCO_2 + 0{,}3 * \cdot \Delta cCH_4 + 2{,}0 * \Delta cN_2O , \qquad (2.1)$$

где концентрации (c) - в ppm, а средняя температура (T) земной поверхности - в ^oC.

В данной работе не предполагается построение детального блока модели для описания переходных процессов, т.е. для преобразования распределенного во времени антропогенного возмущения концентрации парникового газа в атмосфере $\Delta c(t)$ в соответствующее возмущение средней глобальной температуры в приповерхностном слое $\Delta T(t)$. Мы будем выполнять такое преобразование более с иллюстративными целями в весьма грубом приближении с помощью следующей формулы [88, с. 70]

$$\Delta T(t) = \Delta(\Delta c\,(t-1) + \Delta c(t-2) + \ldots + \Delta c(t - tlag)) / tlag . \qquad (2.2)$$

Здесь Δc - превышение среднегодовой концентрацией газа в атмосфере ее доиндустриального значения (условно до 1750 г.) в ppm, tlag - характерное время запаздывания изменения температуры по отношению к изменению концентрации газа (годы), а θ - коэффициент. Согласно формуле (2.1), являющейся аналогом формулы (2.2) для состояния равновесия, значения этого коэффициента θ равны 10 -2, 3 $\cdot$10 -1 и 2 для CO_2, CH_4 и N_2O соответственно. Запаздывание tlag изменений температуры по отношению к изменению содержания CO_2, судя по [55, рисунок 9.24, верхний рисунок], приблизительно равно 100 годам.

Для оценки среднего арифметического значения, находящегося в правой части формулы (2.2), для CO_2 и CH_4 были использованы оценки их средних концентраций по имеющимся данным за 1899 - 1998 гг. Для диоксида углерода использовались данные, воспроизведенные на рис. 2.19 (. Для метана использовались данные анализа ледовых кернов с антарктической станции Лоу Доум -до 1980 г., а более поздние данные - со станции мыс Грим (Cape Grim), расположенной в Тасмании [83].

Полученные средние концентрации за 1899-1998 гг. - 318 и 1,4 ppm соответственно. Учитывая, что их доиндустриальные значения были 280 ppm для диоксида углерода и 0,7 ppm для метана (см. табл. 2.11), превышения равны 38 и 0,63 ppm соответственно. Следовательно, увеличение температуры к 1998 г., связанное с только с ростом концентрации CO_2 и CH_4 равно $0{,}01 \cdot 38 + 0{,}3 \cdot 0{,}7 \approx 0{,}6\ ^0C$.

Заметим, что это совпадает с оценкой МГЭИК $0{,}6 \pm 0{,}2$ для увеличения средней температуры в приповерхностном слое за последние 100 - 140 лет [55, стр. 3].

Вклад закиси азота N_2O так подробно не анализировался, поскольку даже мажорирующая оценка, когда в предыдущей формуле все приращения Δc полагаются равными 0,044 ppm (это - разность концентрации в 1998 и 1750 годах, см. табл. 2.11), приращение температуры получается равным $2 \cdot 0{,}044 \approx 0{,}1^0C$. Вклады остальных парниковых газов, упомянутых в табл. 2.11, по-видимому, еще меньше.

3. Стратегический прогноз изменений климата Российской Федерации на период до 2010 - 2015 гг. и их влияния на отрасли экономики России

Проводимые учеными различных стран мира с помощью климатических моделей исследования позволяют строить прогнозы изменений климата на длительный срок (вплоть до конца XXI в.), рассматривая при этом различные сценарии природных и антропогенных воздействий на климатическую систему и оценивая в качестве предполагаемой реакции на эти воздействия изменения в ней. Признавая важность таких исследований, следует, однако, отметить, что остается открытым вопрос о первоочередных мерах реагирования на те изменения климата, которые наблюдаются уже сейчас и ожидаются в ближайшей перспективе.

Проведенные в Росгидромете исследования показывают, что в настоящее время климатические условия на территории России существенно меняются, и тенденции этих изменений в ближайшие 5–10 лет сохранятся. Эти выводы подтверждаются результатами исследований других российских ученых, в частности Российской академии наук, и исследованиями большинства зарубежных специалистов.

Наблюдаемые изменения климата на территории Российской Федерации характеризуются значительным ростом температуры холодных сезонов года, ростом испаряемости при сохранении и даже при снижении количества атмосферных осадков за теплый период года, возрастанием повторяемости засух, изменением годового стока рек и его сезонным перераспределением, изменением условий ледовитости в бассейне Северного Ледовитого океана и в устьях северных рек. Перечисленные тенденции, как и многие другие особенности меняющегося климата различных частей территории России, оказывают существенные воздействия на условия жизни граждан и социально-экономическую деятельность.

Последствия быстрой изменчивости климатических условий проявляются в росте повторяемости опасных гидрометеорологических явлений (паводки и наводнения, снежные лавины и сели, ураганы и шквалы и другие явления), и в увеличении неблагоприятных резких изменений погоды, которые приводят к огромному социально-экономическому ущербу, непосредственно влияют на эффективность деятельности таких жизненно-важных секторов экономики, как энергетика (в первую очередь гидроэнергетика), сельскохозяйственное производство, водопользование и водопотребление, речное и морское судоходство, жилищно-коммунальное хозяйство.

Доклады Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) неоднократно подчеркивали необходимость детального исследования происходящих и предполагаемых в будущем региональных изменений климата. Для России детализированные по регионам оценки наблюдаемых и предполагаемых изменений климата особо важны, поскольку из-за значительных природно-обусловленных различий климата на территории России изменения климата в ее регионах проявляются крайне неравномерно.

При выработке мер по обеспечению устойчивого развития регионов в условиях меняющегося климата необходим совместный учет региональных особенностей измене-

ний климата и особенностей структуры и направлений развития экономики и социальной сферы в регионах (субъектах Российской Федерации). Применительно к каждой из сфер экономики и социальной жизни конкретных регионов предполагаемые изменения климата могут оказать как позитивное, так и негативное воздействие. Сохранение и даже усиление наблюдаемых тенденций изменения климата в различных регионах Российской Федерации, предполагаемые на ближайший период (по крайней мере, на ближайшие 5–10 лет), необходимо учитывать уже сейчас в экономической деятельности погодозависимых отраслей, в развитии социальной инфраструктуры.

В опубликованном Росгидрометом Стратегическом прогнозе [89,90] рассматриваются тенденции изменений климата в различных регионах Российской Федерации, содержатся рекомендации по тем мерам, которые представляются первоочередными для реагирования на эти изменения в экономических и социальных сферах на региональном уровне. Не претендуя на полноту изложения проблемы, Стратегический прогноз содержит только очевидные результаты по тем сферам экономической деятельности, для которых, во-первых, влияние климатических изменений на региональном уровне наиболее критично, и, во-вторых, выводы о самих изменениях имеют приемлемую обоснованность. Для других отраслей экономики, где отсутствуют достаточные для надежных выводов данные, либо где не проводились достаточно детальные исследования и проработки, рекомендации не приводятся.

Материалы Стратегического прогноза Росгидромета показывают, что в условиях меняющегося климата, его проявления и воздействия на различные отрасли экономики и на условия жизнедеятельности носят ярко выраженный региональный характер. Это обстоятельство должно учитываться при разработке и реализации программ социально-экономического развития страны, регионов и субъектов Российской Федерации на среднесрочную и долгосрочную перспективу. Основное внимание при этом должно быть уделено дальнейшей детализации оценок влияния изменений климата применительно к каждому из субъектов Российской Федерации, выявлению отраслей экономики, наиболее подверженных влиянию резких неблагоприятных погодно-климатических изменений, совершенствованию национальной системы раннего обнаружения опасных гидрометеорологических явлений и прогнозированию их развития.

В условиях возрастания количества и интенсивности ОЯ одним из важнейших направлений деятельности по обеспечению защищенности личности, общества и государства от воздействия опасных экстремальных погодно-климатических проявлений является повышение уровня гидрометеорологической безопасности, которая выступает как фактор устойчивого развития экономики.

Эффективность стратегии гидрометеорологической безопасности заключается в решении задачи минимизации экономических потерь. Усилия по реализации стратегии должны, в первую очередь, нацеливаться на создание и совершенствование информационной деятельности по раннему обнаружению, прогнозированию и предупреждению общества и органов, принимающих решения, об опасных гидрометеорологических явлениях. Важную роль в этом играет технологическая модернизация мониторинга состояния гидрометеорологической среды на территории страны (в том числе обеспечение современными техническими системами обнаружения ОЯ, такими, как радары и метеорологические радиолокаторы, спутниковые системы наблюдений и т.д.).

Принятие заблаговременных адаптационных мер позволит повысить устойчивость экономики и производства к происходящим изменениям климата и к резким проявлениям погодно-климатической изменчивости, избежать (или, по крайней мере, насколько возможно, снизить) потери от опасных гидрометеорологических явлений и негативных проявлений климатической изменчивости, а также повысить эффективность производства за счет учета благоприятных изменений климата.

Использование выводов и рекомендаций Стратегического прогноза Росгидромета при осуществлении национальных действий будет также являться весомым, достойным и конкретным вкладом Российской Федерации в выполнение международных обяза-

тельств в области климата и его изменений, обязательств по уменьшению опасности и смягчению последствий стихийных бедствий, обязательств, вытекающих из других международных конвенций, договоров, протоколов и соглашений, в том числе решений, принятых Генеральной Ассамблеей ООН 14–16 сентября 2005 г. на Всемирном саммите высокого уровня.

4. Предложения по учету факторов меняющегося климата при разработке региональных программ устойчивого развития

4.1 Климат как фактор устойчивого развития

При разработке региональных программ устойчивого развития в условиях меняющегося климата необходимо учитывать ряд важных обстоятельств. Вследствие большой инерции климатической системы, обусловленной долгим временем жизни ПГ в атмосфере и огромной теплоемкостью Мирового океана, антропогенное изменение климата будет происходить неуклонно и медленно в течение нескольких десятилетий. Это означает, что, несмотря на имеющиеся неопределенности современных оценок изменения климата, серьезных региональных проблем следует ожидать в более отдаленной перспективе, если содержание ПГ в атмосфере будет продолжать расти.

С другой стороны, долговременные программы ранних превентивных действий, рассчитанные на реализацию в течение нескольких десятков лет, представляются недостаточно убедительными для государственных и политических деятелей страны. Как правило, в РФ лица, принимающие политические решения, не готовы рассматривать последствия изменений климата за пределами ближайших 10-20 лет. Какие ранние предупредительные меры необходимо предпринять, чтобы ослабить долговременные последствия? Этот вопрос заслуживает особого внимания, и правильный ответ на него требует дальнейшего детального изучения. Сложность заключается и в том, что изменения климата на интервалах времени в 10-20 лет оказываются относительно малыми по сравнению с естественной изменчивостью климата, и для многих важных его характеристик эти изменения сравнимы с точностью измерений с помощью современных систем наблюдения. Вместе с тем происходящие в настоящее время изменения некоторых наиболее важных характеристик климата в ряде регионов РФ, качественно совпадающие расчетами МОЦАО, дают основания считать, что время для принятия адаптационных мер уже наступило.

Ниже рассматриваются некоторые (далеко не все) аспекты климатического фактора, учет которых необходим в региональных программах устойчивого развития.

4.2 Оценка влияния изменения климата на строительство

Строительная отрасль относится к системообразующим компонентам российской экономики; на нее приходится 8.2% ВВП. Применение современных технологий с учетом меняющегося климата, позволит улучшить эксплуатационные качества зданий, сократить потребление энергии и увеличить их долговечность. Учет климатических условий в строительном проектировании и при производстве строительных работ является традиционной. В нормативных документах по строительству много места занимают строительные нормативы по климату (СНиП, ТСН «Строительная климатология»).

4.2.1 Тепловой режим зданий

Ожидаемое повышение ТВП в первой четверти XXI в. приведет к наибольшему изменению соответствующих нормативных характеристик на Сибирском севере, западе Северо¬западного ФО, на северо-западе и в центре Дальневосточного ФО. В этих округах будет наблюдаться значительная экономия энергии, и поэтому в региональных программах важно отразить количественные показатели этой экономии. При повышении ТВП наиболее холодных суток на 1°С термическое сопротивление ограждающих конструкций может быть уменьшено на 10-20%. Таким образом, ужесточение требований к теплозащите зданий, если не менять параметров СНиП, произойдет само по себе. Тем не менее, следует выполнять дальнейшие исследования в этом направлении.

Снижение потребности в энергии в условиях потепления может дать в РФ экономию до 5 млрд. долларов в год за счет сокращения затрат на отопление. На рис. 4.1 приводится карта изменения продолжительности отопительного периода на 2015 г. Сокращение отопительного периода составит в различных ФО от 1-2 до 4-5 дней в году. По каждому ФО необходимо провести более детальные исследования изменения продолжительности и температуры отопительного периода с учетом особенности подстилающей поверхности.

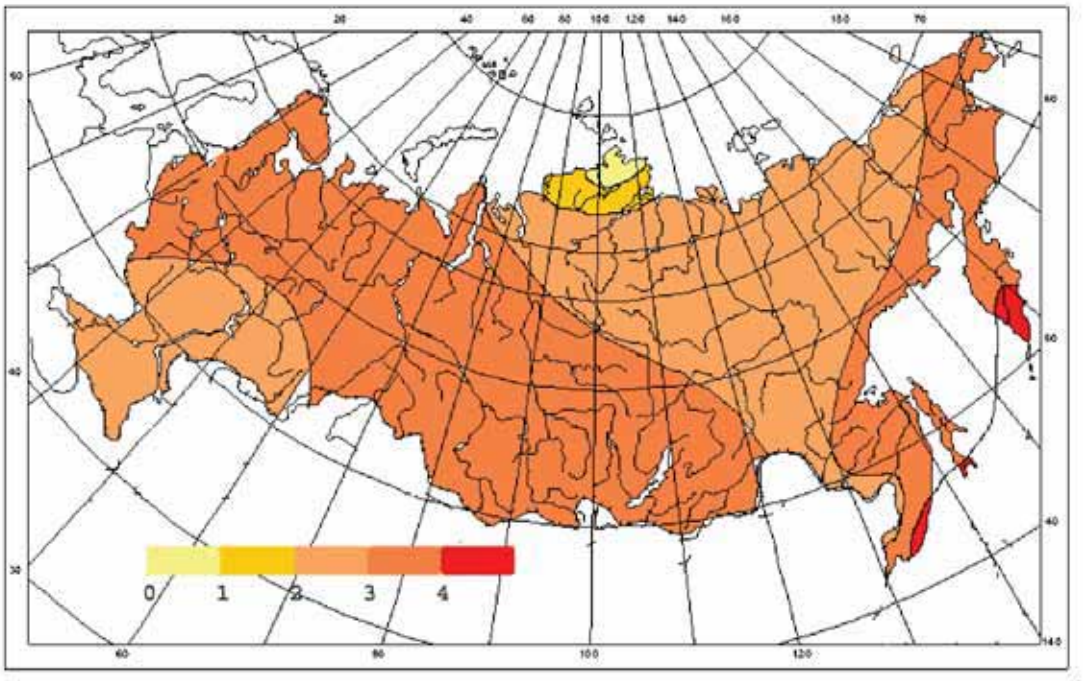


Рис. 4.1 Уменьшение продолжительности отопительного периода (в днях) к 2015 г.

4.2.2 Долговечность зданий и сооружений

В процессе эксплуатации здание подвергается внешним воздействиям, которые принимаются во внимание в проектах путем подбора материалов и конструкций, защиты их специальными покрытиями и т.д. Эксплуатационные затраты на здание в процессе его службы в 2-3 раза превышают расходы на его строительство. Поэтому приобретают особую актуальность вопросы безремонтной эксплуатации, т.е. выбора конструкции, не требующей капитального ремонта. За период 1951-2004 гг. отмечался слабый рост зимних и летних осадков на ЕТР а в Западной Сибири - рост зимних и весенних осадков. В целом за год во всех регионах в ближайшее десятилетие прогнозируется небольшое увеличение количества осадков.

Для оценки неблагоприятного термического воздействия на стены оценивается морозостойкость материалов в зависимости от климатических параметров. Морозостойкость -условная характеристика, которая измеряется числом циклов попеременного замораживания и оттаивания насыщенного водой материала без существенной потери технических свойств. В связи с увеличением повторяемости оттепелей и заморозков в осенне-зимний и зимне-весенний периоды на ЕТР, Приморье и др. будет наблюдаться ухудшение условий эксплуатации зданий и уменьшение их долговечности. Эта тенденция может привести к сокращению периода до ремонтной эксплуатации зданий до 2 раз в первой четверти XXI в.

С атмосферными нагрузками могут быть связаны катастрофические разрушения зданий и сооружений, приводящие к человеческим жертвам и большим ущербам. Поэтому важно выяснить, как может измениться повторяемость и интенсивность атмосферных нагрузок. Анализ данных по ТВП, осадкам, солнечной радиации, полученных в результате моделирования, а также сведения о тенденциях изменения характеристик ветра позволил получить прогноз их значений на первую четверть XXI в.

Снеговые нагрузки. В строительстве и эксплуатации различных сооружений и дорог снежный покров является отрицательным фактором, создающим нагрузки и заносы. Снеговая нагрузка на различные покрытия определяется весом снегового покрова на единицу площади (запасы воды в снежном покрове). В связи с изменением климатических условий в ближайшее десятилетие изменится и величина снеговой нагрузки. Наибольшие (до 20% и больше) ее изменения (уменьшение снеговой нагрузки) произойдут на юге и западе ЕТР (Северо-Западный, Центральный и Южный ФО). На АТР наибольшее уменьшение нагрузки ожидается на востоке Дальневосточного ФО (северо-восток и особенно сильное на юго-востоке).

Гололедные нагрузки. Гололедные нагрузки возникают в результате осаждения того или иного гололедного отложения на предметах. Наибольшие изменения нагрузок на ЕТР (увеличение нагрузок) ожидаются в Южном ФО, где преобладающим видом отложений является гололед. На АТР наибольшее увеличение нагрузок возможно на северо-востоке и юго-востоке Дальневосточного ФО. Здесь в прибрежных районах велики отложения мокрого снега.

Ветровые нагрузки. Ветровая нагрузка возникает вследствие давления ветрового потока на сооружение. На большей части федеральных округов ЕТР за исключением севера Северо¬западного ФО, юга Южного ФО и юго-запада Приволжского ФО произойдет значительное уменьшение ветровой нагрузки. В азиатской части РФ в некоторых районах Сибирского и Дальневосточного ФО (как внутриконтинентальных, так и прибрежных) возможно увеличение ветровой нагрузки. На остальной территории она мало изменится или уменьшится.

В региональные программы необходимо включать исследования по уточнению атмосферных нагрузок и включению новых нормативов (с учетом изменения климата) в СНиП «Атмосферные нагрузки и воздействия».

4.3 Влияние изменения климата на транспорт

РФ занимает географически выгодное положение для транспортных связей основных стран мира и поэтому ее территория включена во вновь создаваемую Европейскую транспортную систему. На территории РФ создаются и будут создаваться транспортные коридоры, проходящие через всю страну или ее части. Страны Европы и Ближнего Востока имеют большой интерес к этим коридорам, которые дают прямой выход к сырьевым ресурсам и рынкам сбыта.

Более половины всего грузооборота и большую часть пассажирских перевозок осуществляет железнодорожный транспорт. Рыночные преобразования и дальнейшее освоение природных ресурсов северных и восточных регионов неизбежно ведут к росту объемов перевозок.

Проектирование транспортных коридоров (автомобильных и железных дорог) может быть осложнено: во-первых, возрастанием количества осадков, особенно жидких и смешанных; во-вторых, ростом количества опасных явлений, таких как туман, сильные ливни, снежные лавины, опасные снегопады и метели, песчаные бури.

Увеличение жидких осадков создает опасность размыва некоторых участков автомобильных дорог и железнодорожного полотна, а обильные снегопады и прирост снежного покрова >5см потребует повышения насыпи железнодорожного полотна.

Все изменения специализированных характеристик для проектирования дорог должны быть введены в соответствующие главы СНиП «Строительная климатология» и «Автомобильные дороги». Требует пересмотра и корректировки карта влажности содержащаяся в СНиП 23.01.99.

В связи с потеплением и ростом повторяемости заморозков и оттепелей, увеличится повторяемость гололедицы на дорогах. Это относится к большей части Северо-Западного, Центрального, Уральского и Приволжского ФО, а так же к центральным районам Сибирского и Дальневосточного ФО. Кардинальным решением проблемы гидрометеорологического обслуживания железных и автомобильных дорог, так же как и их строительства является ужесточение требований к проектировочным характеристикам и введение новых норм в главу СНиП «Автомобильные дороги».

Особого рассмотрения заслуживают перспективы развития речного транспорта (см. п. 4.4.2) и Северного морского пути

4.4 Водное хозяйство

4.4.1 Водные ресурсы

Водные ресурсы в бассейне Дона. Бассейн Дона является одним из крупнейших регионов по производству промышленной и сельскохозяйственной продукции, где проживает более 20 млн. человек. Данные наблюдений показывают, что годовой сток в левобережных притоках Дона увеличился на 10-15% за 1978-2000 гг. Вместе с тем в настоящее время безвозвратные потери стока Дона составляют 6.4 км3, т.е.23% от естественной нормы в его устье. Дальнейшее развитие экономики в этом бассейне будет определяться наличием необходимых водных ресурсов. От притока Дона в Азовское море также зависит его биологическая продуктивность. Поэтому возможное уменьшение водности приведет к возникновению целого комплекса проблем, связанных с водообеспечением населения и экономики, и возникновению очень серьезной водно-экологической проблемы в системе “бассейн Дона - Азовское море”.

В результате изменения климата и развития социально-экономических структур ожидается уменьшение водных ресурсов и водообеспеченности (до 10-20%) и увеличения нагрузки на водные ресурсы (до 25%) в первой четверти XXI века в черноземных областях Центрального ФО и в ряде субъектов Южного ФО, а также в верховьях Оби и Иртыша и юго-западной части Сибирского ФО.

В маловодные годы водообеспеченность Белгородской и Курской областей, Ставропольского края и республики Калмыкия может быть очень низкой или критически низкой (1000-1500 м3 в год на одного человека). В этом случае возникает настоятельная необходимость строгого регулирования и ограничения водопотребления. В этом случае нехватка пресной воды становится фактором, сдерживающим экономический рост и повышение благосостояния населения.

Уменьшение водных ресурсов р.Дон приведет к уменьшению притока пресных вод в Азовское море, увеличению его солености и снижению биологической продуктивности. При перспективном планировании развития водохозяйственного комплекса бассейна Дона необходимо учитывать этот крайне неблагоприятный сценарий развития. Реше-

ние проблемы в южной части бассейна Дона, сохранение и увеличения рыбохозяйственного и рекреационного значения Азова видится в завершении строительства канала Волга-Дон, законсервированного в начале 1990-х годов. Это представляется логичным, учитываемое прогнозируемое увеличение годового стока р.Волга.

Водообеспеченность в верховьях Иртыша и Оби. Учитывая наблюдаемые в настоящее время отрицательные тренды водных ресурсов и водообеспеченности, согласующиеся с расчетами по климатическим моделям, весьма вероятно в ближайшие десятилетия их уменьшение в верховьях бассейнов Оби и Иртыша. Так, в будущем на юго-западе Сибирского ФО следует ожидать их дальнейшее уменьшение на 5-15%, с одной стороны, и увеличения их потребления в ближайшие 10-20 лет, с другой. В маловодные периоды водные проблемы могут приобрести особую остроту. Это связано, прежде всего, с большой межгодовой изменчивостью водных ресурсов и интенсивным использованием стока трансграничных рек в Китае и Казахстане. Для смягчения негативных последствий в водообеспечении населения и развивающейся экономики этих регионов необходимо рассмотреть возможности дополнительного регулирования стока и заключения международных договоров с Китаем и Казахстаном по совместному использованию водных ресурсов Иртыша.

Водообеспеченность в Центральном ФО. Несмотря на прогнозирование заметного увеличения водных ресурсов в нечерноземных областях Центрального ФО, в некоторых регионах (Московская область и г.Москва) в результате развития экономики, увеличения численности населения можно ожидать значительного увеличения нагрузки на водные ресурсы и снижения водообеспеченности, которые в настоящее время находятся на критическом уровне. Так, современная водообеспеченность здесь составляет 1000-1500 м3 в год на одного человека, что по международному стандарту является критически низкой и дальнейшее ее снижение может привести к крайне негативным последствиям. Уже в ближайшее время необходимо предусмотреть разработку практических мероприятий по дополнительному водообеспечению населения и экономики Москвы и Московской области.

4.4.2 Изменения ледового режима рек

Задача адаптации различных отраслей экономики к разнонаправленным последствиям изменения ледового режимов рек и водоемов достаточно многогранна. Прогнозируемые изменения могут иметь как положительные, так и отрицательные последствия.

К положительным следует отнести увеличение навигационного периода речного флота и оответственно увеличение грузооборота, сокращение сроков работы ледокольного флота, повышение рыбопродуктивности, снижение заморов рыбы.

К негативным последствиям относятся сокращение сроков действия ледовых переправ, создающих трудности в работе грузового и пассажирского транспорта. Повышение шугоносности верхних бъефов водохранилищ ГЭС, образование полыней на крупных водоемах и повышение туманообразования.

Прогнозируемые сокращения продолжительности ледостава на многих водных объектах РФ потребуют сдвига начала навигации на более ранние сроки весной и более поздние осенью. Выгода от продления сроков навигации будет существенной и перекроет затраты на адаптацию отрасли к новым условиям плавания.

Автозимники, прокладываемые по льду рек, озер или морей, являются важнейшими транспортными артериями в холодное время года, особенно в районах Крайнего Севера. Они ежегодно организуются на обширных пространствах от Кольского полуострова до побережья Берингова моря в зоне севернее 60° с.ш.

Изменения продолжительности ледостава и толщины льда на больших реках имеют огромное значение для Сибирского и Дальневосточного ФО, особенно для Якутии, Магаданской области и Чукотского АО, где основной объем грузов доставляется по рекам - летом судами, а зимой автомобильным транспортом.

Прогнозируемое увеличение годового и меженного стока и продолжительности навигации практически для всех крупных рек РФ благоприятствует развитию речного судоходства и увеличению объема грузоперевозок. Открывающиеся возможности развития речного судоходства могут быть в полной мере реализованы при возобновлении дноуглубительных работ на перекатах судоходных рек в объемах, которые выполнялись в начале 1990-х гг.

4.4.3 Наводнения и паводки

При потеплении климата наиболее опасными последствиями представляются наводнения и паводки. В перспективе ожидается увеличение примерно в два раза частоты максимальных уровней наводнений в результате муссонных осадков в Дальневосточном ФО, заторных наводнений на р. Лене и на ряде других сибирских рек.

Частота паводков, вызванных сильными дождями Дальнем Востоке увеличится в 1.2-1.5 раза. Если сейчас они повторяются один раз в 10-15 лет, то в первой четверти 21-го в. они будут повторяться с периодичностью 1 раз в 7-12 лет.

Для кардинального улучшения борьбы с катастрофическими наводнениями необходимо перейти от практикуемой в настоящее время стратегии ликвидации последствий, как непредсказуемого и неуправляемого природного явления, к стратегии предупреждения и предотвращения наводнений и управления их риском. Для этого необходимо:

– Создание бассейновых систем прогнозирования и предупреждения и защиты от наводнений (на реках Северного Кавказа и в Приморье);

– Реорганизация существующей системы гидрометеорологических наблюдений, техническое перевооружение наблюдательной сети Росгидромета;

– Упорядочение землепользования в зоне риска от наводнений на основе надежной оценки зон затопления, уязвимости и риска;

– Совершенствование нормативно-правовой базы, определяющей четкую ответственность федеральных органов и местной администрации за последствия катастрофических наводнений;

– Создание современной системы страхования от наводнений, какие существуют в развитых странах.

В отношении борьбы с наводнениями в Санкт-Петербурге необходимо в возможно сжатые сроки достроить и ввести в действие комплекс по защите города от наводнений.

4.5 Сельское хозяйство

В силу большого разнообразия почвенно-климатических условий РФ программа адаптации сельского хозяйства к изменениям климата должна носить региональный характер, оставаясь при этом комплексной и системной. Необходимость системного подхода определяется тем, что в силу рыночного характера современного сельскохозяйственного производства перспективы его развития в регионах определяются местными почвенно-климатическими условиями и динамикой российских и мировых цен на зерно.

4.5.1 Оптимизация размещения сельскохозяйственных культур с учетом наблюдаемых и прогнозируемых изменений климата

При сложившейся к настоящему времени структуре посевных площадей наблюдается неоправданная мозаичность приоритетных культур даже в сопредельных областях и

районах. Такая явно неадаптивная структура является одной из важных причин неэффективности российского сельского хозяйства.

Перераспределение посевных площадей между регионами ЕТР с учетом их климатообусловленной урожайности за прошлые годы могло бы привести к росту валовых сборов зерна ярового ячменя на 29%, яровой пшеницы - на 67%, и озимой пшеницы - на 15%. Оптимизация размещения сельскохозяйственных культур возможна, если достижение социально-экономической стабильности и продовольственной безопасности РФ становится целью государственного макроэкономического регулирования.

По мере развития глобального потепления будет изменяться физико-географическая зональность территории РФ. Ожидается сокращение площади полярно-тундровой зоны. Во второй половине XXI в. тундра на ЕТР должна практически исчезнуть. Значительно сократится и площадь тайги, но расширится пояс широколистных лесов.

Предсказываемые изменения дат перехода ТВП через 0°С весной и сроков снеготаяния свидетельствуют в пользу более ранней весенней вегетации. На Нечерноземье в период 2020-2030 гг. сев яровой пшеницы может осуществляться на 15-18 дней ранее средних многолетних дат, а озимой пшеницы - примерно на 1,5-2 недели позднее.

Оценки изменений сумм ТВП выше 10°С и 15°С и продолжительности соответствующих им периодов указывают на возможность смещение зоны посевов яровых культур - пшеницы, ячменя, овса и кукурузы на силос - к северу. Для просяных культур и твердой пшеницы, более требовательных к теплу, смещение посевов может осуществляться, в основном, к востоку.

К 2020-2025 гг. выделяется обширная область от северо-востока ЕТР до озера Байкал, в которой минимальные значения ТВП зимой уже не будут приводить к вымерзанию посевов озимых культур. Возделывание озимой пшеницы станет возможным на территории всей современной зоны товарного земледелия в Западной Сибири. Наконец, ожидаемые изменения климата будут способствовать росту содержания гумуса в пахотных почвах Нечерноземья, что повысит их плодородие.

К негативным последствиям ожидаемых изменений климата следует отнести возрастающую уязвимость сельскохозяйственных культур к воздействию вредителей и болезней и, кроме того, засоренность посевов новыми видами сорняков.

4.5.2 Система мер для повышения эффективности сельского хозяйства РФ в условиях изменяющегося климата

Расчеты, выполненные разными авторами, показывают, что биоклиматический потенциал (БКП) территории РФ (в отличие от урожайности отдельных культур) при потеплении климата повысится. В принципе, рост БКП (при прочих равных условиях) может приводить к снижению урожайности некоторых сельскохозяйственных культур, произрастающих в умеренной зоне -пшеница, картофель и др. Урожай таких культур снижается из-за сокращения вегетационного периода при повышении температуры воздуха. Чтобы продуктивность земледелия росла пропорционально росту БКП, необходима адаптация - замена используемых сортов (гибридов) на более позднеспелые и продуктивные (например, на яровую пшеницу и кукурузу).

В зоне достаточного увлажнения адаптационные экономические меры должны быть направлены на использование связанных с потеплением климата дополнительных ресурсов путем:

расширения посевов более позднеспелых и более урожайных видов (сортов) зерновых культур кукурузы, подсолнечника, позднеспелых сортов картофеля, рапса и др.;

- увеличения применения удобрений и средств химизации, которые более эффективны в условиях более теплого и влажного климата;
- расширения свеклосеяния, повышения доли более теплолюбивых видов кормовых культур - сои, люцерны и др.;

- повышения удельного веса животноводства, базирующегося на «сенном» типе кормления для использования растущей кормовой базы;
- расширения посевов вторых - пожнивных сельскохозяйственных культур для использования более продолжительного вегетационного периода;
- уменьшения затрат на корма и обогрев рабочих помещений в результате сокращения периода стойлового содержания скота.

К негативным воздействиям изменений климата на территории достаточно увлажненной нечерноземной зоны следует отнести растущую уязвимость растениеводства к воздействию вредителей и болезней. Адаптационные меры здесь должны быть направлены на уменьшение этой угрозы.

В зоне недостаточного увлажнения адаптационные экономические меры должны быть направлены не только на использование дополнительных тепловых ресурсов, но и на экономное расходование водных ресурсов путем:

- более широкого внедрения влагосберегающих технологий (снегозадержание, уменьшение непродуктивного испарения и т.д.);
- расширения посевов более засухоустойчивых культур - прежде всего кукурузы, а также подсолнечника, проса и др.;
- расширения посевов озимых культур - пшеницы в степных районах Поволжья, Урала и Западной Сибири, ячменя на Северном Кавказе, в Ростовской и Волгоградской областях;
- расширения орошаемого земледелия, которое следует рассматривать не только как самую кардинальную меру борьбы с ростом засушливости климата, но и как необходимое условие для наиболее полного использования в растениеводстве дополнительных тепловых ресурсов.

4.5.3 Система мер по обеспечению продовольственной безопасности и устойчивого развития

Сельское хозяйство как социоэкономическая система отличается высоким консерватизмом. Причем именно высокая консервативность является главной причиной того, что вся его история сопровождалась кризисами, в основе которых лежали неспособности существующих систем земледелия обеспечить все возрастающее население продуктами питания. Можно предположить, что относительно быстрые в новейшей истории изменения климата, начавшиеся в середине 1970-х гг., уменьшили складывающуюся десятилетиями степень адаптированности сельского хозяйства к локальным условиям природной среды. Для обеспечения продовольственной безопасности РФ в условиях изменяющегося климата, необходима система мер разной степени значимости. Для нашей континентальной страны необходимо коренное изменения географии земледелия путем продвижения его в более северные, достаточно увлажненные зоны с целью создания устойчивого и надежного сельского хозяйства.

Должны быть приняты меры по стабилизации валовых сборов зерна в связи с прогнозируемым потеплением климата. В этой связи следует разработать рекомендации по оптимизации размещения и состава выращиваемых сельскохозяйственных культур как на межрегиональном уровне, так и в пределах каждого региона с учетом междугодичной изменчивости температуры и осадков.

Для обеспечения стабильности производства продовольствия в условиях потепления климата необходимо развитие орошаемого земледелия, которое позволяет оптимальным образом использовать растущие тепловые ресурсы. Развитие орошаемого земледелия лимитируется доступной для изъятия долей стока рек, зависящей, в свою очередь, от ожидаемых климатических условий. Стратегическое значение в этой связи имеют прогнозы водности таких рек, как Волга, Дон, Кубань, Иртыш и др.

Полученные оценки по различным моделям и многим сценариям изменений климата дают совпадающие результаты - на территории нечерноземной зоны ожидается рост теплообеспеченности сельскохозяйственных культур, биоклиматического потенциала и запасов органического углерода в пахотных почвах. Как следствие этого прогнозируется устойчивый рост продуктивности сельского хозяйства до середины или, возможно, до конца XXI в.

Необходимо принять неотложные меры по адаптивной интенсификации АПК нечерноземной зоны РФ и, в первую очередь, в Центральном и Северо-Западном ФО, включая Калининградскую область, где ожидается существенное потепление климата. На этой территории необходимо обеспечить уровень применения органических и минеральных удобрений, мелиорантов и средств защиты растений по нормам, принятым для аналогичных почвенно-климатических условий в странах ЕС. Эта мера приведет к 2-3 кратному росту продуктивности сельского хозяйства.

Учитывая прогнозируемый рост теплообеспеченности, биоклиматического потенциала и, в целом, достаточную увлажненность сельскохозяйственной зоны Дальневосточного ФО представляются обоснованными те же рекомендации, что и для нечерноземной зоны ЕТР.

Для Центрально-Черноземных областей первоочередными мерами по стабилизации сельскохозяйственного производства являются: внедрение влагосберегающих технологий, включая сохранение или даже расширение площадей под чистыми или занятыми парами, увеличения доли озимых зерновых культур, расширение посевов засухоустойчивых культур -кукурузы, сорго и проса.

Для Сибирского ФО (центр, юг) рекомендуется более полное использование системы борьбы с засухами, адаптированной к условиям резко континентального климата. Благоприятным фактором для этого региона является рост продолжительности теплого периода года и связанное с этим улучшение условий уборки сельскохозяйственных культур.

На Южного, Приволжского, Уральского (юг) и Сибирского (центр, юг) ФО рекомендуется расширение площадей занятых озимыми зерновыми более урожайными, чем яровые культуры и расширение посевов дефицитных для России сельскохозяйственных культур, проявляющих высокие требования к теплу. Это, в первую очередь, относится к производству зерна кукурузы, которые сейчас, в основном, импортируется, и к расширению посевов сахарной свеклы. Это должно привести к уменьшению существующей зависимости от импорта сахара и сахарного сырья, а также посевов масличных культур.

Наблюдаемые изменения климата Южного, Уральского и Сибирского ФО не подтверждают пока прогнозов его аридизации. Тем не менее, такой сценарий изменения климата черноземной зоны России следует рассматривать как весьма вероятным в XXI в., что может служить основанием для принятия следующих превентивных мер.

1. Приволжский, Южный и Уральский ФО, поставляющие наибольшее количество продовольственного экспортного зерна должны, иметь возможность расширения необходимых посевных площадей для компенсации недоборов зерна, связанных с ростом повторяемости засух в этих регионах. Эти площади должны освобождаться в результате переноса производства соответствующих объемов фуражного зерна за пределы зоны рискованного земледелия.

2. Должна быть разработана и принята система мер, уменьшающих межгодичную изменчивость валовых сборов зерна в засушливых регионах. Устойчивость зернового производства зависит от сочетания посевов различных зерновых культур. При этом, чем ниже коэффициенты парной корреляции рядов урожайности, тем более устойчиво производство зерна. С точки зрения устойчивости полезно сочетаются озимые и яровые культуры, просо (особенно с яровой пшеницей и овсом), озимая рожь с яровой пшеницей и т.д., устойчивость валовых сборов повышается в результате концентрации производства в географически удаленных регионах и т.д.

3. Должны быть предусмотрены возможности создания значительных страховых запасов зерна (рекомендуемая величина этих запасов порядка 21 млн. тонн). На такое увеличение урожая за счет благоприятных агрометеорологических условий должны ориентироваться резервные мощности зернохранилищ, а также обеспеченность хозяйств уборочной техникой.

4. Должно быть предусмотрено расширение экономически рентабельного орошаемого земледелия, особенно для Приволжского и Южного ФО с учетом того, что потепление климата повышает его эффективность. Расширение массивов поливных земель - самый радикальный путь интенсификации и стабилизации сельскохозяйственного производства.

5. На территории Южного и Приволжского (Нижняя Волга) ФО должны быть созданы расширяющиеся по мере потепления климата зоны высокоинтенсивного субтропического земледелия, аналогом которой является современное сельское хозяйство Узбекистана (производство хлопка, субтропических фруктов, винограда и т.д.)

4.6 Здоровье человека

На здоровье и самочувствие человека существенное влияние оказывают температура и влажность воздуха, напряжённость солнечной радиации, атмосферное давление, скорость ветра, а также комплекс метеорологических величин, выраженных в виде эквивалентно-эффективных температур, душных погод, индексов дискомфорта и т.д., а также частота опасных атмосферных явлений. От этих величин зависит организация рекреации: санитарно-гигиенический режим зданий, физиологическое состояние человека, терапевтические и профилактические мероприятия, патологии здоровья человека (заболевания сердечно-сосудистые; хронические неспецифические заболевания органов дыхания; ревматические и простудные заболевания, кожные болезни и др.)

На территории РФ наибольшее потепление (на 1.2-1.4°С) в следующем десятилетии произойдет в северных районах Северо-Западного, Уральского, Сибирского и Дальневосточного ФО, а наименьшее (менее чем на 1°С) - в Южном и Центральном ФО. Поскольку потепление предположительно будет происходить в холодную часть года, суровость зимних условий уменьшится, очень холодные периоды будут наблюдаться реже, что положительно повлияет на здоровье населения. В летние месяцы сохранится присущий этим районам дискомфорт.

Неблагоприятные условия летом будут преобладать на юго-востоке Дальневосточного ФО из-за высокой влажности, и в Дагестане из-за высокой температуры воздуха. Зима станет более мягкой в Южном и Центральном ФО. Нет оснований ожидать здесь распространения трансмиссивных заболеваний (например, вследствие малярийных комаров).

Наибольшее влияние на здоровье человека оказывают волны тепла, которые в крупных городах могут приводить к большому количеству жертв. Больше всего от повышения температуры страдают жители городов, потому что региональное повышение температуры усиливается за счет городского «острова тепла». Количество смертей, связанных с перегревом, увеличилось в 2004 г. на 85% по сравнению с 1995 г. Волны тепла особенно опасны для более пожилых, детей и малообеспеченных людей.

Общие показатели смертности больше зимой, чем летом. Возможно, что более мягкие зимы уменьшат смертность, но взаимосвязь между зимней погодой и смертностью трудно интерпретировать, так как зимние болезни, например, такие как грипп, часто являются причиной смерти, но неясно, как влияет изменение климата на перенос инфекции. Чистый эффект от влияния изменения климата на зимнюю смертность в высшей степени не определен. В целом для здоровья населения РФ возможное потепление климата будет скорее благоприятными.

4.7 Первоочередные задачи, связанные с учетом факторов меняющегося климата при разработке региональных программ устойчивого развития

Последствия изменения и изменчивости климата для экономики и социальной сферы можно оценивать двумя способами. Во-первых, можно экстраполировать наблюдаемые тренды (долгопериодная естественная изменчивость климата накладывает очень жесткие ограничения на применимость этого способа). Во-вторых, можно использовать модели, основанные на имеющихся знаниях о зависимости между климатическими условиями и показателями тех или иных видов хозяйственной деятельности и социальной среды. Для оценки последствий климатических изменений необходимо решить следующие задачи:

– установить исходные взаимосвязи между климатическими изменениями и объектом или процессами в экономике, социальной сфере и т.п.;

– получить данные о первых проявлениях влияния изменений климата;

– выбрать модели прогнозирования с учетом текущих изменений климата и на основе сценариев и модели последствий;

– оценить варианты адаптации и сопутствующие выгоды и издержки, связанные с мерами по уменьшению воздействий и адаптацией.

При решении этих задач необходимо описывать и объяснять все неопределенности, имеющие отношение к проблеме. Потребители должны участвовать в формулировании оценок и интерпретации риска, т.к. восприятие последних зависит от системы ценностей и социальных условий потребителя.

От изменений климата в долгосрочной перспективе рискуют пострадать в той или иной степени все отрасли экономики и социальной сферы: водоснабжение, продовольственные ресурсы, энергетика, строительство, транспорт и др. В таблице 4.1, подводящей итог настоящему разделу, приводятся некоторые адаптационные меры в связи с возможными изменениями климата в различных ФО РФ в ближайшее десятилетие. Эту таблицу не следует рассматривать как непосредственное руководство к действию, но лишь как неполный пример - отправную точку для соответствующего раздела Национального доклада об оценках изменения климата и их последствий на территории РФ, необходимость регулярной подготовки которого обосновывается в разделе 8.

Таблица 4.1

Некоторые региональные последствия возможных изменения климата в ближайшее десятилетие и примеры адаптационных мер для ФО РФ.

Федеральный округ	Региональные изменения климата и их последствия
СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ	Изменения климата: Повышение ТВП, небольшое увеличение количества осадков. Возросшая изменчивость ТВП. Увеличение повторяемости оттепелей и заморозков. Последствия: Сокращение отопительного периода на 2-3 дня (стоимость отопительного дня примерно 8-10 млн. рублей), в отдельные годы, вместо экономии, расход за одни сутки того же порядка. Сокращение вдвое долговечности блочных и панельных зданий, ухудшение качества теплоснабжения. Летом - возрастание пожароопасности. Адаптационные мероприятия: реконструкция блочных и панельных зданий; пересмотр нормативов по теплосопротивлению зданий; обновление нормативов по отоплению раз в три года, разработка методики раннего предупреждения об аномалиях тепла и холода; повышенная охрана лесов.

Федеральный округ	**Региональные изменения климата и их последствия**
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ	Изменения климата: Сравнительно небольшое повышение ТВП, более сильное зимой. Увеличение повторяемости смерчей и ураганов. Последствия: Сокращение отопительного периода на 1-2 дня. Возрастание повторяемости пожаров. Увеличение аварий на ЛЭП и гибели людей (стоимость установки опоры ЛЭП 1 млн. рублей, ущерб от аварий не менее 3 млн. рублей) Адаптационные мероприятия: Совершенствование конструкций функционирующих АЭС и исключения строительства новых. Разработка систем раннего предупреждения о смерчах, ураганах, пожароопасности, волнах тепла и холода, профилактические мероприятия для пожилых людей и детей.
ЮЖНЫЙ	Изменения климата: Минимальное для РФ повышение ТВП, в основном летнее, небольшое уменьшение осадков, возрастание засушливости, повторяемости смерчей. Последствия: Нехватка воды в отдельных районах. Возрастание продолжительности и интенсивности жаркой погоды. Учащение инфарктов и инсультов, ухудшение самочувствия населения. Адаптационные мероприятия: Развитие кондиционирования не только промышленного, но и бытового. Развитие рекреационных систем. Усовершенствование систем управления водными ресурсами. В частности, важно увеличить возможности перераспределения воды между различными отраслями экономики (например, между сельскими и коммунальными службами).
ПРИВОЛЖСКИЙ	Изменения климата: Ожидаемое умеренное потепление как зимой, так и летом, небольшое увеличение осадков. Последствия: Возрастание повторяемости засух, уменьшение БКП и урожайности. Учащение летом экстремальных температур. Адаптационные мероприятия: совершенствование систем управления водными ресурсами, составление программ по развитию гелиоэнергетики и рекреационному районированию в различные сезоны. В сельском хозяйстве - посевы засухоустойчивых культур.
УРАЛЬСКИЙ	Изменения климата: Ожидаемое значительное потепление, особенно зимой. Возрастание повторяемости штормовых ветров, увеличение засушливости в южной части округа. Последствия: Сокращение отопительного периода на 4-5 дней. В северной части округа возможно таяние вечной мерзлоты. В южной части - возрастание повторяемости засух и жарких периодов, опасных для здоровья. Адаптационные мероприятия: в северной части обеспечение безопасной эксплуатации нефтегазопроводов (урало-сибирского и юго-западного). В дальнейшем - укрепление трубопроводного транспорта В южных районах - увеличение теплосопротивления ограждающих конструкций в связи с повышением летних температур, совершенствование программ управления водными ресурсами, развитию гелиоэнергетики. Расширение использования бытового и промышленного кондиционирования.

СИБИРСКИЙ	Изменения климата: Ожидаемое сильное потепление в северной части, умеренное - в центральной и южной частях, не только зимой, но и летом. На севере - возрастание повторяемости штормовых ветров, небольшое увеличение осадков. Увеличение повторяемости опасных явлений. Последствия: Сокращение отопительного периода на 4-5 дней в северной части округа и на 3-4 дня - в южной. Таяние вечной мерзлоты в южной части до 30 см. Возрастание повторяемости пожаров в юго-восточной части. Увеличение повторяемости оползней и селей в связи с быстрым таянием снега на юге округа. Адаптационные мероприятия: Слежение за безопасностью функционирования линейных сооружений трубопроводов и железнодорожных магистралей. Предусмотреть при проектировании новых трубопроводов дополнительную прочность. Разработка систем раннего предупреждения о наводнениях, лавинах, селях, оползнях и пожароопасности весной и летом. Внесение изменений в главу СНиП «Нагрузки на гидротехнические сооружения» в связи с увеличением стока и скорости снеготаяния весной. Развитие систем рекреации и курортов в Забайкалье
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ	Изменения климата: Значительное потепление зимой, особенно на северо-востоке округа, и умеренное летом. Небольшое увеличение осадков зимой и летом. Возрастание повторяемости сильных и штормовых ветров, особенно на Чукотке и Сахалине. Последствия: Сокращение отопительного периода повсеместно на 4-5 дней. Таяние вечной мерзлоты в южной части. Адаптационные мероприятия: развитие ветроэнергетики в восточной части округа и гелиоэнергетики в южной, особенно в Приморье. Развитие рекреации и курортно-санаторных учреждений. Упрочнение линейных сооружений.

ПЕРВООЧЕРЕДНЫЕ ЗАДАЧИ, СВЯЗАННЫЕ С УЧЕТОМ ФАКТОРОВ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА ПРИ РАЗРАБОТКЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРОГРАММ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ, МОГУТ РЕШАТЬСЯ В РАМКАХ ПОДГОТОВКИ И НА ОСНОВЕ НАЦИОНАЛЬНОГО ДОКЛАДА ОБ ОЦЕНКАХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ИХ ПОСЛЕДСТВИЙ НА ТЕРРИТОРИИ РФ. ЧЕМ ПОЗДНЕЕ БУДУТ СФОРМУЛИРОВАНЫ И ПРИНЯТЫ НАДЛЕЖАЩИЕ МЕРЫ ПО АДАПТАЦИИ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И СОЦИАЛЬНЫХ СТРУКТУР К МЕНЯЮЩЕМУСЯ КЛИМАТУ, ТЕМ БОЛЬШИМИ БУДУТ ЗАТРАТЫ.

5. Учет факторов меняющегося климата в обеспечении развития ресурсосберегающей энергетики

5.1 Роль энергетики в экономике России.

Энергетика находится в основе жизнедеятельности государства, являясь стратегически важной отраслью. От устойчивой работы энергетики зависит эффективное развитие страны, конкурентоспособность экономики, обеспечение надежного функционирования жилищно-коммунального комплекса. В настоящее время стоит вопрос о создании национального энергетического проекта, в котором будут задействованы разные ведомства. Вопросы энергетики являются тем более важными из-за климатических особенностей России.

Энергия – это не просто продукт потребления, но и необходимое средство эффективного использования капиталовложений, производственных сил и условий проживания населения. Мировое потребление энергии, измеряемое в тоннах нефтяного эквивалента, составляет величину, эквивалентную более 10 млрд. т нефти или в среднем более 1.6 т на человека.

Россия по потреблению энергии в абсолютном размере занимает 3 место (после США и Китая). По оценкам международных экспертов [91] в ближайшие 30 лет мировое потребление энергии будет возрастать на 1,8% в год, а энергоинтенсивность снизится на 1,2% в год.

Энергетическая отрасль включает добычу топлива, его транспортировку, преобразование в тепловую и электрическую энергию, энергопередачу, распределение и потребление энергии (рис. 5.1).

Все перечисленные составляющие энергетики являются климатозависимыми и одновременно климатообразующими. Однако, как следует из рис.5.1, на них влияют разные особенности климата, которые выражены соответствующими специализированными показателями.

5.2 Атомная и тепловая энергетика

На долю атомных электростанций (АЭС) приходится около 16% производимой в РФ энергии. В настоящее время рассматривается новая программа дальнейшего развития энергетики, в которой предусматривается повышение роли и увеличение числа АЭС в последующие 20 лет. Эта программа содержит 2 сценария: в соответствии с “минимальным” мощность АЭС должна достигнуть 30,2 ГВт к 2010 г. и 33 ГВт к 2020 г.; по “максимальному” сценарию данный показатель к 2010 г. составит 33,2 ГВт, к 2020 г. – 48,4 ГВт. Преимуществом атомной энергетики по отношению к тепловой является очень малое количество требуемого топлива – урана, а следовательно, его транспортабельность. При расходе 1 кг урана-235 выделяется тепло, эквивалентное сжиганию 2,5 тонн угля. Данное свойство АЭС создает маневренность их размещения.

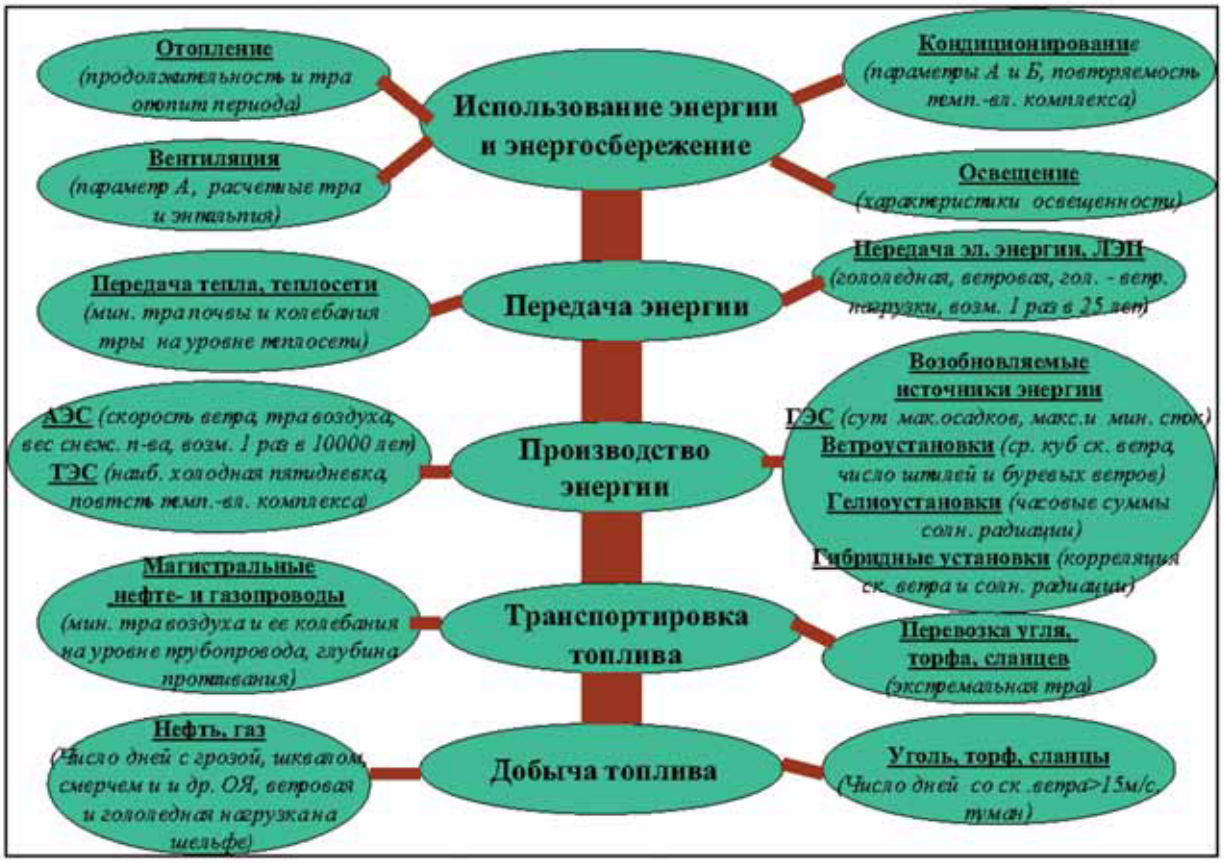


Рис. 5.1. «Дерево» энергоклиматических ресурсов

Безопасность функционирования АЭС в значительной мере определяется климатическими условиями. Специализированными климатическими показателями для работы атомных электростанций по установке МАГАТЭ [92] служат: вероятность смерчей, скорость ветра и температура, возможные 1 раз в 10 000 лет, повторяемость штилей. Большие значения всех указанных показателей являются опасными для безаварийной работы АЭС. Выбор этих характеристик объясняется следующими причинами:

– АЭС являются строениями повышенного класса надежности. Поэтому, по рекомендации МАГАТЭ при расчете ветровой нагрузки на эти сооружения используются расчетные скорости ветра редкой повторяемости (1 раз в 10 000 лет).

– Влияние смерча проявляется в резком возрастании скорости ветра, которая может превысить 40 м/с, перепаде давления, воздействии летящих предметов.

– Для нормальной работы АЭС важно бесперебойное функционирование конечного поглотителя тепла (КПТ). Конечным поглотителем тепла является атмосфера, водоем (пруд-охладитель) или грунтовые воды, представляющие собой среды, в одну из которых (или во все) переводится остаточное тепло при нормальной эксплуатации, при ожидаемых при эксплуатации событиях или аварийных условиях. Пруд-охладитель должен рассеивать остаточное тепло без подпитки бассейна в течение конкретного минимального промежутка времени (обычно 30 дней) в случае наименее благоприятных условий окружающей среды. Следовательно, необходима информация о тех критических характеристиках окружающей среды, которые имеют решающее значение с точки зрения теплообмена и потерь воды. Поэтому, еще одним из основных специализированных показателей климатических ресурсов является абсолютный максимум температуры воздуха.

Для того чтобы возможные выбросы радиоактивных веществ не накапливались в ближайшем окружении станции, необходима хорошая продуваемость территории. Следовательно, очень важной является информация о повторяемости штилей.

Указанный комплекс специализированных климатических показателей для безаварийного функционирования АЭС довольно близок к климатическим характеристикам, необходимым для оптимальной работы ТЭС. Теплоэлектростанции являются наиболее распространенным источником энергии в настоящее время. Они производят около 70% электроэнергии в РФ (рис. 5.2).

Специализированными климатическими показателями для работы ТЭС служат: вероятность смерчей, максимальное годовое число дней, возможное 1 раз в 100 лет с опасным ветром, среднее число дней с температурой воздуха выше 30 ^{0}C и относительной влажностью менее 50% за год. Чем выше значения указанных климатических показателей, тем хуже условия для нормальной работы ТЭС.

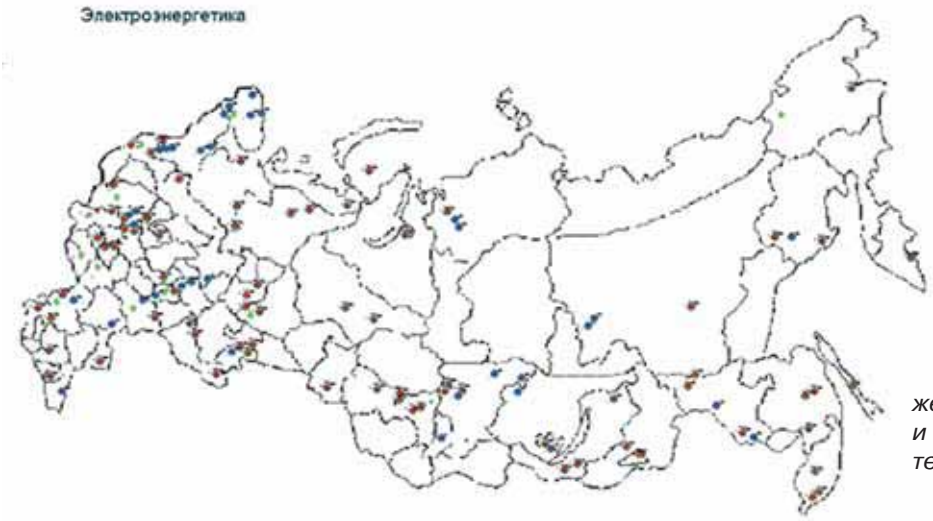


Рис. 5.2 Карта расположения атомных, тепловых и гидроэлектростанций на территории России

Таким образом, наиболее важными характеристиками для работы АЭС и ТЭС являются повторяемость опасных явлений (ОЯ), связанных с экстремальными значениями температуры воздуха и скорости ветра. Значения этих характеристик по отдельным федеральным округам за период с 1961 по 2001 гг. менялись следующим образом:

В Северо-западном ФО наблюдалось уменьшение максимальных скоростей ветра примерно на 1 м/с. При этом повторяемость штилей увеличилась с 5 до 7%. Рост годовых максимумов температуры воздуха на территории округа составил около 3-5^{0}C.

В Центральном ФО наблюдалось максимальная скорость ветра уменьшилась на 1-2 м/с. Повторяемость штилей при этом возросла с 10 до 12-15%. Увеличение годовых максимумов температуры воздуха на территории округа произошло примерно на 2^{0}C.

В горных районах Южного ФО максимальные скорости ветра возросли на 1.5-2.0 м/с, повторяемость штилей уменьшилась с 20 до 15%. На равнине максимальные скорости ветра уменьшились примерно на 1.5-2.0 м/с, повторяемость штилей возросла с 10 до 12%. Увеличение максимальной температуры воздуха достигло приблизительно 2-4^{0}C. Кроме того, на территории округа происходило уменьшение осадков в летний период.

В Приволжском ФО максимальные скорости ветра уменьшились на 1-2 м/с, повторяемость штилей возросла с 10 до 12%. Увеличение годовых максимумов температуры воздуха составило примерно 2^{0}C.

В северной части Уральского ФО максимальные скорости ветра уменьшились примерно на 1.5-2.0 м/с, повторяемость штилей возросла с 10 до 12%. Максимальные температуры воздуха возросла примерно на 3^{0}C.

На юге Уральского ФО и юго-западе Сибирского ФО наблюдалось значительное уменьшение максимальных скоростей ветра – примерно на 2-2,5 м/с. Повторяемость

штилей при этом возросла с 10 до 12%. Максимальные температуры воздуха увеличились приблизительно на 2-3^{0}С.

На севере Сибирского ФО максимальные скорости ветра немного возросли (на 0,5-1м/с), а повторяемость штилей уменьшилась с 20 до15%. Максимальные температуры воздуха увеличились примерно на 2^{0}С.

На юге и в центре Сибирского ФО максимальные скорости ветра остаются на прежнем уровне или незначительно возросли (примерно, на 0,5м/с). При этом повторяемость штилей уменьшилась с 30 до 25%. Максимальные температуры воздуха увеличились на 2-3^{0}С.

На юго-востоке Сибирского ФО наблюдается небольшое увеличение максимальных скоростей ветра – на 0,5 м/с, и уменьшение повторяемости штилей с 30 до 25%. Максимальные температуры воздуха возросли приблизительно на 3^{0}С.

На северо-западе и в центре Дальневосточного ФО наблюдалась довольно пестрая картина изменения скоростей ветра. В среднем по территории максимальные скорости ветра и повторяемость штилей не изменились. Максимальные температуры воздуха увеличились на 2-3^{0}С.

На северо-востоке Дальневосточного ФО максимальные скорости ветра на побережье возросли на 1-2 м/с (особенно в Магаданской области и на Камчатке), а повторяемость штилей уменьшилась с 10 до 7 %. В континентальных районах максимальные скорости ветра уменьшились примерно на 1 м/с. Повторяемость штилей при этом возросла с 20 до 25%. Увеличение максимальной температуры воздуха достигло 3-4^{0}С. Аналогичная ситуация наблюдается и на юго-востоке Дальневосточного ФО.

Учитывая, что тенденции изменения температурных и ветровых показателей сохранятся в ближайшее десятилетие, можно сделать следующие выводы о проекции климатических условий, определяющих функционирование АЭС и ТЭС к 2015 году, а также определить адаптационные мероприятия, целесообразные в каждом конкретном федеральном округе:

Наиболее неблагоприятные условия для работы АЭС и ТЭС складываются в Южном ФО, а также в южных районах Уральского и Сибирского ФО, где значительный рост максимальных температур воздуха наблюдается на фоне высоких значений этой характеристики. Кроме того, он сочетается с уменьшением количества осадков в летний период. Эти факторы, действуя совместно, приводят к нагреванию прудов-охладителей и затрудняют функционирования охладительных систем АЭС и ТЭС. В этих районах отмечено также увеличение повторяемости штилей, что может привести к накоплению радиоактивных веществ в ближайшем окружении АЭС. Аналогичная ситуация, но на фоне более низких температур и некоторого увеличения сумм осадков, наблюдается в Центральном и Приволжском ФО, а также в центре, на юге и юго-востоке Сибирского ФО. Во всех указанных округах необходимо обеспечить дополнительные возможности для охлаждения рабочих блоков электростанций, а также сделать более надежной работу очистительных систем, чтобы свести к минимуму возможное загрязнение воздуха.

В северных районах Уральского и Сибирского ФО, а также на территории Северо-западного и Дальневосточного ФО максимальные температуры воздуха более низкие, и их рост не может представлять опасность для работы АЭС и ТЭС. Поэтому указанные округа являются оптимальными для размещения электростанций этих типов.

Надо отметить, что на территории России в период с 1960 по 2004 гг. наблюдалась тенденция к увеличению повторяемости количества опасных явлений: от 140 в 1960 г. до 260 в 2004 г. При этом, несмотря на снижение средних скоростей ветра в ряде федеральных округов, наибольшую долю из них (37%) составляли опасных явлений, связанные с ветром. Однако наибольшее количество опасных явлений наблюдалось в Центральном, Приволжском, Южном ФО, а также на юге Уральского и Сибирского ФО. Поэтому в этих районах необходимо ужесточить требования к проектировочным характеристикам электростанций, чтобы повысить надежность их работы в тех случаях, когда максимальные скорости ветра выходят за пределы проектных значений.

В настоящее время энергетическая отрасль нуждается в срочном реформировании. За последние 15 лет энергетика не получает инвестиций и дотирует экономику страны. Ввод новых мощностей сократился. Оборудование генерирующих мощностей и теплосетей изношено. В ближайшие 3-4 года энергетики вынуждены будут использовать малые газотурбинные установки, т.к. создание и управление большими мощностями представляет собой особую науку и требует очень больших капиталовложений. Наиболее перспективными в большой энергетике являются парогазовые установки, создание которых требует нескольких лет. Для того, чтобы обеспечить в будущем большую энергетику климатической информацией, необходимо уже в ближайшее время выработать совместно со специалистами-энергетиками технологию использования эффективной климатологической информации.

5.3. Добыча и транспортировка ископаемого топлива

Уязвимость процессов добычи нефти, газа, угля, сланцев и их транспортировки связана с частотой опасных метеорологических явлений погоды (гроз, метелей, пыльных бурь, опасных осадков, скоростей ветра более 20 м/с, пожароопасности 4-5 баллов). В зонах вечной мерзлоты ущерб может возникнуть за счет более глубокого протаивания в связи с потеплением. При добыче нефти и газа на морском шельфе опасность для эксплуатации буровых установок представляют большие ветровые и гололедные нагрузки.

Повторяемость опасных явлений в последние годы возросла на всем северном побережье Российской Федерации. Именно вблизи побережья расположены основные нефтегазовые месторождения (например, Штокмановское и др.)

Для предотвращения ущерба, который может составить сотни млн. рублей, необходимы заблаговременные меры по созданию достаточной прочности и укреплению буровых установок. Тем не менее, останутся непредотвратимыми потери за счет прекращения работы установок при возникновении опасных явлений.

В засушливых районах, на предприятиях горнодобывающей промышленности, где в производственном цикле требуется вода, необходимо создавать дополнительные резервуары, а также использовать дождевую воду.

5.4 Передача энергии на ЛЭП

ЛЭП разрушаются при нагрузках, превышающих критические значения, что сказывается на энергоснабжении значительной территории в районе ЛЭП.

Поскольку скорость ветра уменьшилась в центральных и южных районах страны, где особенно часто происходят аварии на ЛЭП, частота аварий за счет ветровых нагрузок должна несколько сократиться. Вместе с тем, гололедные нагрузки в связи с потеплением, вероятно, возрастут, особенно в западной половине ЕТС. В этом случае следует рассчитать повторяемость «занормативных» нагрузок и рассмотреть меры по укреплению опоры ЛЭП. Кроме того раннее предупреждение позволит своевременно задействовать другие источники энергоснабжения региона. Ущерб от разрушения участков ЛЭП при нагрузках, значительно превышающих расчетные, неустраним и может составить несколько сотен миллионов рублей.

Вследствие потепления произойдет значительное снижение спроса на электроэнергию за счет сокращения отопительного периода. Каждый отопительный день на территории России стоит несколько десятков миллионов рублей, поэтому за счет более короткого отопительного периода будет достигнут большой экономический эффект. Повышение спроса на энергию для охлаждения зданий на территории России несравнимо с фактором экономии за счет отопления.

Последствием уменьшающегося спроса может оказаться изменение стоимости страхования и уменьшение масштабов страхования.

5.5. Экологически чистая ресурсосберегающая энергетика

Традиционные энергоносители осуществляют постоянно действующее техногенное воздействие на окружающую природу.

В связи с изменением климата и необходимостью выполнения Киотского протокола по снижению выбросов парниковых газов, а также стремлением регионов и стран к энергетической и экологической безопасности, наметилась новая тенденция развития мировой энергетики, выражающаяся в увеличении доли децентрализованного производства электрической и тепловой энергии за счет экологически чистых возобновляемых источников энергии.

Возобновляемые (неистощаемые) источники энергии - это источники энергии, действующие на основе постоянно существующих (солнечная, геотермальная) или периодически возникающих процессов в природе (ветровая, волновая, приливная), и также при жизненном цикле растительного, животного мира и человека. (биомасса).

Возобновляемые источники энергии не являются альтернативой существующей энергетики, они - существенная часть энергетики будущего, причем не такого уже далекого.

Ресурсы возобновляемой энергии огромны и доступны каждой стране. В таблице 5.1 представлены ресурсы нетрадиционных возобновляемых источников (НВИЭ) России и их энергетический эквивалент [93].

Таблица 5.1

Ресурсы нетрадиционных возобновляемых источников России, млн.т у.т. (по данным Министерства энергетики)

Ресурсы	Валовой потенциал	Технический Потенциал
Малая гидроэнергетика	360,4	124,6
Геотермальная энергия (глубиной до 3км)	180	20
Энергия биомассы	$1*10^3$	53
Солнечная энергия	$2,3*10^6$	2300
Энергия ветра	$26*10^3$	2000
Низкопотенциальное тепло	525	115

Примечание: 1 т у.т. = 8120 кВт·ч

Несмотря на огромный запас возобновляемой энергии, широкое развитие энергетики на базе ВИЭ сопряжено с решением ряда проблем. Основной из них является низкая плотность концентрации и случайно-детерминированный характер прихода энергии, требующих совершенных технологий преобразования и аккумулирования энергии.

В последние 10-20 лет XX столетия человечество стало активно двигаться в этом направлении, и в области использования ВМЭ наблюдается значительный прогресс. Во всем мире ведутся научные исследования по всем видам возобновляемых источников энергии. В разных странах уровень финансирования научных работ по возобновляемой энергетике составляет от 10 до 30%от объема финансирования всех работ по энергетике. Во многих странах обеспечен переход от стадии научно-исследовательских работ на стадию промышленного и коммерческого использования.

5.6. Гелиоэнергетика

5.6.1 Состояние и перспективы развития возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

Доля возобновляемых источников энергии в производстве электроэнергии в мире в 1999 году по данным Международного Энергетического Агентства (МГА) составила 1,6% от общей выработки электроэнергии, в странах Европейского союза – 2,69%, в странах-членах ОЕСД – 2,13%, В США – 2,21%, в России – 0,24%.

За период с 1995 по 2000 год по данным Американской (AWEA) и Европейской (EWA) ветроэнергетических ассоциаций отмечаются высокие среднегодовые темпы роста мощностей энергии, полученной от возобновляемых источников. В частности, рост установленной мощности ветроэнергетики составил ≈30%, фотоэнергетики ≈25%, геотермальной энергетики ≈7%, гидроэнергетики ≈2%. За этот же период темпы роста атомной энергетики и истощаемых видов топлива оказались на порядок ниже фотоэлектричества и ветроэнергетики.

Директивы Европейского Союза по стимулированию использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) устанавливают следующие объемы использования ВИЭ в ЕЭС [94].

к 2010 году:

– доля ВИЭ в потреблении энергии в странах ЕЭС году должна возрасти до 12%, а установленная мощность солнечных фотоэлектрических систем - увеличиться до 3 ГВт.

к 2030 году:

– прогнозируемая установленная мощность солнечных фотоэлектрических систем в мире составит 200-300 ГВт при стоимости 1000 евро/кВт и стоимости электроэнергии 0,05-0,12 евро/кВт•ч.

к 2040 году:

– мировое производство электроэнергии от возобновляемых источников энергии должно составить 82% от прогнозируемого мирового объема потребления электроэнергии. Основными возобновляемыми энергоресурсами в 2040 году (93%) будут солнечная энергия, биомасса, гидро- и ветровая энергии.

В настоящее время по развитию ветроэнергетики на первое место в мире вышла Германия, на второе – Испания, на третье – США, на четвертое – Дания, на пятое.- Индия.

Страны – лидеры в производстве фотоэлектрических модулей по данным на 2000год – Япония, США, Германия, Индия.

На основании статистических данных различных стран по ветроэнергетике, гелиоэнергетике и геотермальной энергетике, в [95] приведены сведения о состоянии и перспективе возобновляемой энергетики в мире.

Таблица 5.2

Возобновляемая энергетика – существующее состояние и ближняя перспектива

Вид оборудования или технология	Годы	
	2000 (факт)	2010 (прогноз)
1.Общая установленная мощность по производству электроэнергии Гвт(эл.)		
Солнечное фотоэлектричество	0,938	9,2
Ветроустановки, подключенные к сети	18	74

Малые ГЭС[1)]		70	175
Электростанции на биомассе[1)]		30	90
Солнечные термодинамические станции		0,4	10
Геотермальные электростанции		7,97	20,7
ИТОГО		127	378,9
2. Общая установленная мощность по производству тепла Гвт(тепл.)			
Геотермальные тепловые станции и установки		17,174	69,50
Солнечные коллекторы и системы	ГВт(тепл.)	13	55
	Млн. м^2	70	300
Теплоцентрали и котельные на биомассе		200	400
ИТОГО		230	424

Примечание: 1) Оценка авторов работы [95]

Таким образом, с достаточной степенью достоверности можно утверждать, что установленная мощность возобновляемой электроэнергетики в мире к 2010 году утроится, а по теплоэнергетике предполагается ее удвоение. Общую тенденцию изменения себестоимости выработки электроэнергии с учетом передовых достижений отдельных стран иллюстрирует табл.5.3 [94].

Таблица 5.3

Динамика изменения и прогноз себестоимости производства электроэнергии (цент/кВт·ч) (по данным зарубежных исследований)

Энергетические технологии	1980	1988	2000	2030
Фотоэлектрические станции	340	30	10	4
Солнечные термодинамические станции с концентраторами	240	84	6	5
Ветроэлектрические станции	32	8	5	3
Электростанции с использованием биомассы	857	16	8	5
Геотермальные электростанции	4	4	4	3

5.6.2 Состояние и перспективы использования ВИЭ на территории России.

Экономический потенциал возобновляемых источников энергии в России составляет 270 млн.т у.т. в год.

География распределения возобновляемых источников энергии на территории России такова, что практически в каждом субъекте Российской Федерации имеются два-три вида ВИЭ, при комплексном использовании которых удаленные не электрифицированные потребители могут быть в значительной степени обеспечены энергоресурсами [94].

Регионы Крайнего севера (от Кольского полуострова до Камчатки), прибрежные зоны Ледовитого и Тихого океанов, Балтийского и Каспийского морей обладают значительными энергоресурсами ветра. Зоны с благоприятными климатическими условиями для использования солнечной энергии (ежегодный приход солнечной радиации более 1000 кВт·ч на кв.м)составляют больше половины территории России, где проживает около 49 млн. сельских жителей и производится около 60% валового объема сельскохозяйственной продукции.

Горные районы Сибири, Дальнего Востока, Кавказа обладают значительными гидроэнергетическими ресурсами малых рек (технический потенциал микро-и малых ГЭС мощностью до 200 кВт оцениваются в 86,3 млрд. кВт·ч/год).

Месторождения термальных вод в районах Северного Кавказа, Камчатки, Сибирского плоскогорья и некоторых районов Дальнего Востока оцениваются в 20 млн. куб. м в сутки при температуре от 50 до 250оС.

Отходы растениеводства и животноводства, которые частично используются в качестве топлива, составляют около 340 млн.т в год.

Потребности России в развитии возобновляемых источников энергии состоят в следующем [96]:

1. Обеспечение устойчивого тепло- и электроснабжения населения и производства в зонах децентрализованного энергоснабжения, соответствующего принятым в аналогичных климатических условиях. В первую очередь это относится к районам Крайнего Севера и приравненных к ним территориям.

На топливо и его завоз в районы Крайнего Севера, Дальнего Востока и Сибири ежегодно тратится более половины бюджета территорий. В то время как в этих регионах имеются возобновляемые источники энергии, способные обеспечить энергетические потребности на 60-90%.

2. Обеспечение гарантированного минимума энергоснабжения населения и производства в зонах неустойчивого централизованного энергоснабжения, предотвращение ущербов от аварийных и ограничительных отключений, особенно в сельской местности.

Частые отключения потребителей от ФОРЭМ (федеральный оптовый рынок энергии и мощности) в связи с необходимостью экономии энергетических ресурсов перерывы в энергоснабжении из-за аварийных отключений наносят ущерб, оцениваемый миллиардами долларов в год. Создание в этих регионах независимых энергопроизводителей на базе возобновляемых источников и местных видов топлива позволит повысить надежность энергоснабжения и снизить потери в сетях.

3. Снижение в два и более раза к 2010 году вредных выбросов от традиционных энергетических установок, в отдельных городах и населенных пунктах со сложной экологической обстановкой, а также в местах массового отдыха населения.

Существенно снизить отрицательное воздействие энергетики на окружающую среду имеющимися средствами возобновляемой энергетики (солнечные приставки к существующим котельным, солнечные системы горячего водоснабжения, тепловые насосы и др.) можно в два-три года.

По данным [95], в 2000-2003 годах выработка электрической энергии всеми видами электростанций, работающих на возобновляемых источниках энергии, за период с 2000 по 2003 год увеличилась с 4,2 млрд. кВт•ч до 5,4 млрд. кВт•ч, что составляет 0,6% от общей выработки электроэнергии в России.

К этому времени были введены в эксплуатацию Мутновская Геотермальная электростанция мощностью 50 МВт, агрегаты ВЭС в Калининградской области общей мощностью 3,6 МВт, ветроагрегаты на Чукотке (1,5 МВт), около десятка малых ГЭС, в том числе на Камчатке (2 МВт), в республике Алтай (0,4 МВт), республике Тыва (0,165 МВт) и др.

С показателями хорошего международного уровня работают геотермальные станции (коэффициент использования располагаемой мощности 61%), малые ГЭС (60%), малые ТЭЦ, использующие биомассу (45%).

Тревогу вызывает работа ветроэлектростанций. Из шести ВЭС, общей мощностью 7 МВт, относительно стабильно работают только две - ветродизельная ВЭС на о. Беринга и в селе Никольское Камчатской области.

С увеличением сжигания биомассы на малых ТЭЦ и котельных, использованием тепловых насосов и гелиоустановок отпуск тепловой энергии за этот период вырос, но незначительно - с 57 млн. Гкал до 63 млн. Гкал.

Особо следует отметить интерес потребителей к сооружению гелиоустановок. Так, например, Южно-Русская энергетическая компания (г.Краснодар) разработала и внедрила в Краснодарском крае свыше 30 солнечных водонагревательных установок производительностью от 200л до 20м^3 горячей воды в сутки. По предварительным оценкам, срок окупаемости гелиоустановок находится в пределах от 3 до 7 лет. В целом в Краснодарском крае на 2001 г. эксплуатировалось 40 гелиоустановок с общей площадью солнечных коллекторов 3025 м^2 работающих до 12 лет. На 25 установках применены солнечные коллекторы Ковровского механического завода различных конструкций теплопоглощающей панели и теплоизоляции, имеющих наилучшее соотношение цена-качество. В качестве примера, ниже приводятся характеристики одной из солнечных установок:

г. Новороссийск, Широкая балка, база отдыха "Лесная поляна" (столовая, душевые)

(Гелиоустановка состоит из 68 солнечных коллекторов общей площадью 51м2 и бака – аккумулятора, размещенных на кровле здания)

Стоимость гелиоустановки - 7 250 $;

Стоимость сооружения

замещаемого традиционного топлива - 2 786 $;

Расчетное сезонное количество

вырабатываемой тепловой энергии, - 28 242 кВт • ч;

Стоимость замещаемой тепловой энергии,

вырабатываемой гелиоустановкой - 904 $;

Срок экономической окупаемости - 4,9 года.

Следует отметить, что, за исключением ветроустановок средней и большой мощности, отечественной наукой и промышленностью разработаны и выпускаются образцы оборудования для возобновляемой энергетики на достаточно высоком уровне, причем их цена ниже зарубежных аналогов на 20-40%.

Однако, несмотря на некоторую положительную тенденцию, масштабного использования ВИЭ в России нет, в отличие от многих стран мира, не говоря уже о странах "восьмерки".

Как отмечается в [95], развитию возобновляемой энергетики в России препятствует целый комплекс барьеров психологического, экономического, законодательного, информационного и технического аспектов. При всей важности экономического барьера, на первое место, по мнению авторов, следует поставить психологический.

Аспекты психологического барьера.

1. Россия располагает большим количеством запасов всех видов органического топлива, что создает иллюзию невозможности энергетического кризиса. При населении, составляющем 2,4% от населения мира, Россия обладает 12% мировых запасов нефти, 35% мировых запасов газа, 16% мировых запасов угля и 14% мировых запасов урана. Отсюда существует распространенное мнение о том, что нет особой необходимости в использовании ВИЭ. Однако это не так, поскольку общеизвестны острейшие энергетические ситуации, возникающие в ряде регионов страны. Кроме того, использование существующих запасов органического топлива требует все больших и больших капиталовложений.

2. Единичная мощность установок, работающих на ВИЭ, как правило, невелика – кВт, реже – МВт и еще реже – десятки МВт, в то время как энергетики привыкли к гигантским мощностям в сотни и тысячи МВт.

3. Привычка региональных руководителей к централизованным поставкам и надежда на то, что в экстремальных ситуациях регион обязательно получит помощь из центра.

Аспекты экономического барьера.

1. При огромном общем спросе на установки ВИЭ, в России очень низкий платежеспособный спрос населения. Зоны целесообразного привлечения к использованию ВИЭ приходятся, как правило, на дотационные субъекты РФ с очень низкой покупательной способностью населения и малым бюджетом районов. Сооружение объектов ВИЭ в этих регионах невозможно, поскольку на доставку топлива на дизельные станции уходит до 60% местных бюджетов.

2. Крайне малая поддержка государства (в 2002 году из федерального бюджета было выделено всего 78,5 млн. руб.). Отсутствуют налоговые льготы или какие-либо другие стимулирующие действия.

3. Отсутствие федеральных планов (целей) по объемам использования ВИЭ или вводу мощностей на базе ВИЭ. Наличие таких планов могло бы стать мощным стимулом притока частного капитала.

Аспекты технического барьера.

1. Потребителю, как правило, предлагается оборудование, а не установка (система), обеспечивающая гарантированное удовлетворение определенных потребностей человека.

2. Не развита инфраструктура по сервисному обслуживанию, ремонту, сооружению установок ВИЭ.

Законодательный барьер.

Отсутствие законодательных и нормативных актов и экономических регуляторов, обеспечивающих свободную поставку и продажу электроэнергии в энергосистему малыми и независимыми производителями энергии Государственная поддержка развития возобновляемой энергетики должна выражаться не только в увеличении бюджетных средств, но также в создании благоприятных условий производителям и потребителям оборудования, использующего ВИЭ. Это, в первую очередь, свободный доступ на рынок электроэнергии, льготное присоединение к электрическим сетям, регулирование энергетических тарифов и налогов на выбросы и загрязнение окружающей среды.

Информационный барьер.

В настоящее время преобладает мнение, что возобновляемая энергия, является экзотической и ее практическое использование дело отдаленного будущего. Преодолению этого заблуждения должны способствовать определенные меры в информационной сфере: консультации для индивидуальных покупателей, малых и средних предпринимателей, информирование об экологическом эффекте систем на ВИЭ за счет снижения выбросов CO_2 и т. п.

Многие из перечисленных выше препятствий уже не так прочны, но еще далеко не разрушены.

На разработку первоочередных мер по преодолению барьеров в развитии возобновляемой энергетики в России направлена научная и практическая деятельность целого ряда НИИ и НПО. Ведущая роль здесь принадлежит Всероссийскому научно-исследовательскому институту электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ), многие выводы из работ которого приводятся в данном обзоре [93, 94, 97, 98]. Учеными этого института разработан проект Энергетической стратегии России, на основании которого составлен прогноз производства электрической и тепловой энергии за счет использования местных ВИЭ.

Таблица 5.4.

Состояние и прогноз доли возобновляемых источников энергии в производстве электроэнергии в России, включая малые ГЭС (млрд.кВт·ч)

Показатели	2000 отчет	2001 отчет	2002 отчет	2005 прогноз	2010* прогноз	2015* прогноз	2020* прогноз
Производство электроэнергии (ВСЕГО)	877,8	891,3	892	928	995	1080	1175
В том числе на базе ВИЭ (ВСЕГО)	4,30	4,7	5,0	6,5	10,0	15	24,0
1.Малые и микро ГЭС	2,3	2,4	2,41	3,0	4,0	5,7	8,0
2.Тепловые станции на биомассе и отходах	1,9	2,2	2,43	3,3	4,3	6,3	11
3.Геотермальные электростанции	0,06	0,09	0,15	0,2	1,2	2,0	3,0
4.Ветровые станции	0,003	0,004	0,006	0,04	0,5	1,0	2,0
5.Фотоэлектрические, приливные и др.	-	-	-	-	0,01	0,02	0,03
Доля ВИЭ в производстве электроэнергии, %	0,5	0,53	0,56	0,7	1,0	1,4	2,0

Таблица 5.5

Доли возобновляемых источников энергии в России во внутреннем потреблении топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) (без дров)

Показатели		2000 отчет	2001 отчет	2002 отчет	2005 прогноз	2010* прогноз	2015* прогноз	2020* Прогноз
Внутреннее потребление, млн.т у.т.		925	956,7	943,6	1002	1050	1100	1160
Производство электрической энергии на базе ВИЭ	Млрд. кВт·ч	4,3	4,7	5,0	6,5	10,0	15	24,0
	Млн. т у.т.	1,6	1,8	1,9	2,5	3,8	5,7	9,0

Отпуск тепловой энергии на базе ВИЭ	Млн .Гкал	57,2	58,7	60,9	70	100	150	250
	Млн. т у.т.	9,1	9,4	9,7	11,2	16	24	40
Объем замещения органического топлива за счет ВИЭ, млн. т у.т.		10,7	11,2	11,6	13,7	19,8	29,7	49
Доля ВИЭ в потреблении первичных ТЭР, %		1,1	1,2	1,23	1,4	1,9	2,7	4,2

• За основу прогноза общего производства электрической и тепловой энергии принят первый вариант Энергетической стратегии России

В настоящее время метод преобразования солнечной энергии в тепловую является наиболее развитым. Использование солнечных коллекторов целесообразно для отопления, и особенно для горячего водоснабжения. Применение солнечных установок в режиме горячего водоснабжения целесообразно там, где не отапливаемый период длится не менее 5 месяцев. Рекомендуемая площадь коллектора на 1 человека составляет 1– 1,5 м^2. При фотоэлектрическом способе солнечная энергия наиболее эффективно может быть преобразована в постоянный электрический ток посредством солнечных элементов на основе кремния и арсенида галлия. Серийно выпускаемые в мире (США, Япония, Германия, Италия, Россия и некоторых других странах) солнечные элементы на основе монокристаллического кремния имеют КПД 12-17%, на основе поликристаллического кремния - 9-11%, на основе аморфного кремния – 7-8%. Рекордный для кремниевых солнечных элементов КПД составляет 23,2%, для арсенидогаллиевых 37%, что вполне сопоставимо с КПД современных тепловых и атомных станций. Преимущество фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) обусловлено их высокой экологичностью, надежностью, простотой обслуживания, эффективным использованием как прямой, так и рассеянной солнечной радиации, практически не ограниченным сроком службы. Модульный тип конструкции позволяет создавать установки практически любой мощности и делает их весьма перспективными. Недостатком ФЭП является их высокая стоимость и низкий КПД.

5.6.3 Солнечные энергетические ресурсы на территории России

Оценка солнечных энергетических ресурсов региона включает несколько этапов:

1.Определение природных ресурсов солнечной энергии или валового (теоретического) потенциала солнечной энергии (ВПСЭ).

ВПСЭ региона – это средняя многолетняя суммарная энергия солнечного излучения, падающая на площадь этого региона в течение одного года.

Исходным материалом для оценки солнечного энергетического потенциала являются данные сети актинометрических . Накопленный к настоящему времени объем наблюдений актинометрической сети России позволил определить средние многолетние значения характеристик солнечной радиации и выполнить их картографическое обобщение в виде Атласа солнечного климата [99].

2. Определение потенциальных гелиоресурсов (принципиально доступных для практического использования) состоит в расчете суммарной солнечной радиации, поступающей непосредственно на приемники гелиоустановок (наклонные поверхности).

3. Определение технического потенциала солнечной энергии (ТПСЭ).

ТПСЭ региона представляет сумму тепловой и электрической энергии, которые могут быть выработаны на базе существующих технических средств при соблюдении экологических требований. При определении тепловой энергии за основу принимаются технические характеристики существующих в России солнечных коллекторов, а при определении электрической – характеристики фотоэлектрических модулей и батарей, производимых в России.

4. Расчет экономического потенциала солнечной энергии (ЭПСЭ).

ЭПСЭ региона – это величина годовой выработки тепловой и электрической энергии в регионе от солнечного излучения, получение которой экономически оправдано для него при существующем уровне цен на оборудование, строительство установок, энергию и топливо с учетом его транспортировки и соблюдения экологических норм.

Разработанная в ГГО методика районирования по валовому (теоретическому) природному потенциалу позволила выделить на территории России 10 радиационно-однородных регионов, которые ранжированы по потенциалу солнечной энергии [100]. (Рис.5.3)

Рис. 5.3 Районирование территории России по природному гелиопотенциалу (пояснения см. в тексте).

На карте районирования территории России по потенциалу гелиоэнергетических ресурсов нанесены границы административных областей. Это позволяет оценить состояние обеспеченности той или иной области ресурсами солнечной радиации и дать рекомендации для рационального и эффективного размещения и эксплуатации гелиосистем по территории, прогнозировать долю солнечной энергии в топливно-энергетическом балансе области.

Анализ основных радиационных характеристик, выбранных в качестве показателей для ранжирования, показал, что выделенные районы можно разделить на четыре группы:

1 – наиболее перспективные для развития гелиоэнергетики (1,2)

2 – перспективные (районы 3,4)

3 – мало перспективные (районы 5,6,7,8)

4 – не перспективные (районы 9,10)

К первой группе относятся два района, расположенные южнее 50о с.ш. – 1-й район, занимающий территорию Приморского края, южной части Хабаровского края и Амурской области, юго-востока Забайкалья и район 2, располагающийся в южной части Европейской части России.

Количество поступающей на земную поверхность суммарной радиации в этих районах составляет 4800 – 5000 МДж/м^2 и является максимальным для территории России (70-75% от возможной). На долю прямого солнечного излучения приходится 54-57% в год, в теплый период (V-IX) до 60% во втором районе и до 58% в первом. В дневные часы в летний период вклад прямой радиации в общем потоке достигает 70% во втором районе, в первом он несколько ниже – 60-63%. Для обоих районов характерна большая продолжительность солнечного сияния – около 2400 часов за год в первом районе и 2150 часов во втором районе и высокая вероятность (в июле до 90%) наступления дня,

благоприятного для технического использования солнечной радиации (суточный приход суммарной радиации 18-19 МДж/м^2).

С точки зрения запасов солнечной энергии, оба эти района мало уступают друг другу и удовлетворяют требованиям, необходимым для эксплуатации гелиоустановок. Однако следует отметить , что в первом районе, в отличие от второго, имеется возможность круглогодичного использования фотоэлектрических установок за счет большого количества солнечной радиации в зимний период. Удельная выработка электрической энергии при КПД фотопреобразования 15% составляет 250-300 кВт·ч/м^2 год. Что касается выработки тепловой энергии с помощью плоских солнечных коллекторов с жидким теплоносителем, то здесь некоторое преимущество имеет второй район, где удельная выработка тепловой энергии составляет более 850 кВт·ч/м^2 за год.

Это подтверждает наличие в указанных районах оптимальных условий для широкого использования низкотемпературных гелиоустановок коллекторного типа. При использовании солнечных коллекторов площадью 9м^2 нагрузка горячего водоснабжения за счет солнечной энергии в период с мая по сентябрь во втором районе может быть покрыта на 80%, а в первом районе на 70%.

В этих районах возможно и непосредственное преобразование солнечной энергии путем установки на участках, непригодных для сельскохозяйственного освоения, «солнечных ферм» из полупроводниковых модулей.

К следующей перспективной группе относятся районы 3-й и 4-й, расположенные вдоль 50-55^0 с.ш. Годовой приход суммарной радиации здесь несколько ниже, чем в 1-ом и 2 –ом районах и составляет в среднем 4300-4500 МДж/м^2, что составляет 70-75% от возможного. На долю прямой радиации приходится 53%, летом в дневные часы она достигает 60%. Продолжительность солнечного сияния за год более 2000 часов. Суточный приход суммарной радиации в период с апреля по сентябрь (17 МДж/м^2 сутки), благоприятен для технического использования солнечной энергии. Вероятность наступления благоприятного дня в июле составляет 70%. На территории этих районов во временном распределении суточных сумм суммарной радиации преобладают значения выше среднего. Большая повторяемость ясной погоды в осенне-зимний период в 3-м районе делает эффективным использование фотоэлектрического способа преобразования солнечной энергии. По условиям возможной выработки электрической энергии 3-й район уступает лишь первому. Удельная выработка электроэнергии при КПД 15% здесь составляет 200-250 кВт·ч/м^2 год. Удельная выработка тепловой энергии при использовании солнечных коллекторов составляет 650 кВт·ч/м^{2}год. Это подтверждает возможность вполне успешного их применения для горячего водоснабжения небольших жилых зданий (коэффициент замещения нагрузки при площади коллектора составляет 55-70%) 9м$^{2)}$, а также солнечных насосов , гелиотеплиц и т.д.

Следующая группа районов (5,6,7,8) является мало перспективной для широкого использования гелиотехнических устройств. Вследствие большой повторяемости облачной погоды годовая продолжительность солнечного сияния менее 2000 часов и значительно меньше годовой приход радиации.

Однако, несмотря на ограниченные в целом возможности для развития гелиоэнергетики в 7 –ом и 8-ом районах вполне целесообразно использование солнечных установок среднего и малого масштаба – гелиотеплиц, солнечных кипятильников, солнечных насосов и др. В 5-ом и 6-ом районах, где наибольшее количество солнечной энергии приходится на зимне-весенний период, вполне возможно использование фотомодулей для получения электроэнергии автономным потребителям. Это может дать определенный экономический эффект за счет экономии традиционного топлива.

Не перспективными для гелиоэнергетики являются северные районы – 9-й т 10-й. на что указывает годовая продолжительность солнечного сияния, не превышающая здесь 1300 часов.

5.6.4 Ресурсы солнечной радиации в условиях меняющегося климата.

Согласно долгосрочному прогнозу ГГО, рассчитанному по ансамблю из 10 различных гидродинамических моделей атмосферы, изменения в годовом приходе солнечной радиации в условиях меняющегося климата будут незначительными.

Так на период с 2011 по 2030 гг., на большей части территории России аномалии годового прихода суммарной радиации по отношению к контрольному периоду 1981-2000 гг предполагаются в пределах 0±2%. При этом положительные аномалии будут наблюдаться только в южных и крайних западных районах ЕТР. Наибольшие изменения в приходе солнечной радиации, прогнозирующиеся в ряде районов Дальневосточного ФО (на Камчатке, Сахалине, Магаданской области, Чукотке), будут находиться в пределах -2…-4% и не превысят 20-50 Квт • ч/м^{2}год. Это приведет к снижению годовой выработки энергии максимум на 2-3%. В остальных регионах изменение климата на производительности солнечных установок не скажется.

В таблице 5.6, наряду с величиной природного солнечного энергетического потенциала административных регионов России, относящегося к 1 м^2 площади земной поверхности, приводится его изменение к концу первого 30-летия XXI века, а также величина технического потенциала, относящиеся к 1 м^2 гелиоприемника - фотоэлектрической батареи или солнечного коллектора.

Таблица 5.6.

Удельные (на 1 м^2) природные и технические солнечные ресурсы

N Района	Природный потенциал солнечной энергии кВт·ч/м^2		Технический потенциал солнечной энергии кВт·ч/м^2 (1981-2000 гг)	
	Фактический за период (1981-2000 гг)	Средняя по району прогнозируемая аномалия (%), на период 2011-2030 гг.	Электрическая энергия кВт·ч/м^2	Тепловая Энергия тыс.ккал/м^2
1	3	4	5	6
1	900-1000	-0.1	135-150	250-430
2	900-1100	-0.6	135-165	250- 470
3	1000-1400	-0.5	165-210	430-890
4	1400-1600	+0.1	210-240	690-780
5	1100-1500	-0.5	165-225	430-600
6	800-1200	-0.8	120-180	170- 470
7	1200-1650	-0.2	180-250	470-645
8	850-1100	-1.3	130-165	215-345
9	1100-1650	-0.6	165-250	345-645

10	1200-1800	-0.6	180-270	430-690
11	900-1400	-1.7	135-200	215-430
12	1000-1400	-2.5	210-260	260-470
13	1400-1800	-1.8	240-290	430-690

5.7 Ветроэнергетика

Следует в первую очередь учитывать, что за последние 10-15 лет в печати появилось крайне мало публикаций, посвященных итогам создания современного ВЭУ различных классов мощности. В особенности это касается данных отечественных исследований [104, 94,102]. Обусловлено это, в первую очередь неудачными попытками создания мощных ВЭУ, в том числе мегаваттного класса, которые должны были бы быть определяющим звеном в создании отечественной системной ветроэнергетики, то есть нацеленной на передачу производимой ВЭУ электроэнергии непосредственно в региональные и общенациональную энергетические системы.

Второй причиной ослабления работ по созданию ВЭУ является весьма ограниченная возможность их приобретения существующими хозяйственными организациями, в первую очередь, организациями в сфере сельского хозяйства: фермерские и т.п. В настоящее время сложилась практика отчуждения фермерских хозяйств от государственной поддержки, что удивительно, так как в большинстве экономически развитых стран сельскохозяйственное производство в значительной степени поддерживается за счет вливания в него государственных субсидий. По такому пути пошли государства, которые, благодаря обширной государственной поддержке, сумели достигнуть в течение 10-12 лет крупного прорыва в использовании ветровой энергии в хозяйственных целях. К таким странам относятся, прежде всего: Германия, США, Испания, Индия, Великобритания, Швеция, Норвегия, Нидерланды, Дания, Румыния, Ирландия и ряд других стран.

В зависимости от мощности, электрические ВЭУ согласно вновь введенного ГОСТа [103] подразделяют на четыре группы.

а) большой мощности (мегаваттного класса) - свыше 1 МВт;
б) средней мощности – от 100 кВт до 1 МВт;
в) малой мощности – от 5 до 99 кВт;
г) очень малой мощности – менее 5 кВт.

В силу сложившихся традиций исторически в нашей стране получили достаточно широкое распространение и использование при работах в автономном режиме созданные еще в 60-70-ые годы XX века ВЭУ малой и очень малой мощности [104,105] типа АВЭУ-6 и АВЭУ-12 с мощностью соответственно 2-4 и 8-16 кВт. Обе упомянутые системы созданы в НПО «Ветроэн» бывшего Министерства мелиорации и водного хозяйства СССР и применяются в ограниченном количестве до сих пор при электрификации фермерских и иных частных хозяйств, рыболовецких совхозов, лесничеств и охотничьих хозяйств. Общий объем по стране вырабатываемой ими электроэнергии в последнее время не оценивался, хотя известно, что до настоящего периода число используемых АВЭ-6 и АВЭ-12 в различных областях народного хозяйства исчисляется несколькими тысячами [97]. Приводятся в ряде источников сведения о том, что в России доля использования энергии ветра в общем энергобалансе страны составляет 2% [94,106].

Использование ВЭУ малой и очень малой мощности ведется в России по трем основным направлениям:

– автономному энергоснабжению маломощных удаленных от энергосистем потребителей (коттеджи, отдельные дома в сельской местности, фермерские хозяйства, системы водоснабжения или орошения, в основном в зонах недостаточного увлажнения);

– уменьшению пика нагрузки в системах централизованного энергоснабжения. Сюда относятся системы централизованного теплоснабжения и кондиционирования зданий. Осушительные комплексы на основе применения гелио- и ветровой энергии:

– массовому подключению энергоустановок при работе в составе энергетических систем.

Приоритетное направление представляет использование возобновляемых ветроэнергоресурсов для удаленных населенных пунктов с малым числом жителей, высокогорных и полярных научных станций, поскольку исключаются финансовые затраты на передачу энергии. При этом учитывается, что при условии малых объемов требуемой потребителю энергии малые ВЭУ более экономически эффективны, чем использование традиционных энергосистем с помощью воздушных линий передач.

Последний фактор важен еще и потому, что отказ от применения энергосистем приводит к меньшей нагрузке на окружающую среду и оказывается полезнее для здоровья населения даже в условиях малых населенных пунктов.

В частности отпадает необходимость в отчуждении под строительство энергосистем значительных земельных угодий.

Весьма перспективным направлением, разрабатываемым в последние годы в Московском институте теплотехники (МИТ), представляется доведение до уровня серийного производства уникального ветроэнергетического комплекса «Жаворонок», который, обладая рядом заметных преимуществ по сравнению с ранее созданными агрегатами типа АВЭ НПО «Ветроэн», до настоящего времени в силу субъективных причин, в основном административного характера, существует пока в виде опытно-экспериментальных образцов (рис.5.4).

Основные технические характеристики комплекса «Жаворонок», свидетельствующие о его преимуществах, следующие:

Максимальная мощность, - 30 кВт
Масса – 16 т
Рабочий диапазон скорости ветра - 5 – 25 м/с
Диаметр ветроколеса – 10м
Автономность по запасу топлива – 10 сут
Гарантированный ресурс работы – 20 лет
Стоимость – 90 –100 тыс. долларов США

Комплекс «Жаворонок» отмечен дипломами на международных выставках в Брюсселе «Эврика-97» и в Женеве в 2002 году. Особенностью упомянутого комплекса является его максимальная эффективность в зонах стихийных бедствий и катастроф, в условиях удаления от промышленных электросетей, поскольку обеспечивается доставкой к потребителям любыми видами транспорта, в том числе вертолетом МИ-26 на внешней подвеске. Комплекс переводится из транспортного положения в рабочее состояние за 1.5 часа и не требует фундамента для основания.

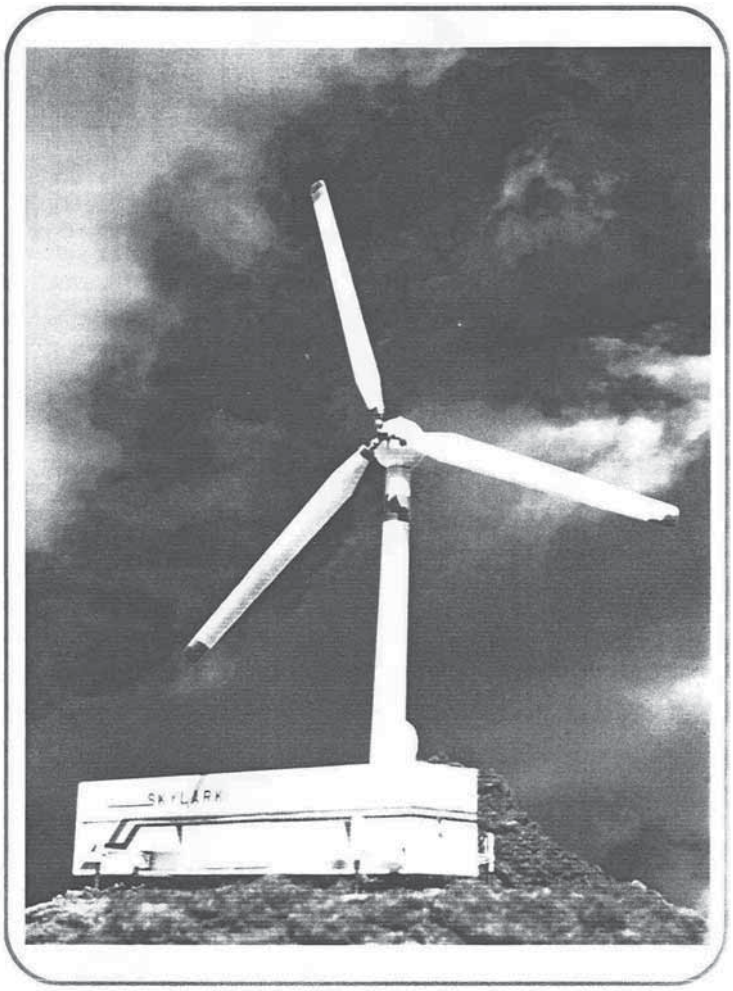


Рис.5.4 Мобильная ветроэнергетическая установка «Жаворонок»

В качестве альтернативы комплексу «Жаворонок» предлагается разработанный совместно ВНИИГ им. Веденеева Б.Е. и ООО «Механикс» (Швейцария) ВЭУ мощностью 30 кВт.

Установка эта трехлопастная, диаметр ветроколеса 12 м, высота ветроколеса над землей 18м, рабочий диапазон скорости ветра 3 –25 м/с. Установка может функционировать в диапазоне наружных температур от +40 до – 40 ^{0}С. Установка снабжена аккумуляторной батареей с напряжением 220 вольт и емкостью 400 Ач, что обеспечивает бесперебойное питание в течение 48 часов. При более длительном штиле батарея к установке может заряжаться от маломощного бензинового или дизельного агрегатов [107].

Опыт практического использования ВЭУ в России показал, что наибольшим спросом у потребителей, не располагающих большими финансовыми возможностями, пользуется установки весьма малой мощности – от 120 Вт и менее, примером может служить установка «Ветросвет 012» и ряд серий еще более маломощных установок, разработанных НИИ «Электроприбор» [108,109]. По имеющимся сведениям такие установки в количестве нескольких сотен экземпляров реализованы по запросам мелких хозяйств в ряде областей Северо-Западного региона.

Несмотря на то, что успехи в освоении ветроэнергетических установок в России до сих пор невелики, следует отметить, что имеются, хотя и ограниченные, сдвиги в решении поставленной проблемы. Так, на территории Северо-Западного региона ЕЧР успешно функционировала в течение нескольких последних лет ВЭУ средней мощности в западной части о. Котлин. Во-вторых, в последние 3 года действующей является ВЭУ

датского производства, расположенная в северной части Ижорской возвышенности, к западу от районного центра г.Гатчина. Помимо этого, в настоящее время стабильно функционируют ВЭУ с единичной мощностью несколько сотен кВт на прибрежных участках п-ова Чукотка.

Установка и работа ВЭУ в указанных местах стала возможной исключительно благодаря зарубежным инвестициям, главным образом из Дании, а также США и Германии, причем поставки оборудования и комплектующих изделий происходят исключительно на безвозмездных началах. Упомянем также, что с помощью датских фирм установлена и уже около 3 лет в г. Мурманске успешно функционирует ВЭУ мощностью 200 кВт. Известно также, что в Калининграде постоянно функционируют два агрегата датского производства мощностью 250 кВт каждый, что позволяет обеспечивать электроэнергией несколько жилых многоэтажных домов.

Вообще же в более отдаленной перспективе работа энергосистем в России должна осуществляться с привлечением ВЭУ мегаваттного класса. Анализ технико-экономических характеристик современного ВЭУ такого класса привел к заключению, что для наших условий, где средняя годовая скорость ветра не менее 5 м/с, наиболее перспективным является установка NM 72C/1500 фирмы NEGMJCON.

Ее основные характеристики следующие:

Номинальная мощность – 1500 кВт;

Номинальная скорость ветра, при которой установка достигает установленной (номинальной) мощности – 13-15 м/с;

Начальная скорость ветра, при которой установка приступает к выработке электроэнергии -4 м/с;

Максимальная скорость ветра выше которой производится перевод лопастей ветроколеса во «флюгерное положение», то есть параллельно господствующему направлению ветра и поэтому энергия установкой уже не вырабатывается.

Число лопастей у ветрового колеса –3;

Высота башни ВЭУ (на уровне оси ветроколеса) – от 62 до 78 м над землей.

Поскольку скорость ветра, влияющая на объем вырабатываемой электроэнергии, обладает выраженной временной изменчивостью, остановимся на особенностях векового хода скорости ветра в различных регионах России, а также оценках мелкомасштабной турбулентности ветрового потока. Известно, что с усилением турбулизации потока суммарная энергетическая величина его возрастает при одном и том же значении средней скорости ветра [110, 111, 112].

Наиболее полное исследование трендовой временной составляющей скорости ветра проведено в [113]. Автору этой работы удалось установить факт заметного ослабления скорости ветра во внутриконтинентальных частях Евразийского материка, которое началось с конца 1960-1970 г.г. Доказано, что основной причиной ослабления ветра, которое во внутренних частях континента происходит до настоящего времени, является ослабление интенсивности атмосферной циркуляции. Установлено, что в целом на территории стран СНГ уменьшение скорости в последние два десятилетия произошло на 82% метеостанций, в то время как ее прирост в указанный период имел место на 14% всех метеостанций [114]. На территории России за последние 20 лет ветры особенно ослабели на большей части местности к западу от Урала, причем этот процесс носит повсеместный характер. Столь же очевидным явилось ослабление ветра на юге Западной Сибири, севере Иркутской области, большей части Республика Саха – Якутия, в Хабаровском крае и на северо-востоке побережья Охотского моря. Особенность отмечаемого явления характеризуется тем, что общий уровень падения скорости ветра (уменьшение нормы скорости) сочетается с одновременным увеличением повторяемости слабых ветров (так называемых «энергетических» штилей) и уменьшением пов-

торяемости «буревых» скоростей. В то же время повторяемость диапазона «энергоактивных» скоростей ветра, то есть ветров умеренных, при которых как раз и происходит выработка основной доли энергии ветровыми установками, в последние 20 лет мало изменилась по сравнению с предшествующими десятилетиями. С другой стороны, в ряде прибрежных зон морей ЕЧР снижение повторяемости сильных ветров в последние 15-20 лет не отмечалось. К таким регионам в первую очередь относятся побережье Камчатки, Приморского края, о.Сахалин и Северо-Западного региона, в частности побережье Ладоги и Финского залива. Отмеченная закономерность подтверждена рядом исследований за последние годы [114, 115, 116]. Вместе с этим, по данным континентальных станций в последние 10-15 лет отмечается уменьшение повторяемости сильных ветров [113, 117]. В последних работах [114, 118, 116]. показано, что главную роль в этом играют естественные циркуляционные факторы. Обобщая результаты изучения временной изменчивости в вековом ходе скорости по регионам, можно констатировать постепенное снижение ее к концу XX столетия, которое не носит, однако, монотонного или плавного характера, а может быть выявлено путем скользящего осреднения по продолжительным временным интервалам. Отметим также, что указанные выше временные тренды характерны для внутриконтинентальной части России. На побережьях Ледовитого океана и крупных морских акваторий существование подобных перепадов не подтверждается данными климатологического анализа [118, 116, 119]. Сходные результаты получены британскими учеными, которые отметили снижение уровня средней скорости ветра на территории Великобритании, начиная с 1965 года [117, 120].

Опираясь на вышеизложенные данные векового хода ветра, исполнители определили тенденцию к изменению потенциала ветровой энергии на ближайшие 10-20 лет. Для этого были использованы данные временного тренда в различных регионах России по данным наблюдений на 330 длиннорядных метеостанциях.

В качестве меры изменения ветропотенциала рассчитывался коэффициент K=Рп / Рн, где:

Рп- величина ветропотенциала, ожидаемая к 2015 году ,
Рн – величина ветропотенциала за последние десятилетия.

Диапазон изменения ветропотенциала разбит на четыре градации: K<0.5 – значительное уменьшение ветропотенциала, K=0.5/0.8 – умеренное уменьшение ветропотенциала, K=0.8 /1.0 – незначительное изменение ветропотенциала, K>1.0 – увеличение ветропотенциала (рис. 5.5).

Северо-западный ФО, запад; Северо-западный ФО, восток. На большей части округа ожидается уменьшение величины ветропотенциала, особенно заметное на юге и западе территории (K<0.5). Лишь в северных районах его изменение незначительно, а в отдельных прибрежных районах Мурманской области и Ненецкого АО возможно увеличение ветропотенциала.

Центральный ФО. На большей части территории округа ожидается значительное уменьшение ветропотенциала (K<0.5), менее заметное в западных районах (K=0.5-0.8)

Южный ФО. В северных и особенно в северо-западных районах округа ожидается уменьшение величины ветропотенциала. По мере продвижения к югу изменения ветропотенциала уменьшаются, а в предгорной зоне Северного Кавказа возможно даже его увеличение (K>1.0).

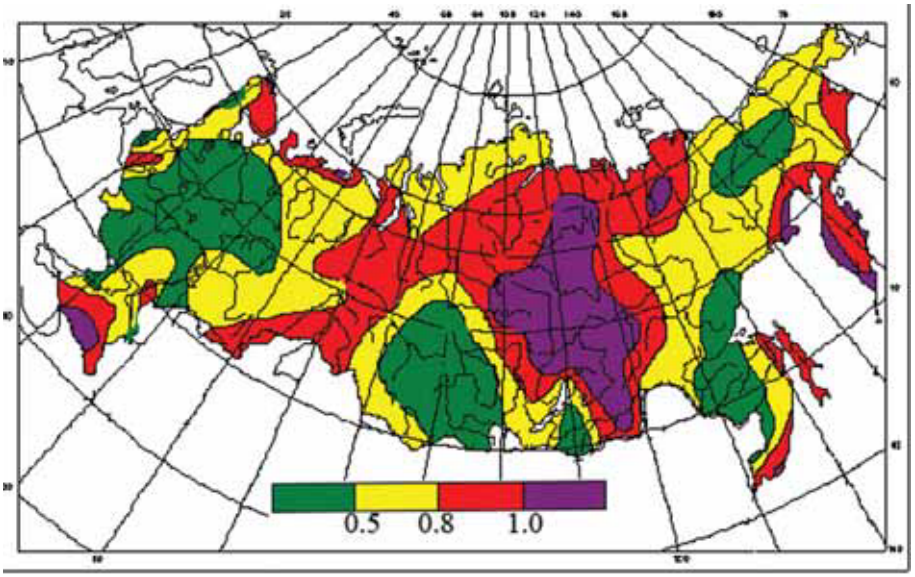


Рис. 5.5. Отношение величины ветроэнергетического потенциала , ожидаемой к 2015 году , к величине ветропотенциала за последние десятилетия

Приволжский ФО. Наибольшее уменьшение величины ветропотенциала ожидается в западных и северо-западных районах округа (K<0.5). На юго-востоке территории изменения ветропотенциала незначительны. На остальной части округа возможно умеренное его уменьшение (K=0.5-0.8).

Уральский ФО, юг; Сибирский ФО, юго-запад. В центральных районах региона изменение величины ветропотенциала незначительно (K=0.8-1.0). Наибольшее его уменьшение ожидается на востоке территории (K<0.5).

Сибирский ФО, север. На юго-востоке округа ожидаемые изменения ветропотенциала незначительны (K=0.8-1.0). Более значительным его уменьшение окажется в северо- западных районах (K=0.5- 0.8).

Сибирский ФО, центр и юг. На севере региона изменения ветропотенциала невелики (K=0.8-1.0). На остальной, большей части территории, ожидается его значительное уменьшение (K<0.5).

Сибирский ФО, юго-восток. На севере и востоке региона возможно увеличение ветропотенциала (K>1.0). На большей же части ожидается его уменьшение, наиболее заметное в западных районах Бурятии и Читинской области. Здесь K<0.5.

Дальневосточный ФО, северо-запад и центр. В центре и на северо-востоке региона ожидается увеличение ветропотенциала (K>1.0). На остальной части территории его изменения окажутся незначительны. (K=0.8-1.0).

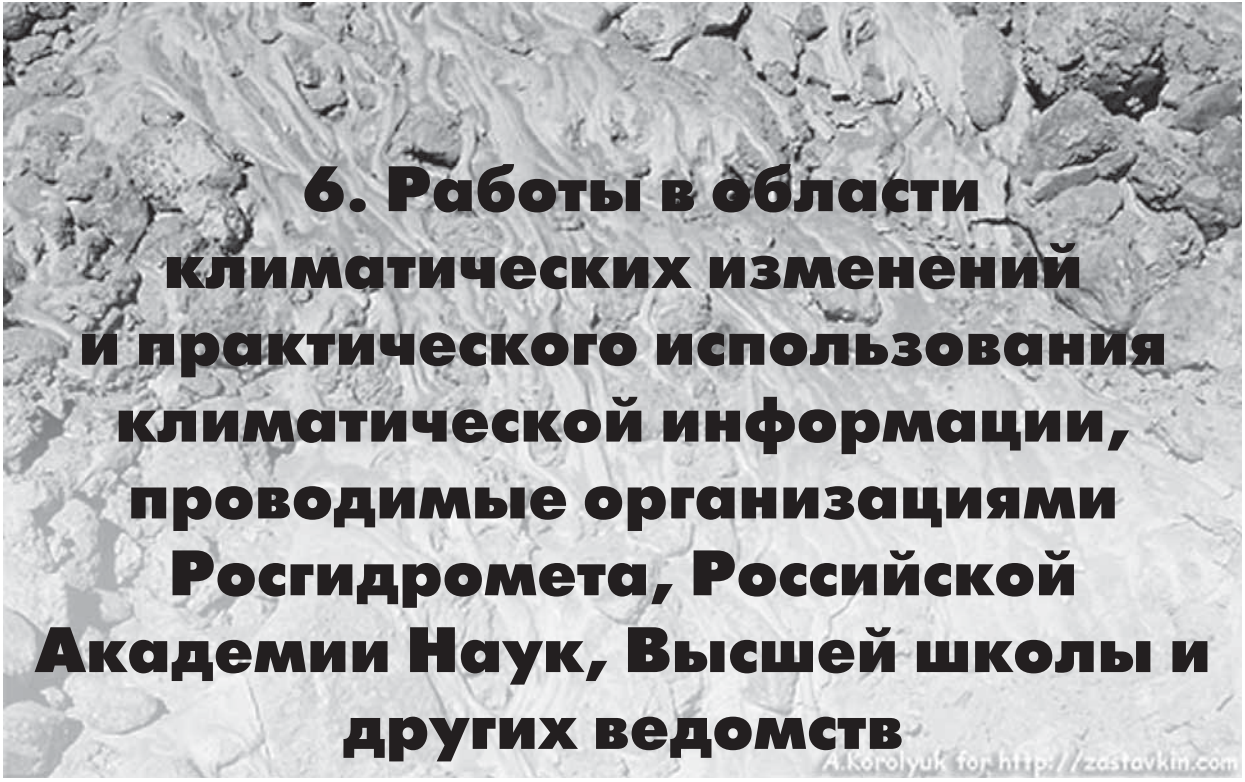
Дальневосточный ФО, северо-восток. На значительной части территории ожидается уменьшение ветропотенциала, особенно заметное во внутриконтинентальных районах (K<0.5), обладающих малым ветроресурсом. В то же время, во многих прибрежных районах Охотского и Берингова морей, обладающих большим ветропотенциалом, ожидается или его незначительное изменение или рост.

Дальневосточный ФО, юго-восток. Во внутриконтинентальных районах региона и в некоторых прибрежных районах Охотского моря ожидается значительное уменьшение ветропотенциала (K<0.5). В то же время, на Сахалине и в прибрежных районах Японского моря значения ветропотенциала изменятся незначительно, а кое-где и увеличатся.

5.8 Гидроэнергетика

Работа гидроэлектростанций зависит в первую очередь от режима осадков и стока в период снеготаяния. Сток определяет объем притока в водохранилища, уровни в верхнем и нижнем бьефе. Главную опасность составляют засухи и связанные с ними низкие уровни воды в водоемах. Например, в 1964 году низкий уровень воды в Великих Озерах вызвал потери вырабатываемой энергии 4.4 млн. мегаватт-часов. Большая изменчивость осадков также снижает выработку энергии. Если фактический объем притока оказывается больше нормативного, это приводит к холостым сбросам воды и потере энергии. А при притоке меньше нормативного водохранилище не заполнится до нормального уровня и при том же расходе воды выработает меньше энергии. Для малых ГЭС большая изменчивость может привести к повреждению турбин или береговых опор.

Для нивелирования последствий изменения климата, необходим, во-первых, выбор оптимальной площадки для строительства ГЭС с учетом многолетних месячного и сезонного распределений осадков, а, во-вторых, в период эксплуатации ГЭС, обеспечение прогнозов сухой или дождливой погоды с заблаговременностью на срок от трех до 10 дней в районе водосбора. Прогноз осадков обеспечит оптимальную выработку энергии без излишнего сброса воды. Полезны также долгосрочные прогнозы выпадения осадков и климатических аномалий. Адаптационные мероприятия особенно важны для южных районов РФ, где часто возникают засухи, и их повторяемость к 2015 году должна возрасти.



6. Работы в области климатических изменений и практического использования климатической информации, проводимые организациями Росгидромета, Российской Академии Наук, Высшей школы и других ведомств

6.1. О работах федеральных ведомств в области изучения изменения климата и практического использования климатической информации

Исторически сложилось, что в РФ основной объем работ по изучению климата и по практическому применению знаний и данных о климате выполняется в организациях национальной гидрометеорологической службы (сейчас - Росгидромет). Причем это в равной мере относится как к организации и осуществлению наблюдений за параметрами климата и формирующих его факторов, так и к фундаментальным исследованиям климатической системы, а также к решению широкого спектра прикладных задач.

Климатическая система не является неизменной, она всегда находится в состоянии некоторых динамических вариаций. Эти вариации, как правило, незначительны, но для некоторых важных областей экономической, социальной и государственной деятельности их учет, тем не менее, необходим. В течение более чем полуторавековой истории развития этих работ в гидрометеорологической службе РФ накоплен исследовательский и методический инструментарий, позволяющий учитывать произошедшие изменения климата в практической деятельности климато- и погодозависимых секторов. С этой целью научными организациями Росгидромета и организациями других ведомств при лидирующей роли Росгидромета регулярно создавались и публиковались научные и справочные материалы, методические пособия и нормативные документы, в которых обновлялись сведения о параметрах климата, подлежащих учету.

До последней четверти прошлого века изменения глобального климата имели характер вариаций относительно некоторого равновесного состояния. С последней четверти 20-го в. наблюдается глобальное потепление как отчетливо выраженная тенденция, и имеются достаточно веские основания считать, что эта тенденция сохранится на десятки лет.

Такое изменение глобального климата и возможные негативные последствия этого изменения привели к тому, что 45-й сессия Генеральной Ассамблеи ООН поручила ВМО и Программе ООН по окружающей среде (ЮНЕП) учредить Межправительственную группу экспертов по изменению климата (МГЭИК) для подготовки оценочного доклада об ожидаемых последствиях изменения климата (1988). Далее, на Конференции ООН по окружающей среде и развитию (1992 г., Рио-де-Жанейро) была принята для подпи-

сания Рамочная конвенция ООН об изменении климата (РКИК). Положения РКИК накладывают на ее участников определенные обязательства в области изучения изменения климата и принятию мер по защите климатической системы.

В качестве дополнения к РКИК 10 декабря 1997 г. был принят Киотский протокол, цель которого - создание конкретных механизмов и процедур, направленных на выполнение обязательств по сокращению выбросов парниковых газов. В качестве первого этапа были выработаны предложения по доведению эмиссии парниковых газов в 2012 г. до уровня 1990 г. В основном, обязательства Киотского протокола адресованы группе развитых стран и стран с переходной экономикой, которые перечислены в Приложении 1 к Протоколу.

В целях координации работ по выполнению обязательств России по РКИК (Постановление Правительства РФ от 22 января 1994 г. N 34, от 7 мая 1997 г. N 552 и 27 июня 2003 г.) образована Межведомственная комиссия РФ по проблемам изменения климата (МВК), утверждены Положение о МВК и её персональный состав.

Росгидромету определено Правительством РФ осуществлять координацию деятельности федеральных органов исполнительной власти по следующим вопросам:

– уменьшению негативного влияния хозяйственной деятельности на климат;

– предотвращению отрицательных последствий изменения климата на экономику и природную среду;

– выполнению РКИК;

– разработку и составление краткосрочных и долгосрочных прогнозов глобальных и региональных изменений климата.

РКИК и Киотский протокол существенным образом изменили требования к составу, объему, качеству и порядку организации работ в области климатических изменений и практического использования климатической информации, выполняемых федеральными органами исполнительной власти и РАН. Как отмечалось выше, работы в области изучения климата и практических приложений климатической информации сложились достаточно давно, и поэтому их организация в Росгидромете и других федеральных ведомствах (где они проводятся в несопоставимо меньших масштабах) в достаточной степени упорядочена. В то же время, работы по научным исследованиям и практическому применению знаний и данных наблюдений об изменяющемся климате в целях оценки выгод и рисков, связанных с изменением климата на территории РФ и прилегающих морей, и по разработке мер по адаптации еще только разворачиваются и для них характерна фрагментарность, отсутствие программно-целевого подхода и крайне недостаточное финансирование.

В области изучения климата и практических приложений климатической информации можно выделить следующие основные виды работ:

– работы в области изучения изменения климата, в т.ч.:
  – наблюдения и оценка текущего климата в рамках ГСНК и других международных программ;
  – моделирование климата и его возможных изменений, в том числе в рамках международных проектов;
– работы по применению климатической информации о климате и его изменении, в т.ч.:
  – прикладные исследований по факторам воздействия климата на различные сектора;
  – оценка выгод;
  – оценка уязвимости (материального ущерба и других видов ущерба);
  – оценка рисков в натуральном и денежном выражении;
  – оценка возможностей адаптации/защиты;
  – оценка возможностей уменьшения негативного воздействия человека на климат, включая повышение энергоэффективности во всех областях жизни;
  – оценка возможностей увеличения стоков парниковых газов;

– развитие методов оценки выбросов и стоков парниковых газов (как антропогенных, так и природных);
– развитие методов учета факторов изменяющегося климата в долгосрочном прогнозировании социально-экономического развития страны в целом, а также в секторальном и территориальном разрезах;
– оценка долгосрочных внутриполитических последствий изменения климата;
– оценка международных последствий изменения климата (глобальные изменения).

6.2. Климатическая информация международных программ

Климатическая система подвержена непрерывным изменениям в результате нелинейного взаимодействия климатически значимых процессов, протекающих в атмосфере, океане, криосфере, биосфере и на поверхности континентов, а также обусловленных внешними воздействиями. Чтобы понять причины этих изменений и создать средства для предсказания будущих изменений климата, очень важно проводить непрерывные и координированные наблюдения за климатом глобального и регионального масштабов.

В рамках существующих международных программ (ВПИК, ГСНК) ведется большая работа по организации прямых и дистанционных систем наблюдений за климатом в атмосфере, океане и на поверхности Земли, сбору этих данных и их архивации. Очень важно, что одновременно ставятся и, как правило, успешно решаются задачи обеспечения свободного доступа к этим данным научными организациями разных стран путем широкого использования современных средств связи.

Климатические данные ВПИК. Одна из важнейших целей ВПИК - изучить, насколько наблюдения за важными климатическими переменными могут способствовать увеличению предсказуемости климата на различных временных и пространственных масштабах. Для решения этой задачи требуются координированные усилия по сбору, четырехмерному усвоению данных наблюдений и созданию динамически сбалансированных и внутренне согласованных состояний климатической системы, которые могут быть затем использованы для климатического прогноза и валидации моделей. В документах ВПИК отмечается, что для получения и усвоения новых видов наблюдений, которые будут поступать со спутников нового поколения, потребуются специальные исследования. Особо подчеркивается, что исследования должны быть также направлены на выявление недостатков в существующей системе наблюдений, которые могут вызывать уменьшение пределов предсказуемости климатической системы.

Помимо мониторинга глобальных полей, большое внимание в проектах ВПИК уделяется получению специальных архивов данных за относительно короткие периоды, необходимые для формулирования и тестирования методов параметризации отдельных физических процессов и их последующего использования в моделях климата.

По эгидой ВПИК были собраны и стали доступными для мирового научного сообщества уникальные архивы глобальных и региональных данных по радиационным потокам, облачности, водяному пару, характеристикам гидрологического цикла и криосферы и др. в атмосфере и океане. Координация работ ВПИК содействовала созданию реанализов - уникальных динамически согласованных глобальных полей, характеризующих состояние атмосферы (архивы NCEP, ECMWF, JMA). Российские научные организации не располагают технологиями, техническими и кадровыми ресурсами, которые позволили бы создавать аналогичные глобальные реанализы. Однако архивы реанализов NCEPИ ECMWF широко используются во многих диагностических исследованиях научными организациями Росгидромета, РАН и ВШ РФ.

Климатические данные ГСНК. Согласно рекомендациям РКИК, была создана программу Глобальная система наблюдений за климатом, перед которой поставлена задача организовать долговременную систему наблюдений за климатом, опираясь на уже

существующие системы наблюдений за атмосферой, океаном и криосферой. В соответствии с принятыми принципами климатического мониторинга, система наблюдений позволит создать базу данных о глобальном и региональных изменениях климата за длительный период времени с целью информирования правительств о происходящих изменениях климата.

В 2003 г. опубликован Второй доклад о достаточности глобальных систем наблюдений за климатом в поддержку рамочной конвекции ООН по изменениям климата, подготовленный секретариатом ГСНК, в котором сформулированы научные требования к систематическим наблюдениям. Согласно этому докладу климатические наблюдения необходимы, чтобы:

– определить текущее состояние климата и его изменчивость;

– выполнить мониторинг воздействий естественного и антропогенного происхождения на климат;

– обеспечить исследования по идентификации причин климатических изменений;

– содействовать предсказанию глобальных изменение климата;

– дать характеристику экстремальных явлений, оказывающих важное влияние на хозяйственную деятельность и адаптацию; оценить риски и уязвимость.

В Таблице 6.1 даются основные параметры атмосферы, которые принято считать важными для ГСНК в качестве непосредственных индикаторов изменений климата.

Таблица 6.1

Основные параметры атмосферы- индикаторы изменений климата

Среда	Виды наблюдений	Основные климатические характеристики
Атмосфера	Наземные наблюдения	Температура и влажность воздуха, осадки, атмосферное давление, радиационный баланс, скорость и направление ветра.
	Наблюдения в верхних слоях атмосферы	Радиационный баланс атмосферы (включая приходящую солнечную радиацию на верхней границе атмосферы), температура и влажность воздуха, скорость и направление ветра, облачность.
	Наблюдения за составом атмосферы	Углекислый газ, метан, озон и другие долгоживущие ПГ, свойства аэрозолей.
Океан	Наблюдения за поверхностью океана	Температура соленость на поверхности, уровень моря, волнение, ледовитость, течения, концентрация CO_2, цветовой индекс (для оценки биопродуктивности).
	Глубоководные	Температура, соленость, течения, фитопланктон, концентрация азотных и углеродных соединений.
Суша	Расход воды в реках, водопользование, грунтовые воды, снежный покров, уровни воды в озерах, гляциологические наблюдения, зоны вечной мерзлоты, альбедо, земной покров, агрометеорологические наблюдения, индекс поглощенной фотосинтетически активной радиации, листовой индекс, пожароопасность и др.	

Многие атмосферные наблюдений, относящиеся к ГСНК, проводятся в рамках уже существующих и успешно функционирующих систем наблюдений. Стратегия реализации наблюдений за климатом опирается на пять типов сетей:

1. системы наблюдений, включая региональные и национальные, которые дают возможность получить достаточно полные сведения о состоянии окружающей среды и ее изменчивости;
2. опорные глобальные системы наблюдений, которые включают ограниченное число пунктов наблюдений, но которые имеют длинные ряды измерений высокого качества наиболее важных климатически значимых переменных;
3. реперные наблюдения, на которые проводятся высокоточные измерения большого числа переменных в нескольких пунктах наблюдений для целей калибрования;
4. исследовательские сети, которые выполняют измерения локальной изменчивости ключевых параметров с целью изучения климатических процессов;
5. экосистемные сети, на которых проводятся измерения ограниченного числа переменных в нескольких пунктах для специальных целей.

В настоящее время представляется нереальным для целей ГСНК осуществлять мониторинг данных наблюдений со всех пяти типов сетей. Поэтому в качестве приоритетных рассматриваются сети типа (1), в основе которых лежат спутниковые наблюдения, типа (2) - опорные глобальные сети наземных наблюдений , отдельные реперные сети типа (3) и отдельные исследовательские сети, имеющие длинные ряды наблюдений. В принципе, на территории РФ существуют все пять типов сетей, имеющих разную степень развития. В настоящее время наземная метеорологическая сеть ГСНК включает примерно 1000 станций равномерно распределенных по земному шару (тип 2).

6.3. Глобальная система наблюдения за климатом и участие в ней РФ

6.3.1. Функциональная структура ГСНК

Функционально ГСНК включает в себя три компонента наблюдений с наземных платформ и наблюдения из космоса:

– глобальные наземные метеорологические наблюдения (ГСН);
– глобальные аэрологические наблюдения (ГУАН);
– Глобальную службу атмосферы (ГСА),
– спутниковые наблюдения.

Состав соответствующих сетей наблюдений определен руководящим органом ГСНК, а данные наблюдений поступают в международный обмен. В целях обеспечения на долговременной основе сопоставимости и высокого качества данных наблюдений руководящим органом ГСНК приняты 10 принципов мониторинга. Основу участия РФ в ГСНК составляют наземная метеорологическая сеть, аэрологическая сеть и отдельные компоненты ГСА ВМО (озонометрическая сеть, наблюдения за парниковыми газами на отдельных пунктах, сеть наблюдений за химическим составом осадков), основной задачей которой является долговременные наблюдения за составом атмосферы.

6.3.2. Наземная метеорологическая сеть РФ и задачи мониторинга климата

Государственная наблюдательная сеть РФ (наземная метеорологическая сеть Росгидромета), размещенная на территории 17104.1 тыс. км^2, насчитывает 1628 пунктов метеорологических наблюдений.

В реперную климатическую сеть (РКС) включены, как правило, длиннорядные, репрезентативные пункты с полной программой наблюдений, освещающие территорию

однородную в отношении метеорологического режима. Эти пункты наблюдений закрытию и переносу не подлежат. Из числа пунктов реперной климатической сети выбраны станции региональной опорной климатической сети (РОКС) и международной глобальной системы наблюдений за климатом (ГСНК). Число различного типа станций дано в таблице 6.2

Таблица 6.2

Структура наземной метеорологической сети Росгидромета

	Сеть метеорологических наблюдений	Число станций
1	Государственная наблюдательная сеть (ГНС)	1628
2	Реперная климатическая сеть (РКС)	458
3	Региональная опорная климатическая сеть (РОКС)	235
4	Глобальная сеть наблюдений за климатом (ГСНК)	135

На рисунке 6.1 приведена наземная климатическая сеть станций ГСНК на территории РФ. Как следует из рисунка, эта сеть имеет относительно равномерное распределение.

Существующие сети наблюдений РФ должны быть интегрированы с учетом национальных, региональных и глобальных приоритетов. Индекс плотности государственной метеорологической наблюдательной сети в РФ в среднем не превышает 10.0, т. е. один пункт наблюдений приходится на площадь 10 тыс. км^2 (в развитых странах Запада он равен 1-3), т. е. плотность метеорологической сети является недостаточной для изучения регионального климата и обеспечения задач экономического и социального развития страны в целом и отдельных экономических районов. Особое внимание следует уделить организации наблюдений в отдаленных и труднодоступных районах, в частности северных, особенно чувствительных к изменениям климата и более широкое привлечение данных альтернативных систем наблюдений. В этой связи должны развиваться спутниковые системы зондирования атмосферы и подстилающей поверхности.

Вопросы оптимального размещения пунктов наблюдений имеют не только важное методическое, научное, но и экономическое значение в условиях ограниченного финансирования, с одной стороны, и возрастания экономической ценности гидрометеорологической информации в связи с учащением экстремальных погодных и климатических явлений, с другой стороны.

Кроме сети Росгидромета на территории РФ функционируют отдельные пункты метеорологических наблюдений других ведомств (Минобороны, Министерство здравоохранения и социального обеспечения и ряд других). Ведомственные сети (по экспертной оценке составляют 30-40% от числа пунктов наблюдений Росгидромета) функционирует независимо от метеорологической сети Росгидромета и, поэтому не интегрируется в общенациональную сеть наблюдений за состоянием окружающей природной среды. Например, метеорологическая сеть Минобороны насчитывает до 600 станций, среди которых наибольший интерес представляют данные станций наблюдений, расположенных в труднодоступных районах Арктики, сеть наблюдений Росгидромета в которых представлена достаточно слабо.

6.3.3 Аэрологическая сеть наблюдений

Глобальная аэрологическая сеть ГСНК насчитывает около 150 аэрологических станций, которые выбирались из полного списка глобальной сети с учетом требования равномерного глобального распределения, а также качества и полноты передаваемых данных. В этот перечень входят также 10 аэрологических станций на территории РФ (ГУАН) и два пункта, расположенные в Антарктике, принадлежащих РФ. Данные международного мониторинга показывают, что климатическая сеть в свободной атмосфере не в полной мере отвечает требованиям ГСНК, особенно на севере и северо-востоке РФ, что не позволяет ее в полной мере использовать в качестве индикатора климатических изменений в бассейне СЛО и Тихого океана. На рисунке 6.2 приведено распределение пунктов аэрологического зондирования, включая сеть ГСНК, на территории РФ.

Рис.6.1 Наземная сеть климатологических станций ГСНК на территории РФ

Рис.6.2. Сеть аэрологических станций, в т. ч. станций ГСНК (обозначены треугольниками), на территории РФ.

6.3.4. Участие РФ в Глобальной службе атмосферы ВМО

В ГСА действует тщательно организованные международные системы обеспечения качества данных наблюдений (Мировые центры калибровки) и накопления данных наблюдений (Мировые центры данных). По существующей в ГСА классификации действующие в РФ станции ГСА являются региональными. Учитывая, что ВМО в своих официальных документах высказывает озабоченность отсутствием глобальных станций ГСА в центральных частях материков, а также принимая во внимание исключительно большие размеры территории РФ, Росгидромет принял решение об организации на территории РФ глобальной и 1-2 региональных станций ГСА обсерваторского типа. В соответствии с методологией ГСА, включение новых станций в состав сети ГСА производится центральными органами ГСА после прохождения соответствующих контрольных процедур. В настоящее время Росгидрометом проводятся подготовительные работы и поиски источников финансирования для организации этих станций.

Измерения основных парниковых газов. Выбросы CO_2 и CH_4 в атмосферу служат основным агентом современного антропогенного влияния на климатическую систему. Страны - участники Рамочной конвенции ООН по изменению климата должны периодически представлять в секретариат Конвенции сведения об эмиссии ПГ в атмосферу со своей территории. В последние годы ИГКЭ начал собирать информацию о выбросах ПГ по результатам инвентаризации источников, вклад которых в эмиссию ПГ наиболее значителен, в частности от ТЭК. Эти сведения включаются в годовые отчеты о состоянии загрязнения воздушного бассейна страны и уровнях эмиссии ПГ. Последние также используются для подготовки Национальных сообщений о выполнении статей 4 и 12 РКИК каждые 4 года. В ИГКЭ также собираются и систематизируются сведения от предприятий энергетики и промышленных предприятий о выбросах в атмосферу загрязняющих веществ (окиси углерода, соединений серы и т.п.), часть которых можно отнести к ПГ и радиационно-активным газам.

Вместе с тем, следует отметить, что оценки выбросов ПГ должны быть основаны на результатах измерений, а не только на сведениях о выбросах в атмосферу по данным статистической отчетности предприятий и на ориентировочных оценках скоростей обмена CO_2 и метана между атмосферой и подстилающей поверхностью.

В настоящее время мировая сеть фоновых станций мониторинга ПГ насчитывает 48 станций, оборудованных современной техникой, а также около 200 станций, которые нельзя отнести к фоновым, но информация с которых имеет важное значение для оценок вариаций концентрации ПГ в регионах с различными природными условиями и типами растительности.

В настоящее время выполняется мониторинг концентрации CO_2 и CH_4 в атмосферном воздухе на двух станциях: Териберка (Мурманское УГМС) и Новый порт (Северное УГМС). Наблюдения за CO_2 на станции Териберка проводятся с 1988 г. С 1996 г., благодаря финансовой поддержки ИНТАС, программа работ расширена измерениями CH_4, а с 2000 г. начат мониторинг CO_2 и CH_4 на станции Новый порт (п-ов Ямал). Результаты наблюдений обоих газов регулярно посылаются в Мировой центр по ПГ (Токио, Япония).

В связи с присоединением РФ к Киотскому протоколу встает задача создания национальной системы мониторинга эмиссии и абсорбции ПГ, а также возрастает актуальность измерения фоновых концентраций ПГ в системе Росгидромета в рамках осуществления программы ГС А, а также в местах расположения источников. Развитие сети мониторинга ПГ в РФ следует начинать с восстановления действовавших ранее станций Росгидромета на о. Диксон, о. Беринга, о. Котельный. Эти станции следует дополнить станциями, размещенными в регионах добычи ископаемого топлива с целью косвенной оценки антропогенных выбросов на территории месторождений.

На рисунке 6.3 представлено расположение станций мониторинга ПГ и общего содержания озона на территории РФ.

Измерения ПГ также ведутся в других ведомствах, в частности, ИФА РАН (3 пункта наблюдений) в основном на ЕТР, а также в СПбГУ и МГУ (по одной станции наблюдений

в каждом). Однако только данные сети ПГ Росгидромета регулярно поступают в Мировые центры данных в Канаде (озон) и в Японии (ПГ). Ряд научных групп, производящих измерения радиационно-активных газов публикуют свои результаты в научной печати (МГУ, СПбГУ, НПО “Тайфун” и др.).

Эпизодически проводятся экспедиции в отдельные регионы РФ, в которых измеряются характеристики газового состава атмосферы путем организации временных стационарных пунктов наблюдений и наблюдений на подвижных платформах. Результаты таких экспедиций сводятся в базы данных (например, данные 6-8 рейсов железнодорожного измерительного комплекса “Troica” ИФА РАН, 4 наземных экспедиций ГГО в арктические районы Западной Сибири), но эти данные не сведены в общий каталог.

В этой связи следует подчеркнуть, что необходимо различать работы по мониторингу ПГ, выполняемые в основном силами Росгидромета, и экспериментальные, в т.ч. экспедиционные, работы, которые проводятся в институтах РАН. Последние, в отличие от данных мониторинга, не могут быть непосредственно использованы для оценки содержания ПГ в атмосфере Земли в совокупности с данными мониторинга*.

Рис.6.3. Распределение станций мониторинга ПГ и озонометрических станций. Звездочками изображены станции наблюдений ПГ (Териберка, Новый Порт, Воейково - действующие станции; остров Котельный, остров Беринга - станции, действовавшие до 1994 г), кружками показана сеть мониторинга общего содержания озона (ОСО).

*На эти различия между данными мониторинга и данными научных экспериментов указывалось на специальном совместном совещании экспертов Росгидромета и РАН по развитию ГСА в РФ. Это отмечается и в документах ВМО, где высказывается пожелание постепенного перевода экспериментальных работ в разряд мониторинга с соблюдением соответствующих правил ГСА.

Рис. 6.4. Карта расположения станций актинометрической сети РФ

До настоящего времени в РФ отсутствует национальный центр по сбору, систематизации и хранению данных по радиационно-активным составляющим атмосферы получаемых от учреждений разных ведомств.

Измерения атмосферного озона. Существенный вклад в парниковый эффект, сравнимый по порядку с вкладом метана дает тропосферный озон, который составляет лишь 10% от общего содержания озона (ОСО) в столбе атмосферы. Остальное количество озона, содержащегося в основном в нижней стратосфере, поглощает основную часть коротковолнового ультрафиолетового излучения Солнца и вносит небольшой отрицательный вклад в парниковый эффект. ОСО определяет уровень биологически опасного ультрафиолетового излучения у земной поверхности.

Озонометрическая сеть Росгидромета состоит из 27 станций и является составной частью мировой озонной сети. Результаты измерений направляются в Мировой центр данных ГСА по озону в Канаде. Единая шкала измерений ОСО поддерживается регулярными сравнениями национального эталона и эталона ВМО.

6.3.5. Актинометрическая сеть РФ

В настоящее время актинометрическая сеть РФ насчитывает 186 станций, обеспечивающих получение информации об основных составляющих радиационного баланса на подстилающей поверхности. Распределение станций на территории РФ приводится на рисунке 6.4.

Программа работы пунктов наблюдений разделяется на полную и сокращенную. Полная программа предполагает выполнение измерений пяти основных составляющих радиационного баланса: прямой, рассеянной, суммарной, отраженной радиации и радиационного баланса (с выдачей либо средних за каждый час суток либо мгновенных значений с дискретностью 3 часа). Сокращенная программа предполагает выполнение

измерений суточных сумм одного элемента -суммарной радиации. В 2005 г. по полной программе работали 115 пунктов, а по сокращенной 71 пункт наблюдений.

6.3.6. Спутниковые наблюдения за характеристиками климата

В РФ к настоящему времени не осталось спутниковых систем, измерения с которых можно было бы использовать для наблюдения за климатом. Наблюдения Земли из космоса в основном осуществляется спутниками США и ЕС, которыми измеряется общее содержание озона на освещенной стороне земли, содержание оксида углерода, метана и ряд других параметров, данные измерений которых могут быть использованы мониторинга климата.. Проводятся исследования подстилающей поверхности (яркость в видимой и коротковолновой областях спектра, альбедо подстилающей поверхности, температура поверхности морей и океанов, уровень прямой солнечной радиации, облачность). В США принята обширная программа исследований погоды и климата. Она включает исследования общего содержания и профилей концентрации озона (спутники NOAA), а также мониторинг содержания озона в районах образования озонной «дыры» в Антарктиде. Общее содержание озона измеряется по рассеянию солнечной УФ-радиации на спутниках NOAA-16 и NOAA-17. Все эти ИСЗ работают на полярных орбитах.

Спутник GOES-12 предназначен для мониторинга состояния природной среды и работает на геостационарной орбите. Он оснащен детектором для контроля вспышек на Солнце, он также оснащен прибором для получения изображений солнечной поверхности, что должно позволить оценивать влияние солнечной активности на состояние атмосферы и земной поверхности и влияние на озонный слой и другие факторы климата.

На спутнике NASA AM-1 измеряется глобальное распределения общего содержания метана и оксида углерода в атмосфере Земли. Первые данные о результатах измерения общего содержания CO в атмосфере стали поступать с лета 2001 г., измерения метана были начаты только в 2004г.

6.3.7 Вопросы климатического мониторинга, требующие решения

Раздел 6.3 не претендует на полноту освещения всех климатических характеристик -фактически наблюдаемых и требующих наблюдений - на территории РФ. Помимо вышеописанных наблюдений за атмосферой и ее газовым составом, заслуживают упоминания также океанографические наблюдения, которые проводятся Росгидрометом, РАН и другими ведомствами. Существует достаточно обширная сеть гидрологических измерений на реках и внутренних водоемах РФ. Проводятся наблюдения за вечной мерзлотой и др. Все эти наблюдения, проводимые различными ведомствами РФ, несомненно, важны для оценки состояния окружающей среды и широко используются в различных видах хозяйственной деятельности. Более того, они могут иметь непосредственное отношение к мониторингу климата, если входят в перечень переменных, указанных в международных документах ГСНК и удовлетворяют ряду требований, среди которых наиболее важными являются репрезентативность, однородность и продолжительность рядов наблюдений.

Согласно результатам модельных расчетов значительные изменения климата следует ожидать в ближайшие десятилетия в районах РФ, примыкающих к побережью СЛО, где сеть станций подверглась существенному сокращению за последние 10-20 лет и продолжает оставаться наиболее редкой. В качестве неотложной меры нужно восстановить утраченную сеть метеорологических станций в полярной области РФ.

Помимо 135 станций наземной метеорологической сети РФ, интегрированной в глобальную сеть ГСНК, исключительно значимый вклад в мониторинг экстремальных явлений и их изменчивость при потеплении климата может внести реперная климатическая

сеть (458 станций) и региональная опорная климатическая сеть (235 станций) РФ. Необходимо, чтобы эти сети, по крайней мере, продолжали оставаться неизменными.

В настоящее время на огромной территории РФ существует лишь одна постоянно действующая станция фонового мониторинга CO_2 в атмосфере (Териберка). Требуют неотложного решения вопросы восстановления сети фоновых станций наблюдений за парниковыми газами (количество и географическое распределение), а также развития сети станций наблюдения за источниками ПГ в Сибири (в районах газодобычи и естественной эмиссии), что очень важно для получения объективных оценок об источниках и стоках ПГ на территории РФ и их последующего представление в секретариат РКИК.

В СВЕТЕ ОЖИДАЕМОГО ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ РФ НУЖДАЕТСЯ В НАУЧНОЙ КОНЦЕПЦИИ РЕГИОНАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА КЛИМАТА И СВЯЗАННОЙ С НЕЙ ПОЛИТИКЕ РАЗВИТИЯ ВСЕГО КОМПЛЕКСА НАБЛЮДЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ РФ: КАКИЕ СЕТИ ТРЕБУЮТСЯ, ИХ СОСТАВ И РАЗМЕЩЕНИЕ. ЭТОТ ВОПРОС ДОЛЖЕН РЕШАТЬСЯ РОСГИДРОМЕТОМ ПО СОГЛАСОВАНИЮ С ДРУГИМИ ЗАИНТЕРЕСОВАННЫМИ ВЕДОМСТВАМИ, РАСПОЛАГАЮЩИМИ СРЕДСТВАМИ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ.

6.4 Современный уровень российских фундаментальных и прикладных исследований климата

6.4.1 Основные направления современных исследований климата в РФ

За последние 10-15 лет проблема изменения климата стала чрезвычайно актуальной, и число научных организаций РФ, участвующих в исследованиях климата, заметно выросло. В настоящее время климатические исследования ведутся НИУ Росгидромета (ГГО, ГГИ, ИГКЭ, ААНИИ, ВНИИСХМ, ВНИГМИ-МЦД и др.), РАН (ИВМ, ИФА, ИГ, ИВП, ИО и др.) и Минобрнауки (МГУ, РГГМУ и др.). Этот перечень далеко не полон, и может создаться впечатление, что исследования климата ведутся в РФ широким фронтом. Однако в действительности картина оказывается менее обнадеживающей, и причиной тому является, в первую очередь, кризисное состояние российской науки, которое возникло с начала 1990-х гг. и сохраняется до настоящего времени.

В современных российских исследованиях климата можно выделить три основных направления, традиционных для мировой науки о климате: (1) эмпирические исследования, включая исследования палеоклимата; (2) моделирование климата и (3) прикладные исследования. К последнему направлению примыкают связанные с климатом экономические исследования. В качестве отдельного направления можно выделить развитие т.н. математической теории климата, которым занимается, преимущественно, ИВМ РАН. Перечисленные направления образуют цепь: наблюдение за климатом - понимание климатических процессов - построение климатической модели - проверка модели через воспроизведение наблюдаемого климата - модельный прогноз изменений климата - оценка последствий будущих изменений климата. Необходимым звеном, связывающим эту цепь с процессом принятия решений является экономический аспект проблемы изменения климата, в т.ч. оценка рисков, связанных с климатическими изменениями, оценка экономического ущерба от последствий будущих климатических изменений, оценка экономического эффекта от своевременно принятых адаптационных мер, экономическое обоснование целесообразности принятия тех или иных мер по смягчению антропогенного воздействия на климат (например, в рамках Киотского соглашения и пост-киотского процесса) и т.п.

6.4.2 Эмпирические исследования

Важным, хотя и не безоговорочным, показателем соответствия исследований мировому уровню является публикация результатов этих исследований в наиболее известных международных рецензируемых изданиях и «удельный вес», значимость этих публикаций в международных оценочных докладах, прежде всего - МГЭИК, обзорных статьях в рецензируемых международных журналах и др.

С этой точки зрения, относительно благополучным (точнее - результативным) выглядит эмпирическое направление российских климатических исследований. Это направление отличается разнообразием; при этом особого упоминания заслуживают исследования палеоклимата - и в первую очередь - ледовых кернов с российской антарктической станции Восток; анализы инструментальных данных наблюдений (преимущественно, на территории РФ и в Арктике), работы по выявлению и устранению неоднородностей в рядах данных, и, наконец, участие в создании международных банков данных климатических характеристик, включая применение российских “know-how” в обработке «сырых» данных наблюдений, их обобщении и анализе.

6.4.3 Моделирование климата

Ко второму направлению можно отнести как собственно разработку климатических моделей, так и анализ модельных расчетов. В последние годы, благодаря развитию международной кооперации в области сравнения моделей и облегчению доступа в Интернет в РФ, российские исследования в области моделирования заметно сместились в сторону анализа климатических расчетов с помощью, преимущественно, зарубежных моделей и использования этих расчетов в некоторых прикладных исследованиях. Что касается наиболее технологически сложных и ресурсоемких работ и исследований, связанных с развитием физико-математических моделей атмосферы и океана, то ситуацию в этой части российской науки о климате можно назвать тревожной, и разрыв между российскими и зарубежными лидерами в этой области продолжает увеличиваться. К концу 1990-х гг. в РФ определились две организации, лидирующие в области моделирования общей циркуляции атмосферы - ГГО им.А.И.Воейкова и ИВМ РАН. Крупнейшие международные проекты сравнения глобальных моделей общей циркуляции атмосферы AMIP и AMIP-II, проводившиеся на протяжении 1990-х гг. и до 2002 г., показали, что обе российские модели не только улучшили качество расчетов современного климата, но и заняли достаточно высокие места среди лучших мировых моделей. (Следует отметить, что в ГГО этот прогресс между двумя фазами проекта AMIP был достигнут за счет сворачивания ряда других направлений и полной мобилизации интеллектуального потенциала - вопреки резкому ухудшению кадровой ситуации: в первой половине 1990-х гг. сразу трое (!) ведущих сотрудников лаборатории, занимавшейся разработкой модели ГГО, получили работу в научных организациях США и Израиля.) При этом следует отметить, что недостаток вычислительных ресурсов обусловил сравнительно грубое пространственное разрешение версий обеих российских моделей, участвовавших в указанных и некоторых других международных сравнениях. С середины 1990-х гг. в обоих институтах начались работы по созданию глобальных МОЦАО, необходимых, прежде всего, для расчетов будущих изменений климата. В результате в начале 2000-х гг. в обоих институтах были разработаны МОЦАО, объединяющие вышеупомянутые атмосферные модели с оригинальными моделями общей циркуляции океана, также созданными в ГГО и ИВМ. В обоих институтах численный состав разработчиков МОЦАО изначально существенно уступал мировым стандартам. Начиная с 2003 г. в ГГО из-за дальнейших кадровых потерь работы по развитию МОЦАО были, практически, приостановлены. В ИВМ эти работы увенчались участием в модельном проекте МГЭИК, организованном в поддержку подготовки ОД-4 МГЭИК. К сожалению, качество обеих МОЦАО в настоящее время не отвечает мировому

уровню: пространственное разрешение их атмосферных компонентов (а в МОЦАО ГГО - и океанского компонента) соответствуют нижней границе существующего на сегодняшний день диапазона для МОЦАО. Качество расчетов современного климата также не позволяет отнести российские модели к группе лидеров.

Моделирование регионального климата, являющееся важным звеном между глобальными МОЦАО и прикладными исследованиями, сосредоточено в ГГО Росгидромета, где на сегодняшний день существует модель регионального климата для ЕТР и продолжается разработка аналогичной модели, расчетная область которой захватывает Сибирь и Дальний Восток. Пространственное разрешение этой модели составляет 50 км по горизонтали, что является сравнительно низким показателем для региональных моделей такого класса.

Глобальные МОЦАО и модели регионального климата являются самыми необходимыми инструментами в исследованиях изменений климата (см. раздел 1). Дальнейшее развитие и проведение с ними исследований на мировом уровне затруднено нехваткой вычислительных и, главное, человеческих ресурсов.

Остальная деятельность, относящаяся к рассматриваемому направлению в российских исследованиях, состоит в развитии упрощенных моделей климата (например, климатическая модель промежуточной сложности ИФА РАН) а также к моделированию отдельных суб¬компонентов климатической системы (вечной мерзлоты, гидрологии суши, растительности, углеродного цикла, фотохимии атмосферы и т.п.), и распределена между различными НИУ Росгидромета и РАН. С точки зрения прогноза будущих изменений климата, все эти разработки и исследования носят вспомогательный характер.

Так же, как и значительная часть эмпирических исследований, вышеописанные модельные разработки и исследования относятся к классу фундаментальных. В настоящее время роль НИУ Росгидромета и РАН в проводимых в РФ фундаментальных исследованиях климата, практически, равноценна. Это обстоятельство представляется чрезвычайно существенным, с точки зрения устанавливающемся в РФ разделении науки на фундаментальную (академическую) и прикладную (ведомственную, т.е. в т.ч. НИУ Росгидромета). Необходимо отметить контр-продуктивность этого упрощения в контексте государственного управления наиболее актуальными климатическими исследованиями.

6.4.4 Прикладные исследования

Современный уровень исследований в прикладной климатологии характеризуется существенным качественным изменением характера выдаваемой потребителю продукции. Апробированные на протяжении многих лет методы классической климатологии и получаемая в результате стандартная климатическая информация, сохраняя свою значимость, уже не могут удовлетворить возросшие запросы практики. Перед каждой из прикладных ветвей климатологии: строительной, сельскохозяйственной, медицинской и т.д. стоят свои специфические задачи, решаемые методами обработки исходного материала. Динамика климата требует и динамики нормативных характеристик. Расчет новых многообразных нормативных и занормативных параметров основываются на современном, более мощном аппарате теории вероятности и математической статистики, в результате применения которых удастся получить специализированные комплексные параметры только статистической структуры суточного, срочного и часового разрешения.

Для оценки последствий изменения климата, оцениваемого по результатам моделирования, стандартных модельных характеристик температуры и осадков месячного разрешения недостаточно. Поэтому, как в РФ, так и в других странах выводы о последствиях изменения климата и адаптационные мероприятия носят, за очень редким исключением, качественный характер и не могут решить наиболее важных задач планирования, принятия решения и управления рисками, что необходимо для устойчивого

развития экономики. В российской и зарубежной литературе опубликовано много работ, в которых делаются попытки подступиться в этом плане к стоящим перед экономикой стран задачей.

Исследования по проблеме водных ресурсов за последние 10-15 лет проводятся в НИУ Росгидромета (ГГИ, Гидрометцентр России, ААНИИ, ВНИИГМИ-МЦД, региональные НИУ, УГМС), РАН (ИВМ, ИФА, ИГ, ИО и другие НИУ Сибирского и Дальневосточного отделений, Карельского филиала), ВШ (МГУ, СПГУ, РГГМУ, другие университеты), МПР и Росводресурсы, РАО ЕС (ВНИИГ, Гидропроект). Однако все они ведутся без должной координации, с использованием не всегда корректных методических подходов и, что нередко, давно устаревших сценариев. Имея очень ограниченное финансирование и сжатые сроки выполнения работ, исследования, как правило, направлены на решение мелких, частных вопросов, не имея при этом какого-либо практического выхода. Зачастую работы выполняются на устаревших данных, поскольку исследователям недоступны современные информационные материалы.

Ряд важных прикладных исследований проводится в ААНИИ, ВНИИГМИ-МЦД и ВНИИСХМ, в соответствии с общей спецификой этих НИУ.

6.4.5 Социально-экономические исследования

Устойчивое развитие экономики РФ может быть оценено соответствующими показателями. Основные показатели должны характеризовать: чувствительность и уязвимость экономики и населения от воздействия опасных явлений (ОЯ); способность производственно-хозяйственного механизма адаптироваться к негативному воздействию ОЯ, неблагоприятным условиям погоды и изменениям климата; климатические риски. К основным показателям относятся: национальное богатство, валовой внутренний продукт (ВВП), валовая добавленная стоимость (ВДС) и основные фонды.

Однако пока нет стоимостной оценки национальных богатств в полном объеме. Климатические ресурсы, влияющие на развитие экономики, в состав национальных богатств не включены. Поэтому требуется уточнить понятие национального богатства. ВВП характеризует с одной стороны, влияние природной среды и гидрометеорологических условий на основные отрасли экономики и с другой - их использование. Значения ВВП на каждый год, как правило, не сообщается.

К настоящему времени разработана теория экономической эффективности использования прогностической информации и методика оценки экономической полезности прогнозов в различных отраслях хозяйствования. Вместе с тем, оценкам экономической эффективности использования климатической информации до сих пор уделялось недостаточно внимания. Нарастающая неустойчивость погоды и климата и увеличивающийся государственный статус климатической информации требует дальнейших исследований в этом направлении. Необходимы специальные методы выбора оптимальных решений и стратегий на основе учета климатической информации, в каждой отрасли хозяйствования. В особом внимании нуждается разработка функций потерь, отражающих отраслевую специфику потребителя, и сбор массовых материалов об ущербах по каждому сектору экономики.

6.4.6 Общая оценка современных российских исследований в области климата и его изменений

В последнее десятилетие XX в. РФ утратила лидирующие позиции в мировой науке о климате. В это время российская климатическая наука, в основном, жила достижениями предшествующих десятилетий. К настоящему времени этот ресурс практически исчерпан, а перспективы его восполнения более чем скромны. К сожалению, это происходит именно тогда, когда интерес мирового сообщества к климатическим проблемам находится на подъеме.

Сравнительный анализ современного уровня климатических исследований в ведущих зарубежных научных организациях и профильных организациях РФ (Росгидромета, РАН и ВШ) в целом указывает на усугубляющееся отставание последних. За рубежом значительное внимание (и, соответственно, выделение материальных средств) уделяется развитию высокотехнологичных методов прогноза климата от месяца до нескольких десятилетий и на более продолжительные периоды - разработке сложных физико-математических моделей климата и технологий их использования (например, супер-ансамблевых расчетов климата), а также совершенствованию математического аппарата, применяемого для анализа результатов модельных расчетов и данных наблюдений. В РФ большая часть исследований направлена на анализ текущих изменений климата, их интерпретацию, а также на оценку некоторых видов климатических воздействий, не в последнюю очередь потому, что эти направления исследований не требуют применения сложных компьютерных технологий и больших материальных затрат.

Весьма показательным в этом отношении оказался национальный состав ведущих авторов готовящегося в настоящее время Четвертого Оценочного Доклада (ОД-4) МГЭИК - той его части, которая готовится Первой рабочей группой (РГ-1) МГЭИК и посвящена результатам фундаментальных исследований климата. Как и в Третьем Оценочном Докладе МГЭИК, в части РГ-1 ОД-4 задействованы 3 ведущих автора из РФ. Для сравнения3 - Румыния представлена в этой части Доклада 2 специалистами, Индия - 5, Германия и Канада - 8, Япония - 9, Франция - 12, Великобритания - 16, а США - 37.

ПРИ СОХРАНЕНИИ СУЩЕСТВУЮЩИХ В РОССИЙСКОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ НАУКЕ ТЕНДЕНЦИЙ, В БЛИЖАЙШИЕ НЕСКОЛЬКО ЛЕТ С ВЫСОКОЙ СТЕПЕНЬЮ ВЕРОЯТНОСТИ ЗАВЕРШИТСЯ ПЕРЕХОД РФ В РАЗРЯД ВТОРОСТЕПЕННЫХ, С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ УРОВНЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ, СТРАН.

Во все оценки включены ведущие авторы, авторы-координаторы и редакторы каждой из 11 глав Доклада РГ-1 МГЭИК.

6.5 Предложения по координации в НИУ Росгидромета, РАН и ВШ

На фоне непрерывного расширения финансовой поддержки и масштабов исследований в промышленно развитых странах, роста внимания к проблеме изменения климата среди правительственных и общественных организаций, отношение государственных органов РФ к данной проблеме остается крайне сдержанным. Тяжелое положение научных организаций РФ, независимо от ведомственной подчиненности, постепенно усугубляется из-за затянувшегося кризиса в науке. Так, вследствие прекращения притока молодежи в научные учреждения и старения кадрового состава научный потенциал Росгидромета, РАН и ВШ непрерывно падает. В результате наметилась устойчивая тенденция отставания уровня исследований климата, поскольку кадровый состав НИУ не успевает адаптироваться к динамично развивающимся новым технологиям и внедрять их в исследования. Современные методы исследования климата, основанные на применении сложных физико-математических моделей, новых программных продуктов и информационных технологий, могут успешно осваиваться и применяться только новым поколением ученых.

Наконец, сочетание ограниченности финансовых ресурсов и большого числа малочисленных и технологически слабо оснащенных коллективов приводит, по существу, к распылению имеющихся скудных средств. Исследования проводятся обособлено и, зачастую, на низком уровне. Обратной связи между результатами исследований и последующим финансированием работ практически не существует. Обмен научно-технической информацией, включая обмен данными, оставляет желать лучшего, редко проводятся национальные научные конференции с широкими дискуссиями по актуальным вопросам. Низкий уровень исследований особенно заметен по результатам участия (а

скорее - неучастия) российских ученых в международных научных программах и их рабочих органах, а также в международных конференциях и представляемых на них результатах исследований.

В настоящее время координация работ в области исследований климата между НИУ Росгидромета (в т.ч. внутриведомственная координация), РАН и ВШ носит зачастую формальный характер. Это неудивительно в ситуации, когда целевое финансирование исследований превращается, по сути, в пособие по безработице и не зависит от результата работы.

Позитивным примером объединения усилий российскими научными коллективами в рамках совместных исследовательских проектов являются проекты с зарубежным финансированием, особенно, если интеграция является условием получения гранта (например, INTAS).

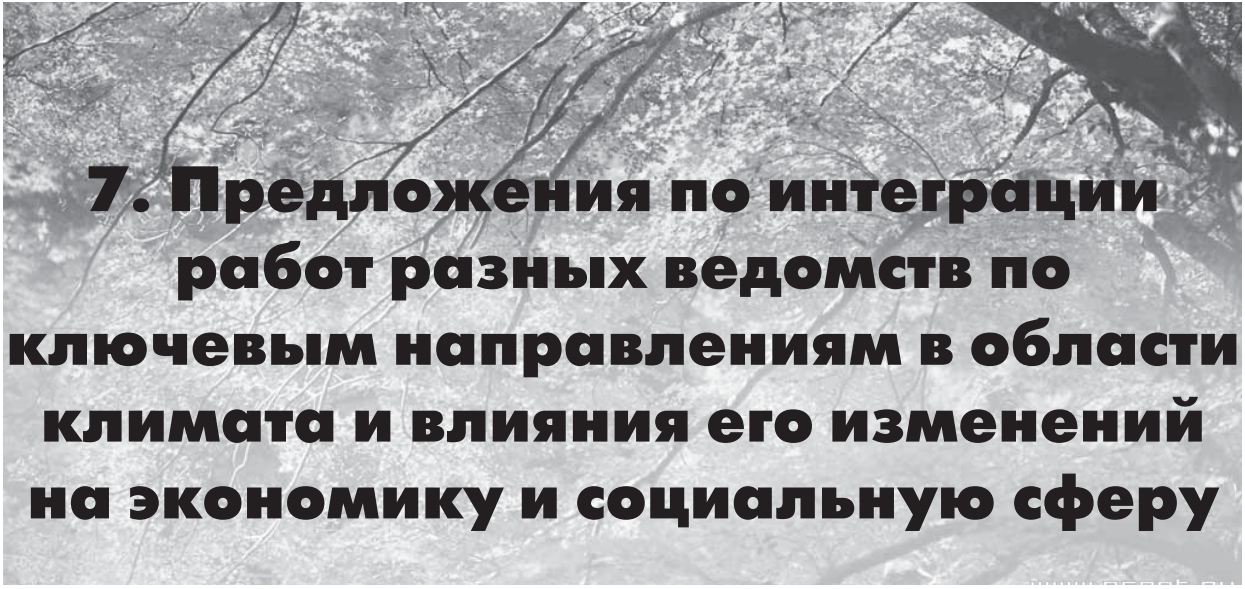
Определенные перспективы, с точки зрения интеграции, имеет опора на российскую научную диаспору за рубежом. Ярким примером широкой интеграции российских НИУ (первоначально РАН и ВШ, а впоследствии - Росгидромета) с представителями российской научной диаспоры в США и некоторых других развитых странах является программа NEESPI.

Необходимо создать стимулы для интеграции, однако это представляется затруднительным на межведомственном (Росгидромет - РАН - ВШ) уровне. Такие стимулы способно создать государство, заменив существующие принципы (и, несомненно, объемы) финансирования науки и образования.

Интеграция деятельности НИУ и ВШ в рамках программы подготовки специалистов высшей квалификации для изучения климата в значительной степени относится к компетенции Минобрнауки и, очевидно, является важным аспектом межведомственной интеграции Минобрнауки и Росгидромета. Необходимо создать условия, которые обеспечили бы укрепление коллективов, сохранивших научный потенциал, молодыми специалистами, оканчивающими вузы. Практика показывает, что сегодняшний уровень подготовки молодых специалистов в вузах по профильным специальностям низок, по сравнению с уровнем, который существовал два десятка лет назад. В первую очередь, речь идет о подготовке по базовым дисциплинам (математика, физика атмосферы и океана, программирование, английский язык). Причин тому много, и одной из важнейших является все та же кадровая проблема - недостаток квалифицированного преподавательского состава (по крайней мере - по специальным дисциплинам). Более того, в вузах отсутствуют необходимые технологические средства и научные коллективы, способные проводить исследования на современном уровне. Проблема усугубляется традиционным для советских времен отрывом ВШ от НИУ. Необходима тесная кооперация НИУ и вузов в подготовке молодых специалистов для научной работы. Однако, механизмы такой кооперации пока неясны. На первом этапе речь может идти о подготовке ограниченного количества молодых специалистов по контрактам с НИУ. Возможно, для этого следует организовать специальные совместные программы между НИУ-заказчиками специалистов и вузами. Росгидромет совместно с НИУ должен предложить программу финансирования таких проектов. Для отобранных на конкурсной основе студентов могут быть установлены дополнительные повышенные стипендии. НИУ должны начинать активно участвовать в профессиональной подготовке студентов за два-три года до окончания вуза посредством руководства курсовыми и дипломными работами, а также учебной практикой. Студентам должна быть предоставлена возможность работать по совместительству в НИУ. Это позволит на более ранней стадии выявлять наиболее одаренных студентов, приобщать их к работе в коллективе и прививать интерес к климатической проблеме и научной работе в целом.

ПРИНИМАЯ ВО ВНИМАНИЕ ОГРАНИЧЕННОСТЬ КАДРОВЫХ И МАТЕРИАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ НИУ РОСГИДРОМЕТА, РАН И ВШ, НЕОБХОДИМО РАЗРАБОТАТЬ МЕХАНИЗМЫ, ПООЩРЯЮЩИЕ БОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО ЭТИХ

ВЕДОМСТВ КАК ПРИ ПОДГОТОВКЕ МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ, ТАК И ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЦЕЛЕВЫХ НАУЧНЫХ ПРОГРАММ В ОБЛАСТИ КЛИМАТА.



7. Предложения по интеграции работ разных ведомств по ключевым направлениям в области климата и влияния его изменений на экономику и социальную сферу

7.1 Необходимость межведомственной интеграции и участия в ней Росгидромета

В прогнозах сценариев развития мировой экономики и экономики РФ на несколько ближайших десятилетий 21-го в. содержится множество неопределенностей, которые, в свою очередь, существенным образом влияют на неопределенности, связанные с прогностическими оценками возможных изменений климата и оценкой рисков*, обусловленных этими изменениями. Климатические изменения и их последствия характеризуются сложным взаимодействием экологических, экономических, политических, социальных и технологических процессов. В результате, принятие государственных решений, направленных на адаптацию и смягчение последствий изменения климата вынужденно должно осуществляться в условиях существенных неопределенностей. Эти обстоятельства следует учитывать при установлении приоритетных направлений деятельности федеральных органов исполнительной власти в области климата и влияния его изменений на экономику и социальную сферу.

Следует отметить, что правительства других стран находятся в таких же условиях неопределенности и, тем не менее, многие страны принимают государственные решения, связанные с изменением климата. Более того, на сегодняшний день можно констатировать, что наиболее крупные экономики мира уже приняли, по-видимому, главное решение по национальной климатической политике. В частности, США и ЕС со стороны развитых стран, Китай и Индия со стороны самых крупных развивающихся стран форсируют свои усилия в области энергоэффективности.

Круг политических, экономических и социальных проблем, связанных с изменением климата, чрезвычайно широк. Решение этих проблем на государственном уровне подразумевает тесное взаимодействие различных федеральных ведомств по специфическим вопросам. Центральным субъектом межведомственной интеграции по проблемам климата является Росгидромет. При этом функции Росгидромета в этой ситуации не должны сводиться к информации других ведомств о возможных изменениях климата и их последствиях для РФ. Представители (эксперты) Росгидромета должны принимать участие в обсуждении и подготовке решений, связанных с изменениями климата. Возможной формой такой интеграции могут стать межведомственные комиссии по специфическим проблемам, некоторые из которых обсуждаются ниже.

РЕШЕНИЕ КЛЮЧЕВЫХ ПРОБЛЕМ, СВЯЗАННЫХ С ВЛИЯНИЕМ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ПОЛИТИКУ, ЭКОНОМИКУ И СОЦИАЛЬНУЮ СФЕРУ, ТРЕБУЕТ ИНТЕГРАЦИИ РАБОТ ФЕДЕРАЛЬНЫХ ВЕДОМСТВ С ОБЯЗАТЕЛЬНЫМ УЧАСТИЕМ РОСГИДРОМЕТА В ПОДГОТОВКЕ И ОБСУЖДЕНИИ ПРИНИМАЕМЫХ РЕШЕНИЙ.

[8] В данном разделе под риском будет пониматься произведение вероятности некоторого негативного последствия изменения климата (например, вероятности увеличения частоты гололедицы вследствие смягчения зим, что может увеличить материальные потери, связанные с увеличением частоты ДТП или закрытием аэропортов), умноженной на величину стоимости соответствующих материальных потерь. При таком определении величина риска имеет денежное выражение, что позволяет сравнивать различные негативные последствия изменения климата. Аналогичным образом можно определить выигрыши от благоприятных последствий изменения климата. При этом следует отдавать себе отчет в том, что как негативные, так и благоприятные последствия изменения климата имеют не только материальное измерение.

7.2 Потенциальная или фактическая заинтересованность федеральных ведомств в различных вопросах, связанных с изменением климата и его последствиями.

Ожидаемые изменения климата способны затронуть сферу интересов (и ответственности) практически любого федерального ведомства. Определение круга «чувствительных» к климатическим изменениям функций федеральных ведомств РФ выходит далеко за пределы настоящего отчета. В таблице 7.1 даны некоторые примеры климатически обусловленных проблем, которые создают почву для интеграции различных ведомств с Росгидрометом и другими ведомствами.

Таблица 7.1

Примеры возможных климатически обусловленных проблем, входящих в сферу ответственности федеральных ведомств РФ.

Федеральное ведомство	Примеры ведомственных интересов, связанных с изменениями климата
Министерство внутренних дел РФ (Федеральная миграционная служба)	Миграционные процессы, связанные с изменениями климата и соответствующими воздействиями на экономику, социальную сферу, комфортность проживания, здоровье населения в различных регионах РФ и за рубежом.
Министерство РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий	Обусловленные изменениями климата изменения характера, повторяемости, масштабов стихийных бедствий.
Министерство иностранных дел РФ	Международные соглашения по проблемам окружающей среды и климата. Соблюдение национальных интересов РФ при разграничении морских пространств и дна морей Северного Ледовитого Океана с приарктическими государствами.
Министерство обороны РФ	Оборона границ РФ в связи с климатически обусловленными изменениями геополитической обстановки и, в частности, обеспечение защиты суверенитета и международных прав РФ на арктическом региональном направлении и Контролирование иностранной военно-морской деятельности в районах и зонах, согласованных с ведущими морскими державами на основе двусторонних и многосторонних соглашений.
Министерство здравоохранения и социального развития РФ	Климатически обусловленные угрозы здоровью и занятости населения.
Министерство образования и науки РФ	Подготовка квалифицированных научных кадров в интересах РФ.

Министерство природных ресурсов РФ (Федеральные агентства водных ресурсов; лесного хозяйства; Федеральная служба по надзору в сфере природопользования; Федеральное агентство по недропользованию)	Климатические воздействия на природные ресурсы РФ: возникновение недостатка питьевой воды в некоторых регионах РФ, изменения пожароопасности в лесах, вытеснение одних биологических видов другими, возникновение ранее не свойственных заболеваний деревьев. Облегчение доступа к новым ресурсам в Арктике и связанные с ним проблемы загрязнения окружающей среды
Министерство промышленности и энергетики РФ (Федеральное агентство по промышленности; Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии; Федеральное агентство по энергетике)	Проблемы энергосбережения, альтернативные углеводородам виды топлива. Переход на «чистые» технологии. Прямые воздействия климатических изменений, например, продолжительность отопительного периода. Мониторинг эмиссий ПГ. (ТЭК обеспечивает 80% эмиссий ПГ, он же является главным потребителем углеводородного топлива.)
Министерство регионального развития РФ (Федеральное агентство по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству)	Стратегии устойчивого развития регионов. Влияние изменений климата на региональную экономику. Воздействия изменений климата (например, таяния мерзлоты) на инфраструктуры. Новые СНИПы.
Министерство сельского хозяйства РФ (Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору; Федеральное агентство по рыболовству; Федеральное агентство по сельскому хозяйству)	Изменения урожайности различных культур в новых климатических условиях. Изменения пригодности земель для использования в сельском хозяйстве. Изменения промысловых районов в морях и океанах. Новые инфекции и паразиты. Вытеснение одних биологических видов другими
Министерство транспорта РФ (Федеральная служба по надзору в сфере транспорта, Федеральное агентство воздушного транспорта, Федеральное дорожное агентство, Федеральное агентство железнодорожного транспорта, Федеральное агентство морского и речного транспорта, Федеральное агентство геодезии и картографии)	Освоение Северного морского пути и связанная с ним потребность в обновлении и безопасной эксплуатации судов ледокольного класса, включая атомный ледокольный флот. Воздействие таяния мерзлоты на авто- и железные дороги. Изменения ландшафтов, например, в результате таяния вечномерзлых грунтов или растительного покрова суши. Изменения береговой черты в результате подъема уровня океана. Воздействия климатических изменений на морские и речные порты и судоходство: наводнения, усиление штормовой активности в арктических морях.
Министерство информационных технологий и связи РФ	Участие в технологическом обеспечении климатических исследований и мониторинга климата и ПГ, проводимых в РФ.
Министерство финансов РФ	Финансирование приоритетных научных исследований в области климата. Особенности финансирования регионов Крайнего Севера РФ в условиях сдвига климатических зон.

Министерство экономического развития и торговли РФ	Экономическое обоснование принятия политических и экономических решений, связанных с проблемой изменения климата, например, оценка экономических рисков, прогноз и учет экономических выгод и потерь РФ при заключении международных соглашений, подобных Киотскому.
Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды	Организация исследований климата и последствий его изменений - глобальных и на территории РФ, организация мониторинга климата и ПГ в РФ. Подготовка Национальных оценочных докладов о климатьических воздействиях на территории РФ. Организация межведомственной интеграции работ в области климата.
Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору	Экологические последствия климатических изменений: например, загрязнение Арктики в результате интенсификации хозяйственной деятельности. Изменения в ТЭК в связи с переходом на альтернативные углеводородам виды топлива, в т.ч. возможные изменения в секторе атомной энергетики.
Федеральное агентство по атомной энергии	Возможное увеличение сектора атомной энергетики в ТЭК РФ. Обновление и эксплуатация атомного ледокольного флота.
Федеральное космическое агентство	Участие в решении приоритетных научных задач. Мониторинг климата.
Федеральное агентство по туризму	Новые возможности для туристического бизнеса в результате смягчения климата высоких широт (например, круизы к северному полюсу)

Приведенные в таблице примеры не претендуют на полноту. Каждый из них нуждается в детальной проработке. Поэтому их следует рассматривать лишь как отправную точку для дальнейшего анализа, который, безусловно, требует привлечения специалистов из других ведомств.

Перечисленные выше ведомственные интересы, связанные с изменениями климата, можно проиллюстрировать на примере ожидаемых изменений ледовитости СЛО. Выдержанные в духе политкорректности международные документы, подобные докладам МГЭИК или ACIA, как правило, избегают рассмотрения вопросов, связанных с климатически обусловленными изменениями геополитической ситуации в мире и в отдельных регионах и соответствующими проблемами национальной безопасности отдельных стран. Между тем, на национальном уровне такая информация является наиболее востребованной и зачастую определяет акценты в государственном управлении научными (в т.ч. климатическими) исследованиями в том или ином регионе. В этом контексте Арктика в целом и СЛО как ее часть представляют особый интерес для РФ, как и для многих других стран, в том числе находящихся за пределами Арктики. Не претендуя на полноту освещения проблем, с которыми РФ может столкнуться в связи с облегчением доступа в СЛО в результате потепления климата, остановимся лишь на трех следующих примерах.

Делимитация границ в Арктике

В газете "The New York Times" за 17 октября 2005 г. опубликована статья группы авторов под названием «Золотая лихорадка на вершине мира», посвященная национальным интересам арктических стран в связи с изменениями ледяного покрова СЛО. Помимо упоминавшихся выше и некоторых других вопросов и проблем, статья довольно подробно рассматривает видение разными государствами будущих межгосударственных границ в СЛО, значение которых радикально возрастает в связи с ожидаемым облегчением доступа на арктический шельф и в центральную Арктику. Пять стран - РФ, США, Канада, Норвегия и Дания - по-разному видят будущее разделение СЛО: Канада, Дания и США предлагают т.н. «медианный» метод разделения (пропорционально протяженности береговой линии каждой страны в настоящее время), в то время как РФ и Норвегия предпочитают «секторный» подход (разделение на сектора по меридианам, сходящимся к Северному полюсу). Несмотря на то, что газетная статья не может быть надежным источником информации, появление таких публикаций заставляет обратить внимание на эту -пока потенциальную - проблему, относящуюся, очевидно, к сфере ответственности МИД РФ и потенциально затрагивающую интересы Минобороны, Минприроды, Федерального агентства по рыболовству и, возможно, других.

Будущее ледокольного флота РФ

Другим примером государственной проблемы, возникающей в связи с ожидаемыми изменениями ледяного покрова Мирового океана (не только в северных, но и в южных высоких широтах) является необходимость принятия решений относительно будущего ледокольного флота. В 2005 г. был опубликован доклад Национального исследовательского совета США, Комитета по оценке роли и будущих потребностей полярных ледоколов береговой охраны США (http://www.nap.edu/catalog/11525.html). В этом докладе, помимо анализа современного состояния и перспектив, ледокольного флота США, делается, в частности, на первый взгляд, парадоксальный вывод о необходимости поддержания ледокольного флота в условиях теплеющей Арктики, в т.ч. больших ледоколов, для круглогодичного доступа в СЛО с целью обеспечения национальных интересов безопасности и научных интересов в Арктике. В качестве аргументов такой необходимости приводится ожидаемое увеличение активности в этом регионе в связи с вызванным потеплением облегчением доступа в высокие широты. Ледоколы должны также обеспечить постоянное присутствие США в Южном океане. Еще один пример - Канада, у которой пока нет возможности патрулировать свои прибрежные воды в высоких арктических широтах и которая намерена построить три военных корабля усиленного ледового класса, а также усилить наблюдение за этим регионом со спутника. По-видимому, РФ в своей стратегии развития национального ледокольного флота, в т.ч. атомных ледоколов, может руководствоваться схожими соображениями. Ожидаемые изменения ледовитости т.о. затрагивают сферы ответственности Федерального агентства морского и речного транспорта, Федерального агентства по атомной энергии и др.

Водные ресурсы в Центральной Азии

На фоне ожидаемого в будущем увеличения стока пресных вод в СЛО в странах Средней Азии будет складываться критическая ситуация с водообеспечением. По некоторым оценкам, в перспективе там возможна катастрофа с пресной водой. Другой - политический - аспект проблемы обусловлен уменьшением водных ресурсов на трансграничных реках Иртыша и Оби и необходимостью заключения соглашений с Китаем и Казахстаном по регулированию водопотребления, что потребует совместных усилий от целого ряда ведомств, включая МИД.

ВОЗМОЖНЫЕ В БУДУЩЕМ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТАК ИЛИ ИНАЧЕ ЗАТРАГИВАЮТ СФЕРЫ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ПРАКТИЧЕСКИ ВСЕХ ФЕДЕРАЛЬНЫХ ВЕДОМСТВ РФ. НЕОБХОДИМО ОПРЕДЕЛИТЬ МАКСИМАЛЬНО ШИРОКИЙ КРУГ СВЯЗАННЫХ С ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА ПРОБЛЕМ, РЕШЕНИЕ КОТОРЫХ ТРЕБУЕТ ИНТЕГРАЦИИ РАБОТ РАЗЛИЧНЫХ ФЕДЕРАЛЬНЫХ ВЕДОМСТВ ПРИ ОБЯЗАТЕЛЬ-

НОМ УЧАСТИИ РОСГИДРОМЕТА. ПРОРАБОТКУ ЭТОГО ВОПРОСА СЛЕДУЕТ ПОРУЧИТЬ СПЕЦИАЛЬНОЙ МЕЖВЕДОМСТВЕННОЙ КОМИССИИ - ЖЕЛАТЕЛЬНО, ПОД РУКОВОДСТВОМ ОДНОГО ИЗ ЗАМЕСТИТЕЛЕЙ ПРЕДСЕДАТЕЛЯ ПРАВИТЕЛЬСТВА РФ.

7.3 Сфера ответственности Росгидромета в контексте межведомственной интеграции работ, связанных с изменениями климата

7.3.1 Мониторинг климата и учет источников и стоков ПГ

Помимо осуществления государственного управления наиболее актуальными для РФ исследованиями климата, в сферу ответственности Росгидромета в контексте межведомственной интеграции должны входить два важных направления, которые непосредственно не включаются в круг исследовательских работ, но, тем не менее, не могут дать достаточно надежные результаты, если не будет на должном уровне организовано их научное обеспечение.

Во-первых, это работы в области мониторинга климата и природных факторов, определяющих его изменение (обычно принято с некоторой степенью условности выделять гидрометеорологические параметры, геофизические параметры, состав атмосферы, биоту). Работы по мониторингу климата и климатообразующих факторов должны обязательно удовлетворять ряду условий, несоблюдение которых нарушает в той или иной степени достоверность наблюдательной информации. Требования по выполнению наблюдений содержатся в документах ВМО и ГСНК. Наиболее критичны в этом отношении репрезентативность наблюдений в смысле места размещения средств измерений и программы наблюдений, сопоставимость данных наблюдений с данными международных наблюдательных систем, гарантии по обеспечению многолетних непрерывных наблюдений, технологии обеспечения качества данных и управления данными. Известно, что ряд научных организаций, образовательных учреждений, организаций федеральных ведомств осуществляют наблюдения за отдельными параметрами климатической системы, однако далеко не всегда эти наблюдения выполняются с соблюдением всех необходимых требований.

РОСГИДРОМЕТ КАК ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА, ОДНОЙ ИЗ ОСНОВНЫХ ФУНКЦИЙ КОТОРОЙ ЯВЛЯЕТСЯ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОСТРОЕНИЯ И НАДЛЕЖАЩЕГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СЕТИ НАБЛЮДЕНИЙ И ФОРМИРОВАНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО ФОНДА ДАННЫХ, ЗАНИМАЕТ ИСКЛЮЧИТЕЛЬНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ В СИСТЕМЕ ФЕДЕРАЛЬНЫХ ОРГАНОВ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ВЛАСТИ ПО ВОЗМОЖНОСТЯМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОБЛЮДЕНИЯ ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫМ К НАБЛЮДЕНИЯМ ТРЕБОВАНИЙ, В ПЕРВУЮ ОЧЕРЕДЬ, ЗА СЧЕТ НАЛИЧИЯ В ВЕДОМСТВЕ СЕТИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ.

Во-вторых, это работы по учету источников и стоков ПГ. К сожалению, данные статистического учета выбросов ПГ содержат противоречия, что вызывает сомнения в их достоверности. Неуклонное снижение эмиссии ПГ, как это отражено в Кадастрах на эти газы, например, на CO_2 и CH_4, противоречит наблюдаемому начиная с 1996 г. росту потребления ископаемого топлива топливно-энергетическим комплексом - основным его потребителем. Так, согласно Статистическому ежегоднику РФ 2000 г., добыча углеводородного топлива уменьшилась с 1995 по 1999 г.: по газу (вместе с попутным газом) всего на 0.5% с 595 до 592 млрд. м^3, по каменному углю с 177 до 166 млн. т., т.е. на 7%, нефти (включая газовый конденсат) с 307 млн. т. до 305 млн.т., т.е. на 0.7%. В то же время, с соответствии данными, представленными в 3-ем Национальном сообщении РФ, выбросы метана (потери последнего исчисляются от объема его добычи) упали за

указанный период с 390 млн. т. до 290 млн. т. условного топлива, т.е. на 35%. Причем, как известно, наибольшие потери метана в атмосферу характерны именно для газовой промышленности.

УЧИТЫВАЯ КЛЮЧЕВУЮ РОЛЬ ДОСТОВЕРНОСТИ ДАННЫХ О ВЫБРОСАХ ПГ НА НАЦИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ, ЦЕЛЕСООБРАЗНО РАССМОТРЕТЬ ВОПРОС О ПРИНЯТИИ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА (ФЕДЕРАЛЬНОГО ЗАКОНА), РЕГУЛИРУЮЩЕГО ВОПРОСЫ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ПГ, ВКЛЮЧИВ В НЕГО ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ДОСТОВЕРНОСТИ ДАННЫХ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ. НЕОБХОДИМО РАЗВИВАТЬ МЕТОДЫ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ИСТОЧНИКОВ И СТОКОВ ПГ, А ТАКЖЕ ПРИВЛЕКАТЬ КОСВЕННЫЕ МЕТОДЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ДОСТОВЕРНОСТИ ДАННЫХ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ.

7.3.2 Оценка влияния изменений климата на социально-экономическое развитие

Детальный анализ всего спектра воздействий изменения климата на экономику и на социальную сферу РФ не является предметом настоящего отчета. Оценка таких воздействий должна стать задачей специальных исследований, результаты которых призван синтезировать Национальный Оценочный Доклад, организация подготовки которых должна быть возложена на Росгидромет. Потенциально к секторам жизнедеятельности страны, на которые могут воздействовать изменения климата, можно отнести такие сектора, обеспечение функционирования которых связано с учетом погодно-климатических факторов.

При этом в некоторых важных секторах экономические и социальные аспекты воздействия изменения климата тесно переплетены, и их раздельное рассмотрение может привести к несбалансированным оценкам и, как следствие, к ошибочным решениям. В качестве примера можно привести сельское хозяйство, где любые изменения в сфере производства товарной продукции, в первую очередь растениеводства, тесно связаны с социальными последствиями. Другой пример - обеспеченность водными ресурсами. Эта проблема имеет как экономическое, так и социальное измерения. То же можно сказать о здравоохранении или о жилищно-коммунальном или, говоря шире, о городском хозяйстве.

Поэтому более целесообразным представляется проблемно ориентированный подход, при котором выделенный сектор рассматривается с учетом всех аспектов, которые формируют его как целостную проблему.

Этот подход можно проиллюстрировать на примере одной частной проблемы влияния изменения климата на здоровье населения. В научной литературе, в том числе отечественной, встречаются публикации, согласно которым даже незначительное увеличение средней температуры может привести к росту бактериальных и вирусных острых кишечных заболеваний. Есть научные работы, в которых с произошедшими за последние десятилетия изменениями климата РФ связывается смещение к северу на 2˚ широты исторического ареала одного из видов возбудителей заболеваний. Поэтому вопросам экологических последствий изменения климата следует уделять внимание не только в научном или природоохранном аспектах, но и с точки зрения возможных связей таких изменений с состоянием здоровья населения, с сельскохозяйственным производством и т.д. В некоторых случаях важными могут оказаться политические и военные аспекты.

Приведенные примеры специально подобраны для наименее изученных областей влияния последствий изменения климата. Значительно лучше понимание влияния последствий изменения климата в таких секторах, как строительство, транспорт, высоковольтная энергетика, теплообеспечение зданий, трубопроводный транспорт в зоне вечной мерзлоты и др.

Для проработки проблемно ориентированного подхода целесообразно составить, условно говоря, классификатор ключевых проблем в области климата, имеющих национальный приоритет. За первоначальную основу такого классификатора можно взять указанные выше сектора, дополненные по материалам МГЭИК, а также результаты отечественных и зарубежных исследований: энергетика, строительство, транспорт, здоровье и структура занятости населения, качество окружающей среды, сельское хозяйство, лесное хозяйство, Арктические моря, Арктическое побережье и зона вечной мерзлоты*, стихийные бедствия, добыча и транспортировка энергоносителей, городское хозяйство и др. Для каждого раздела классификатора устанавливается круг федеральных ведомств, ответственных за комплекс проблем соответствующего раздела.

Работы федеральных ведомств в соответствии с их ролью, установленной в классификаторе, опираются на ту информацию о погодно-климатических характеристиках текущего климата и его возможных в будущем изменениях, которая вырабатывается научно-исследовательскими и производственными организациями Росгидромета и других ведомств. Поэтому этот классификатор должен, разумеется, включать разделы, связанные с исследованием и мониторингом климата, с инвентаризацией природных и антропогенных источников и стоков ПГ.

ПОСКОЛЬКУ РАБОТЫ ВЕДОМСТВ ПО РАССМАТРИВАЕМОЙ ПРОБЛЕМАТИКЕ ИМЕЮТ ОБЩУЮ ОСНОВУ, СВЯЗАННУЮ С ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА, ЭТИ РАБОТЫ ЦЕЛЕСООБРАЗНО ИНТЕГРИРОВАТЬ В ВИДЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ ФЕДЕРАЛЬНОЙ ЦЕЛЕВОЙ КОМПЛЕКСНОЙ ПРОГРАММЫ. В КАЧЕСТВЕ РАБОЧЕГО ПРОЕКТА НАЗВАНИЯ ТАКОЙ ФЦКП МОЖНО РАССМОТРЕТЬ СЛЕДУЮЩЕЕ: “КЛИМАТ И ВЛИЯНИЕ ЕГО ИЗМЕНЕНИЙ НА ЭКОНОМИКУ И СОЦИАЛЬНУЮ СФЕРУ РФ НА ПЕРИОД ДО 2020 ГОДА И ДАЛЬНЕЙШУЮ ПЕРСПЕКТИВУ”.

7.4. Меры по уменьшению влияния экономики РФ на изменение климата

Климатические изменения оказывают воздействие на многие стороны развития экономики РФ. Смягчение воздействия климатических изменений - не единственная проблема, которая требует принятия взвешенных решений уже сейчас. В материалах МГЭИК содержится много конкретной информации с оценками влияния того или иного вида деятельности человека на изменение климата. Тщательный взвешенный анализ этих материалов применительно к условиям РФ и ее регионов, а также получение конкретных экономических оценок стоимости мер по смягчению последствий необходимы для установления приоритетов климатической политики, направленной на уменьшение влияния экономики РФ на изменение климата.

Политика, направленная на снижение общего объема выбросов ПГ, может наилучшим образом способствовать устойчивому развитию, если она соответствует, а не противоречит решению важнейших социальных задач. Такая политика может способствовать решению проблем, выходящих за рамки проблемы изменений климата, например, снижать отрицательное воздействие промышленной деятельности на здоровье людей, содействовать повышению уровня занятости населения, защите и улучшению состояния лесов и водотоков, развитию энергосберегающих технологий.

Развитие энергосберегающих технологий и в целом повышение энергоэффективности приводят ко множественным выигрышам. Во-первых, это уменьшение потребности в энергоресурсах на производство единицы ВВП. Это, в свою очередь, приводит к снижению удельных выбросов ПГ и способствует достижению целей РКИК. Уменьшение внутренних потребностей в топливных ресурсах может либо создать дополнительные ресурсы энергии и сырья для развития экономики, либо увеличить потенциал экспорта энергоносителей. Применение энергосберегающих технологий приводит к снижению загрязнения атмосферного воздуха целым рядом вредных веществ (оксиды азота и серы, взвешенные вещества,

*В разделе 4 рассматриваются территориальные аспекты учета факторов меняющегося климата при разработке региональных программ устойчивого развития по федеральным округам. Арктические регионы указаны здесь из-за особой важности этих территорий и их большей уязвимости к изменению климата.

озон, оксид углерода, органические токсиканты и др.). Наконец, повышение энергоэффективности экономики означает технологический рывок во всех секторах экономики, в социальной сфере и в государственной инфраструктуре, которые так или иначе связаны с производством, транспортировкой и потреблением энергии.

Энергоемкость экономики РФ в 3-5 раз выше, чем в развитых странах, что является следствием низкого технологического уровня производства и коммунально-бытовой сферы. Поэтому важнейшим направлением, способствующим уменьшению влияния экономики на климат, является повышение энергоэффективности во всем секторе потребления энергии.

Можно сказать, что сейчас достаточно быстрыми темпами формируется новый сектор мирового рынка в области энергоэффективности, и на этом рынке уже обостряется конкурентная борьба между развитыми странами за сбыт технологий, повышающих энергоэффективность как в сфере производства, так и в сфере потребления энергии. Зарубежные исследователи в развитых странах призывают свои правительства значительно усилить исследования и разработки по альтернативным источникам энергии, чтобы обеспечить конкурентоспособность экономики своих стран во второй половине 21-го в. Этот вызов повышения энергоэффективности и связанного с ним технологического прогресса настолько серьезен, что он находит отражение в политических документах развитых стран (например, в документах ЕС). Обозначившуюся связь климатической политики с ускоренной технологической модернизацией целесообразно отразить в концепции Климатической доктрины РФ.

Как известно, в РФ основные объемы техногенных выбросов ПГ приходятся на ТЭК, причем, если для выбросов CO_2 основная доля приходится на отрасли по производству тепловой и электрической энергии, то для метана - на добычу и транспортировку природного газа и нефти, добычу угля. Доля ТЭК в ВВП продолжает расти: если в 1990 г. она составляла 23%, то в 1998 г. -уже около 28%.

При множестве вариантов перехода к более “чистым” технологиям, в краткосрочной перспективе РФ наиболее эффективной (с точки зрения быстрой отдачи) является переход промышленности и энергетики на природный газ, характеризующийся меньшим объемом выбросов CO_2 на единицу произведенной энергии, чем сырая нефть, мазут и уголь. Однако нельзя не учитывать, что возможность этого способа снижения выбросов ПГ ограничена полным переходом на газовое топливо. Поэтому такой подход нельзя считать стратегически перспективным, тем более, что он не стимулирует энергосбережение.

Снизить объем выбросов ПГ можно при расширении использования различных видов возобновляемых источников энергии, таких, как гидроэнергетика, гелиоэнергетика, энергия ветра. Уменьшению потребности в ископаемом углеродном топливе может способствовать применение водорода в качестве топлива, а также метана, образующегося в свалках бытового мусора. Атомная энергетика также практически не дает выбросов ПГ, однако в обществе существует озабоченность по поводу безопасности транспортировки и захоронения радиоактивных отходов.

Частичной компенсации выбросов CO_2 можно достичь увеличением эффективности его стоков, в частности посадкой деревьев, листва которых поглощает и удерживает углерод. Эти резервуары углерода в течение ближайших 50 лет способны удерживать до 10-20% выбросов. Это может дать время на разработку современных технологий с низким уровнем выбросов ПГ.

При грамотном управлении лесные и почвенные резервуары, помимо снижения уровня в атмосфере, могут сыграть важную роль в решении социальных, экономических и экологических проблем (здоровые лесные массивы могут способствовать снижению эрозии почвы, способствовать сохранению природы и созданию новых рабочих мест в сельской местности). Для того, чтобы стратегия улучшения резервуаров углерода носила устойчивый характер, она должна учитывать и глубинные социально-экономические причины обезлесения и других видов деятельности.

Другой ключевой сектор - это сельское и лесное хозяйство. Здесь основной потенциал по улучшению баланса источников и стоков ПГ лежит в области накопления углерода

в резервуарах (лес, почва) и в снижении выбросов метана и закиси азота посредством улучшения землеустройства. Снижение поголовья скота в РФ в период с 1990 по 2000 г. более чем в 2 раза привело к снижению эмиссии метана за счет ферментации животных более, чем в 2 раза (с 4.4 до 2.1 млн.т). В то же время эмиссия метана, связанная с отходами (твердыми и жидкими) практически не изменилась.

В непроизводственной сфере динамика расхода энергоносителей определяется их удельными затратами на отопление жилых и общественных зданий. В развитых странах, например, США, планируется снижение удельных затрат энергоносителей в этой сфере на 20% за 20 лет в то время как в РФ эти затраты имеют тенденцию к росту.

К основным секторам - ключевым потребителям энергии - относятся металлургия, транспорт, жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ). Поскольку первые два сектора экономики, в основном, не относятся к бюджетной сфере, то их регулирование в части обеспечения энергосбережения возможно с помощью нормативно-правовых и экономических механизмов. По существу, с точки зрения влияния на климат (как и на качество окружающей среды), низкие показатели энергосбережения в металлургии, строительстве и транспорте можно интерпретировать как недобросовестную конкуренцию за счет использования технологий, недружественных к климату и к качеству окружающей среды. Не следует исключать, что такие недружественные к климату технологии будут испытывать давление со стороны международного сообщества, например, со стороны ВТО или ЕС, чтобы устранить указанные преимущества недобросовестной конкуренции.

Повышение энергоэффективности ЖКХ, особенно существующего жилого фонда - значительно более трудная задача. При строительстве новых зданий, в т.ч. нежилых, следует предъявлять повышенные требования по энергоэффективности. Например, в ЕС разрабатывается директива по энергоэффективности зданий. По-видимому, повышение энергоэффективности ЖКХ должно стать предметом специальной федеральной целевой программы.

Необходимо подчеркнуть еще один ключевой фактор, который в значительной мере обуславливает успешное решение задач повышения энергоэффективности и четкого количественного определения баланса выбросов и стоков ПГ на территории РФ и, следовательно, правильной оценки выполнения страной намеченных мер по соблюдению своих обязательств, вытекающих из РКИК. Методы и нормативные основы определения выбросов ПГ из антропогенных и природных источников нуждаются в коренном улучшении. То же следует сказать и о методах оценки стоков ПГ. Указанные задачи тоже могут стать одним из предметов федеральной целевой программы.

ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЕДИНОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ В ОБЛАСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКОНОМИКИ РФ МОЖНО ПРЕДЛОЖИТЬ ФЕДЕРАЛЬНУЮ ЦЕЛЕВУЮ ПРОГРАММУ “ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКОНОМИКИ РФ”, ВКЛЮЧИВ В ЧИСЛО ИСПОЛНИТЕЛЕЙ ЭТОЙ ПРОГРАММЫ НЕ ТОЛЬКО ФЕДЕРАЛЬНЫЕ ВЕДОМСТВА, НО И КРУПНЕЙШИЕ КОМПАНИИ, ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КОТОРЫХ СВЯЗАНА С БОЛЬШИМ ПОТРЕБЛЕНИЕМ ЭНЕРГИИ. ЦЕЛЕВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРЕДЛАГАЕМОЙ ФЦП ЦЕЛЕСООБРАЗНО УСТАНАВЛИВАТЬ С УЧЕТОМ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ ОЦЕНОК ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РФ, КОТОРЫЕ ДОЛЖНЫ ВЫРАБАТЫВАТЬСЯ В РАМКАХ СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ НАУЧНОЙ ПРОГРАММЫ. ФИНАНСИРОВАНИЕ ФЦП ЦЕЛЕСООБРАЗНО ОСУЩЕСТВЛЯТЬ НА СМЕШАННОЙ ЧАСТНО-ГОСУДАРСТВЕННОЙ ОСНОВЕ, ВОЗЛОЖИВ НА ГОСУДАРСТВО ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ЗА ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ (РАЗРАБОТКУ НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫХ ОСНОВ, КОНТРОЛЬ И НАДЗОР И ДР.) В ОБЛАСТИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ, А ТАКЖЕ ЗА ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ СУЩЕСТВУЮЩЕГО ЖИЛОГО ФОНДА И ЗДАНИЙ ОРГАНОВ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ И МЕСТНОГО САМОУПРАВЛЕНИЯ И ПОДВЕДОМСТВЕННЫХ ИМ УЧРЕЖДЕНИЙ.

8. Предложения по введению государственного управления наиболее актуальными исследованиями климатических изменений и их последствий для РФ и по интеграции этих исследований в международные программы

8.1 Необходимость введения государственного управления наиболее актуальными климатическими исследованиями

В последнее десятилетие изменения глобальной климатической системы вместе с широким кругом сопряженных проблем заняли, по меньшей мере, заметное место в мировом политическом процессе. Независимо от официальных позиций различных государств в отношении причин и масштабов наблюдаемых и ожидаемых изменений климата, от наличия или отсутствия соответствующих национальных стратегий, климат стал фактором мировой экономики и предметом международных отношений. Можно не сомневаться, что начавшиеся в мировой экономике изменения существенным образом затронут интересы РФ.

Наиболее известным примером межгосударственных отношений в контексте возможных изменений климата является вступившее в силу в 2005 г. Киотское соглашение о введении ограничений на выбросы в атмосферу ПГ с территорий стран-участниц к 2008-2012 гг. - с целью уменьшения антропогенного влияния на климат. Вопрос об ограничениях выбросов является чрезвычайно чувствительным для экономики многих стран, поэтому дискуссии о достоверности оценок возможных изменений климата принимают подчас ожесточенный характер.

События последних лет показали, что климатический фактор уже используется и, несомненно, в еще большей мере будет использоваться различными странами в конкурентной борьбе национальных экономик. В частности, ЕС, наиболее активно поддерживающее ограничение выбросов ПГ, взяло курс на ускоренное развитие высоких технологий в области производства, потребления и сбережения энергии, призванное не только минимизировать антропогенное воздействие на климат, но и повысить конкурентоспособность экономики, а также уменьшить ее зависимость от углеводородного топлива, поставляемого другими странами. Не присоединившиеся к Киотскому соглашению США, Австралия, Индия и Китай, входящие в число крупнейших загрязнителей атмосферы, ищут альтернативные решения проблемы антропогенного глобального потепления. США, в частности, исходят из того, что выполнение условий Киотского протокола стало бы препятствием для развития их экономики, и, подобно ЕС, рассчитывают на развитие более «чистых» технологий. Это решение, по-видимому, не найдет поддержки у стран с развивающейся экономикой, поскольку развитие и внедрение дорогостоящих технологий может значительно снизить их конкурентоспособность на мировом рынке. Однако нельзя не признать их заинтересованность в повышении энергоэффективности своей экономики. Сыгравшая решающую роль во вступлении в силу Киотского

протокола РФ как одна из главных стран-экспортеров углеводородного топлива, в XXI в. претендует, по выражению Президента РФ, на роль великой энергетической державы. Это помещает РФ в самую гущу событий вокруг проблемы глобального потепления.

В настоящее время, когда в качестве аргументов в политическом диалоге на межгосударственном уровне востребованы результаты научных исследований, оценок и прогнозов состояния климатической системы, а также факторов, влияющих на ее изменения (таких как источники и стоки ПГ), российское государство должно быть жизненно заинтересовано в проведении собственных климатических исследований, перечисленных в разделе 1, причем на уровне, обеспечивающем международное признание их результатов. К сожалению, в последние два десятилетия в результате ослабления внимания со стороны государства российская наука о климате утратила лидирующие позиции в мире. Это уже повлекло за собой общее снижение уровня научной экспертизы по проблемам климата и чревато утратой независимости с точки зрения научного обоснования связанных с климатом экономических и политических решений, что, в свою очередь, представляет определенную угрозу безопасности страны.

Одним из ярких примеров трансформации научных проблем в политические является арктический регион. Наблюдаемые в последние десятилетия быстрые изменения климата Арктики и еще большие изменения, ожидаемые в XXI в., могут радикально усугубить существующие или породить новые межгосударственные проблемы, связанные с поиском и добычей энергоносителей, использованием морских транспортных путей и биоресурсов, делимитацией континентального шельфа, состоянием окружающей среды, применением морского права и т.п., и стать фактором дестабилизации морской (включая военно-морскую) деятельности в этом регионе. При этом в настоящее время в РФ отсутствует системный государственный подход к исследованиям климатических изменений (в т.ч. Арктики). Существует набор слабо связанных между собой проектов, выполняемых в рамках федеральных целевых и ведомственных программ, при поддержке РФФИ, либо в рамках международного сотрудничества (как правило, на средства зарубежных партнеров).

Очевидно, исправить сложившееся положение возможно лишь с помощью государственного управления наиболее актуальными климатическими исследованиями. Важнейшими элементами государственного управления актуальными исследованиями климатических изменений и их последствий для РФ являются:

– разработка и осуществление стратегии национальных климатических исследований (например, в виде государственного стратегического плана или национальной программы исследований изменений климата и их последствий) с учетом интеграции этих исследований в международные программы; разработка и реализация стратегии подготовки научных кадров (в рамках более общей стратегии Министерства образования и науки);

– разработка и реализация стратегии обеспечения актуальных исследований в области климата современными информационными технологиями и вычислительными средствами;

– создание механизмов, посредством которых развивался бы конструктивный диалог между научным сообществом и органами власти, ответственными за принятие решений.

ФОРМИРОВАНИЕ НЕЗАВИСИМОЙ И НАУЧНО ОБОСНОВАННОЙ ПОЗИЦИИ РФ ПО ВОПРОСАМ ПОЛИТИКИ В ОТНОШЕНИИ ОГРАНИЧЕНИЙ ВЫБРОСОВ ПГ И ДРУГИМ ВОПРОСАМ, СВЯЗАННЫМ С ИЗМЕНЕНИЯМИ КЛИМАТА, НЕВОЗМОЖНО БЕЗ ЭФФЕКТИВНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ АКТУАЛЬНЫМИ КЛИМАТИЧЕСКИМИ ИССЛЕДОВАНИЯМИ.

8.2 Роль Росгидромета в государственном управлении наиболее актуальными климатическими исследованиями и в формировании официальной позиции государства по вопросам изменения климата и воздействия человека на окружающую среду

В РФ работы в области климатических изменений и практического использования климатической информации проводятся организациями Росгидромета, Академии Наук и ВШ (см. раздел 6).

Провозглашенное недавно с высоких трибун разделение российской науки на фундаментальную, представленную РАН и финансируемую государством, и прикладную -ведомственную (в т.ч. относящуюся к НИУ Росгидромета) - и самоокупающуюся, по-видимому, имело своей целью разрешить затянувшийся кризис в науке простым назначением. Более того, все чаще понятие «академическая наука» используется как эквивалент понятия «фундаментальная наука». Между тем, по крайней мере, применительно к российской науке о климате, это средство является не только неэффективным, но попросту губительным, поскольку значительная часть фундаментальных климатических исследований изначально и по настоящее время проводится в НИУ Росгидромета. Однозначно определить, какое из этих ведомств - Росгидромет или РАН -располагает большим научным потенциалом, с точки зрения исследований климата, невозможно. Можно лишь констатировать, что работы, ведущиеся в НИУ Росгидромета и РАН, дополняют друг друга. НИУ Росгидромета не в меньшей степени, чем РАН, участвуют во многих международных проектах по исследованию климата, которые осуществляется через программную деятельность ВМО, МОК и др. Кроме того, сама граница, разделяющая науку о климате на фундаментальную и прикладную составляющие, мягко говоря, условна и редко совпадает с границами тематики не только отдельных НИУ, но и их подразделений, занимающихся различными климатическими исследованиями. **В связи с этим полуофициальное выведение НИУ Росгидромета за пределы фундаментальной науки о климате представляется не более чем схематизмом, или просто – ошибкой, которую надлежит исправить как можно скорее.**

Между тем, Росгидромет как Федеральная служба (в отличие, например, от РАН, которая формально является самоуправляющейся общественной организацией) представляется наиболее подходящим государственным органом для осуществления государственного управления актуальными - как фундаментальными, так и прикладными - исследованиями климата в национальных интересах РФ. Это отвечало бы практике ряда стран, являющихся признанными лидерами мировой науки о климате (например, Великобритании). В свою очередь, возложение указанной функции на Росгидромет способствовало бы повышению статуса Гидрометслужбы среди других государственных институтов, ее влияния и степени востребованности в принятии различных экономических и политических решений, а значит, в конечном счете, - финансовое положение гидрометслужбы в целом.

Другими основаниями в пользу центральной роли Росгидромета в государственном управлении наиболее актуальными климатическими исследованиями являются перечисленные в п.2.1 вопросы, по которым Росгидромету определено Правительством РФ осуществлять координацию деятельности федеральных органов исполнительной власти (уменьшение негативного влияния хозяйственной деятельности на климат; предотвращение отрицательных последствий изменения климата на экономику и природную среду; выполнение РКИК; разработка и составление краткосрочных и долгосрочных прогнозов глобальных и региональных изменений климата).

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ НАИБОЛЕЕ АКТУАЛЬНЫМИ ИССЛЕДОВАНИЯМИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ДЛЯ РФ ДОЛЖНО ОСУЩЕСТВЛЯТЬСЯ РОСГИДРОМЕТОМ КАК ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБОЙ. ВОПРЕКИ ПОЯВИВШИМСЯ ТЕНДЕНЦИЯМ СХЕМАТИЧНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ НА-

УКИ НА АКАДЕМИЧЕСКУЮ И ВЕДОМСТВЕННУЮ, НИУ РОСГИДРОМЕТА ДОЛЖНЫ ОСТАВАТЬСЯ В ПОЛЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КЛИМАТА.

8.3 Разработка и осуществление стратегии национальных климатических исследований с учетом интеграции этих исследований в международные программы

8.3.1 Научные исследования

Необходимой составляющей государственного управления наиболее актуальными для РФ климатическими исследованиями является разработка и осуществление стратегии национальных климатических исследований (например, в виде государственного стратегического плана или национальной программы исследований изменений климата и их последствий). Подобные стратегии разработаны в ряде экономически развитых стран и являются важным элементом взаимодействия политического руководства и научного сообщества этих стран. Российская стратегия национальных климатических исследований должна исходить из Климатической Доктрины РФ, определяющей интересы РФ в области климата, и разрабатываться под руководством Росгидромета как Федерального органа - с привлечением специалистов НИУ Росгидромета и РАН.

При разработке стратегии национальных климатических исследований принципиально необходима интеграция этих исследований в международные климатические программы. В настоящее время соответствие качества национальных климатических исследований мировому уровню невозможно без полноценного участия национальных специалистов в многочисленных международных программах и проектах. В последние десятилетия участие российских ученых в международной деятельности было весьма ограничено, прежде всего, по причинам недостаточного финансирования: в подавляющем большинстве случаев участие российских специалистов финансируется из международных фондов.

Международная кооперация необходима, прежде всего, в сборе, ассимиляции и анализе данных наблюдений; в развитии моделей (особенно - глобальных и региональных моделей окружающей среды) и интеграции их с социально-экономическими моделями. Такие разработки отвечают наиболее острым потребностям политического сектора.

Научные организации РФ должны принять эти международные программы в качестве основы своей деятельности и дополнить их программами исследований, учитывающих национальные интересы РФ. В то же время, стратегия климатических исследований подразумевает точное определение национальных приоритетов. Попытки проводить исследования широким фронтом – с амбициозно, но расплывчато сформулированными целями, как это делается зачастую в настоящее время, как правило, оборачиваются неэффективным расходованием и без того более чем скромных финансовых и человеческих ресурсов.

НЕОБХОДИМО РАЗРАБОТАТЬ СТРАТЕГИЮ НАЦИОНАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ, ОПРЕДЕЛЯЮЩУЮ ПРИОРИТЕТНЫЕ ДЛЯ РФ НАПРАВЛЕНИЯ. РОССИЙСКИЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОЛЖНЫ БЫТЬ ИНТЕГРИРОВАНЫ В МЕЖДУНАРОДНЫЕ ПРОГРАММЫ.

8.3.2 Международные оценочные доклады. Национальный доклад об изменениях климата РФ и их воздействии на природную среду и различные виды хозяйственной деятельности.

С начала 1990-х гг. МГЭИК публикует объемные и содержательные доклады (т.н. Оценочные Доклады - далее по тексту ОД), (приемлен также термин “обзоры”) посвящен-

ные оценке состояния климата в прошлом и настоящем, оценке его будущих изменений, оценке возможных последствий этих изменений для окружающей среды и экономики, а также стратегиям смягчения антропогенных воздействий на климат и адаптации экономики различных стран к предстоящим изменениям. Всего было опубликовано три таких доклада; в настоящее время началась активная фаза подготовки четвертого ОД МГЭИК, публикация которого запланирована на 2007 г.

К подготовке (и рецензированию) ОД МГЭИК привлекаются наиболее известные специалисты в соответствующих областях науки о климате. Окончательные выводы и формулировки, используемые в ОД МГЭИК, являются результатом продолжительного предварительного обсуждения с участием всех заинтересованных сторон. При этом большое внимание уделяется национальному представительству и учету национальных интересов стран с разным уровнем экономического развития.

Острая потребность в детализированной и объективной климатической информации при стратегическом (на десятилетия) планировании хозяйственной деятельности и в межгосударственных отношениях, привели к появлению региональных и национальных ОД об изменениях климата и их последствиях. Примером регионального международного ОД является подготовленный к 2004 г. «Доклад об оценке климатических воздействий в Арктике» (ACIA), инициированный странами-участницами Арктического совета, включая РФ.

В настоящее время национальные ОД публикуются не только в развитых странах (например, США), но и в небольших странах с существенно более скромными экономическими и научными возможностями (например, Монголия). До настоящего времени, РФ с ее огромными территориями, разнообразием климатических условий и ресурсов, а также неоднозначностью последствий изменения климата не располагала подобным официальным документом5. Регулярная (раз в 5-6 лет) подготовка и публикация такого доклада на федеральном уровне позволит не только создать научную основу для экономического и социального планирования в РФ, но и будет способствовать формированию внешнеполитической позиции страны по проблемам региональных и глобальных последствий климатических изменений. Функции государственного управления подготовкой национального ОД должны быть возложены правительством РФ на Росгидромет. При этом к подготовке ОД, помимо специалистов научных институтов Росгидромета, должны привлекаться представители РАН, ВШ и других ведомств.

При подготовке национального ОД РФ об изменениях климата РФ и их воздействии на природную среду и различные виды хозяйственной деятельности (далее по тексту - НОД) следует руководствоваться уже сложившейся в мире практикой. В основе подготовки национальных и международных ОД обычно лежит критический анализ научной литературы (как правило, рецензируемых изданий). Т.о. в задачи авторов НОД входит обеспечение максимально полного и взвешенного анализа уже опубликованных (в РФ и за рубежом) результатов исследований по разным аспектам проблемы применительно к территории РФ.

Важным требованием к обеспечению объективности и сбалансированности содержания НОД является создание оптимального координационного механизма и привлечение к его написанию и рецензированию ведущих специалистов в различных областях науки о климате, в т.ч. и зарубежных.

НОД может использоваться как правительством, хозяйствующими субъектами и государственными учреждениями РФ, деятельность которых связана или зависит от климата и его изменений, так и предпринимателями, работающими в соответствующих отраслях экономики. НОД должен быть использован при выработке внешнеполитической позиции РФ по вопросам, связанным с изменениями климата и их влиянием на окружающую среду и экономику. Регулярная публикация НОД должна интегрироваться в международные процессы, такие как подготовка международных ОД МГЭИК, ACIA и т.п., что позволит значительно улучшить качество и объективность представляемых в них материалов о климате РФ и его изменениях.

Попытку РАН всесторонне и детально проанализировать глобальные изменения климата и их последствия для России в одноименном сборнике статей (2002 г.) нельзя считать успешной.

Оптимизация природопользования и климатически уязвимых отраслей экономики РФ с учетом выводов НОД позволит предотвратить или, хотя бы, сократить расходы на преодоление негативных (в т.ч. катастрофических) климатических воздействий на инфраструктуру и население регионов, в которых риск таких воздействий в изменяющемся климате возрастает. Более успешная адаптация к изменяющемуся климату таких отраслей экономики, как энергетика, сельское хозяйство, строительство и др., также относится к числу ожидаемых эффектов от регулярной публикации НОД.

АКТИВНОЕ УЧАСТИЕ РОССИЙСКИХ УЧЕНЫХ В ПОДГОТВКЕ ОЦЕНОЧНЫХ ДОКЛАДОВ МГЭИК И ДРУГИХ МЕЖДУНАРОДНЫХ ОЦЕНОЧНЫХ ДОКЛАДОВ, ВХОДИТ В ЧИСЛО ПРИОРИТЕТОВ РФ В ЧАСТИ ИНТЕГРАЦИИ В МИРОВОЕ НАУЧНОЕ СООБЩЕСТВО. ОРГАНИЗАЦИЯ РЕГУЛЯРНОЙ ПОДГОТОВКИ НАЦИОНАЛЬНЫХ ОЦЕНОЧНЫХ ДОКЛАДОВ ТАКЖЕ ЯВЛЯЕТСЯ ПРИОРИТЕТОМ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ РФ В ОБЛАСТИ КЛИМАТА И ОБЪЕКТОМ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ, ОСУЩЕСТВЛЯЕМОГО ЧЕРЕЗ РОСГИДРОМЕТ.

8.4 Разработка и реализация стратегии подготовки высококвалифицированных научных кадров

В современной России продолжается тенденция сокращения интереса молодежи к науке (во всяком случае, к науке о климате). Эта тенденция в определенной мере совпадает с тенденциями в ряде экономически развитых стран, прежде всего, США. Однако, благодаря интенсивному финансированию научная работа в США остается привлекательной не только для граждан Китая, Индии, РФ, но и для ученых ЕС. В этой ситуации в ближайшее десятилетие РФ, по-видимому, может рассчитывать лишь на национальные кадры.

Создание, развитие и проведение исследований климата на мировом уровне, в т.ч. с помощью сложных климатических моделей, требует высокой физико-математической квалификации. Эффективное использование вычислительных ресурсов, создание и использование программных пакетов, использование современных средств связи и др. виды деятельности (зачастую научные сотрудники вынуждены заниматься развитием и оптимизацией локальных вычислительных сетей в своих подразделениях) требуют хорошей технической квалификации. Беглое владение английским языком, без которого невозможно эффективное международное сотрудничество и овладение огромным потоком научной информации, дополняют набор качеств, которыми должен обладать современный специалист в области климата. К сожалению, в условиях современной России выпускники вузов, обладающие необходимым минимумом подготовки в указанных областях и, одновременно, достаточной мотивацией для занятий научными исследованиями в области климата, практически не встречаются. Большой удачей можно считать плохо образованного, но способного и желающего работать выпускника, готового довольствоваться зарплатой и аспирантской стипендией, которые ему могут предоставить в НИУ.

Низкий уровень подготовки выпускников вузов объясняется, прежде всего, унаследованной современной Россией системой отношений между НИУ и вузами, сложившейся во времена СССР и заметно отличающейся от соответствующей западной системы. Разумеется, разработка и реализация национальных программ подготовки высококвалифицированных научных кадров относится к сфере ответственности Министерства образования и науки. Применительно к науке о климате подготовка высококвалифицированных специалистов является предметом межведомственной интеграции усилий Минобрнауки и Росгидромета. Некоторые предложения по координации усилий НИУ и вузов при подготовке молодых специалистов в области климата изложены в разделе 6.

Важнейшим компонентом международного научного сотрудничества, в т.ч. в подготовке высококвалифицированных кадров, является интенсивный и своевременный об-

мен информацией о результатах исследований, проводимых в ведущих научных коллективах. Этот обмен может осуществляться либо непосредственно между учеными - в ходе международных научных совещаний и конференций, а также - «школ» для аспирантов и молодых специалистов, либо через научную литературу - прежде всего научные журналы, издаваемые в США и Западной Европе. Дефицит научной информации, вызванный невозможностью участия в международных совещаниях на регулярной основе, либо невозможностью выписывать и своевременно получать ведущие научные журналы и другие публикации, приводит к отставанию российских ученых от лидеров в области климатических исследований.

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ СТРАТЕГИИ ПОДГОТОВКИ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ НАУЧНЫХ КАДРОВ ЯВЛЯЕТСЯ КРАЕУГОЛЬНЫМ КАМНЕМ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ АКТУАЛЬНЫМИ ИССЛЕДОВАНИЯМИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ДЛЯ РФ.

8.5 Разработка и реализация стратегии обеспечения актуальных исследований в области климата современными информационными технологиями и вычислительными средствами

Климатическая наука вступила в технологическую фазу своего развития, когда прогресс в теоретических исследованиях немыслим без прогресса вычислительной техники. Последнее десятилетие ознаменовано впечатляющим ростом вычислительных ресурсов, ставших доступными мировому сообществу исследователей климата .Объем доступных ресурсов определяет уровень задач, решаемых с помощью климатических моделей. Физическая полнота (класс) моделей - полнота учета физических процессов и обратных связей в климатической системе - прямо зависят от наличия вычислительных ресурсов.

Вычислительными ресурсами определяются и мировые ориентиры в области моделирования климата - количественные характеристики климатических моделей и проводимых с ними экспериментов (пространственное разрешение, количество и продолжительность экспериментов, количество членов ансамбля экспериментов определенного типа и т.п.). Еще одним важнейшим ориентиром, определяемым доступными вычислительными ресурсами, является количество международных программ сравнения, в которых участвует та или иная модель и которые позволяют объективно оценить ее качество. Степень соответствия всем этим ориентирам в значительной мере определяет положение модели в негласной мировой иерархии, доверие к полученным с помощью этой модели результатов, а также весомость выводов, сделанных на основе этих результатов.

Разумеется, качество и международное признание той или иной климатической модели не предопределяется одними лишь вычислительными ресурсами, доступными ее разработчикам. Однако, мощная вычислительная техника является необходимым условием прогресса в моделировании климата и потому - одним из приоритетов материально-технического обеспечения климатических исследований в наиболее развитых странах.

В этом контексте заслуживает упоминания японский супер-компьютер «Earth Simulator», эксплуатация которого началась в 2002 г. и который до последнего времени оставался непревзойденным по своим характеристикам: быстродействие этого компьютера составляет 40 терафлоп (что на порядки превышает мощности последних моделей персональных компьютеров, используемых в тех же целях в ГГО). Расходы на климатические исследования с помощью японского супер-компьютера составляют несколько десятков млн. долларов США в год (при этом только на его эксплуатацию

* Важно отметить, что развитие компьютерной техники в значительной степени обусловлено все возрастающими потребностями мировой науки о климате.

расходуется около двух десятков млн. долларов). Основными задачами, для решения которых Япония обзавелась новым супер-компьютером, являются разработка национальной МОЦАО для расчетов глобального потепления, ориентированных на Четвертый Оценочный Доклад МГЭИК, а также прогнозирование засух и наводнений с заблаговременностью от сезона до нескольких лет. В настоящее время ожидается появление еще более мощных компьютеров, предназначенных для климатических исследований в Японии. Все это позволило Японии в течение нескольких последних лет радикально усилить свои позиции в мировой науке о климате, подтверждением чему, в частности, является ее возросшая роль в деятельности МГЭИК.

Другим примером высокого приоритета государственного управления актуальными научными исследованиями является национальная стратегия США в области моделирования климата. В конце 20-го в. наметилось отставание американских климатических моделей от наиболее известных европейских, разработанных в Центре климатических исследований Хэдли (Великобритания) и Метеорологическом институте Макса Планка (Германия). Четыре агентства -Национальное Аэрокосмическое Агентство (NASA), Национальная Океанская и Атмосферная Администрация (NOAA), Национальный Научный Фонд (NSF) и Департамент Энергии США (DOE) - приняли кардинальные меры по поддержке развития и применения климатических моделей в рамках межведомственной Программы исследований глобального изменения США (GCRP), стартовавшей в конце 1980-х гг. (Подробнее об этом см. /Bader et al., 2005/.) Благодаря этой поддержке американские модели сократили свое отставание от европейских, и некоторые из них к началу подготовки ОД-4 МГЭИК вернулись в группу мировых лидеров. Мы не располагаемым точными оценками затрат США на борьбу за лидирующие позиции в моделировании климата, однако, не вызывает сомнений, что расходы на дорогостоящую вычислительную технику составили в общей сумме большую долю. Уместно подчеркнуть, что в числе межведомственных приоритетов в области исследований и разработок (R&D), публикуемых ежегодно Офисом научной и технологической политики и Офисом управления и бюджета администрации США, «наука об изменении климата» упоминается наряду с сетевыми и информационными технологиями, нанотехнологиями, безопасностью внутри страны и противодействием терроризму, молекулярной биологией, образованием.

К сожалению, российские МОЦАО в настоящее время находятся в далеком отрыве от лидирующей группы. И без разработки и реализации государственной стратегии в области моделирования климата, включая компьютерное обеспечение, это отставание будет только увеличиваться.

Важнейшим аспектом технологической фазы развития исследований климата является наличие высокоэффективной связи (Интернет), обеспечивающей быстрый обмен большими объемами электронной информации между удаленными компьютерами и базами данных. Как правило, из-за плохой оснащенности и низкого качества каналов связи в РФ фактические скорости электронного обмена ниже приемлемых значений. Низкое качество связи радикально затрудняет участие российских групп в международных проектах, например, связанных со сравнением климатических моделей (передача результатов расчетов с собственной моделью - на центральный сайт того или иного проекта сравнения - для всеобщего использования в диагностических подпроектах, получение результатов расчетов других моделей и данных наблюдений для анализа и дальнейшей валидации собственной модели и т.д.), а также - использование вычислительных ресурсов, предоставленных зарубежными организациями, в случае работы с удаленного терминала в РФ.

СООТВЕТСТВИЕ ПРОВОДИМЫХ В РФ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ МИРОВОМУ УРОВНЮ, ПРИЗНАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РОССИЙСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕЖДУНАРОДНЫМ НАУЧНЫМ СООБЩЕСТВОМ, А ЗНАЧИТ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭТИХ РЕЗУЛЬТАТОВ В КАЧЕСТВЕ АРГУМЕНТОВ В МЕЖГОСУДАРСТВЕННОМ ПОЛИТИЧЕСКОМ ДИАЛОГЕ ПО ПРОБЛЕМАМ КЛИМАТА, НЕВОЗМОЖНЫ БЕЗ

Расходы по поддержанию вычислительных систем составляют значительную часть от их стоимости. При техническом перевооружении научных коллективов необходимо учитывать неизбежные расходы на обслуживание компьютеров внешними организациями, разработку и администрирование компьютерных сетей, обновление компьютерного обеспечения, ремонт, консультации системных программистов и т.п.

РАЗРАБОТКИ И РЕАЛИЗАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ ТЕХНИЧЕСКОГО (ПРЕЖДЕ ВСЕГО, КОМПЬЮТЕРНОГО) ОСНАЩЕНИЯ АКТУАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.

8.6 Создание механизмов конструктивного диалога между научным сообществом и органами власти, ответственными за принятие решений

Наличие даже очень хорошей стратегии и щедрого финансирования научных исследований, не гарантирует высокого качества исследований и соответствующей отдачи в виде удовлетворения запросов государства. Сильная наука усиливает государство, плохая наука - дезориентирует, способствует принятию ошибочных решений. Обратная связь в виде объективной, квалифицированной и неформальной экспертизы научных проектов и их результатов способствует усилению науки.

Не переоценивая достоинств системы экспертизы научных результатов и заявок на исследования, действующей в развитых странах, нельзя не признать наличия связи между соответствующей российской системой и застоем российской науки о климате. В несколько лучшем положении находится система отбора проектов РФФИ. Что же касается других научно-исследовательских проектов, то практика рецензирования их результатов практически отмерла. Зачастую, хоть не всегда, отсутствие внешней научной экспертизы приводит к имитации научной деятельности, извращению сути конкурсного отбора научных проектов и, в конечном итоге, к деградации научных коллективов.

Возможным решением этой проблемы представляется привлечение независимых, в т.ч. зарубежных, экспертов в качестве рецензентов. Поскольку добросовестное рецензирование связано со значительными затратами сил и времени высоко-квалифицированных специалистов, эта работа должна надлежащим образом финансироваться. При этом, независимо от выводов рецензента, исполнители проекта должны получать подробные официальные заключения о выполненных или заявленных ими проектах.

Необходимо разработать систему формальных показателей соответствия мировому уровню исследований, проводимых российскими учеными или научными коллективами. (В некотором виде такая система показателей применяется РФФИ). С учетом наблюдаемого в последнее десятилетие снижения стандартов ряда российских рецензируемых журналов, в число таких показателей могли бы войти количество статей, опубликованных в ведущих рецензируемых международных журналах (в т.ч. - в качестве первого автора); участие в подготовке международных документов (например, докладов МГЭИК) в качестве авторов или рецензентов; участие в управляющих органах или рабочих группах международных научных программ; организация и проведение совещаний таких органов или групп, а также других международных научных мероприятий - в РФ и т.д.

Важным аспектом диалога между государством и научным сообществом, с одной стороны, и государством и бизнесом, с другой, являются научные дискуссии. Крайне важно наладить и сделать нормой жизни широкие обсуждения актуальных научных проблем с участием ведущих ученых разных ведомств, включая НИУ Росгидромета и РАН. К сожалению, культура широких обсуждений и согласование взглядов среди научного сообщества разных ведомств и представителей государственных органов власти недостаточно развита в РФ. В этом отношении весьма показательны дискуссии по проблеме глобальных изменений климата в средствах массовой информации, в которых проявились не столько неизбежные (и стимулирующие) несовпадения научных позиций, сколько маргинализация российской науки о климате. Нельзя не отметить обилие противоречивых и просто некомпетентных высказываний, которые можно услышать в последнее время в средствах массовой информации и на телевидении по вопросам изменения климата и его последствиях для РФ. Сам факт широкого и открытого обсуждения актуальных научных проблем всегда очень важен и полезен. Однако в РФ эти обсуждения принимают контр - продуктивные формы. Существует небольшая, но активная группа титулованных ученых, давно отошедших от активной научной работы в области

климата, или вовсе никогда этой темой в прошлом не занимавшихся, которые эксплуатируют климатическую тему с целью получения политических дивидендов. Делаются сенсационные заявления с критическими оценками исследований, ведущихся в рамках международных программ по проблеме изменения климата и роли антропогенного фактора. В этих высказываниях околонаучные спекуляции превалируют над взвешенными и аргументированными суждениями. В результате, экономические и политические спекуляции на климатическую тему дезинформируют органы государственной власти, ответственные за принятие решений, в отношении истинного положения дел в исследованиях климата и их возможных последствий для РФ. Неудивительно, что и современное российское бизнес-сообщество не осознает себя заинтересованным участником диалога по проблемам климата, несмотря на то, что нуждается в достоверной информации для принятия решений об инвестициях с наименьшим риском.

Очевидно, первым шагом в исправлении сложившейся ситуации могло бы стать формирование официальной позиции Росгидромета по различным вопросам, связанным с климатом и его изменениями. Настоящий отчет следует рассматривать как попытку создать предпосылку для формирования такой позиции. Формированию научно-обоснованной официальной позиции Росгидромета (и РФ на международной арене) должен способствовать Национальный доклад об изменения климата РФ.

НЕОБХОДИМО СОЗДАТЬ МЕХАНИЗМЫ, ПОСРЕДСТВОМ КОТОРЫХ РАЗВИВАЛСЯ БЫ КОНСТРУКТИВНЫЙ ДИАЛОГ МЕЖДУ НАУЧНЫМ СООБЩЕСТВОМ, ОРГАНАМИ ВЛАСТИ РФ, ОТВЕТСТВЕННЫМИ ЗА ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ, И БИЗНЕС-СООБЩЕСТВОМ.

9. Научное обоснование и основные положения концепции Климатической доктрины РФ как основы формирования и осуществления государственной политики в области климата

9.1 Научно обоснованная концепция как идейная основа Климатической доктрины (КД) РФ

В настоящее время некоторые элементы официальной позиции РФ по кругу проблем, связанных с изменением климата в явном или неявном виде присутствуют в других доктринах, концепциях и стратегиях РФ, однако, как показала недавняя дискуссия вокруг ратификации РФ Киотского протокола, этого совершенно недостаточно для проведения эффективной политики как внутри страны, так и на международном уровне.

Созданию КД РФ должна предшествовать разработка ее концепции, которая как ее идейная основа должна иметь научное обоснование. При этом следует учитывать, что КД РФ как политический документ должна иметь и другие, помимо научных, основания.

В этом свете задача научного обоснования состоит в выдвижении таких концептуальных тезисов, которые были бы достаточно убедительны для их принятия и отражения в содержательной части КД РФ.

В случаях, когда для однозначных выводов недостаточно научных знаний, либо имеющиеся альтернативы не могут быть предметом научного рассмотрения, следует выявить возможные альтернативы и дать для них, по возможности, полный перечень достоинств и недостатков. Такие действия относятся уже к конкретной климатической политике при реализации КД РФ.

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНЦЕПЦИИ КД РФ ОПИРАЕТСЯ НА РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА ПРОВОДИМЫХ В РФ И ЗА РУБЕЖОМ ИССЛЕДОВАНИЙ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В РЕГИОНАХ РФ И ПОСЛЕДСТВИЙ ВЛИЯНИЯ ЭТИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА РАЗЛИЧНЫЕ СЕКТОРА ЭКОНОМИКИ (ПРОМЫШЛЕННОСТЬ, ЭНЕРГЕТИКА, СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО, СТРОИТЕЛЬСТВО, ТРАНСПОРТ И ДР.), НА РАЗЛИЧНЫЕ СОЦИАЛЬНЫЕ ГРУППЫ, НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ, А ТАКЖЕ НА РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ, СВЯЗАННЫХ С ПРАКТИЧЕСКИМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ОРГАНАМИ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ. ПРИ ЭТОМ ИНТЕРЕСЫ РФ, СВЯЗАННЫЕ С ИЗМЕНЕНИЕМ КЛИМАТА, НЕ ОГРАНИЧИВАЮТСЯ ЕЕ ТЕРРИТОРИЕЙ И НОСЯТ ГЛОБАЛЬНЫЙ ХАРАКТЕР. ЭТО ОБУСЛОВЛЕНО ГЛОБАЛЬНЫМ ХАРАКТЕРОМ АНТРОПОГЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И НЕОБХОДИМОСТЬЮ УЧИТЫВАТЬ В МЕЖДУНАРОДНЫХ ОТНОШЕНИЯХ МНОГООБРАЗИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНАХ ПЛАНЕТЫ.

9.2 Климатическая система, подверженная антропогенным изменениям, - центральный объект концепции КД РФ

Под климатической системой понимается часть природной среды, включающая пять основных взаимодействующих друг с другом компонентов: атмосферу, гидросферу,

криосферу, деятельный слой суши и биосферу, и эволюционирующая под влиянием внутренней динамики своих компонентов, а также - внешних воздействий, таких как извержения вулканов, изменения солнечной активности, антропогенные факторы (например, изменения химического состава атмосферы в результате деятельности человека, изменения землепользования и т.п.).

Скорость изменения глобальной климатической системы в последние десятилетия XX в. и в начале XXI в., убедительность научных доказательств того, что главной причиной изменения климата становится деятельность человека, и того, что вероятность продолжения процессов изменения климата в ближайшие десятилетия - высока, - все это привело ведущие государства мира к необходимости формирования и осуществления национальной политики в отношении изменений климата и его последствий, а также учета национальных интересов в международном переговорном процессе вокруг изменений климата. Последствия изменений климатической системы могут быть неоднозначными как для различных регионов страны, так и для разных регионов мира, в результате чего конфликт интересов различных стран вокруг проблемы антропогенного воздействия на климат становится частью мирового политического процесса (предметом международного урегулирования).

СПОСОБНОСТЬ АНТРОПОГЕННОГО ФАКТОРА ОКАЗЫВАТЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА КЛИМАТИЧЕСКУЮ СИСТЕМУ, ПРИВОДЯЩИЕ К ЗНАЧИМЫМ, В Т.Ч. НЕБЛАГОПРИЯТНЫМ И ДАЖЕ ОПАСНЫМ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА ПОСЛЕДСТВИЯМИ, ЯВЛЯЕТСЯ КРАЕУГОЛЬНЫМ КАМНЕМ НАУЧНОГО ОБОСНОВАНИЯ КОНЦЕПЦИИ КД РФ.

9.3 Угрозы и выгоды РФ, связанные с возможными изменениями климата

Существуют значительные неопределенности в оценках того, как ожидаемые климатические изменения будут протекать и какое влияние они окажут на экосистемы, экономическую деятельность и социальные процессы в разных странах и регионах, а также на деятельность государственных институтов (например, на функционирование военно-морских сил РФ, на экономическую деятельность на шельфе и на суше в арктическом бассейне в вероятных условиях незамерзающего Северного морского пути). Возможны как положительные, так и негативные последствия, особенно в условиях развитой экономики и большой численности населения, когда вследствие экономического роста и накопления национального богатства потенциал ущерба от экстремальных климатических явлений и стихийных бедствий возрастает даже в отсутствие климатических изменений.

Следует различать прямые и опосредованные (косвенные) воздействия климатических изменений на природную среду, экономику, различные социальные группы и население различных регионов РФ. К опосредованным относятся, например, воздействие на миграционные процессы в результате глобального перераспределения ресурсов и изменения относительной комфортности проживания человека в отдельных регионах РФ, а также за ее пределами.

Кроме того, следует различать два основных типа возможных климатических изменений. Во-первых, это изменение традиционно понимаемых параметров климата (усредненные режимные характеристики). Во-вторых, это возможное изменение сложившихся погодных условий и связанное с этим изменение характеристик повторяемости, продолжительности и интенсивности экстремально неблагоприятных погодных явлений (наводнения, засухи, волны тепла и холода, гололедные отложения и др.)

Значительная часть территории РФ находится в области максимального (как наблюдаемого, так и прогнозируемого) потепления. Смягчение климатических условий может, например, отодвинуть к северу границу зоны комфортного проживания, сократить расходы электроэнергии в отопительный сезон, улучшить ледовую обстановку и, соответс-

твенно, транспортировку грузов в Арктических морях, облегчить освоение арктических шельфов и т.д. С другой стороны, потепление чревато вытеснением одних биологических видов другими; учащением засух в одних регионах и наводнений - в других; протаиванием вечномерзлых грунтов, которое может нанести серьезный ущерб строениям и коммуникациям в северных регионах РФ, и т.п. При этом неопределенность влияния возможного изменения климата на сельское хозяйство РФ, ее водные ресурсы, энергетику, растительный и животный мир, демографическую ситуацию - весьма велика.

Исключительное (по сравнению с другими странами) разнообразие и масштабы изменений климата регионов РФ и его последствий для окружающей среды, экономики и населения является естественным следствием больших размеров территории и большим многообразием природных условий. Среди этого многообразия следует выделить такие, которые ставят страну в неравное (невыгодное) положение относительно объективных предпосылок повышенной потребности в сжигании топлива. Такие особенности нельзя игнорировать при построении и реализации государственной климатической политики, в том числе при позиционировании РФ в мировом сообществе с учетом ее законных национальных интересов. К этим особенностям следует отнести:

– сочетание низкой средней плотности населения и больших размеров территории, что с необходимостью приводит к повышенным транспортным потребностям (как непосредственно для населения, так и для инфраструктуры, обеспечивающей потребности населения);

– холодный климат, что требует дополнительных потребностей в отоплении зданий (в первую очередь, этот фактор следует рассматривать применительно к жилым зданиям и зданиям социальной и государственной инфраструктуры);

– добыча и транспортировка ископаемого топлива в интересах зарубежных потребителей: защиту интересов РФ можно сформулировать как переход к интернационализации ответственности за выбросы ПГ (прямые и опосредованные, например, при производстве оборудования для добычи и транспортировки энергоносителей). Это обстоятельство следует учитывать при установлении национальных квот на выбросы ПГ на переговорах за пределами действия Киотского протокола.

Изменения климата и необходимость принятия международным сообществом адекватных мер, содержат потенциал косвенных угроз и вызовов, что также требует специального изучения. Среди таких угроз можно указать на следующие:

– Возможность ограничения свободы передвижения. Одним из крупных резервов снижения выбросов ПГ является ограничение использования личного автомобильного транспорта, поскольку при поездках на общественном транспорте существенно ниже выбросы ПГ на единицу пассажиро-километров. Аналогично, железнодорожный транспорт при существенно меньшей гибкости также более рационален с точки зрения удельных выбросов ПГ на единицу массы перевезенных грузов. Возможно принятие экономических рычагов по ограничению использования транспорта, прежде всего личного автомобильного.

– Требования по ограничению/снижению выбросов ПГ существенным образом затрагивают интересы материалоемких и энергоемких секторов экономики (в первую очередь, энергетики, черной и цветной металлургии). В этом отношении в выигрыше окажутся те страны, которые быстрее переориентируют свою экономику с целью уменьшения потребления энергии на производство единицы ВВП.

– Риск увеличения отставания РФ в уровне технологического развития от развитых стран. Ситуация с проблемой изменения климата отчасти (в отношении энергоэффективности экономики) аналогична известному нефтяному кризису 1970-х гг. Тогда резкое повышение цен на нефть вызвало в передовых странах бурное развитие научных исследований и технических разработок в целях радикального уменьшения потребностей в топливе. В итоге развитые страны осуществили технологический рывок, приведший, с одной стороны, к значительному развитию энергосбережения и, с другой стороны, к перемещению многих материало- и энергоемких производств в менее развитые

страны. В СССР с его собственными энергоресурсами и технологической независимостью от мирового нефтяного рынка этот вызов не был принят, что привело к отставанию в технологическом развитии. Если и сейчас РФ не предпримет масштабные меры по радикальному повышению энергоэффективности экономики, прежде всего технологическими методами, то риск увеличения технологического отставания РФ от развитых стран возрастет.

– Международная дискуссия вокруг проблемы изменения климата уже в ближайшие 10-20 лет с высокой степенью вероятности может привести к радикальным геополитическим переменам. Учет хода этой дискуссии при позиционировании РФ в международном сообществе - одна из актуальных задач государства. Одна из наиболее сложных и острых проблем - пересмотр принципа универсальности рыночных механизмов при выработке баланса интересов развитых и развивающихся стран. Весьма вероятно, что при преобладании либеральных (рыночных) подходов к сдерживанию роста выбросов ПГ, в выигрыше окажутся страны с более сильной экономикой. В этой связи нельзя исключать вероятность того, что в рамках международной дискуссии вокруг изменения глобального климата развивающимися странами

Эту идею интернационализации ответственности за выбросы ПГ можно расширить, если сформулировать ее как принцип совместной ответственности “загрязнителя” и “потребителя”. Поскольку в условиях глобализации потребитель недружественной к климату продукции, например, стали для производства автомобилей, стимулирует производство такой продукции в других странах, он должен разделить ответственность за соответствующую долю выбросов парниковых газов. Такая позиция может получить поддержку развивающихся стран с быстро растущим экспортным производством недружественной к климату продукции.

будут подняты вопросы о пересмотре сложившихся исторически механизмов международных экономических отношений.

Нельзя обойти вниманием новые вызовы экономической и военной безопасности РФ в связи с изменяющимся климатом (например, в связи с возможностью формирования новой геополитической ситуации вокруг границ РФ в СЛО, которая может сложиться из-за таяния морских льдов).

ОДНОЗНАЧНАЯ ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ ОЖИДАЕМОГО ПОТЕПЛЕНИЯ ДЛЯ РФ (В ЦЕЛОМ, ВЫГОДНО ИЛИ ВРЕДНО) В ПРИНЦИПЕ НЕВОЗМОЖНА, УЧИТЫВАЯ СЛОЖНОСТЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАЗНЫХ ФАКТОРОВ НА ЕЕ ОГРОМНОЙ ТЕРРИТОРИИ (ЖИВАЯ И НЕЖИВАЯ ПРИРОДА, ПРИРОДА И ЧЕЛОВЕК), ЭТИЧЕСКУЮ СТОРОНУ ПРОБЛЕМЫ (ВОЗМОЖНОСТЬ УНИЧТОЖЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ВИДОВ, КАТАСТРОФИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ РЕГИОНОВ И Т.П., С ОДНОЙ СТОРОНЫ, И НОВЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ, С ДРУГОЙ), ПОЛИТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ (ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ГЕОПОЛИТИКА, ОТНОШЕНИЯ С РАЗВИТЫМИ И РАЗВИВАЮЩИМИСЯ СТРАНАМИ, КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ РАЗНЫХ СТРАН).

9.4 Обеспечение национального суверенитета в оценках изменений климата и их последствий при выработке политических решений - важный фактор безопасности РФ

В развитых странах исследования в области изучения изменения климата и последствий этих изменений находятся на очень высоком уровне, им придается национальный приоритет, который закреплен государственными решениями. Результаты этих исследований вполне могли бы быть применены (и в настоящее время применяются) для анализа возможных последствий изменений климата на территории РФ и выработке

соответствующих мер. Однако такой подход ставит РФ в определенную зависимость от других стран при выработке как внутренней, так и внешней климатической политики. Учитывая очень большое разнообразие региональных особенностей в картине изменения климата на территории РФ, а также своеобразие этих изменений вследствие огромных размеров территории, подобная зависимость представляется неприемлемой.

Серьезность угроз и вызовов, связанных с изменениями климата, делают остро актуальной задачу обеспечения национального суверенитета в оценках изменений климата и их последствий на огромном пространстве РФ как важного элемента национальной безопасности. Суверенитет можно обеспечить лишь при должной государственной поддержке отечественных фундаментальных и прикладных исследований климата и систем наблюдений за климатом, а также применения результатов этих исследований для оценки рисков и выигрышей, связанных с последствиями изменения климата. При этом следует учитывать опыт развитых стран, где такие исследования выполняются главным образом в государственных, т.е. независимых от заинтересованных бизнес-групп и политических партий, научных организациях.

Планирование и реализация многих крупных инвестиционных проектов в значительной мере чувствительны к вопросам учета оценок долгосрочных изменений климата в регионах РФ. Поэтому бизнес-сообщество, с одной стороны, вправе рассчитывать на активную деятельность государства по выработке таких оценок и обеспечению беспрепятственного доступа к соответствующей информации, а с другой стороны, как сторона, заинтересованная в минимизации инвестиционных рисков, связанных с возможными изменениями климата, должно взять на себя часть ответственности за поддержку научной деятельности в области изучения климата. Одним из возможных механизмов такой поддержки может стать специальный научный фонд поддержки исследований климата и его изменения. Наиболее заинтересованы в уменьшении указанных рисков энергетика, строительство и транспорт (включая трубопроводный).

Наличие и возможное обострение в будущем прямых и скрытых конфликтов интересов различных социальных и бизнес групп как внутри страны, так и на международном уровне обнаруживает объективно существующие противоречия. Невнимание к конфликту интересов такого рода повышает риски скрытых влияний отдельных групп на политические процессы внутри страны и на ее позицию в международном переговорном процессе.

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, В ТОМ ЧИСЛЕ ЕЕ КЛИМАТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ, ЯВЛЯЕТСЯ СОСТАВНОЙ ЧАСТЬЮ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РФ В ЦЕЛОМ. ПОЭТОМУ В УСЛОВИЯХ ВОЗМОЖНОГО КОНФЛИКТА ИНТЕРЕСОВ НА МЕЖДУНАРОДНОМ УРОВНЕ КЛЮЧЕВЫМ ПРИНЦИПОМ, ПОЛОЖЕННЫМ В ОСНОВУ КОНЦЕПЦИИ КД РФ, ЯВЛЯЕТСЯ НЕДОПУЩЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ РФ ОТ ДРУГИХ СТРАН И ЗАРУБЕЖНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ, А ТАКЖЕ ОТ НАЦИОНАЛЬНЫХ СОЦИАЛЬНЫХ И БИЗНЕС ГРУПП, В ПОЛУЧЕНИИ МАКСИМАЛЬНО ПОЛНОЙ, ОБЪЕКТИВНОЙ И ДОСТОВЕРНОЙ ИНФОРМАЦИИ О ВОЗМОЖНЫХ В БУДУЩЕМ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЯХ, ИХ ПОСЛЕДСТВИЯХ ДЛЯ РФ И ДРУГИХ СТРАН, НАДЛЕЖАЩИХ МЕРАХ ПО АДАПТАЦИИ И СМЯГЧЕНИЮ НЕЖЕЛАТЕЛЬНЫХ И ОПАСНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ ЭТИХ ИЗМЕНЕНИЙ.

НЕОБХОДИМЫМ УСЛОВИЕМ НЕЗАВИСИМОСТИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ В УКАЗАННОМ КОНТЕКСТЕ ЯВЛЯЕТСЯ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СООТВЕТСТВУЮЩИХ МИРОВОМУ УРОВНЮ НАЦИОНАЛЬНЫХ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ КЛИМАТА И СМЕЖНЫХ ОБЛАСТЯХ НАУКИ, А ТАКЖЕ ИНТЕГРАЦИЯ ЭТИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В МЕЖДУНАРОДНЫЕ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ПРОГРАММЫ И ПРОЕКТЫ.

9.5 Возможности адаптации и защиты от изменений климата, возможности смягчения антропогенного воздействия на климат.

Уменьшение потерь, связанных с изменением климата, возможно. В первую очередь, это определяется тем, насколько эффективным будет использование благоприятных последствий изменения климата. С другой стороны, некоторые негативные последствия изменения климата можно смягчить, например, повысив энергоэффективность зданий, что приведет к уменьшению удельных выбросов ПГ на единицу объема зданий. (В этой связи уместно напомнить, что массовое строительство в СССР крупнопанельных жилых зданий, так называемых “хрущевок”, с крайне низкой энергоэффективностью было сознательным стратегическим выбором руководства страны с целью уменьшить капитальные затраты на строительство в то время, как затраты на отопление таких зданий были малы из-за неэкономических методов ценообразования.

Необходимо провести всесторонний анализ национальных возможностей и ресурсов адаптации страны к изменению климата. Результаты уже выполненных отечественных и зарубежных исследований показывают, что адаптационные резервы весьма значительны и для их своевременной и эффективной мобилизации необходимо, помимо прочего, заблаговременное принятие соответствующих государственных решений.

Среди неблагоприятных последствий изменения климата могут оказаться такие, от которых можно в той или иной степени защититься. К примерам таких последствий можно отнести возможное изменение режима стока крупных рек, связанное с увеличением повторяемости интенсивных продолжительных осадков, с изменением режима снеготаяния и ледохода. Однако для принятия адекватных мер необходимо иметь прогностические оценки возможного изменения критичных параметров климата с соответствующим пространственно-временным разрешением в регионах повышенного риска и диапазона неопределенностей таких оценок.

Возможность уменьшения антропогенного влияния на климатическую систему связана, в первую очередь, со сдерживанием роста выбросов ПГ вследствие сжигания ископаемого топлива.

Имеются и другие возможности уменьшения антропогенного влияния на климат. Эти возможности тщательно исследуются международным сообществом в рамках деятельности МГЭИК. Применение предлагаемых МГЭИК мер на национальном уровне для конкретных условий РФ требует тщательного анализа с учетом экономических и других факторов.

Для любой страны и для мирового сообщества в целом это крайне сложная для выполнения задача. Оценки, полученные различными исследователями, показывают, что реализация такого подхода может привести к замедлению экономического роста.

Адаптация, защита и смягчение некоторых негативных последствий изменения климата, как уже отмечалось выше, до некоторой степени возможны. Однако стоимость таких мер весьма высока. Количественные оценки возможных изменений климата дают возможность провести анализ возможностей адаптации к последствиям таких изменений, выполнить стоимостные оценки “затраты-эффект” на предмет приемлемости мер по адаптации, защите и предотвращению изменений климата.

Особо следует оценивать стоимостную сторону (и в целом выполнимость) мер по уменьшению выбросов ПГ, которые принимаются в результате международных переговоров и выполнение которых обеспечивается обязательствами государства, как это имеет место в отношении Киотского протокола.

Поэтому при выработке официальной позиции в отношении международных согласованных мер по сдерживанию роста и сокращению в дальнейшем выбросов ПГ необходимо оценивать национальные выгоды и потери, соответствующие каждому рубежу выбросов, по всему комплексу факторов и показателей, связанных с последствиями изменения климата на территории регионов РФ и предлагаемого снижения выбросов.

Некоторые проблемы, связанные с изменениями климата не могут быть решены при помощи только научных методов, как, например, поиск баланса между эффективностью эко-

номики и социальной справедливостью. В подобных ситуациях не избежать политического выбора как единственного инструмента поиска баланса интересов и выработки консенсуса.

НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕРЫ ПО АДАПТАЦИИ, ЗАЩИТЕ И СМЯГЧЕНИЮ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ЕГО ПОСЛЕДСТВИЙ ДОЛЖНЫ РЕГУЛИРОВАТЬСЯ ГОСУДАРСТВЕННЫМИ РЕШЕНИЯМИ, ТЕМ БОЛЕЕ ЧТО НЕКОТОРЫЕ ИЗ ТАКИХ РЕШЕНИЙ СВЯЗАНЫ С ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ РФ С МЕЖДУНАРОДНЫМ СООБЩЕСТВОМ. УЧИТЫВАЯ ДОЛГОСРОЧНЫЙ ХАРАКТЕР ТАКИХ МЕР, ИХ МАСШТАБНОСТЬ, ГЛУБИНУ ИХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА МНОГИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ СТОРОНЫ ЖИЗНИ ОБЩЕСТВА, БИЗНЕСА И ГОСУДАРСТВА, ПЛАНИРОВАНИЕ, ОРГАНИЗАЦИЯ И ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ЭТИХ МЕР ДОЛЖНЫ ПРОВОДИТЬСЯ В РАМКАХ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ РФ В ОБЛАСТИ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА.

9.6 Опыт зарубежных стран по формированию политики в области климата

С момента принятия РКИК ряд стран выработал собственную климатическую политику, в некоторых странах приняты официальные документы, в которых отражены основные принципы климатической политики.

Подписание и ратификация десятками стран Киотского протокола фактически означает принятие согласованной международным сообществом климатической политики. Даже страны, которые отказались от участия в Киотском протоколе (США, Австралия), тем не менее, имеют четко сформулированную позицию в вопросе об уменьшении антропогенного влияния на климат.

В соответствии с нормами РКИК страны-участницы регулярно представляют в Секретариат РКИК так называемые Национальные сообщения. В компиляции третьих Национальных сообщений, подготовленной секретариатом РКИК, выполнено обобщение национальных условий, некоторых итогов и основных направлений текущей и будущей климатической политики Сторон.

Подчеркивается большое разнообразие подходов Сторон в организации деятельности по смягчению последствий изменения климата и адаптации. В значительной мере это связывается с разделением ответственности между центральными и местными органами власти, поскольку в этом вопросе чрезвычайно сложными оказываются задачи координации усилий. С особенной силой это проявляется там, где недавно произошло перераспределение полномочий центрального правительства.

Следует обратить внимание на то обстоятельство, что крупнейшим сектором экономики Сторон, представивших Национальные сообщения (это, в основном, развитые страны и страны с переходной экономикой), является сектор услуг. Во многих странах, как отмечается в компиляции, “высказывается обеспокоенность по поводу безопасности энергоснабжения и были намечены меры по его диверсификации”. Отмечается наращивание усилий Сторон, которые способствуют сокращению выбросов ПГ. За исключением некоторых Сторон меры Киотского протокола рассматриваются как “первый шаг к долгосрочным и непрерывным мерам сокращения выбросов”. Принимаемые меры стимулируют экономию энергии и уже приводят к сокращению спроса на топливо. В некоторой степени стимулируются новые технологии.

Для эффективного осуществления политики и мер, как отмечается в национальных сообщениях, важно укрепление институциональных механизмов для разработки и осуществления политики, укрепление координации и связей между органами власти. Центральные правительства играют важную роль, но расширяется роль региональных и местных органов власти, важное место отводится консультациям и сотрудничеству с целевыми группами и заинтересованными кругами. Важнейшее место отводится мониторингу и оценке смягчения последствий как неотъемлемого элемента стратегий в области изменения климата.

Авторы компиляции выявили четкую тенденцию к применению нового комплексного подхода, который, в отличие от секторального, включает поэтапное осуществление и пор-

тфель мер, в котором основное внимание уделяется смягчению последствий, но также и к элементам адаптации. Поэтапный подход заключается в составлении "первоначального и резервного пакета политических мер, которые будут вводиться в действие", если в ином случае не удастся достигнуть целевых показателей Киотского протокола.

Обращает на себя внимание активная климатическая политика ЕС. Стратегия ЕС в области противодействия изменению климата изложена в принятом в начале 2005 года документе Европейской Комиссии "Победа в битве против изменения глобального климата" ("Winning the Battle Against Global Climate Change"). В этом документе подтверждается известная позиция ЕС о недопустимости повышения глобальной температуры более чем на 2°С, поскольку оно может привести к необратимым изменениям климатической системы. Этот документ призван служить "платформой для проведения дискуссии по стратегиям средне- и долгосрочного сокращения выбросов, включая целевые показатели. На основе анализа, выполненного Комиссией, она рекомендует ряд позиций, которые должны быть включены в будущую стратегию ЕС по изменению климата, и предлагает провести диалог с ключевыми партнерами в течение 2005г. в целях выработки позиции ЕС для будущих международных переговоров".

Среди рекомендаций Комиссии следует отметить две, как представляется, наиболее важные.

Во-первых, ЕС в весьма категоричной форме рекомендовано ответить на "инновационный вызов" и максимально сконцентрировать усилия на радикальном укреплении исследований в области энергоэффективности, поскольку это повысит в ближайшем будущем конкурентоспособность ЕС, создав "преимущество первого хода". По существу, декларирован призыв к новой технологической революции. Вторая рекомендация заключается в том, что сейчас ЕС не следует принимать конкретные целевые показатели снижения выбросов. Эта рекомендация основывается на следующих фактах. Известно, что относительно малая группа - ЕС, США, Канада, РФ, Япония, Китай и Индия -ответственна примерно за 75% общемировых выбросов ПГ. Из этой группы крупнейшие игроки -США, Китай и Индия - не приняли на себя конкретные обязательства по снижению выбросов ПГ в рамках Киотского протокола. Поэтому полноценное участие всех наиболее важных игроков в выработке согласованных мер является необходимым условием для выработки ЕС предложений по собственным обязательствам в отношении снижения выбросов. Для этого даже предлагается создание для этой малой группы стран специального форума, аналогичного группе "большой восьмерки" для ускорения прогресса на глобальном уровне.

В 2005 г. стартовала вторая "Европейская программа по изменению климата". Всю серьезность мотивов, которые вызывают озабоченность политических кругов ЕС, можно проиллюстрировать на одном показательном примере. Согласно недавно выполненным исследованиям "Бритиш Иншуренс Индастри", "...к 2080 г. средний годовой ущерб от ураганов в северном полушарии может возрасти на две трети и достичь 22 млрд евро ежегодно. Ежегодный ущерб от наводнений в Европе может возрасти до 100-120 млрд евро". При этом подчеркивается, что "...частный сектор страхования может оказаться не в состоянии адекватно возместить разрушения и ущерб частной собственности (от подобных природных явлений, связанных с изменением климата) и может даже сократиться со временем".

В Великобритании, одном из лидеров в исследованиях изменения климата и его последствий, под патронажем правительства выполняется масштабный цикл исследований в рамках программы "Форсайт" ("Foresight"-"Взгляд в будущее"). Программа призвана описывать возможные задачи и проблемы будущего для того, чтобы уже сейчас обеспечить формирование эффективных стратегий развития. Сам метод форсайт находит все большее применений в развитых странах для рассмотрения проблем научно-технического и социально-экономического развития и используется в стандартный инструмент не только предвидения, но и формирования общих целей развития.

Одно из этих исследований, "Форсайт - предупреждение наводнений" посвящено вопросам прогнозам наводнений и защиты береговой зоны Великобритании на период до 2080

года. Результаты этого исследования, представленные в конце 2005г. на специальном семинаре в Санкт-Петербурге, убедительно демонстрируют возможности формирования социально, политически и экономически приемлемых долгосрочных сценариев развития.

Итоги исследования высоко оценены правительством Великобритании, которое намерено "... всецело использовать бесценные возможности, которые предоставляет данный проект, как с точки зрения общественного благосостояния, так и для проведения аналитической работы", а также отметило, что ... важные результаты последних исследований помогут нам принять лучшие решения в планировании долгосрочной стратегии защиты от наводнений".

Соединенные Штаты Америки, как известно, вышли из Киотского протокола. Тем не менее, в США принят и успешно реализуется "Стратегический план по реализации Программы США в области изменения климата". Задания этого плана детализированы с годичной разбивкой и прописаны отдельной строкой в федеральном бюджете (описание этих заданий на 2004-2005 финансовый год доступно в интернете и занимает 159 страниц). В выполнении Стратегического плана участвуют восемь министерств и три федеральных агентства, а также Национальный Научный Фонд и Смитсонианский Институт.

Во всех доступных материалах, где излагается официальная позиция ведущих стран мира, подчеркивается первостепенная важность улучшения знаний о климате, которые имеют две неразрывно связанные составляющие:

– фундаментальные и прикладные исследования климата прошлого, настоящего и будущего, включая ускоренное развитие технологий моделирования климата и

– систематические долгосрочные наблюдения за параметрами климата с различных платформ.

ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ ОБОСНОВАННОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ РФ ВАЖНО ТЩАТЕЛЬНО ИЗУЧАТЬ СООТВЕТСТВУЮЩИЙ ОПЫТ ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАН, АНАЛИЗИРОВАТЬ ПРОТИВОРЕЧИЯ, ВОЗНИКАЮЩИЕ МЕЖДУ ОТДЕЛЬНЫМИ СТРАНАМИ ИЛИ ГРУППАМИ СТРАН ПО ПРОБЛЕМЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА, ВНИМАТЕЛЬНО СЛЕДИТЬ ЗА ИЗМЕНЕНИЯМИ ОФИЦИАЛЬНЫХ ПОЗИЦИЙ РАЗЛИЧНЫХ СТРАН И БЫТЬ ГОТОВОЙ, В СЛУЧАЕ НЕОБХОДИМОСТИ, БЫСТРО РЕАГИРОВАТЬ НА ТАКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ, КОРРЕКТИРУЯ СВОЮ СОБСТВЕННУЮ ПОЗИЦИЮ.

9.7 Альтернативные взгляды на политику в области климата

Не следует упускать из виду то обстоятельство, что в РФ идет достаточно острая полемика вокруг ключевых вопросов изменения климата (роль антропогенного фактора, отношение к Киотскому протоколу). В этой связи можно рассмотреть альтернативу, которая исходит из взгляда, что имеет место преднамеренное ложное раздувание проблемы антропогенного изменения климата. Сторонники именно такой трактовки позиции МГЭИК делают вывод, что в интересах РФ было бы отказаться от необходимости принятия ответственных мер по уменьшению выбросов ПГ.

Такой вывод неверен, поскольку развитые страны, независимо от хода международного переговорного процесса по принятию согласованных мер по снижению выбросов ПГ, будут принимать и уже принимают меры, которые с необходимостью повысят их конкурентоспособность хотя бы в тех секторах, где решающими являются энергоэффективность и экологические требования. Ведущие страны мира уже приняли политические решения, которые вне зависимости от развития событий ориентируют эти страны на резкий поворот в сторону повышения энергоэффективности всех секторов экономики и уменьшения национальной зависимости от традиционных энергоресурсов. В последнее время активизировался процесс и даже наметилась конкуренция между ведущими развитыми странами по развитию энергосберегающих технологий в Китае и в Индии.

Показательно, что Еврокомиссия, решительно высказавшись против принятия ЕС определенных целевых установок по снижению выбросов ПГ, выдвинула в качестве политического приоритета поддержку 15 направлений развития технологий, применение которых в совокупности может привести к снижению выбросов CO_2 на 3.6 Гт/год к 2050 г. Этот процесс технологической модернизации затронет и другие, смежные сектора.

Отсутствие детально проработанной и четко сформулированной в документах государственной позиции по комплексу проблем, связанных с изменением климата, не означает, что у государства отсутствует климатическая политика. В этом плане весьма показательна еще одна цитата из упомянутого выше документа Европейской Комиссии. «Ничегонеделание не есть благоразумный выбор. Чем дольше будут откладываться активные действия, тем больше будет риск необратимого изменения климата, поскольку будет невозможна стабилизация концентраций ПГ на более низких уровнях. Наука о климате продолжает развиваться, и будущие доказательства могут обнаружить, что изменение климата происходит даже быстрее, чем это представляется сегодня. Поэтому разумная средне- и долгосрочная климатическая политика должна основываться на стратегии “открытых дверей”. Такая стратегия позволила бы продвигаться даже к более низким, чем было намечено ранее, целевым уровням концентраций, если новые научные знания укажут на такую необходимость.»

АКТИВНАЯ РАЦИОНАЛЬНАЯ ПОЛИТИКА РФ В ОБЛАСТИ КЛИМАТА - ПОБУДИТЕЛЬ ДИНАМИЧНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ВСЕЙ ЭКОНОМИКИ СТРАНЫ, УКРЕПЛЕНИЯ ЕЕ ПОЗИЦИЙ В МИРОВОМ ЭКОНОМИЧЕСКОМ СООБЩЕСТВЕ, ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ, В ПЕРВУЮ ОЧЕРЕДЬ, В СФЕРЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ.

10. Предложения по примерной структуре и некоторым положениям Климатической доктрины РФ

В настоящем разделе приводятся предложения по структуре КД РФ и краткое изложение ее некоторых основных положений.

Цель и основные задачи КД РФ. Стратегической целью государственной политики в области климата является способствование безопасному и устойчивому развитию РФ, включая институциональный, экономический и социальный (в т.ч. демографический) аспекты развития.

Поддержание суверенитета в формировании и реализации климатической политики – важнейшее условие формирования и обеспечения безопасности РФ в климатическом измерении.

Статус КД РФ. КД РФ - основа формирования и реализации государственной политики внутри страны и на международной арене по вопросам, связанным с изменением климата и его последствиями.

Правовая основа КД РФ. Правовую основу КД РФ составляют Конституция, федеральные законы, указы Президента РФ, нормативные правовые акты Правительства РФ, международные конвенции, международные договоры РФ.

Угрозы и выгоды РФ, связанные с возможными изменениями климата. (Приводится краткое изложение основных результатов по оценке изменения глобального климата, климата РФ и ее регионов, по оценке уязвимости и выгод, связанных с изменением климата.) Существуют значительные неопределенности в оценках того, как ожидаемые климатические изменения будут протекать и какое влияние окажут на экосистемы, экономическую деятельность и социальные процессы в разных странах и регионах. Возможны как положительные, так и негативные последствия, особенно в условиях развитой экономики и большой численности населения, когда потенциал ущерба от экстремальных климатических явлений и стихийных бедствий возрастает даже в отсутствие климатических изменений.

Внутреннее и внешнее измерения климатической политики. Глобальное потепление помещает РФ - с ее географическим положением, экономическим потенциалом, демографическими проблемами и геополитическими интересами - в новую ситуацию, когда руководству страны и обществу необходимо осознание национальных интересов и приоритетов в отношении изменения климата и выработка соответствующей внутренней и внешней политики. Игнорирование проблемы глобального изменения климата; бездействие, оправдываемое ее недостаточной изученностью, - опасно и безответственно. Основой для государственной политики в отношении изменений климата должна послужить совокупность официальных установок в виде КД РФ. В условиях антропогенных климатических изменений неизбежно столкновение интересов различных государств, усугубляемое различиями воздействия на глобальный климат, а также различиями последствий глобального изменения климата для каждого из них. Приоритеты экономического развития одних стран (например, за счет роста потребления углерод-

ного топлива) могут вступать в противоречие с приоритетом безопасности других (например, угроза частичного или полного исчезновения территорий в результате подъема уровня Мирового океана). Вопрос об ограничениях выбросов (как возможном способе уменьшения антропогенного влияния на климат) является чрезвычайно чувствительным для экономики многих стран, поэтому дискуссии о достоверности существующих оценок будущих изменений климата и их возможных последствий принимают подчас ожесточенный характер. Путь взаимных уступок и компромиссов, очевидно, предполагает необходимость формирования независимой, а также научно (в т.ч. экономически) и нравственно обоснованной позиции государств, участвующих в переговорном процессе по проблемам климата.

Предсказуемость позиции и политики РФ. Предсказуемость позиции и политики РФ в области изменения климата необходима, поскольку политические решения и основанные на них правовые нормы должны носить долговременный характер, что обусловлено долговременным характером факторов климата и мер по адаптации, защите и противодействию изменению климата. Предсказуемость важна бизнес-сообществу, поскольку его инвестиционная активность непосредственно зависит от возможности уверенно рассчитывать инвестиционные риски. Развитие ряда секторов экономики, как отмечалось в предыдущих разделах, чувствительно к климатическим факторам. Предсказуемость важна для органов управления на региональном и муниципальном уровнях, поскольку ясная политическая направленность учитывается при средне- и долгосрочном планировании развития территорий с учетом изменяющегося климата. Предсказуемость важна для населения, поскольку изменение климата может сказаться на социальных факторах (иммиграционные факторы, изменение предпочтений населения при выборе места жительства, изменения на рынке труда и т.д.). Предсказуемость важна для федеральных органов исполнительной власти, поскольку для многих сфер государственного управления, в первую очередь связанных с развитием государственной инфраструктуры, необходимо учитывать погодно-климатические факторы, в том числе путем корректировки нормативных документов. Как одно из условий предсказуемости следует рассматривать прозрачность политики и ее информационная открытость. Зарубежный опыт показывает, что открытое обсуждение принципов формирования национальной климатической политики укрепляет в целом позиции политического руководства страны. Особенно это характерно для ЕС, где основные принципы климатической стратегии были вынесены на широкое общественное обсуждение.

Особенности РФ в контексте проблемы изменения климата. Значительная часть территории РФ находится в области максимального (как наблюдаемого, так и прогнозируемого) потепления. Смягчение климатических условий может отодвинуть к северу границу зоны комфортного проживания, сократить расходы электроэнергии в отопительный сезон, улучшить ледовую обстановку и, соответственно, транспортировку грузов в Арктических морях, облегчить освоение арктических шельфов и т.д. С другой стороны, потепление чревато вытеснением одних биологических видов другими; учащением засух в одних регионах и наводнений - в других; протаиванием вечномерзлых грунтов, которое может нанести серьезный ущерб строениям и коммуникациям в северных регионах РФ, и т.п. При этом неопределенность влияния возможного изменения климата на сельское хозяйство РФ, ее водные ресурсы, энергетику, растительный и животный мир, демографическую ситуацию - весьма велика. Среди национальных особенностей РФ следует, прежде всего, выделить такие, которые ставят страну в неравное (невыгодное) положение относительно объективных предпосылок повышенной потребности в сжигании топлива. Такие национальные особенности нельзя игнорировать при формировании государственной климатической политики, в том числе при позиционировании РФ в мировом сообществе с учетом ее законных национальных интересов (см. п. 9.3).

Вовлечение в осуществление климатической политики региональных и муниципальных органов. Территориальное планирование, выработка тепла для отопления зданий, тепловые коммуникации, тепловая эффективность зданий, общественный

транспорт - сектора, деятельность которых существенным образом влияет на выбросы ПГ. В то же время эффективность функционирования этих секторов определяется на федеральном, региональном и муниципальном уровнях. Поэтому в активную деятельность по реализации КД РФ должны быть вовлечены все уровни исполнительной власти.

Улучшение знаний о климате – необходимая предпосылка формирования и реализации климатической политики. Концентрация усилий на дальнейшее улучшение знаний о климате (фундаментальные и прикладные исследования: глобальный климат и климат регионов РФ; и наблюдения за климатом: национальные и международные системы) играет решающую роль в рациональном построении национальной климатической политики.

Национальная климатическая политика РФ должна учитывать альтернативные сценарии развития мирового и национального социально-экономического развития.

11. Рекомендации по реализации КД РФ органами управления, для обеспечения устойчивого развития территории РФ

При реализации национальной политики РФ в области климата необходимо учитывать аспекты научного, организационно-правового и кадрового обеспечения.

Основная задача научного обеспечения – получение и представление заинтересованных ведомств РФ достоверной и объективной научной информацией для принятия решений. К приоритетным научным задачам относятся:

– развитие и поддержание на территории РФ систем наблюдения за климатом, включая факторы, формирующие климат и индикаторы изменения климата;

– исследования и оценка возможных в будущем изменений глобального и регионального климата, а также их последствий;

– исследования и оценка стоимости мер по адаптации к изменениям климата, мер по смягчению антропогенного воздействия на климат и экономического эффекта от реализации этих мер;

– разработка критериев и параметров (пороговых значений) климатической безопасности РФ;

– независимая (международная) экспертиза результатов научных исследований в области климата и смежных областях;

– разработка механизмов, поощряющих более тесное научное сотрудничество организаций НИУ Росгидромета, РАН и ВШ при выполнении целевых научных программ в области климата.

Организационно-правовое обеспечение – основа механизма реализации КД РФ. Основные принципы КД РФ должны быть закреплены в нормативных правовых актов РФ (федеральные законы, указы Президента РФ, постановления Правительства РФ).

Основная задача кадрового обеспечения – обеспечение полноценных и независимых исследований в области климата и смежных областях, соответствующих мировому уровню. Решение этой задачи целесообразно осуществлять, исходя из стратегии подготовки молодых специалистов в области изучения климата и его влияния на экономику и социальную сферу, здоровье населения и состояние окружающей среды. Эта стратегия включает укрепление соответствующей тематики профильных кафедр вузов РФ страны. Особое внимание следует уделить подготовке научных кадров высшей квалификации по указанной тематике, предусмотреть организацию дополнительного обучения студентов старших курсов учебных заведений на базе ведущих НИУ страны по данному направлению, организацию стажировки наиболее одаренных молодых ученых и специалистов, аспирантов и студентов старших курсов в ведущих мировых научных центрах (предусмотрев на эти цели соответствующее государственное финансирование).

Основной задачей международного сотрудничества рекомендуется считать реализацию интересов РФ через участие в решении глобальных и региональных проблем,

связанных с изменениями климата и антропогенными воздействиями на климат, и регулировании процессов глобализации в интересах устойчивого развития РФ и мирового сообщества в целом. Формами международного сотрудничества могут быть:

– участие РФ в разработке и выполнении международных соглашений по проблемам климата;

– активное участие в деятельности международных организаций, занимающихся проблемами климата и смежными проблемами - в системе ООН и других;

– обеспечение обязательной государственной экспертизы всех международных программ и проектов, связанных с изменениями климата, независимо от участия в них РФ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наиболее актуальные для Российской Федерации меры в области учета факторов меняющегося климата при создании условий для устойчивого развития страны в целом и ее отдельных регионов могут быть выстроены в виде отдельных крупных блоков. К их числу следует отнести:

– наблюдения за климатом,

– анализ и моделирование климата, его прошедших и предполагаемых изменений

– получение климатической информации, ее хранение, представление в соответствующем виде и форматах

– обеспечение климатической информацией заинтересованных потребителей, включая органы государственной власти, местного самоуправления, промышленность, сельское хозяйство, сферу социальной жизни, средства массовой информации

– институциональные меры внутри страны, построение внутренней политики, взаимоотношений между ветвями власти, между отдельными ведомствами, центром и регионами, между регионами, между носителями определенных групповых интересов, и т.д.

– меры по принятию политических решений на разных уровнях.

Реализация как совокупности перечисленных блоков, так и каждого из них в отдельности, требует четкого и всестороннего научного обоснования. Результаты научных исследований, выполненных международными организациями и отдельными зарубежными учеными, в значительной мере отражают как национальные интересы своих стран, так и ряд групповых интересов политиков, и, наконец, собственные научные воззрения. Поэтому, не обсуждая вопрос об объективности этих результатов и не умаляя важности участия отечественных ученых в мировом научном процессе, можно утверждать, что требуются неотложные меры по укреплению отечественной климатической науки, ликвидации ее отставания от мирового уровня, обеспечению ее независимости, объективности .и непредвзятости.

Разработанные предложения по структуре и содержанию Климатической доктрины Российской Федерации требуют незамедлительного обсуждения и подготовке этого важнейшего документа, с тем, чтобы он был принят в ближайшее время.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Weart S.R. The Discovery of Global Warming – Harvard University Press, 2003, 240 p.
2. Climate Change 2001: Synthesis Report. International Panel on Climate Change (IPCC) Third Assessment Report. – 220 p.
3. Climate Change, The IPCC Scientific Assessment, J.T. Houghton, G.J. Jenkins, and J.J. Ephraums, eds., Cambridge U. Press, 1990, 365 pp.
4. Climate Change 1995: The Science of Climate Change, J. T. Houghton, et al., eds., Cambridge U. Press, 1996, 572 pp.
5. Jones, P.D., et al.,: Surface air temperature and its changes over the past 150 years. Rev. Geophys., 37, 173–199, 1999.
6. Parker D.E., Jones P.D., Folland C.K., Bevan A. Interdecadal changes of surface temperature since the late nineteenth century – J. Geophysical Res., Vol.99, No.D7, 14,373-14,399, 1994
7. Климат России - http://www.climate.mecom.ru
8. Kiehl. J. and K. Trenberth,: Earth's annual global mean energy budget. Bull. Amer. Meteor. Soc., 78, 197-206, 1997
9. Будыко М.И. Влияние человека на климат – Л., Гидрометеоиздат, 1972, 47 с.
10. Sellers W.D. A climate model based on the energy balance of the earth-atmosphere system, J. Appl. Meteorol., 8, 392-400, 1969
11. Кондратьев К. Я. Аэрозоль как климатообразующий компонент атмосферы. 2. Прямое и косвенное воздействие на климат. – Оптика атмосферы и океана. 2002. т.15, №14. с. 301-320.
12. Haywood, J., and O. Boucher Estimates of the direct and indirect radiative forcing due to tropospheric aerosols: A review. – Reviews of Geophysics, 38, 513-543, 2000.
13. Монин А.С. Прогноз погоды как задача физики – «Наука», 1969: 184 с.
14. Willson, R.C., and A.V. Mordvinov Secular total solar irradiance trend during solar cycles 21-23. - Geophys. Res. Lett., 30, 3-6, 2003.
15. Lean, J. Evolution of the sun's spectral irradiance since the Maunder Minimum. Geophys. Res. Lett., 27, 2425- 2428, 2000.
16. Mitchell J.M. Recent secular changes of global temperature – Annals NY Academy of Sciences, 95: 235-250, 1961
17. Schlesinger, M.E. and N. Ramankutty An oscillation in the global climate system of period 65-70 years - Nature, 367, 723-726, 1994.
18. McIntyre, S., and R. McKitrick Corrections to the Mann et al. (1998) proxy database and northern hemispheric average temperature series. Energy and Environment, 14, 751-771, 2003.
19. Jouzel, J., Barkov, N. I., Barnola, J. M., Bender, M., Chappellaz, J., Genthon, C., Kotlyakov, V. M., Lipenkov, V., Lorius, C., Petit, J. R., Raynaud, D., Raisbeck, G., Ritz, C., Sowers, T., Stievenard, M., Yiou, F., and Yiou, P. Extending the Vostok ice-core record of palaeoclimate to the penultimate glacial period. Nature 364, 407-412, 1993

20. Petit, J.R., J. Jouzel, D. Raynaud, N.I. Barkov, J.-M. Barnola, I. Basile, M. Bender, J. Chappellaz, M. Davis, G. Delaygue, M. Delmotte, V.M. Kotlyakov, M. Legrand, V.Y. Lipenkov, C. Lorius, L. Popin, C. Ritz, E. Saltzman, and M. Stievenard Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica – Nature, 399, 429-436, 1999.

21. Миланкович М. Математическая климатология и астрономическая теория колебаний климата – ГОНТИ, 1939, 207 стр.

22. Fischer H., Wahlen M., Smith J., Mastroianni D., Deck B. Ice core records of atmospheric CO2 around the last three glacial terminations – Science 283, 1712-1714, 1999

23. Mitchell J.M The natural breakdown of the present Interglacial and its possible intervention by human activities – Quaternary Research 2: 436-445, 1972

24. Neelin, J.D., Battisti D., Hirst A., Jin F.-F., Wakata Y., Yamagata T., Zebiak S. ENSO theory. J. Geophys. Res., 103, 14261–14290, 1998.

25. Latif M. Dynamics of interdecadal variability in coupled atmosphere-ocean models – J.Climate, 11, 602-624, 1998

26. Stommel, H. Thermohaline convection with two stable regimes of flow, Tellus, 13, 224-230, 1961.

27. Corti, S., F. Molteni, and T. N. Palmer Signature of recent climate change in frequencies of natural atmospheric circulation regimes. Nature, 398, 799–802, 1999.

28. Rahmstorf, S. Ocean circulation and climate during the past 120,000 years. – Nature, 419, 207-214, 2002

29. Severinghaus, J.P., and E.J. Brook Abrupt climate change at the end of the last glacial period inferred from trapped air in polar ice. Science, 286(5441), 930-934, 1999

30. Stocker, T.F., The seesaw effect, Science, 282, 61-62, 1998

31. Manabe, S. and R.J. Stouffer “Two Stable Equilibria of a Coupled Ocean-Atmosphere Model.” J.Climate 1: 841-66, 1988.

32. Wood, R.A., A.B. Keen, J.F.B. Mitchell and J.M. Gregory Changing spatial structure of the thermohaline circulation in response to atmospheric CO2 forcing in a climate model. Nature, 399, 572- 575, 1999.

33. Rahmstorf, S. Shifting seas in the greenhouse? – Nature, 399, 523- 524, 1999.

34. IPCC Model Output: http://esg.llnl.gov:8443

35. Алексеев В.А., Володин Е.М., Галин В.Я., Дымников В.П., Лыкосов В.Н. Моделирование современного климата с помощью атмосферной модели ИВМ РАН. Препринт ИВМ №2086-В98. 1998. 180 с.

36. Мелешко В.П., Голицын Г.С. и др. Возможные антропогенные изменения климата России в XXI веке: оценки по ансамблю климатических моделей.- Метеорология и гидрология, 2004, N4, с. 38-49 (Соавторы: Говоркова В., Демченко П., Елисеев А., Катцов В., Малевский-Малевич С., Мохов И., Надежина Е., Семенов В., Спорышев П., Хон В.).

37. Johannessen, O.M., M.W. Miles, L. Bengtsson, L.P. Bobylev, S.I. Kuzmina: Arctic climate change- In Bobylev, L.P., Kondratyev, K.Ya, Johannessen, O.M. (eds.). Arctic Environment Variability in the Context of Global Change, Springer – Praxis 2003.

38. Катцов В.М., Алексеев Г. и др. Высокие широты в глобальных климатических моделях: расчеты современного климата и его возможных изменений в XXI веке. Всемирная конференция по изменению климата. Тезисы докладов. - Москва, Россия, 2003, 700 с. (Соавторы: Бекряев Р., Вавулин С., Говоркова В., Павлова Т., Спорышев П.)

39. SRES, 2000: Emission Scenarios. Summary for Policymakers. IPCC Special Report of Working Group III. – WMO/UNEP, 2000, 20 p.

40. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Обнаружение изменений климата: состояние, изменчивость и экстремальность климата. – Метеорология и гидрология, 2004, № 4, с. 50-66.

41. Stott, P. A., G. S. Jones, J. A. Lowe, P. Thorne, C. Durman, T. C. Johns, and J-C. Thelen, 2005a: Transient climate simulations with the HadGEM1 model: causes of past warming and future climate change. Journal of Climate, (submitted).

42. Stone, D.A. and M.R. Allen, 2005a: The end-to-end attribution problem: From emissions to impacts. Climatic Change, (submitted).

43. Santer, B.D. et al., 2003b: Contributions of anthropogenic and natural forcing to recent tropopause height changes. Science, 301, 479-483.

44. Qak Ridge National Laboratories. Carbon Dioxide Information and Analyses Center. 2005. http://cdiac.ornl.gov/pns/current_ghg.html

45. http://earth.usc.edu/~geol150/index.html/weather/intro.html

46. Qak Ridge National Laboratories. Carbon Dioxide Information and Analyses Center. 2005. http://cdiac.ornl.gov/ftp/ndp030/global.1751_2002.ems

47. Qak Ridge National Laboratories. Carbon Dioxide Information and Analyses Center. 2005. http://cdiac.ornl.gov/epubs/ndp/ndp050/ndp050.html

48. Climate change and the greenhouse effect. A briefing from the Hadley Centre. December 2005. 69 p.

49. Qak Ridge National Laboratories. Carbon Dioxide Information and Analyses Center. 2005. http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/meth/ch4.htm

50. Land Use, Land Use Change, and Forestry. A Special Report of the IPCC. R. Watson, I. Noble, B. Bolin, N. Ravindranath, D. Verardo, and D. Dokken (Eds.). Cambridge University Press, 2000, p. 377.

51. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. IPCC-OECD-IEA. Paris, 1997.

52. Израэль Ю.А. Эффективный путь сохранения климата на современном уровне - основная цель решения климатической проблемы. Метеорология и гидрология, 2005, N 10, с. 5-9.

53. Barnola J.M., Raynaud D., Lorius C., Barkov N. I. 2003. Historical CO_2 record from the Vostok ice core. In Trends: A Compendium of Data on Global Change. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A., <http://cdiac.esd.ornl.gov/>

54. Climate Change 1994. Radiative forcing of climate change and an evaluation of the IPCC IS92 emission scenarios. Intergovernmental Panel of Climate Change. Cambridge University Press, 1995, 339 pp.

55. Climate Change 2001. 2001a. The scientific basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change. (Houghton J. T., Ding Y., Griggs D. J.,et al., editors) . Cambridge University Press, 881 pp.

56. Climate Change 2001. 2001b. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change. (McCarthy J. J., Canziani O. F., Leary N. A., et al., editors) . Cambridge University Press, 1032 pp.

57. Climate Change 2001, 2001c. Mitigation. Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change. (Metz B., Davidson O., Swart R., et al., editors) . Cambridge University Press, 2001c, 752 pp.

58. Corfee-Morlot J., Hehne N. 2003. Climate change: long-term targets and short-term commitments. Global Environmental Change 13, p. 277–293

59. Enting I.G., Wigley T.M.L., Heimann M. 1994. Future emissions and concentrations of carbon dioxide: key ocean/atmosphere/land analyses. CSIRO Tech. Pap. No 31.

60. Izrael Yu. A. 1983. Ecology and control of the natural environment. Kluwer, 400 pp.

61. Izrael Yu.A. 2004. On the concept of dangerous anthropogenic interference with the climate system, and abilities of the biosphere. Meteorology and Hydrology, N 4, p. 30-37. (in Russian)

62. Joos F., Bruno M., Fink R., Stocker T.F., Siegenthaler U., Le Quere C., Sarmiento J.L. 1996. An efficient and accurate representation of complex oceanic and biospheric models of anthropogenic carbon uptake. Tellus, 48B:397-417.

63. Joos F., Prentice I.C., Sitch S., Meyer R., Hooss G., Plattner G.-K., Gerber S., Hasselmann K. 2001.Global warming feedbacks on terrestrial carbon uptake under the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) emission scenarios. Global Biogeochemical Cycles, 15, 891-908.

64. Kheshgi H.S., Jain A.K. 2003. Projecting future climate change: Implications of carbon cycle model intercomparisons. Global Biogeochemical Cycles, vol. 17, No. 2, 1047, doi:10.1029/2001GB001842, p. 16-1 - 16-17.

65. Patwardhan A., Schneider S.H., Semenov S.M. 2003. Assessing the science to address UNFCCC Article 2. <http://www.ipcc.ch/>, 13 p.

66. Petit J. R., Raynaud D., Lorius C., Jouzel J., Delaygue G., Barkov N.I., Kotlyakov V.M. 2000. Historical isotopic temperature record from the Vostok ice core. In Trends: A Compendium of Data on Global Change. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A. <http://cdiac.esd.ornl.gov/>

67. Schneider, S., Kuntz-Duriseti, K., Azar, C. 2000. Costing nonlinearities, surprises and irreversible events. Pacific and Asian Journal of Energy 10, 81–106.

68. Wigley T.M.L, Richels R., Edmonds J.A. 1996. Economic and environmental choices in the stabilization of atmospheric CO_2 concentrations. Nature, 379, 242-245.

69. IPCC, Third Assessment Report, 2001.

70. World Energy Outlook, OECD/IEA, 2002.

71. Climate Monitoring and Diagnostics Laboratory, 27, Boulder, colorado, 2004.

72. C.D. Keeling, http://cdiac.ornl.gov/trends/co2/sio-mlo.htm, 2005.

73. IEA "CO_2 emission from fuel combastion 1971-2003", Paris, 2005.

74. Макаров А.А., Фортов В.Е., "Тенденции развития мировой энергетики и энергетическая стратегия России". Вестник РАН, 2004, №3, с.195-208.

75. Цироль С. "О мнимой дефектности русской природы", Новый мир, №7, 2003, с.182-187.

76. Илларионов А., Пивоварова Н., "Экономические последствия ратификации Российской Федерацией Киотского протокола", Вопросы экономики, 2004, № 1, с. 34-59.

77. Энергетическая стратегия России на период до 2020 г., Собрание законодательства РФ, № 36, 2003 г., Официальное издание.

78. Третье Национальное сообщение Российской Федерации о деятельности по Конвенции ООН об изменении климата. М., 2003.

79. Изменения климата. Обобщенный доклад. 2001 г., ВМО, ЮНЕП, МГЭИК. 2003.

80. Израэль Ю.А. и др., "Вклад России в изменение концентрации парниковых газов в атмосфере", Метеорология и гидрология, 2002, №5, с.17-27.

81. Антоновский М.Я. и др., "Динамика закономерностей поля концентраций атмосферного CO_2 на основе данных мониторинга в течение последних 45 лет", Метеорология и гидрология, 2004, №4, с.67-76.

82. Keeling C.D., Whorf T.P. Atmospheric CO_2 records from sites in the SIO air sampling network. In Trends: A Compendium of Data on Global Change. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A., 2004. <http://cdiac.esd.ornl.gov/>

83. Etheridge D.M., Steele L.P., Francey R.J., Langenfelds R.L. Historical CH_4 Records Since About 1000 A.D. From Ice Core Data. In Trends: A Compendium of Data on Global Change. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A., 2002, <http://cdiac.esd.ornl.gov/>

84. Barnola J.M., Raynaud D., Lorius C., Barkov N. I. Historical CO_2 record from the Vostok ice core. In Trends: A Compendium of Data on Global Change. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A., 2003, <http://cdiac.esd.ornl.gov/>

85. Etheridge D. M., Steele L.P., Langenfelds R.L., Francey R.J., Barnola J.-M., Morgan V.I. Historical CO_2 records from the Law Dome DE08, DE08-2, and DSS ice cores. In Trends: A Compendium of Data on Global Change. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A., 1998, <http://cdiac.esd.ornl.gov/>

86. Dlugokensky E.J., Masarie K.A., Lang P.M., Trans P.P. Continuing decline in the growth rate of atmospheric methane burden, Nature, vol. 393, 1998, pp.447-450.

87. Израэль Ю.А., Семенов С.М. Пример вычисления критических границ содержания парниковых газов в атмосфере с помощью минимальной имитационной модели парникового эффекта. Доклады Академии наук, 2003, том 390, N 4, с. 533-536.

88. Семенов С.М. Парниковые газы и современный климат Земли. Москва, Издательский центр “Метеорология и гидрология”, 2004, 175 с.

89. Стратегический прогноз изменений климата Российской Федерации на период до 2010-2015 гг. и их влияния на отрасли экономики России. Москва, Росгидромет, 2005.

90. Материалы к «Стратегическому прогнозу изменений климата Российской Федерации на период до 2010-2015 гг. и их влияния на отрасли экономики России». Москва, Росгидромет, 2005.

91. Stocks, B.J., Fosberg, M.A., Lynham, T.J., Mearns, L., Wotton, B.M., Yang, Q., Jin, J-Z., Lawrence, K., Hartley, G.R., Mason, J.A., and McKenney, D.W. 1998. Climate change and forest fire potential in Russian and Canadian boreal forests. Climatic Change 38(1): 1-13.

92. Руководство МАГАТЭ по безопасности. № 50- SU – SIIA. Учет экстремальных метеорологических явлений при выборе площадки АЭС (без учета тропических циклонов). Международное агентство по атомной энергии. Вена. 1983.

93. Елистратов В.В. Энергетика возобновляемых источников в XXI веке. Матер. Междун. научно-техн. семинара «Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии в XXI столетии», г.Сочи, май-июнь 2001.

94. Муругов В. П., Пинов А. Б. Стратегия развития возобновляемой энергетики в сельском хозяйстве России. В кн. Нетрадиционная энергетика, ресурсы, техника, экономика, экология. Сб. трудов «Современные проблемы нетрадиционной энергетики». СПб, 1996, с. 41-46

95. Безруких П.П., Стребков Д.С. Возобновляемая энергетика: стратегия, ресурсы, технологии // М.: 2005, 263 с.

96. Энергообеспечение, электромеханизация и автоматизация сельского хозяйства под редакцией Стребкова Д.С., // Вестник ВИЭСХ - научн. ж. Вып.1 М.: 2005, с,97.

97. Безруких П.П. Концепция развития и использования возможностей малой и нетрадиционной энергетики в энергетическом балансе России //Мировая электроэнергетика. 1996. №3, с. 22-26.

98. Безруких П.П., Стребков Д.С., Иродионов А.Е., Тарасов В.П. Методы расчета технико-экономических показателей энергетических установок в условиях рыночной экономики. Современные методы земледельческой механики. – Материалы научно-технической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения академика Мацепуро (Минск, 26-27 мая 1999 г.) // Ч.П. Минск: Бел.НИМЭСХ , 1999, с,124-127.

99. Атласы ветрового и солнечного климатов России. Под ред. М. М. Борисенко и В. В. Стадник. СПб. 1997.

100. Стадник В.В. Шанина И.Н., Наумова Н.И. О перспективах использования солнечной энергии // Климатические ресурсы и методы их представления для прикладных целей. СПб, Гидрометеоиздат, 2005, с,74-86.

101. Мещерская А. В., Гетман И. Ф., Борисенко М.М., Шевкунова Э. И. Мониторинг скорости ветра на водосборе Волги и Урала в XX веке. - Метеорология и гидрология , 2004, №3, с. 83-97.

102. Palutikov J. P. Variability of the wind field over the British Islands. “Clim. Monit”., 1985, 14, №3, p. 72-83.

103. Государственный стандарт Российской Федерации. Установки ветроэнергетические. ГОСТ Р 51990 – 2002. Дата введения 2003 -07-01.

104. Методические указания. Проведение изыскательских работ по оценке ветроэнергетических ресурсов для обоснования схем размещения и проектирования ветроэнергетических установок. – РД. 52.04.275 – 89, Л., Гидрометеоиздат, 1991, 60 с.

105. Рекомендации по определению климатических характеристик ветроэнергетических ресурсов. Л., Гидрометеоиздат, 1989, 79 с.

106. Дьяков А. Ф., Перминов Э. М., Шакарян Ю. Г. Ветроэнергетика России: состояние и перспектива. М., Изд-во МЭИ, 1996, 218 с.

107. Борисенко М. М. Перспектива использования потенциала энергии ветра как реальной альтернативы традиционным источникам топлива. В кн. Вопросы охраны атмосферы от загрязнения. Информ. бюллетень №1 (29). Изд. НПК «Атмосфера». СПб, 2004, с. 66-76.

108. Кузнецов М. В. О методике ветроэнергетических расчетов. В сб.: «Ветроэлектрические станции», №7, 1992.

109. Святый В. В., Музыка Н. А., Музыка Ю. А. Ветроэлектрические установки для регионов с малыми ветрами. Тезисы докладов семинара «Проблемы развития и использования малой и возобновляемой энергетики в России». СПб, 1997. с.31.

110. Борисенко М. М., Белова О. М., Пинегин А. Л. Анализ порывистости ветра при исследовании режимов работы ветроэлектрических агрегатов. Изд. НПК «Атмосфера» при ГГО им. А. И. Воейкова. Информационный бюллетень №2 (30). СПб, 2004, с. 127-131.

111. Надежина Е. Д., Стернзат А. В., Шкляревич О. Б. Модельные оценки мезомасштабной и микромасштабной изменчивости ветровых и турбулентных характеристик для задач ветроэнергетики. – Метеорология и гидрология , 1997, №7.

112. Пинегин А. Л. Рогозин А. А , Минин В. А. Учет порывистости ветра при исследовании режимов работы ветроэлектрических агрегатов. №2790. М., ЭН Информэнерго, 1988, 30 с.

113. Белокрылова Т. А. Об изменении скоростей ветра на территории СССР. Труды ВНИИГМИ-МЦД. Вып. 150.1989, с. 38-47.

114. Атлас ветров России. /Авт. Старков А. Н., Ландберг Л., Безруких П. П., Борисенко М. М./, М., «Можайск-Терра», 2000, 560 с.

115. Бернгардт Р. П. Климатические обобщения и применение информации о скорости ветра и гололеде. Ю.-Сахалинск. Изд. Сах. ГУ, 2003, 95 с.

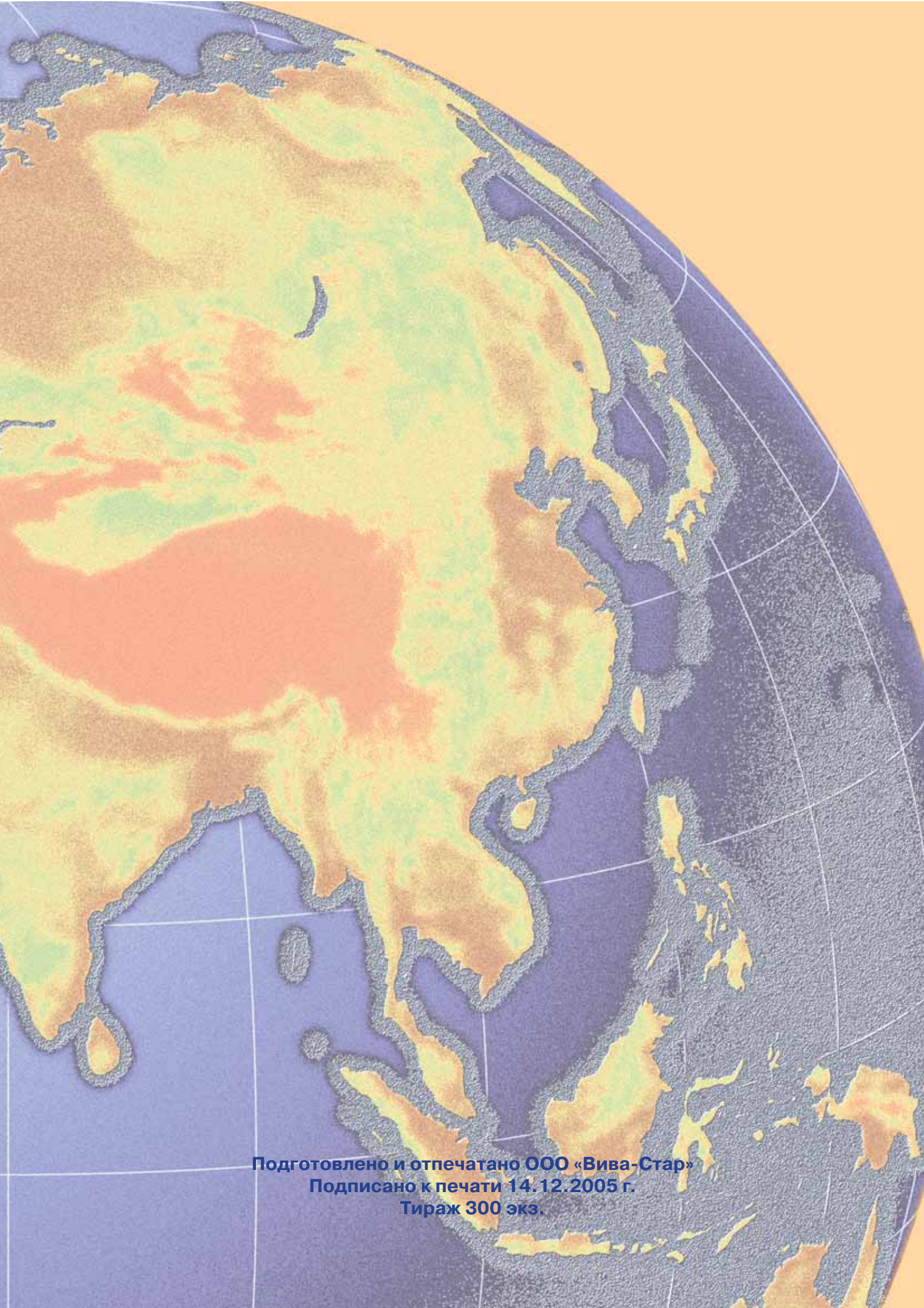
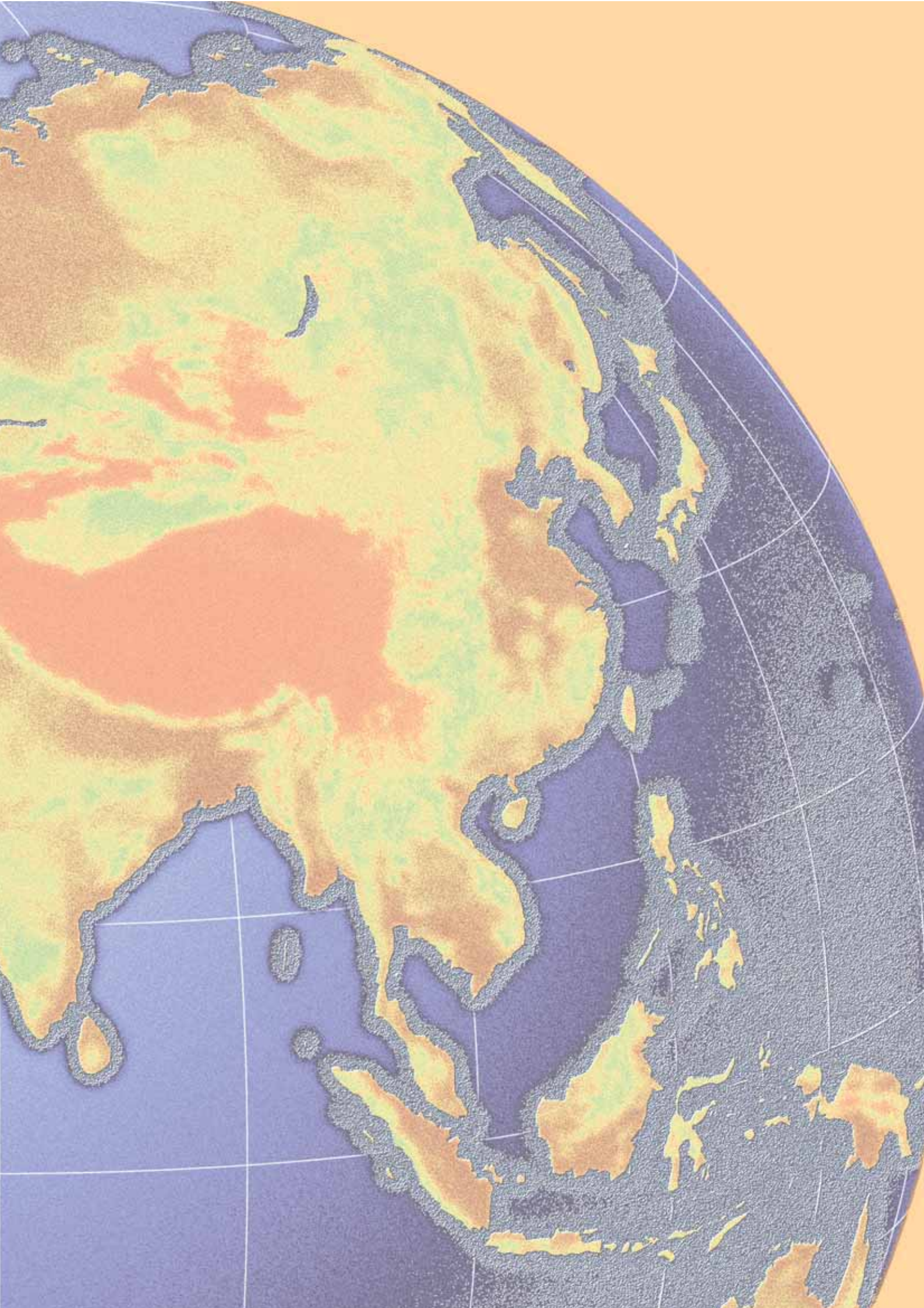
116. Борисенко М. М., Кравченко И. К., Прахов А. Н. Оценки ресурсов энергии ветра и возможности их использования. В кн.: Климатические ресурсы и методы их представления для прикладных целей. СПб, Гидрометеоиздат, 2005, с.47-60.

117. Gibson J.K., et al.. ERA Description.- ECMWF re-analysis project report series.1.1997

118. Борисенко М. М. О возможностях крупномасштабного использования энергии ветра на территории России. Казань, Изд. Казанского ун-та. 1994, с.110-121.

119. Борисенко М. М., Соколова С. Н., Корнюшин О. Г. Исследование климатических характеристик ветроэнергетических ресурсов. – ВНИИГМИ-МЦД. Серия 37.21. Метеорология. Обзорная информация, вып. 4., Обнинск, 1987, 49 с.

120. Groisman, P.Ya., Knight, R.W., Haim, R.R., Razuvaev, V.N., Sherstyukov, B.G., Speranskaya, N.A. 2003. Contemporary climate changes in high latitudes of the Northern Hemisphere: cause an increasing potential forest fire danger. In Proceedings of 5th AMS Symposium on Fire and Forest Meteorology Joint with 2nd International Wild Land Ecology and Fire Management Congress. November 2003, Ontario, Florida.



Подготовлено и отпечатано ООО «Вива-Стар»
Подписано к печати 14.12.2005 г.
Тираж 300 экз.