



Федеральная служба
по гидрометеорологии
и мониторингу
окружающей среды



ОЦЕНКА макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 года и дальнейшую перспективу

Федеральная служба по гидрометеорологии
и мониторингу окружающей среды
(Росгидромет)

ОЦЕНКА МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ
ПОСЛЕДСТВИЙ
ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА
НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НА ПЕРИОД ДО 2030 г.
И ДАЛЬНЕЙШУЮ ПЕРСПЕКТИВУ

Под редакцией
д-ра физ.-мат. наук В. М. Катцова
д-ра эконом. наук, профессора Б. Н. Порфирьева

Москва
2011

УДК 551.5(470+571) + 338(470+571)

ББК 26.237(2) + 65.28(2)

О-93

Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу / [В. М. Катцов, Н. В. Кобышева, В. П. Мелешко и др.]; под ред. д. ф.-м. н. В.М. Катцова, д. э. н., проф. Б. Н. Порфирьева; Федер. служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). – Москва: Д'АРТ: Главная геофизическая обсерватория, 2011. – 252 с. ISBN 978-5-905264-04-7.

И. Катцов, В. М. П. Российская Федерация. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

Рецензенты

Д. Е. Сорокин, первый заместитель директора Института экономики РАН,
чл.-корр. РАН, д-р эконом. наук, профессор

В. А. Акимов, начальник ВНИИ гражданской обороны и чрезвычайных
ситуаций МЧС России, зам. руководителя Экспертного совета МЧС России,
д-р техн. наук, профессор

Авторский коллектив

В. М. Катцов, Н. В. Кобышева, В. П. Мелешко, Б. Н. Порфирьев, Б. А. Ревич,
О. Д. Сиротенко, В. В. Стадник, Е. И. Хлебникова, С. С. Чичерин,
А. Л. Шалыгин

В работе использованы материалы по отдельным аспектам рассматриваемой темы, предоставленные: Е. М. Акентьевой, Г. В. Алексеевым, О. А. Анисимовым, А. Е. Асариным, О. Н. Бульгиной, Е. А. Вагановым, В. А. Говорковой, А. Н. Жиркевичем, В. В. Оганесяном, В. Н. Павловой, Т. В. Павловой, И. А. Салль, В. И. Харуком, И. М. Школьников

Представлена комплексная междисциплинарная оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 г., в том числе оригинальные оценки и прогнозы авторов. Отдельные прогнозные оценки охватывают перспективу до 2050 г. Подробно рассматриваются воздействия погодно-климатических изменений на динамику и качественные показатели развития основных производственных комплексов российской экономики, а также развитие регионов страны. Анализируются ключевые направления и группы мероприятий по их адаптации к указанным воздействиям и снижению рисков изменений климата для экономики. Обоснована неотложность комплекса мер адаптации к текущим и ожидаемым в краткосрочной перспективе последствиям изменений климата с его наблюдаемыми вариациями в целях снижения уязвимости населения и хозяйственных объектов к указанным изменениям, в том числе необходимость укрепления и развития институтов и нормативно-правовой базы политики в области климата. Подчеркиваются необходимость и экономическая эффективность учета климатического фактора в программах и проектах модернизации производства и сферы услуг в России, прежде всего использования инновационных технологий в энергетике, а также в сфере ЖКХ, на транспорте, в строительстве, сельском хозяйстве и промышленности. Особо выделена роль науки и научных организаций как ключевых факторов и институтов адаптации российской экономики и общества в целом к изменениям климата.

ISBN 978-5-905264-04-7

© ООО РИФ «Д'АРТ», 2011

© Государственное учреждение «Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова», 2011

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	5
От авторов.....	9
1. Наблюдаемые и прогнозируемые изменения климата на территории России в глобальном контексте	12
1.1. Наблюдаемые и ожидаемые глобальные изменения климата	12
1.2. Наблюдаемые изменения климата на территории России ...	17
1.3. Оценки будущих изменений климата на территории России	22
2. Социально-демографические последствия изменений климата	37
3. Последствия изменений климата для экономического развития России	48
3.1. Влияние изменений климата на динамику и структуру экономического роста	48
3.1.1. Прямые последствия изменений климата для экономики России.....	49
3.1.2. Косвенные последствия изменений климата для экономики России: фактор структурных и технологических перемен в мировом хозяйстве.....	55
3.2. Влияние изменений климата на развитие отдельных секторов экономики.....	68
3.2.1. Энергетика	68
3.2.2. Сельское хозяйство.....	89
3.2.3. Лесное хозяйство	98
3.2.4. Водное хозяйство	101
3.2.5. Строительство.....	103
3.2.6. Транспорт	110
3.2.7. Сфера услуг	115
4. Особенности последствий изменений климата для экономики регионов России.....	119
4.1. Северо-Западный регион	119
4.2. Центральный регион	120
4.3. Южный регион	121
4.4. Приволжский регион	123
4.5. Уральский регион	124
4.6. Сибирский регион	125
4.7. Дальневосточный регион	127
4.8. Крайний Север (Арктический регион).....	128

5. Адаптация населения и экономики к изменениям климата	139
5.1. Население	139
5.2. Энергетика	141
5.3. Сельское хозяйство	144
5.4. Лесное хозяйство	147
5.5. Водное хозяйство	148
5.6. Строительство	148
5.7. Жилищно-коммунальное хозяйство	150
5.8. Транспорт	151
5.9. Региональная специфика мер адаптации	153
6. Заключение: выводы и рекомендации	173
6.1. Климатический фактор в сферах деятельности федеральных ведомств	173
6.2. Климатический фактор в стратегиях национальной безопасности и социально-экономического развития	182
6.3. Экономическая политика (инвестиционная, инновационная политика) с учетом фактора изменения климата	184
6.4. Политика в сфере науки	188
Приложения	
Приложение 1. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата на территории России	191
Приложение 2. Изменения климата и мировая экономика	202
Приложение 3. Возобновляемые источники энергии	204
Приложение 4. Комплексный план научных исследований пого- ды и климата	213
Приложение 5. Основные положения Рекомендаций Европейско- го бюро ВОЗ от 10 августа 2010 г. «Природные пожары и аномальная жара в Российской Федерации»	248

ПРЕДИСЛОВИЕ

На фоне непрекращающихся споров о причинах изменений климата дестабилизирующее воздействие этих изменений на природные экосистемы и экономику многих стран мира, включая Россию, становится все более очевидным. Участвовавшие жестокие засухи, лесные пожары, наводнения, разрушение прибрежных зон в результате повышения уровня океана преобразуют привычную среду обитания живых организмов, увеличивают масштабы социально-экономических потерь и издержки их преодоления.

Накладываясь на глобальный финансовый кризис и рецессию мировой экономики, негативные последствия климатических изменений усиливают риски экономического развития. Важно своевременно оценить возможности адаптации стран и регионов к климатическим изменениям и выработать меры по смягчению негативных последствий, а также использованию благоприятных возможностей, связанных с этими изменениями, в том числе для получения экономических выгод.

Россия занимает особое место в мире по размерам территории, степени ее хозяйственного освоения и разнообразию природно-климатических условий. Она является безусловным лидером среди развитых государств по снижению промышленных выбросов парниковых газов и, следовательно, значительной части антропогенной нагрузки на климатообразующие факторы. Кроме того, российские леса, являясь одним из крупнейших мировых депозитариев углерода, вносят существенный вклад в снижение глобальных рисков климатических изменений.

Изменения климата оказывают неоднозначное воздействие на экономику России. Благоприятствуя развитию одних производств и регионов страны, они, в то же время, серьезно осложняют хозяйственную деятельность других. Для того чтобы правильно оценить последствия изменений климата, нужны высококачественные экономические исследования, охватывающие хозяйственный комплекс в целом и его важнейшие секторы, включая сельское хозяйство, лесное хозяйство, энергетику, водные ресурсы, здравоохранение, инфраструктуру, туризм, торговлю и транспорт, а также основные регионы России.

Научная и практическая ценность указанных исследований будет зависеть от того, насколько полно будет использоваться потенциал существующих знаний о климате, новых научно-исследовательских разработок, и, кроме того, от готовности различных органов государственной власти учитывать научные рекомендации при формировании политики и мер по снижению нагрузки на климатическую систему и по адаптации к климатическим изменениям.

В 2009 г. Президент Российской Федерации подписал Климатическую доктрину. Она стала фундаментом политики государства в отношении проблемы изменений климата и определила основные направления развития нормативно-правовых, экономических и иных инструментов, призванных обеспечить защищенность общества и государства от неблагоприятных последствий этих изменений и создать предпосылки для эффективного использования благоприятных возможностей, возникающих в связи с изменениями климата. Первостепенными мерами практического воплощения положений Климатической доктрины были определены разработка и принятие государственной стратегии ее реализации, которая, в свою очередь, должна стать основой детализированных федеральных, региональных и отраслевых программ и планов действий.

Это требует мобилизации и интеграции интеллектуальных ресурсов России, призванных обеспечить минимизацию рисков принятия ошибочных решений. Цена таких решений, как и цена бездействия, измеряется не только возрастающим ущербом, обусловленным негативным воздействием изменения климата и упускаемыми выгодами от его благоприятных последствий на территории России, но и угрозой проигрыша в конкуренции экономик на международном уровне, что в конечном итоге является угрозой устойчивому развитию и экономической безопасности России. Не случайно в 2010 г. впервые за все время деятельности Совета Безопасности Российской Федерации (да и за всю историю страны) проблема изменения климата была внесена в повестку дня этого ключевого института в сфере национальной безопасности.

С точки зрения практики наибольший интерес представляют происходящие и ожидаемые региональные изменения климата, в особенности изменения его «экстремальности», и их последствия, к которым необходимо адаптироваться, причем, насколько возможно, заблаговременно. Адаптация к последствиям изменения климата является сложным процессом, в рамках которого происходит сложное взаимодействие природных, экологических,

экономических, политических, демографических, социальных и технологических факторов. Вследствие этого принятие государственных решений по адаптации неизбежно будет осуществляться в условиях неопределенностей, которые должны быть максимально объективно изучены научным сообществом и доведены до лиц, принимающих решения.

В последние годы Росгидромет прилагал значительные усилия в части обеспечения информационно-аналитической поддержки процесса принятия государственных решений в области климата. Достаточно упомянуть две капитальные публикации Росгидромета: «Стратегический прогноз изменений климата Российской Федерации на период до 2010—2015 гг. и их влияния на отрасли экономики России» (2005)¹ и «Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации» (2008)². В них российские ученые представили анализ текущих и ожидаемых изменений климата, их причин и последствий, а также выводы о том, что на сегодняшний день является достоверным, а что находится за пределами современных научных знаний о климате.

В предлагаемом вниманию читателей докладе дана макроэкономическая оценка последствий изменений климата на территории России на период до 2030 г. и, в ряде случаев, на более отдаленную перспективу. При этом термин «макроэкономическая оценка» используется авторами доклада в расширительной трактовке. Она подразумевает не только (а подчас и не столько) классическую для экономистов оценку влияния на макроэкономические индикаторы развития (ВВП, ВВП на душу населения, занятость, цены и инфляция, торговля и т. д.), но и воздействие изменений климата на конкретные отрасли экономики и отдельные регионы страны.

Такая комплексная оценка обобщает и систематизирует накопленные разрозненные, неполные и зачастую противоречивые данные и прогнозы, тем самым отражая современное состояние исследований и уровень знаний в этой области. В свою очередь, на основе указанного обобщения дается оценка существующих пробелов в знаниях и других узких мест, осложняющих принятие эффективных мер по снижению рисков и адаптации экономики к изменениям климата, и формулируются наиболее принципиаль-

¹ http://www.meteo.ru/publish/obzor/klim_r.pdf.

² <http://www.voikovmgo.ru/ru/otsenochnyiy-doklad-izmenenie-klimata-na-territorii-rossiyskoy-federatsii.html>.

ные рекомендации для органов федеральной власти по улучшению государственной политики в этой сфере.

Доклад подготовлен по заказу Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и призван дополнить и существенно развить результаты, полученные в ходе подготовки вышеупомянутых предшествующих публикаций. Являясь своеобразным «приглашением к диалогу» ученых, политиков, представителей делового сообщества и общественных организаций, сферу интересов которых затрагивает проблема изменения климата, доклад представляет мнение ведущих специалистов научно-исследовательских учреждений Росгидромета и РАН, широко известных своими работами по этой исключительно актуальной проблеме.

Руководитель Росгидромета

А. В. Фролов

ОТ АВТОРОВ

Проблема влияния происходящих и прогнозируемых изменений климата на экономику перешла из сферы чисто научного знания в плоскость практической государственной политики. Для заблаговременной адаптации к новым климатическим условиям необходимы экономические оценки последствий изменений климата для основных производственных комплексов, регионов страны и России в целом. Эти оценки в существенной мере ограничиваются неопределенностью в понимании и измерении того, как ожидаемые климатические изменения будут протекать и какое влияние они окажут на природные системы, экономическую деятельность и социальные процессы в разных регионах России, а также на деятельность государственных институтов.

Мировой и отечественный опыт свидетельствует о противоречивости такого влияния: положительные эффекты для населения, хозяйственных и экологических систем перевешиваются негативными последствиями в большинстве государств мира, включая Россию. Большая часть территории России находится в области максимального (как наблюдаемого, так и прогнозируемого) потепления. Смягчение климатических условий способствует смещению к северу границы зоны комфортного проживания, сокращению расхода энергии в отопительный сезон, улучшению ледовой обстановки и, следовательно, улучшению условий транспортировки грузов в Арктических морях и освоения ресурсов их шельфовой зоны и т. д. Вместе с тем, потепление чревато вытеснением одних биологических видов другими; учащением засух в одних регионах и наводнений в других; деградацией вечной мерзлоты, которая может причинить серьезный ущерб строениям и коммуникациям в северных регионах России, и т. п. При этом неопределенность влияния возможного изменения климата на сельское хозяйство нашей страны, ее водные ресурсы, энергетику, растительный и животный мир, демографическую ситуацию весьма велика. В условиях переходной экономики и концентрации населения и производственного потенциала в зонах природного риска, когда уязвимость по отношению к воздействию экстремальных погодно-климатических явлений и стихийных бедствий и причиняемый ими ущерб возрастают даже в отсутствие значительных климатических изменений, потепление и другие проявления этих изменений в долгосрочной перспективе существенно усугубляют перечисленные последствия.

Непринятие своевременных адаптационных мер, включая меры готовности к чрезвычайным ситуациям, грозит социальными потерями (жизней и здоровья населения) и экономическим ущербом, масштаб которых носит характер стратегических рисков развития страны и угрозы ее национальной безопасности.³ Волны жары и лесные пожары, ураганы и наводнения, резкие переходы от морозов к оттепелям с ледяными дождями, не говоря уже о постоянной деградации берегов морей и водохранилищ, метелях, гололеде и других опасных явлениях, приводят к экономическому ущербу, измеряемому сотнями миллиардов рублей в год. Только аномально жаркое лето 2010 г., сопровождавшееся масштабными пожарами, смогом и засухой, причинило экономике России ущерб, который, по некоторым оценкам, превысил 500 млрд рублей, или 1,2 % ВВП.⁴

Климатическая доктрина Российской Федерации⁵ отмечает относительно более высокий (по сравнению со многими странами и регионами мира) потенциал устойчивости России к негативным эффектам изменений регионального и глобального климата, что обусловлено большими размерами территории, наличием значительных водных ресурсов, а также относительно небольшой долей населения, проживающего в ареалах, особо уязвимых по отношению к упомянутым изменениям. Однако решающее значение имеет не потенциальная, а реальная устойчивость страны, ее экономики к изменениям климата, достигаемая благодаря динамичной и эффективной адаптационной политике, ключевую роль в формировании которой играет наука. Только она позволяет выявить и свести к достижимому минимуму неопределенности, связанные с количественной оценкой будущих изменений климата и их последствий, обеспечить выбор оптимальных решений, позволяющих минимизировать ущерб и в полной мере использовать выгоды, связанные с меняющимся климатом и его воздействием на население и хозяйственные комплексы. В свою очередь, уникальные географические условия России, включая вышеупомянутые размеры территории и разнообразие климатических и других систем, диктуют свои, весьма сложные требования к отечественной науке, в том числе климатологии и экономике. В условиях климатического и других вызовов и угроз национальной и международной безопасности, устойчивому развитию возвращение российской наукой, прежде

³ Подробнее см.: *Стратегические риски развития России: оценка и прогноз* / Отв. ред. Б. Н. Порфирьев. — М., Институт экономики РАН, 2010.

⁴ Порфирьев Б. Н. Климат и экономика // Вестник РАН. 2011. № 3.

⁵ *Климатическая доктрина Российской Федерации*. Утверждена Распоряжением Президента РФ 17 декабря 2009 г. № 861-рп, п. 29.

всего климатологией, утраченных в конце XX века лидирующих позиций на международном уровне становится императивом.

Настоящая работа не претендует на исчерпывающую полноту и детальность — это лишь малая веха на большом и тяжелом пути. Она представляет собой попытку обобщить имеющиеся знания и прогнозы изменений климата на территории России, дать комплексную оценку их последствий для отечественной экономики в целом, ее отдельных производственных комплексов и сфер деятельности, а также основных регионов и далее на этой основе с учетом существенных неопределенностей, осложняющих принятие эффективных мер по снижению рисков и адаптации экономики к изменениям климата, обосновать приоритетные направления и программные меры в сфере научных исследований, а также государственной политики в области изменений климата и их последствий для социально-экономического развития страны.

Большая часть результатов, представленных в данной работе, была получена в процессе выполнения научных программ и планов научно-исследовательских работ Росгидромета и РАН, а также проектов Российского фонда фундаментальных исследований. Кроме того, использовались данные международного сообщества разработчиков климатических моделей, в том числе Рабочей группы по объединенным моделям (WGCM) Всемирной программы исследований климата (WCRP), включая данные Программы диагноза и сравнения климатических моделей (PCMDI) (Проект сравнения объединенных моделей общей циркуляции атмосферы и океана, III этап).

Доклад является совместным вкладом ученых и специалистов научно-исследовательских учреждений Росгидромета (Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова (головной исполнитель), Арктического и антарктического научно-исследовательского института, Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации — Мирового центра данных, Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственной метеорологии, Гидрометцентра России, Государственного гидрологического института) и РАН (Института народнохозяйственного прогнозирования РАН и Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН) в научное обоснование национальной стратегии Российской Федерации в отношении изменения климата.

Научные редакторы доклада будут благодарны за замечания и предложения, которые позволят улучшить качество предложенных оценок и прогнозов и тем самым повысить эффективность поддержки принятия решений в целях обеспечения устойчивого развития экономики и национальной безопасности.

В. М. Катцов, Б. Н. Порфирьев

1. НАБЛЮДАЕМЫЕ И ПРОГНОЗИРУЕМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ В ГЛОБАЛЬНОМ КОНТЕКСТЕ

1.1. Наблюдаемые и ожидаемые глобальные изменения климата

Выводы Межправительственной группы экспертов по изменению климата⁶ о не вызывающем сомнения глобальном потеплении климата, которое происходит в настоящее время, продолжают находить подтверждение в данных наблюдений (рис. 1.1).

Согласно данным наблюдений, в последние полтора века происходит глобальное потепление климата, которое начиная с 70-х годов XX века заметно ускорилось. Девять лет первого десятилетия XXI века стали рекордно теплыми за весь 160-летний период инструментальных наблюдений, результаты которых позволяют оценить среднюю глобальную температуру.⁷ 2010 г. занимает в этом ряду первое место.⁸

⁶ 45-я сессия Генеральной Ассамблеи ООН поручила Всемирной метеорологической организации (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 г.). Затем на Конференции ООН по окружающей среде и развитию (1992 г., Рио-де-Жанейро) была принята для подписания Рамочная конвенция ООН об изменении климата (РКИК). Положения РКИК накладывают на ее участников определенные обязательства в области изучения изменения климата и принятия мер по защите климатической системы. Оценочные доклады МГЭИК (в настоящее время готовится 5-й доклад, публикация которого запланирована в 2013 г.) представляют собой авторитетные и наиболее полные анализы научной литературы по проблеме изменения климата, которые служат основой деятельности РКИК (<http://www.ipcc.ch/>).

⁷ WMO statement on the status of the global climate in 2010. WMO. No. 1074. P. 2, fig. 2 (http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcdmp/statement/documents/1074_ru.pdf).

⁸ Более корректно было бы сказать, что 2010 г. возглавил тройку самых теплых лет за весь период инструментальных наблюдений (наряду с 1998 и 2005 гг.). Превышение над предыдущим рекордом — в пределах погрешности оценки средней глобальной температуры. (NOAA National Climatic Data Center (NCDC), 2011: <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/>; NASA Goddard Institute for Space Studies (GISS), 2011: <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs/>.) При этом, по данным ВМО, 2010 г. стал рекордно теплым в семи из 23 регионов мира.

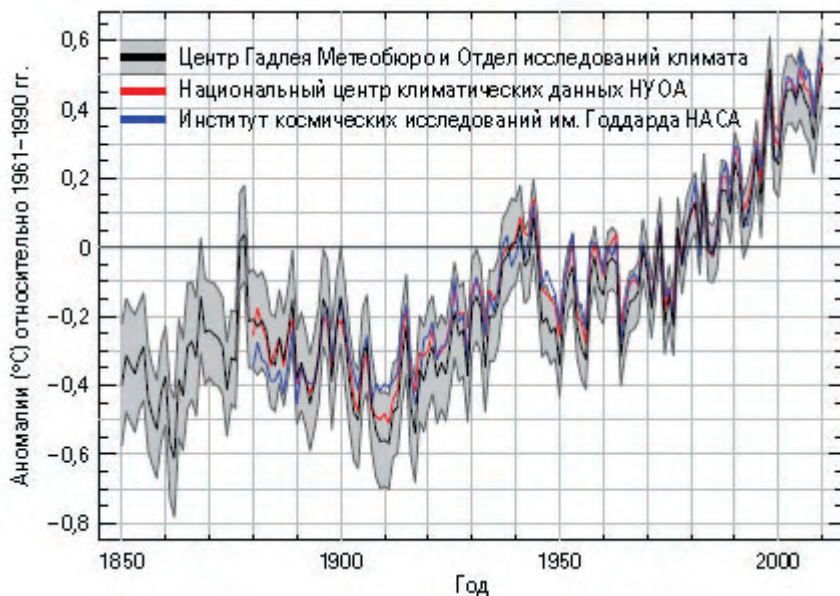


Рис. 1.1. Среднегодовые аномалии (по отношению к периоду 1961-1990 гг.) средней глобальной температуры с 1850 г. по 2010 г. по данным Центра Хэдли и Университета Восточной Англии, Великобритания (HadCRUT3, черная линия – средние значения, серая область – 95% достоверность), Национального центра климатических данных, США (NCDC, красная линия) и Института космических исследований Годдарда, США (GISS, голубая линия).⁹

В Арктике в последние десятилетия изменение климата, прежде всего его потепление, происходило быстрее и масштабнее, чем на остальной части земного шара, на фоне значительных колебаний. Насколько можно судить по данным наблюдений, а также по косвенным данным, позволяющим на основе анализа и применения моделей с разной степенью достоверности восстанавливать некоторые климатические характеристики далекого прошлого,¹⁰

⁹ WMO statement on the status of the global climate in 2010. WMO. No. 1074. P. 2, fig. 2 (http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcdmp/statement/documents/1074_ru.pdf).

¹⁰ CCSP (2009). *Past Climate Variability and Change in the Arctic and at High Latitudes*. A report by the U.S. Climate Change Science Program and Subcommittee on Global Change Research (Alley, R. B., J. Brigham-Grette, G.H. Miller, L. Polyak, and J.W.C. White (coordinating lead authors). — U.S. Geological Survey, Reston, VA, 257 p.).

климату Арктики всегда была присуща значительная естественная изменчивость.¹¹

Выполненные недавно исследования,¹² использующие формальные статистические методы выделения вклада отдельных внешних воздействий в наблюдаемое глобальное потепление, показали, что вклад роста концентрации парниковых газов в тем-

¹¹ В этом контексте особенно примечательны дискуссии вокруг двух крупномасштабных эпизодов потепления в Арктике в XX веке, одно из которых наблюдалось в первой половине века, а второе (уже превысившее по величине первое) началось в 1970-х годах и продолжается до настоящего времени. Предлагаются различные механизмы, объясняющие первое арктическое потепление (см.: Bengtsson L., Semenov V. A., Johannessen O. M. The early twentieth-century warming in the Arctic — a possible mechanism // *J. Climate*. 2004. V. 17. P. 4045—4057; Overland J. E., Spillane M. C., Percival D. B., Wang M., Mofjeld H. O. Seasonal and regional variation of Pan-Arctic air temperature over the instrumental record // *J. Climate*. 2004. V. 17. P. 3263—3282). Однако не вызывает сомнений, что оно было обусловлено низкочастотной естественной изменчивостью климатической системы. Во втором потеплении некоторые исследователи также не усматривают ничего, кроме естественной изменчивости, в то время как другие считают, что, по крайней мере, отчасти это потепление связано с антропогенным воздействием в виде роста концентрации парниковых газов в атмосфере (см.: Wang M., Overland J. E., Kattsov V., Walsh J. E., Zhang X., Pavlova T. Intrinsic versus forced variation in coupled climate model simulations over the Arctic during the 20th century // *J. Climate*. 2007. V. 20. P. 1084—1098; Спорышев П. В., В. М. Мирвис, В. М. Катцов, В. П. Мелешко, Э. Я. Ранькова. Антропогенный вклад в изменение климата. *Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Том I. Изменения климата* / Под ред. А. И. Бедрицкого и др., 2008, с. 152—173. Если это так, то с точки зрения предсказуемости, или, точнее, воспроизводимости в модельных расчетах причины двух эпизодов потепления в Арктике в XX веке принципиально различны.

¹² См., например, Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / Под ред. А. И. Бедрицкого и др. Т. 1. (2008). (<http://www.voeikovmgo.ru/ru/otsenochnyiy-doklad-izmenenie-klimata-na-territorii-rossiyskoy-federatsii.html>); *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* / S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller (eds.). — Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2007.

пературный тренд второй половины XX века был наибольшим (больше наблюдаемого тренда), а суммарное воздействие остальных факторов только ослабляло повышение температуры. Статистический анализ позволил также обнаружить антропогенное влияние не только на температуру приземного воздуха, но и на другие характеристики климатической системы, в частности на вертикальный профиль температуры атмосферы, на повторяемость и интенсивность климатических экстремумов, а также на изменения теплозапаса Мирового океана. В последние десятилетия наблюдается одновременное увеличение запаса энергии основных компонентов климатической системы Земли. Причем амплитуда и пространственная структура наблюдаемого потепления в различных компонентах соответствуют ожидаемому по модельным расчетам отклику климатической системы Земли на антропогенное воздействие в виде роста концентрации парниковых газов в атмосфере.

Расчеты, учитывающие изменения астрономических параметров движения Земли, показывают, что в ближайшие тысячелетия возникновение предпосылок для начала новой ледниковой эпохи не предвидится и она по естественным причинам не начнется, по крайней мере, в ближайшие несколько тысяч лет. Согласно МГЭИК,¹³ нет оснований рассматривать изменения солнечной активности и связанные с ними изменения потока солнечной радиации на верхней границе атмосферы как причину наблюдаемого потепления климата. Гипотезы о доминирующей роли других естественных климатических факторов в наблюдаемых температурных изменениях, в частности предположение о том, что нынешнее потепление климата является проявлением долгопериодной естественной изменчивости, не находят надежных научных подтверждений.

МГЭИК разработала долгосрочные сценарии эмиссии парниковых газов и аэрозоля в атмосферу в XXI веке, которые опубликованы в Специальном докладе о сценариях выбросов.¹⁴ Эти сценарии основаны на многочисленных демографических,

¹³ См. сноску 12.

¹⁴ Nakićenović N., J. Alcamo, G. Davis, B. de Vries, J. Fenhann, S. Gaffin, K. Gregory, A. Grübler, T. Y. Jung, T. Kram, E. L. La Rovere, L. Michaelis, S. Mori, T. Morita, W. Pepper, H. Pitcher, L. Price, K. Raihi, A. Roehrl, H.-H. Rogner, A. Sankovski, M. Schlesinger, P. Shukla, S. Smith, R. Swart, S. van Rooijen, N. Victor, Z. Dadi. *IPCC Special Report on Emission Scenarios*. — Cambridge University Press, United Kingdom and New York, NY, USA, 2000.

экономических и технологических факторов, определяющих эмиссии. Всего разработано сорок сценариев, и все они объединены в четыре основные сюжетные группы. Эволюция концентраций различных парниковых газов в атмосфере (CO_2 , CH_4 , N_2O и др.) в течение XXI века определялась с помощью фотохимических и углеродных моделей. Из сорока сценариев выделяется шесть так называемых демонстрационных сценариев: три сценария А1 (А1FI, А1Т, А1В), а также А2, В1 и В2.

На основе сценариев эмиссий с помощью современных моделей климата получены климатические сценарии¹⁵, использующие, как правило, ту же номенклатуру обозначений, что и сценарии эмиссий. Четвертый оценочный доклад МГЭИК (2007 г.) был сфокусирован на рассмотрении трех климатических сценариев: В1, А1В и А2. Эти же сценарии были положены в основу Оценочного доклада об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации (2008) применительно к территории Российской Федерации. До середины XXI века различия между климатическими сценариями невелики, а к концу столетия ожидаются значительные различия между ними с более сильным потеплением в случае реализации сценария А2.

Согласно расчетам с использованием современных физико-математических моделей климата, в XXI веке повышение температуры в Арктике будет более чем вдвое превосходить среднее глобальное потепление. Например, в случае реализации сценария А1В средняя глобальная температура в конце XXI века может повыситься по сравнению с концом XX века на 2,8 °С, причем на большей части суши примерно на 3,5 °С, тогда как в Арктике на 7 °С (рис. 1.2). Что касается ожидаемых изменений атмосферных осадков, то Арктика относится к числу регионов мира, где их относительное увеличение в текущем столетии максимально.

¹⁵ Под климатическим сценарием, вслед за определением МГЭИК, здесь понимается правдоподобная (или вероятная) эволюция климата в будущем, согласующаяся с предположениями о будущих эмиссиях (сценариями эмиссий) парниковых газов и других атмосферных примесей, например сульфатного аэрозоля, и с существующими представлениями о воздействии изменений концентрации этих примесей на климат. Соответственно под сценарием изменения климата подразумевается разница между климатическим сценарием и современным состоянием климата. Поскольку сценарии эмиссий основываются на тех или иных предположениях о будущем экономическом, технологическом, демографическом и т. п. развитии человечества, климатические сценарии, равно как и сценарии изменения климата, не следует рассматривать как прогноз, но лишь как внутренне не противоречивые картины возможных в будущем состояний климатической системы.

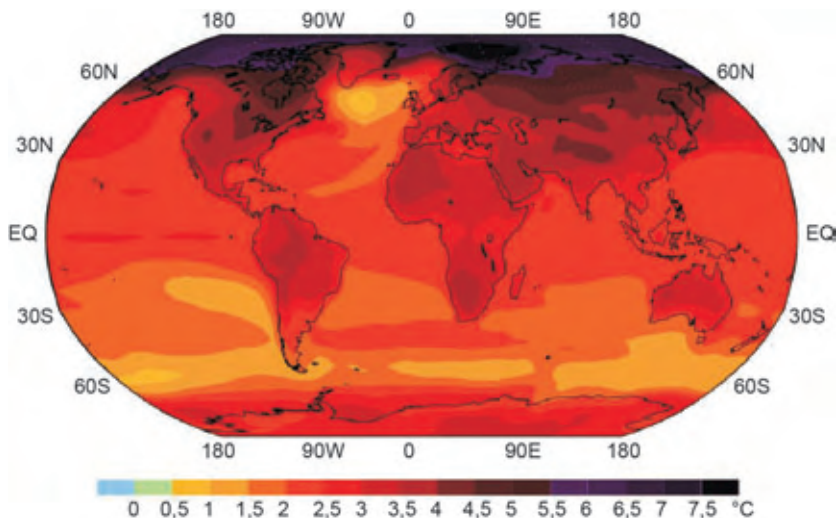


Рис. 1.2. Географическое распределение приземного потепления в конце XXI века.

Приведен результат осреднения расчета с помощью ансамбля из 16 климатических моделей для сценария A1B; показаны изменения температуры к 2080—2099 гг. по отношению к периоду 1980—1999 гг.¹⁶

1.2. Наблюдаемые изменения климата на территории России

Повышение температуры в среднем по территории России за последние 100 лет в полтора-два раза превысило глобальное потепление. При этом по сравнению со столетним трендом в последние десятилетия скорость потепления на территории России увеличилась в несколько раз. Данные наблюдений за температурой приземного воздуха показывают, что потепление климата становится очевидным в большинстве регионов Российской Федерации в последнюю треть XX веке¹⁷ (рис. 1.3).

В среднем по территории России температура повышается во все сезоны, однако в регионах изменение температуры не было однозначным.

2010 г. принес в Центральную Россию природную катастрофу, вызванную метеорологическими причинами и признанную крупнейшей в Северном полушарии за этот год, — аномальную летнюю

¹⁶ Рисунок предоставлен В. А. Говорковой.

¹⁷ Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2010 г. — М., Росгидромет, 2011. 66 с. (<http://www.meteor.ru>).

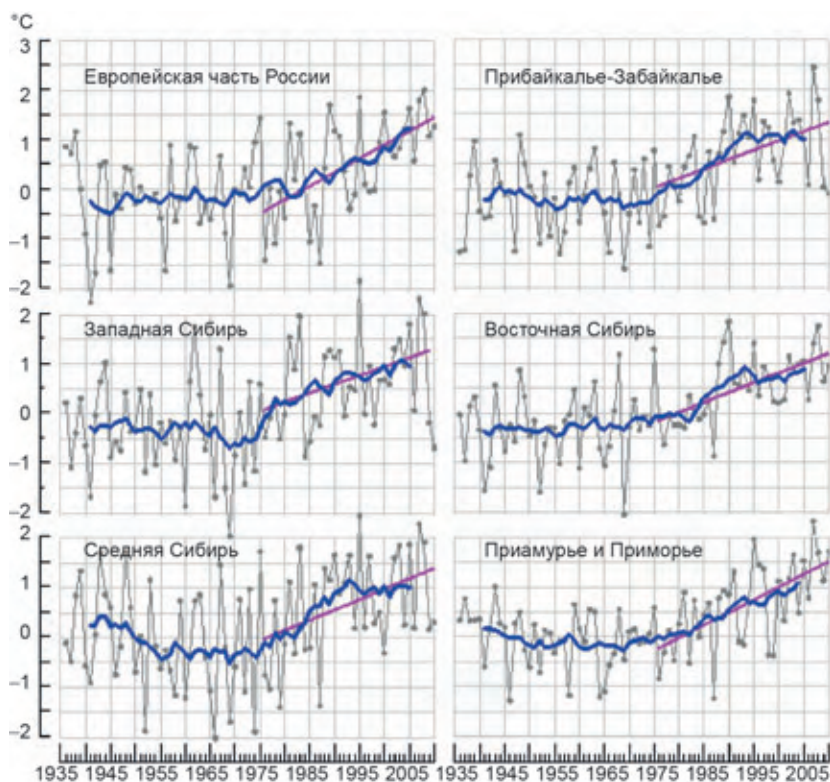


Рис. 1.3. Средние годовые аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) для регионов России за 1936—2010 гг.

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за 1961—1990 гг. Сглаженные кривые получены 11-летним скользящим осреднением. Линейные тренды проведены по данным за 1976—2010 гг.¹⁸

жару, продержавшуюся более 50 суток, которая привела не только к огромному экономическому ущербу, но и к многочисленным человеческим жертвам. Согласно данным Росгидромета, «в России температура воздуха за 2010 г., осредненная по всей территории страны, занимает 12-ю строку в ранжированном ряду с 1891 г. Она на $0,2^{\circ}\text{C}$ выше, чем в предыдущем 2009 г., но существенно ниже (на $1,3^{\circ}\text{C}$), чем в рекордно теплом 2007 г. Как и в прошлом году, на большей части России среднегодовая температура воздуха превышала норму. Это особенно заметно в Арктическом бас-

¹⁸ Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2010 г. — М., Росгидромет, 2011. 66 с. (<http://www.meteorf.ru>).

сейне, Якутии и на Дальнем Востоке, где аномалии составляют +1...+3 °С и более, а также на юге страны (аномалии +1...+2 °С и более). В Сибири и на большей части Урала год оказался холоднее обычного (аномалии до -1,5 °С). В России в целом по стране было самое жаркое в истории¹⁹ лето. В мае и июле среднемесячная температура достигла абсолютного максимума, а в июне и августе заняла вторую строку среди экстремально высоких значений в ранжированных рядах с 1891 г. В Южном, Северокавказском и Приволжском федеральных округах 2010 г. стал вторым самым теплым за последние 120 лет».²⁰

Столетние тренды среднего годового количества осадков незначительны и варьируют не только по величине, но и по знаку. В последние десятилетия отмечается некоторое увеличение годовых сумм осадков в целом по территории России, причем наибольшее — в Западной и Центральной Сибири, а также в Прибайкалье и Забайкалье (табл. 1.1). Наиболее заметное увеличение количества осадков на территории России наблюдается весной.

Годовой сток большинства крупнейших рек России в последнее тридцатилетие в среднем выше, чем в предшествующее. Значительно увеличилась водность Волги, а также крупных рек, впадающих в Северный Ледовитый океан. Основной причиной увеличения стока рек зимой на европейской части России, по видимому, является увеличение как количества осадков, так и повторяемости зимних оттепелей. В Приморье и на Северном Кавказе возрастают повторяемость и высота уровня дождевых паводков. Увеличиваются также повторяемость и мощность наводнений, обусловленных заторами льда на реках Восточной Сибири.

В последние десятилетия на многих участках криолитозоны происходит повышение температуры верхнего слоя многолетнемерзлых грунтов, а в отдельных регионах отмечалось увеличение глубины сезонного протаивания. В то же время, наблюдения на геокриологических станциях демонстрируют неоднозначные результаты в разных регионах России.

Особую тревогу вызывает *скорость таяния ледяного покрова Северного Ледовитого океана*. Рекордный минимум площади ледяного покрова за тридцатилетие спутниковых наблюдений был достигнут в 2007 г. (в среднем для сентября 4,28 млн км²); показатель 2010 г. (в среднем для сентября 4,90 млн км²) — третий

¹⁹ Метеорологических наблюдений. — *Прим. ред.*

²⁰ См. Официальный сайт Росгидромета: http://www.meteorf.ru/default_doc.aspx?RgmFolderID=a4e36ec1-c49d-461c-8b4f-167d20cb27d8&RgmDocID=9f607683-fcd0-44cd-b78f-c5ed9c535afd.

Таблица 1.1

Оценки линейного тренда регионально осредненных годовых и сезонных сумм атмосферных осадков на территории России за 1976—2010 гг.: коэффициент линейного тренда b (мм/мес за 10 лет) и вклад тренда в дисперсию D (%)²¹

Регион	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	b	D %	b	D %	b	D %	b	D %	b	D %
Россия	0,71	19	0,40	4	1,48	21	-0,01	0	0,63	4
ЕЧР	0,17	0	0,78	3	1,74	10	-2,26	7	0,06	0
Западная Сибирь	0,93	8	1,03	7	2,08	21	0,50	0	0,10	0
Средняя Сибирь	1,26	27	0,05	0	0,91	14	2,73	18	1,45	19
Прибайкалье и Забайкалье	1,09	14	0,44	5	0,57	2	1,41	3	1,91	17
Приамурье и Приморье	0,42	0	0,98	6	2,06	6	-0,40	0	-1,59	4
Восточная Сибирь	0,72	6	-0,78	7	1,13	15	-0,43	1	1,68	11

в этом ряду рекордов.²² При этом наблюдаемая скорость сокращения ледяного покрова Северного Ледовитого океана (для сентября 11,5 % за десятилетие по отношению к среднему за период 1979—2000 гг.) заметно превышает оценки, полученные с помощью современных физико-математических моделей климата (рис. 1.4).

На сегодняшний день остаются открытыми многие важные вопросы.²³ Каковы механизмы, ответственные за столь быстрое та-

²¹ См. Официальный сайт Росгидромета: http://www.meteorf.ru/default_doc.aspx?RgmFolderID=a4e36ec1-c49d-461c-8b4f-167d20cb27d8&RgmDocID=9f607683-fcd0-44cd-b78f-c5ed9c535afd.

²² National Snow and Ice Data Center (NSIDC), University of Colorado, Boulder, USA: <http://nsidc.org/arcticseaicenews/2010/100410.html>.

²³ National Research Council of the National Academies: Understanding climate change feedbacks. — Washington D.C., National Academies Press, 2003, 152 p.; Kattsov, V., V. Ryabinin, C. Bitz, A. Busalacchi, J. Overland, M. Serreze, M. Visbeck, J. Walsh. Rapid loss of sea ice in the Arctic. WCRP white paper, 2010: JSC-31/Doc.4.2/1 http://www.wmo.int/wcrpvent/jsc31/documents/jsc-31clic_artic_4.2.pdf; Kattsov, V., V. Ryabinin, J. Overland, M. Serreze, M. Visbeck, J. Walsh, W. Meier, and X. Zhang. Arctic sea ice change: a grand challenge of climate science // *J. Glaciology*, 2011 (in press).

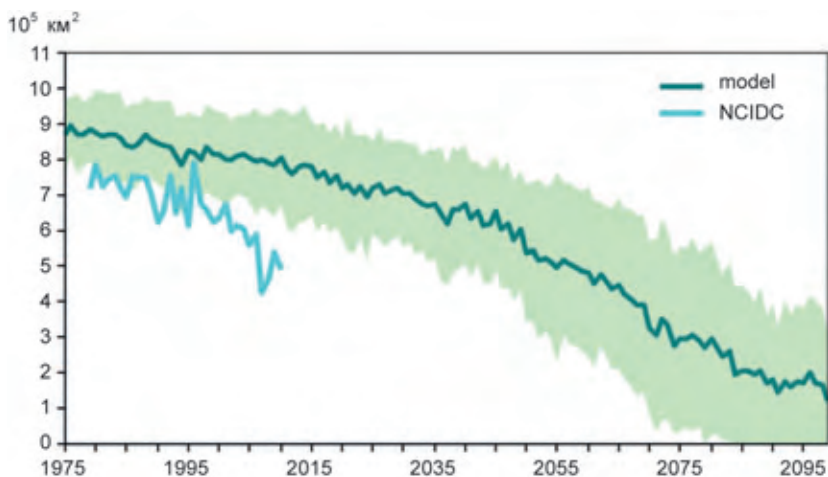


Рис. 1.4. Эволюция минимальной в сезонном ходе (сентябрьской) площади морского льда в Северном полушарии (млн км²) по данным спутниковых наблюдений (NSIDC) и результатам моделирования (model).

Приведен результат осреднения расчетных данных с помощью ансамбля из 13 климатических моделей для климата XX века и сценария A2 (темно-зеленая кривая); показаны межмодельный разброс (\pm среднеквадратическое отклонение, светло-зеленая область) и данные спутниковых наблюдений (голубая кривая).²⁴

яние льда в Арктике? Каков относительный вклад естественных и антропогенных факторов в наблюдаемое ускорение? Наконец, с какой интенсивностью будет продолжаться таяние арктического льда и, главное, к каким последствиям приведут эти изменения и когда это произойдет? Существующие научно обоснованные оценки будущих изменений площади морского льда в Арктике согласуются качественно, однако разброс их значителен. Модельные оценки, предполагающие исчезновение многолетнего морского

²⁴ Arctic Sea Ice News. October 4, 2010. The National Snow and Ice Data Center (NSIDC) (<http://nsidc.org/arcticseaicenews/2010/100410.html>); Мелешко, В. П., В. М. Катцов, В. А. Говоркова, Е. Д. Надежина, Т. В. Павлова, П. В. Спорышев, И. М. Школьник, Б. Е.Шнееров (2008). Изменения климата России в XXI в. *Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации* / Под ред. А. И. Бедрицкого и др. Т. 1. — М.: Росгидромет, с. 174—213 (www.voeikovmgo.ru/ru/otsenochnyiy-doklad-izmenenie-klimata-na-territorii-rossiyskoy-federatsii-4.html).

льда к концу XXI века при реализации «жестких» сценариев антропогенного воздействия²⁵, некоторым исследователям уже сейчас представляются слишком консервативными.²⁶

В целом, несмотря на маскирующий эффект естественной изменчивости и в ряде регионов недостаточную обеспеченность данными, наблюдаемая картина изменений климата на территории России согласуется с глобальным потеплением, факт которого на сегодняшний день не вызывает сомнений.²⁷

1.3. Оценки будущих изменений климата на территории России

Вследствие большой термической инерции климатической системы скорость потепления определяется не столько текущим ростом содержания парниковых газов и аэрозолей в атмосфере, сколько их накоплением за весь предшествующий период. Оценки изменения климата на территории России слабо различаются между сценариями выбросов парниковых газов и аэрозоля в первые несколько десятилетий XXI века.²⁷ Так, различия изменений температуры и других переменных (осадки, стоки) для разных сценариев оказываются по абсолютному значению меньше, чем межмодельный разброс оценок изменений соответствующей переменной, полученных при одном и том же сценарии в первые два-три последующих десятилетия. Поэтому вполне правомерно рассматривать изменения климата в ближайшие десятилетия для одного из известных сценариев. В данном случае в качестве базового принят сценарий А2.

²⁵ См., например: Катцов В. М., Алексеев Г. В., Павлова Т. В., Спирывев П. В., Бекряев Р. В., Говоркова В. А. Моделирование эволюции ледяного покрова Мирового океана в 20-м и 21-м веках // *Известия РАН. Физика атмосферы и океана*. 2007. Т. 43, № 2. С. 165—181.

²⁶ Holland, M. M., C. M. Bitz, and B. Tremblay. Future abrupt reductions in the summer arctic sea ice // *Geophys. Res. Lett.* 2006. V. 33, L23503, doi: 10.1029/2006GL028024; Stroeve, J., M. M. Holland, W. Meier, T. Scambos, and M. Serreze. Arctic sea ice decline: Faster than forecast // *Geophys. Res. Lett.* 2007. V. 34, L09501, doi: 10.1029/2007GL029703.

²⁷ *Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации* / Под ред. А. И. Бедринского и др. Т. 1. Изменения климата. — М.: Росгидромет, 2008. 227 с. <http://www.voeikovmgo.ru/ru/otsenochnyiy-doklad-izmenenie-klimata-na-territorii-rossiyskoy-federatsii.html>.

С другой стороны, необходимо принимать во внимание, что важным источником неопределенности оценок изменения климата в ближайшие десятилетия является относительно малая величина антропогенного изменения климата на фоне естественной его изменчивости разного пространственного и временного масштабов.

Изменения температуры приземного воздуха

Расчеты показывают, что в среднем за год большая часть территории России, особенно Сибирь и субарктические регионы, будет находиться в области более значительного потепления по сравнению с глобальным. Потепление существенно зависит от времени года и региона. В течение XXI века все без исключения современные климатические модели дают потепление климата на всей территории России. Наибольшее повышение температуры ожидается зимой, причем потепление возрастает к северу, достигая максимальных значений в Арктике. Летом, наоборот, потепление в полярной области минимально и наибольшее потепление отмечается на континенте.

Зимой в период 2011—2030 гг. на большей части европейской территории России и Западной Сибири более 90 % моделей дают среднее по ансамблю повышение температуры 1—2 °С, а в середине столетия более значительное повышение (2—5 °С) достигается почти на всей территории России. С другой стороны, летом 2011—2030 гг. потепление в большинстве административных регионов России будет превышать 1 °С, и это значение оказывается меньше межмодельного разброса. Однако в середине XXI столетия летнее потепление составит 1—3 °С, что превышает межгодовую естественную изменчивость в более чем 65 % моделей на всей территории России.

В Докладе Росгидромета показано²⁸, что средние тренды температуры приземного воздуха для всей России за период 1980—2005 гг., полученные по данным наблюдений и модельных расчетов, хорошо согласуются между собой и составляют примерно 0,4 °С/10 лет. Такое соответствие трендов позволяет считать достаточно достоверными модельные оценки изменений этой характеристики на ближайшую перспективу.

²⁸ Спорышев, П. В., В. М. Мирвис, В. М. Катцов, В. П. Мелешко, Э. Я. Ранькова. Антропогенный вклад в изменение климата. *Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации* / Под ред. А. И. Бедрицкого и др. Т. 1. — М.: Росгидромет, 2008, с. 152—173.

В середине XXI века высока вероятность повышения наименьших за год суточных минимумов температуры приземного воздуха (годовых минимумов) на всей территории России. Наибольшее их повышение (4—6 °С) ожидается на юге и северо-западе европейской части России. В центральных районах европейской части России, на Урале и в Восточной Сибири повышение самых низких за год суточных температур составит 2—4 °С. Повышение наиболее высоких за год суточных температур приземного воздуха к середине XXI века будет меньше, чем повышение годовых минимумов. На большей части России изменения годового максимума температуры не превысят 3 °С. На Северном Кавказе повышение средней летней температуры оказывается несколько меньшим по сравнению с ростом годовых максимумов.

В середине XXI века разность между самой низкой и самой высокой суточными температурами в году (годовая амплитуда экстремальной температуры) уменьшится на всей территории России, и особенно на ее европейской части. Ожидается сокращение на 6—8 дней эпизодов с экстремально низкими температурами зимой на Северо-Западе России и на Крайнем Севере. Заметное сокращение числа экстремально холодных суток в году также будет происходить на побережье Тихого океана с одновременным уменьшением числа дней с заморозком. В Центральной и Восточной Сибири и на Дальнем Востоке число дней с заморозком уменьшится на 10—15, а на европейской части России — на 15—30. (Днем с заморозком считается такой день, когда минимальная температура за сутки не превышает 0 °С.) В середине XXI века почти все модели дают сокращение числа морозных дней²⁹, которое больше стандартного отклонения межмодельного разброса на всей территории России. Это свидетельствует о высокой достоверности полученной оценки.

Приведенные оценки изменения экстремальности термического режима качественно согласуются с тенденциями его изменения по данным наблюдений во второй половине XX века.

²⁹ Согласно определению ВМО, дни с морозом — это такие дни в календарном году, когда суточный минимум температуры воздуха оказывается ниже 0 °С. В России при составлении справочников по климату СССР днем с морозом считался такой день, когда максимальная температура за сутки не превышала 0 °С, а днем с заморозком — день, когда минимальная температура за сутки не превышала 0 °С. В зарубежной практике день с морозом и день с заморозком не различаются и носят общее название «frost day».

Изменения осадков

В XXI веке количество осадков на территории России, в целом, будет возрастать, причем наиболее значительно в зимний период. Распределение и интенсивность изменений осадков в будущем сильно зависят от сезона. Для зимнего периода подавляющее большинство моделей показывают увеличение количества осадков на всей территории России. Если в начале XXI века оно невелико, то в середине XXI века оказывается значительным, с максимумом в восточных и северных регионах России. Летнее увеличение количества осадков заметно меньше зимнего и ожидается только на севере и востоке России. Только примерно на половине территории России более 2/3 моделей дают увеличение количества осадков в период 2011—2030 гг. В середине XXI века наблюдаются области уменьшения осадков на юге европейской части России и в южных районах Сибири. С запада на восток, вдоль южных границ России формируется зона, отделяющая области значительного увеличения количества осадков на севере от области убывания на юге. В этой промежуточной зоне оценки изменения количества осадков очень неопределенные и имеют разные знаки (число моделей, дающих изменения одного знака, не достигает 2/3 их общего числа). С другой стороны, выделяются обширные области, в которых более 2/3 моделей показывают изменения одного знака.

Летом во многих регионах будет возрастать количество осадков конвективного происхождения и уменьшаться количество осадков из облаков слоистых форм. Области наибольшего развития конвекции становятся достаточно выраженными в середине XXI века (рис. 1.5), когда на них указывают более 2/3 моделей. Это означает, что в этих регионах следует ожидать увеличения повторяемости таких опасных явлений погоды, как грозы, ливни и паводки. С другой стороны, следует иметь в виду, что модели дают большой межмодельный разброс количества конвективных осадков, при котором стандартное отклонение превышает средние изменения в середине XXI века, указывая тем самым на большую неопределенность количественных оценок.

В середине XXI века летом на значительной части территории России следует ожидать увеличения числа случаев с осадками большой интенсивности на 2—6 %. Увеличение числа случаев с экстремальными осадками в южных регионах России будет про-

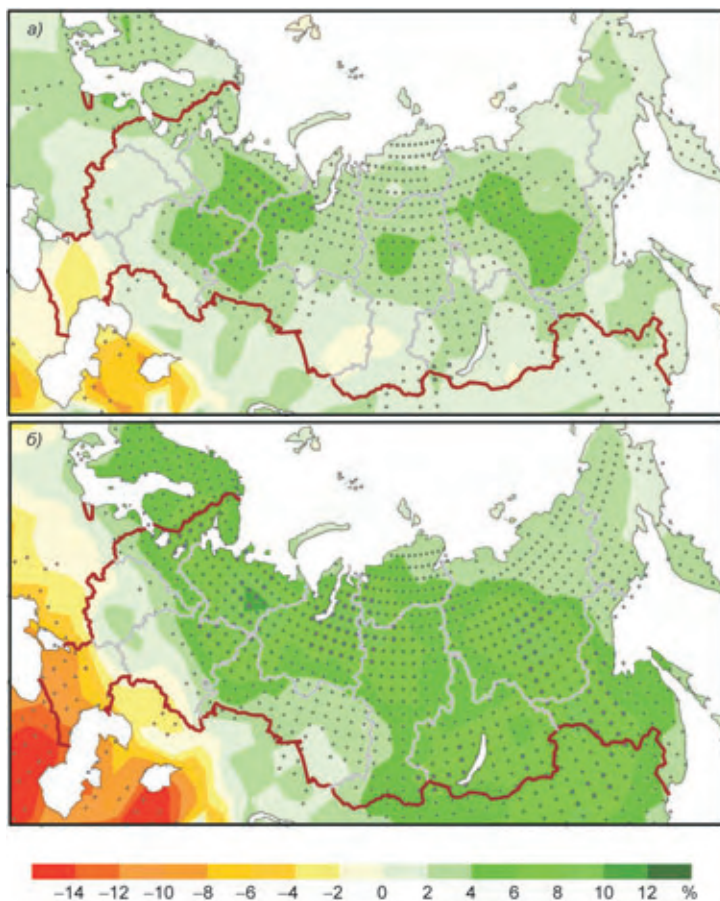


Рис. 1.5. Изменения (%) количества осадков конвективного происхождения в 2011—2013 гг. (а) и в 2041—2060 гг. (б) по отношению к базовому периоду (1980—1999 гг.), рассчитанные по ансамблю из 16 климатических моделей для сценария А2.³⁰

Точками обозначены области, в которых изменения больше межгодовой внутренней модельной изменчивости (стандартного отклонения) не менее, чем в 2/3 моделей.

³⁰ Мелешко, В. П., В. М. Катцов, В. А. Говоркова, Е. Д. Надежина, Т. В. Павлова, П. В. Спорышев, И. М. Школьник, Б. Е. Шнееров. Изменения климата России в XXI в. *Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации* / Под ред. А. И. Бедрицкого и др. Т. 1. — М.: Росгидромет, 2008, с. 174—213. (www.voeikovmgo.ru/ru/otsenochnyiy-doklad-izmenenie-klimata-na-territorii-rossiyskoy-federatsii-4.html)

исходить одновременно с их уменьшением на фоне усиления там засушливых условий. Однако из-за большого межмодельного разброса достоверность изменений суточных сумм интенсивных осадков оказывается низкой.

Изменение влагообеспеченности в вегетационный период

В исследованиях, посвященных оценкам изменения влажностного режима летом на территории России, вызванного изменением климата, в качестве показателя увеличения засушливости, как правило, рассматривается знак изменения количества осадков. Если количество осадков убывает, принято считать, что возрастает вероятность формирования засушливых условий. Если количество осадков возрастает, то возрастает и вероятность формирования более влажных условий по сравнению с базовым периодом. Вместе с тем, известно, что с повышением температуры воздуха у поверхности Земли возрастает испарение, и поэтому даже при увеличении количества осадков могут возникнуть условия, при которых дополнительные осадки, связанные с изменением климата, не компенсируют расход почвенной влаги на испарение. В результате засушливые условия в некоторых регионах могут формироваться и при некотором увеличении количества осадков.

Расчеты показывают, что с потеплением климата наблюдается тенденция к усилению дефицита влагообеспеченности в вегетационный период на большей части территории России, и эта особенность достаточно хорошо выражена в июне—июле середины XXI века (рис. 1.6). Дефицит увлажненности в южных и центральных районах европейской части России формируется на месяц раньше (в мае) по сравнению с другими регионами, поскольку в них приземная температура воздуха еще не достигает устойчивых минимальных значений, равных 10 °С.

В результате уменьшения количества летних осадков в зонах недостаточного увлажнения следует ожидать дальнейшего усиления засушливости. В северных районах, несмотря на некоторое увеличение количества осадков летом, следует ожидать образования зоны недостаточного увлажнения. Другими словами, оценка условий увлажнения в вегетационный период показывает, что следует ожидать развития засушливых условий на более обширной территории России, чем это ранее предполагалось в Докладе Росгидромета (2008).

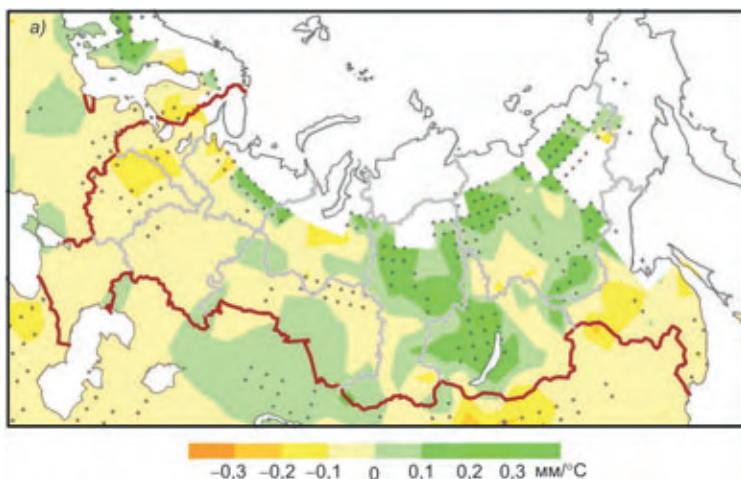
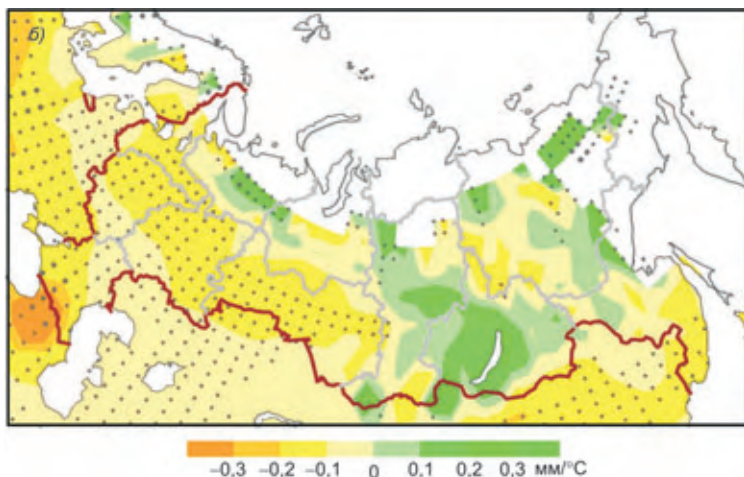


Рис. 1.6. Изменения влагообеспеченности сельхозкультур в Селянинова (ГТК)³¹, 10 мм/°С) в 2011—2030 гг. (а) и 2041—
Точками обозначены области, в которых изменения больше межго
не менее, чем

Стоки

Большинство ранее выполненных исследований показывает, что при потеплении глобального климата ожидается дальнейшее увеличение водных ресурсов в тех регионах России, где существует достаточное или избыточное увлажнение. Уменьшение водных ресурсов будет происходить в регионах, где водообеспеченность в настоящее время оказывается предельной или недостаточной. При этом на всех крупных реках бассейна Северного Ледовитого океана ожидается увеличение годового стока. Вместе с тем, количественные оценки этих изменений на территории России различаются между собой в зависимости от качества используемых моделей.

³¹ ГТК представляет собой отношение количества осадков (мм) за период с температурой воздуха выше 10 °С к сумме активных температур (выше 10 °С) за тот же период, уменьшенных в 10 раз. Эта сумма температур предполагается пропорциональной расходу влаги на испарение с подстилающей поверхности. ГТК является индексом увлажнения почвы: чем меньше ГТК, тем больше дефицит влаги и тем засушливее климатические условия. Значение ГТК на европейской части России и северной границе степи равно 1,0, на северной границе полупустыни — 0,5. Согласно оценкам коэффициента ГТК по данным наблюдений, большая часть территории России находится в зоне достаточного увлажнения; исключение составляют южные регионы европейской части России и Сибири с развитым сельскохозяйственным производством, где располагаются области недостаточного увлажнения.



июне в вегетационный период (гидротермический коэффициент 2060 гг. (б) для сценария А2.³²

довой внутренней модельной изменчивости (стандартного отклонения) в 2/3 моделей.

Расчеты по ансамблю современных климатических моделей (рис. 1.7) показывают, что на большей части России, и особенно в Сибири, заметное увеличение стока ожидается уже в начале XXI века. В южных регионах европейской части России и сопредельных стран наблюдается тенденция к уменьшению стока, особенно выраженная на всей территории Украины и Северном Кавказе. В южном бассейне, включающем водосборы Днепра, Дона и Днестра, следует ожидать уменьшения годового стока вследствие уменьшения годовых осадков и увеличения испарения весной и летом.

Используемый ансамбль моделей демонстрирует большой разброс оценок стока. В начале XXI века стандартные отклонения изменений стока на многих водосборах сравнимы со средними по ансамблю изменениями. Однако в середине XXI века на некоторых водосборах, в первую очередь Лены, Енисея, северных и чукотских рек, изменения годового стока превышают значения межмодельного разброса. На большинстве водосборов изменения стока статистически значимы на уровне 5%. Лишь для водосбора рек Волги и Урала изменения стока оказались незначимыми, поскольку через этот водосбор проходит граница, разделяющая области увеличения и сокращения годового стока.

³² Рисунок предоставлен В. П. Мелешко и В. А. Говорковой.

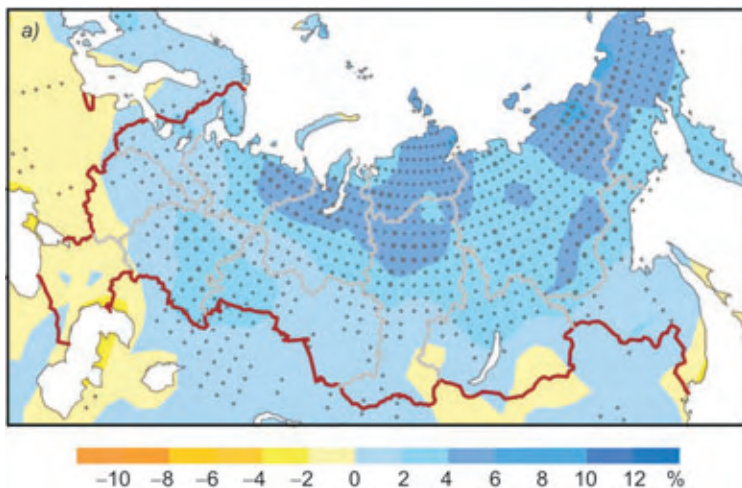
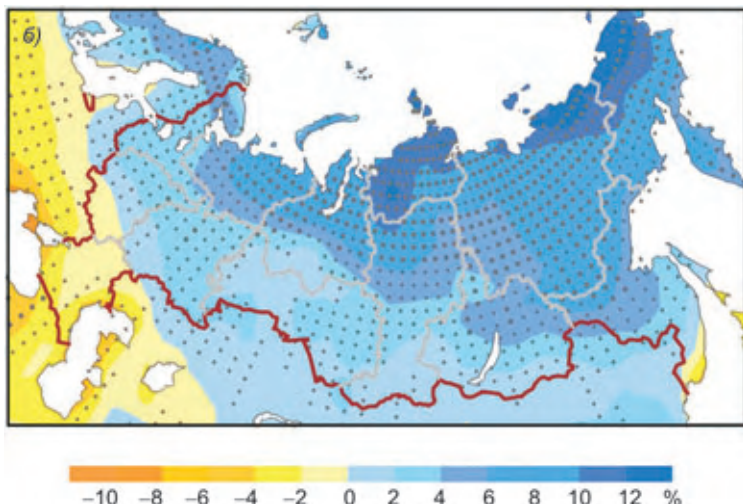


Рис. 1.7. Изменения (%) среднего за год стока в 2011—
Точками обозначены области, в которых изменения больше межго
не менее, чем

Вследствие различия сроков формирования основных фаз гидрологического режима в отдельных речных бассейнах, обусловленного разным временем «добегания» стока по руслам основных рек, в настоящее время не представляется возможным определить внутригодовой речной сток для больших водосборов или территорий России с помощью современных климатических моделей. Однако можно оценить локальные изменения внутригодового стока в результате дренирования воды в деятельном слое почвы и на его поверхности. Если осадки и снеготаяние превышают испарение и влажность деятельного слоя почвы превышает ее максимальную влагоемкость, то образуется избыток воды, который обычно интерпретируется в климатических моделях как локальный сток. Этот сток определяет величину реально наблюдаемого стока, который образуется в результате склоновой и русловой трансформации, а также формирования подземных вод.

При потеплении климата на северо-западе России (водосборы бассейна Балтийского моря) будет происходить некоторое выравнивание зимних и весенних локальных стоков. Зимний сток будет возрастать, а весенние пиковые значения будут уменьшаться на фоне незначительного увеличения среднегодового стока (на 4 %) к середине XXI века. Летом локальные стоки не будут меняться, по крайней мере, до середины XXI века. На юго-западе



2030 гг. (а) и 2041—2060 гг. (б) для сценария А2.³³

довой внутренней модельной изменчивости (стандартного отклонения) в 2/3 моделей.

России во внутригодовом перераспределении локальных стоков будет наблюдаться аналогичная картина, однако при этом в середине XXI века будет происходить уменьшение на 5 % среднегодового стока.

На водосборе Оби на фоне увеличения среднегодового стока на 7 % к середине XXI века наибольшие изменения локального стока ожидаются весной при значительном его увеличении ранней весной и незначительном изменении зимой и летом. На водосборе Лены межгодовые различия локальных стоков будут возрастать преимущественно за счет их увеличения при весеннем снеготаянии в результате дополнительного накопления снега зимой. Летний сток будет также возрастать за счет увеличения количества осадков, но незначительно, а зимний останется без изменения до конца XXI века. Указанные внутригодовые изменения будут происходить на фоне увеличения годового стока на 17 % к середине

³³ Мелешко, В. П., В. М. Катцов, В. А. Говоркова, Е. Д. Надежина, Т. В. Павлова, П. В. Спорышев, И. М. Школьник, Б. Е. Шнееров. Изменения климата России в XXI в. *Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации* / Под ред. А. И. Бедрицкого и др. Т. 1. — М.: Росгидромет, 2008, с. 174—213. (www.voeikovmgo.ru/ru/otsenochnyiy-doklad-izmenenie-klimata-na-territorii-rossiyskoy-federatsii-4.html)

XXI века. Аналогичные изменения локального стока ожидаются на водосборах рек Чукотки.

Во всех регионах России наибольшие внутригодовые изменения локального стока будут происходить преимущественно весной, и только в западных регионах значительные изменения также ожидаются зимой. Расчеты внутригодового стока по ансамблю климатических моделей показывают достаточно большой разброс оценок, особенно в период зимнего и весеннего снеготаяния, когда криосферные процессы играют чрезвычайно важную роль в формировании гидрологического режима. Полученные оценки изменения месячных локальных стоков по ансамблю моделей оказываются статистически незначимыми.

Изменения снежного покрова суши

Расчеты изменений снежного покрова на континенте свидетельствуют об ускоряющемся сокращении его площади и уменьшении массы в течение XXI века.

Если общее количество осадков, выпадающих в среднем за год на территории России, принять за 100 %, то, согласно результатам расчетов по ансамблю моделей, доля твердой фазы (снег) в холодное время составляет 41 %. Это дает возможность судить о том, насколько важную роль играет накопленная зимой масса снега в гидрологическом цикле, и особенно в формировании стоков зимой и в период интенсивного таяния снега весной. Из-за больших размеров территории России доля жидких и твердых осадков в отдельных регионах может существенно различаться.

На европейской части России доля снега в суммарных осадках примерно на 20 % меньше, чем в Сибири. Суммарное количество осадков на европейской части России возрастает преимущественно за счет увеличения количества жидких осадков в зимний период, в то время как в Западной и Восточной Сибири основную их долю составляет снег. Это означает, что на европейской части России в середине XXI века следует ожидать незначительного накопления массы снега и заметного увеличения зимнего стока, а в Западной и Восточной Сибири, наоборот, будет происходить заметное накопление массы снега зимой и его интенсивное таяние весной.

На водосборах максимальный сток наблюдается весной — в период интенсивного таяния снега. Поскольку в начале весны деятельный слой почвы, как правило, оказывается насыщенным влагой, основная масса растаявшего снега расходуется на сток.

Рассчитав средние месячные изменения массы снега в марте и мае в XXI веке по отношению к базовому климату, можно оценить изменения сезонного распределения стока, обусловленные таянием снежного покрова. На величину стока оказывают влияние два фактора: увеличение скорости таяния снега в результате потепления климата и изменение накопленной за зиму массы снега. Результаты расчетов показывают, что на водосборе Оби на протяжении XXI века уменьшение массы снега к началу весны (март) оказывается больше, чем уменьшение массы снега к концу весны (в мае). Совершенно иная ситуация складывается на водосборах Енисея и Лены, где в XXI веке происходит заметное увеличение накопленной за зиму массы снега (март) и уменьшение массы снега в мае. Иными словами, большее количество снега тает за более короткое время. Таким образом, вероятность крупных весенних паводков на этих водосборах на протяжении XXI века существенно возрастает.

По оценкам, полученным с помощью региональной модели, на территории России сокращение периода с устойчивым снежным покровом в середине XXI века может достигать одного месяца. В большей степени эти изменения затрагивают юг европейской части России и Сибири, а также Дальний Восток, в меньшей степени — центральные и северные районы европейской части, Центральную и Восточную Сибирь.

При потеплении климата в течение всей зимы и, особенно, весной существенно возрастает таяние снега на водосборах Балтийского моря и южных рек. При этом в XXI веке весеннее снеготаяние на этих водосборах будет более интенсивным в его начале, чем в середине, поскольку масса снега, накопленного за холодное время года, будет меньшей и, следовательно, повторяемость и интенсивность весенних пиков снеготаяния, с которыми связаны крупные половодья, будут также уменьшаться. С другой стороны, на водосборах Лены и в бассейнах рек Чукотки снеготаяние не будет увеличиваться зимой, но будет наступать раньше и возрастет в течение всего XXI века весной вследствие накопления большего количества снега зимой при потеплении климата.

Следует обратить внимание на тот факт, что межмодельный разброс (стандартные отклонения) оценок снеготаяния превышает средние по ансамблю внутригодовые изменения на всех без исключения водосборах. Хотя полученные оценки физически хорошо согласуются с изменениями других характеристик климата, их количественная интерпретация в настоящее время затруднительна.

Многолетняя мерзлота и сезонное промерзание грунтов

Наиболее важными характеристиками многолетней мерзлоты являются положение ее границы, глубина сезонного протаивания и промерзания, а также температура многолетнемерзлых слоев на разной глубине. Перечисленные характеристики с различной степенью надежности можно получить в результате наблюдений, но далеко не все из них можно сравнить с расчетными. Особую трудность представляет сравнение положения границ вечной мерзлоты, рассчитанных по моделям климата и полученных из наблюдений, в частности положения границы между регионами, которые характеризуются режимами сезонного протаивания и промерзания. Так, пространственная неоднородность распределения многолетней мерзлоты весьма велика, ее наличие или отсутствие зависит от ландшафта и состава грунтов.

Вместе с тем, анализ расчетных распределений температуры по глубинам позволяет установить общие закономерности, характеризующие профили температуры в разных зонах многолетней мерзлоты, и сформулировать условия для определения положения ее границ. В частности, расчетное положение средней годовой нулевой изотермы на глубине 3 м для суглинков, осредненное за некоторый период, достаточно реалистично определяет наблюдаемую границу многолетней мерзлоты, включая зоны прерывистой и островной мерзлоты. Анализ результатов расчетов показывает, что на протяжении XX века положение этой границы изменилось незначительно.

Расчетная площадь континентальной зоны многолетней мерзлоты при современном климате составила 21,8 млн км², тогда как площадь этой зоны по современным геокриологическим данным составляет 22,8 млн км². На рис. 1.8 показано положение границы многолетней мерзлоты в конце XX века, определяемой по среднегодовой нулевой изотерме на глубине 3 м. На этом же рисунке показана граница многолетней мерзлоты, определенная по данным наблюдений. Расчетное положение границы практически совпадает с наблюдаемым на всей территории России за исключением области на северо-западе, где расчетная площадь оказывается больше наблюдаемой, что связано с занижением средней годовой температуры приземного воздуха ансамблем современных климатических моделей по сравнению с данными наблюдений в этом регионе.

Большая часть сельскохозяйственных районов интенсивно земледелия на территории России находится в зоне сезонного промерзания, и изменения глубины промерзания, несомненно,

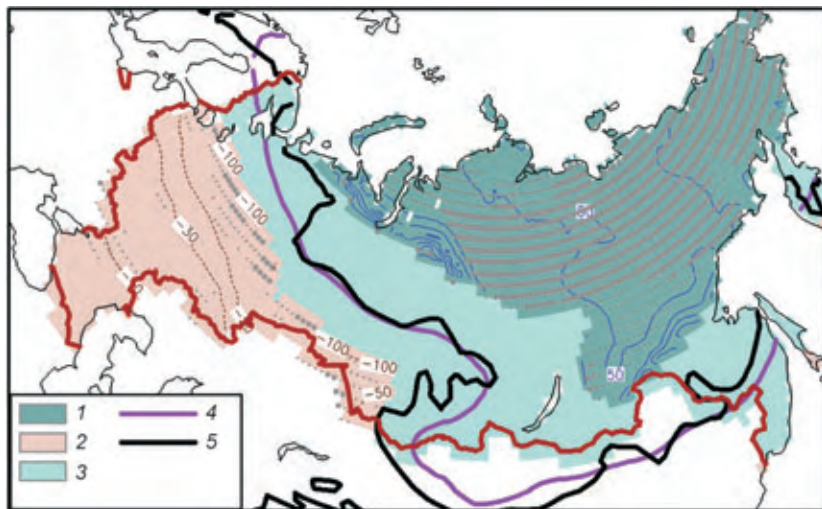


Рис. 1.8. Зоны сезонного протаивания (1) и сезонного промерзания (2), в 2021—2040 гг., а также зона неопределенности (3), в которой в разных моделях находится либо зона вечной мерзлоты, либо зона сезонного промерзания; положение границы зоны вечной мерзлоты по модельным расчетам, определяемое как положение нулевой изотермы на глубине 3 м (4), и современная наблюдаемая граница зоны вечной мерзлоты (5). Изолиниями показано уменьшение глубины (см) промерзания и увеличение глубины протаивания по отношению к базовому периоду 1980—1999 гг.³⁴

Точками обозначены области, в которых изменения больше межгодовой внутренней модельной изменчивости (стандартного отклонения) не менее, чем в 2/3 моделей.

³⁴ В отличие от результатов, приведенных в Докладе Росгидромета (2008), в которых расчет глубины сезонного протаивания (промерзания) осуществлялся по ансамблевым характеристикам на подстилающей поверхности, на рис. 1.8 представлены результаты расчетов, в которых глубина протаивания (промерзания) определялась отдельно для каждой модели и только потом составлялись ансамблевые характеристики. В результате на рис. 1.8 зона перехода от режима сезонного протаивания к режиму сезонного промерзания в верхнем 3-метровом слое грунта получилась более широкой. Разброс расчетных значений глубины, обусловленный межмодельным разбросом граничных условий на период до середины XXI века, не превышает разброса значений глубины, обусловленного физическими свойствами грунтов. (Рисунок предоставлен Т. В. Павловой.)

будут оказывать влияние на сельскохозяйственное производство. Изменение глубины сезонного промерзания, так же как глубины сезонного протаивания, существенно зависит от типа грунтов, толщины снежного покрова и температуры на поверхности в холодное время года.

Помимо разнообразных воздействий на разные секторы экономики (прежде всего, России, но не только ее), ожидаемые изменения вечной мерзлоты некоторые исследователи связывают с опасностью резкого увеличения потока в атмосферу парниковых газов естественного происхождения, содержащегося в вечной мерзлоте, что должно способствовать усилению парникового эффекта. Оценки положительной обратной связи между глобальным потеплением и указанными выбросами парниковых газов варьируют от пренебрежимо малых до катастрофических.³⁵ Неопределенность усугубляется недостаточным пониманием роли арктических экосистем в глобальном углеродном цикле.³⁶

³⁵ Kattsov, V., K. Hibbard, A. Rinke, V. Romanovsky, D. Versegny, T. R. Christensen, P. Kuhry, D. Lawrence, D. McGuire (2009). Terrestrial permafrost carbon in the changing climate. CliC/WCRP and AIMES/IGBP White paper. www.climate-cryosphere.org/documents/doc6_CAPER_WP_final.pdf.

³⁶ Букварева Е. Н. Указ. соч., с. 62. См. также McGuire, A. D., L. Anderson, T. R. Christensen, S. Dallimore, L. Guo, D. Hayes, M. Heimann, T. Lorenson, R. Macdonald, and N. Roulet (2009). Sensitivity of the carbon cycle in the Arctic climate change // *Ecological Monographs*, 79(4), p. 523—555 (http://www.amap.no/documents/index.cfm?action=getfile&dirsub=&FileName=McGuire-Arctic_C_Cycle_Review-EcologicalMonographs_2009-laser_reprint.pdf).

2. СОЦИАЛЬНО-ДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА

В последние годы изменения климата рассматриваются как один из важных факторов, оказывающих влияние на здоровье и смертность населения наряду с такими традиционными факторами риска индустриальной эпохи, как загрязнение атмосферного воздуха и питьевой воды, курение, употребление наркотических веществ и др. По оценкам ВОЗ, климатические изменения в настоящее время являются причиной примерно 150 тыс. преждевременных смертей и 55 млн человеко-лет нетрудоспособности в среднем в год в мире, что составляет 0,3 и 0,4 % мировых показателей соответственно.

Изменения климата влияют на здоровье человека различными путями. Прямое воздействие включает увеличение числа дней с аномально высокой и/или низкой температурой, числа наводнений, штормов, тайфунов; косвенное воздействие опосредуется экологическими или социально-экономическими факторами (увеличение площади засушливых земель, уменьшение объемов доброкачественной питьевой воды и др.). Перечисленные обстоятельства, в свою очередь, неблагоприятным образом сказываются на здоровье населения, в частности в городах. Например, потепление климата существенно повышает риск возникновения пожаров, в том числе торфяных (что хорошо известно по опыту Ленинградской и Московской областей) и лесных (Сибирь, Дальний Восток), одним из главных последствий которых является значительный (в несколько раз) рост концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. Загрязнение воздуха продуктами горения, усугубляя воздействие промышленных и транспортных выбросов загрязняющих веществ, приводит к обострению хронических заболеваний органов дыхания, особенно у детей, и в частности заболеваний верхних дыхательных путей, астмы, пневмонии и хронических заболеваний легких.

Ниже эти проблемы рассматриваются более подробно. Однако следует сразу же оговориться, что приведенные далее в настоящем разделе оценки дают лишь общее представление о влиянии последствий изменений климата на социально-демографическую сферу, ограничиваясь важными, но далеко не исчерпывающими характеристиками, связанными с состоянием здоровья и смерт-

ности населения в контексте климатических изменений. Более детальный и аргументированный анализ значимости климатических факторов (совокупно и в отдельности) для состояния здоровья населения, его конкретных когорт требует проведения глубоких и инновационных по своей сути исследований в области медицинской климатологии (климатофизиологии, климатотерапии, климатопатологии, курортологии). Такие исследования опираются на солидную медицинскую статистику и требуют применения достаточно сложных математических методов (например, нейронных сетей), что предполагает тесное сотрудничество врачей, за редким исключением не владеющих такими методами, с климатологами и математиками. Подобные исследования в России уже проводятся, но в крайне ограниченных масштабах.

Экстремально высокие температуры (волны жары) и здоровье населения

Изменение климата сопровождается увеличением числа дней с аномально высокой температурой. Устойчивая, продолжительная жаркая погода вызывает увеличение смертности и повторяемости сердечно-сосудистых заболеваний, ухудшает самочувствие людей, страдающих диабетом, а также проживающих на верхних этажах зданий. В августе 2003 г. период интенсивной жары повлек за собой до 70 тыс. смертей в Западной Европе, в том числе во Франции 14,5 тыс. Выполненные ВОЗ после указанных событий исследования по определению порога температурной комфортности, превышение которого ведет к повышению смертности жителей городов мира, показали, что в разных регионах резкий подъем кривой смертности начинается при разной температуре воздуха: например, в Афинах — выше 30 °С, в Хельсинки — 23,6 °С.³⁷

Данные по России подтверждают эту закономерность. Были выявлены связи между числом обращений за экстренной медицинской помощью, общей смертностью и смертностью от ряда причин (травмы, утопления и самоубийства), с одной стороны, и температурой воздуха в летний период, с другой. При увеличении максимальной дневной температуры на 10 °С число обращений и смертность от отдельных причин возрастали вдвое, показатель общей смертности — на 8 %.

³⁷ Представители ВОЗ считают, что властям РФ необходимо разработать план действий в условиях жары, и направили свои рекомендации в Минздравсоцразвития (www.rbc.ru/rbcfreenews/20100817155517.shtml).

Эпидемиологические исследования в Москве позволили установить, что пороговой для увеличения смертности является среднесуточная температура 25 °С.³⁸ Волны аномальной жары 2001 и 2002 гг., когда был превышен этот температурный порог, стали причиной смерти более 1300 человек. Абсолютным рекордсменом за весь период регулярных метеорологических наблюдений стало лето 2010 г.: постоянная волна жары со среднесуточной температурой выше 25 °С наблюдалась 40 дней, что привело к повышению смертности в стране по сравнению с июлем—августом 2009 г., по официальным данным Росстата, на 54 тыс. случаев. Только в июле — августе в 2010 г. превышение уровня смертности в Москве по сравнению с аналогичным периодом 2009 г. составило 11 тыс. случаев, или 55 %.³⁹

Наличие в Москве длительной постоянной волны жары стало очень сильным фактором риска для здоровья населения, так как при прерывистых волнах негативное влияние жары менее выражено. В июле 2010 г. смертность была выше, чем в июле 2009 г.: от заболеваний системы кровообращения на 41 %, от заболеваний органов дыхания на 59 %, от новообразований на 59 %, от болезней органов пищеварения на 38 %, от инфекционных и паразитарных заболеваний на 56 % и от внешних причин (утопления, убийства, самоубийства, травмы, ДТП и др.) на 48 %.

Гипертермия оказала более сильное и системное влияние на здоровье населения, чем загрязнение атмосферного воздуха. В Санкт-Петербурге, по предварительным данным (сентябрь 2010 г.), в июле 2010 г. дополнительное число смертельных исходов составило 1,5 тыс. случаев, на территории еще 23 субъектов РФ — 8 тыс. Только в июле общее число дополнительных случаев смерти на территории с численностью населения 55,7 млн человек составило 14,1 тыс., что сопоставимо с потерями Франции в 2003 г. Аномальная жара затронула не только центр европейской части России, но и такие северные территории, как Вологодская область и Карелия, где смертность в июле 2010 г. была выше, чем в июле 2009 г., на 17,6 и 12,5 % соответственно.

³⁸ Ревич Б. А., Шапошников Д. А., Семутникова Е. Г. Климатические условия и качество атмосферного воздуха как факторы риска смертности населения Москвы в 2000—2006 гг. // Медицина труда и промышленная экология. 2009. С. 29—35.

³⁹ Ревич Б. А. Волны жары, качество атмосферного воздуха и смертность населения европейской части России летом 2010 г.: результаты предварительной оценки // Экология человека. 2011. № 3.

Таким образом, в Москве и ряде других регионов Центрального, Северо-Западного и Приволжского федеральных округов фактически был прерван тренд снижения смертности населения, и значительное уменьшение числа лиц трудоспособного возраста представляет существенную угрозу демографической ситуации.

Во время жары летом 2010 г. у миллионов людей снизился иммунитет и возросла уязвимость в отношении простудных и инфекционных заболеваний, что повлекло повышение риска эпидемий в осенне-зимний сезон 2010—2011 гг. В будущем при увеличении числа дней с аномально высокой температурой число дополнительных случаев летального исхода может увеличиваться. В целом по стране без учета потерь 2010 г. только в июле прирост смертности может составить от 4,3 до 7,7 тыс. случаев.⁴⁰ Цифра, несомненно, заметно увеличится после детального анализа последствий жары лета 2010 г. Как экстремальное и редкое погодное явление эта жара не может быть с надлежащей научной строгостью связана с наблюдаемым изменением климата. Однако она наглядно продемонстрировала вопиющий дефицит в России адаптации к погодно-климатическим воздействиям.

Влияние изменения климата ощущается и на самом севере страны. В Якутске число аномально жарких летних дней в период 1999—2007 гг. по сравнению с периодом 1961—1990 гг. возросло в 1,7 раза, что послужило причиной повышения смертности населения. Число смертей от ишемической болезни сердца и инфарктов возросло более чем вдвое, смертность от всех естественных причин — примерно в полтора раза. При этом следует учитывать и сезонные особенности динамики смертности. Для северных стран, к которым относится Россия, характерна более высокая смертность в зимний период времени, особенно среди лиц пожилого возраста, что подтверждает анализ ежесуточных показателей смертности, в частности, в Москве и в Якутске. Так, в Москве в 2003—2008 гг. у лиц старше 75 лет вероятность умереть зимой была примерно на одну треть выше, чем летом. Сезонные различия смертности от хронических заболеваний нижних дыхательных путей достигают двух раз. Для пожилых людей в возрасте 75 лет и старше максимальная смертность зимой, усредненная за 30 дней, была в 2,8 раза больше минимальной смертности летом. Для всех возрастных групп средние показатели смертности за изучаемый период

⁴⁰ Ревич Б. А., Малеев В. В. *Изменения климата и здоровье населения России: анализ ситуации и прогнозные оценки*. — М.: ЛЕНАНД, 2011; В Подмосковье из-за жары и смога более чем на 20 % выросла смертность. <http://top.rbc.ru/society/17/09/2010/467502.shtml>.

были минимальны в августе и максимальны в январе, причем разность между ними достигала 31 % в случае ишемической болезни сердца и 35 % в случае инфаркта мозга (инсульта). Наибольший вклад (54 %) в смертность от данных причин приходится на возрастную группу от 75 лет и старше, и поэтому сезонное изменение смертности для всех возрастов определяется доминирующим вкладом именно этой группы.

Влияние изменения климата на распространенность инфекционных заболеваний

Потепление климата оказывает влияние на повторяемость и распространение природно-очаговых заболеваний, изменяя условия существования популяций их переносчиков и условия развития возбудителей в переносчике, что влечет за собой изменение путей и зоны распространения многих болезней человека и животных, передающихся при посредстве членистоногих переносчиков. Влияние климатических факторов на природно-очаговые инфекции происходит на фоне действия других факторов неклиматической природы: экологических, демографических и социально-экономических (охват вакцинацией, подавление очагов методами неспецифической профилактики, интенсивность контактов населения, в первую очередь городского, с возбудителями и переносчиками на садово-огородных участках, циклические колебания численности переносчиков и позвоночных хозяев).

Современная эпидемиологическая ситуация характеризуется общим значительным ростом числа укушенных клещом, в некоторых регионах происходит увеличение *заболеваемости клещевым энцефалитом*, одной из основных причин которого считается изменение климата, который становится более мягким и влажным. Потепление климата способствовало смещению границы распространения переносчиков клещевого энцефалита на северо-восток европейской части России и Сибири и расширило период их активности.

Так, в Красноярском крае отмечается ускоренное развитие клещей, увеличение периода их активности, расширение их кормовой базы. Наиболее сложное положение сложилось в Архангельской области, где за последние годы зарегистрирован наиболее высокий уровень заболеваемости клещевым энцефалитом по стране (в 2—2,5 раза выше среднего показателя по России). При общем двукратном уменьшении заболеваемости клещевым энцефалитом в стране с конца 1990-х годов в указанном регионе

она возросла втрое, что связывают как с климатическими причинами (более теплые зимы), так и с социально-экономическими (изменение естественных ландшафтов, включая освоение лесных массивов под дачные участки; более частый выезд горожан «на природу» для отдыха, сбора грибов, ягод и т. д.; более редкая противоклещевая обработка).

Другая группа инфекционных заболеваний, повторяемость которых возрастает с потеплением климата, — *геморрагическая лихорадка*, переносчиком которой являются комары. Для этого заболевания характерна высокая температура; тяжелая форма заболевания протекает как менингоэнцефалит, возможен летальный исход. В южных районах России и ранее периодически регистрировалась крымская геморрагическая лихорадка. Однако в последние годы, в частности, на территории Ставропольского края, где происходит активизация природного очага этого заболевания, число заболевших резко увеличилось⁴¹ и прослеживается продвижение этого заболевания на север. Доказано влияние потепления климата на распространенность другой геморрагической лихорадки — Западного Нила. Первая крупная эпидемическая вспышка этого заболевания произошла в Волгоградской и Астраханской областях в 1999 г., одном из самых теплых в XX веке. В 2007 г. там же было зарегистрировано около ста случаев этой лихорадки (54 в Волгоградской области и 41 в Астраханской), а также еще 11 случаев в Ростовской области, что тоже связывают с жаркой погодой и идеальными условиями для размножения комаров. Единичные случаи этого заболевания отмечались в Новосибирской области.

Аномальная жара лета 2010 г. привела к резкому увеличению числа случаев лихорадки Западного Нила. Число лабораторно подтвержденных случаев этого заболевания, по данным главного государственного санитарного врача РФ Г. Онищенко, на 29 сентября 2010 г. составило 511, в том числе 457 случаев в Волгоградской области, 58 в Ростовской, 26 в Воронежской и 12 в Астрахани.⁴²

Одним из наиболее негативных последствий потепления климата считается значительный рост числа случаев малярии, осо-

⁴¹ В то же время, эффективная противозидемическая программа в этом регионе страны позволила в условиях беспрецедентной активности природного очага минимизировать риск профессионального заражения медицинского персонала и снизить летальность среди больных.

⁴² Цит. по: Рублева О. Погода готовит невообразимый сюрприз. <http://www.utro.ru/articles/2010/10/01/926182.shtml>.

бенно в жарких странах. В России это заболевание встречается достаточно редко, но возможно расширение ареала малярии на север и замещение северных популяций комаров южными. Для отдельных территорий страны влияние потепления климата на повторяемость случаев малярии уже очевидно. Так, произошла трансформация эпидемиологической обстановки по малярии в Московском регионе, где в результате нескольких эпидемиологических сезонов с необычно ранним началом и высокими среднесуточными температурами, обусловившими накопление значительных сумм эффективных температур, резко увеличилось число случаев малярии.

Региональные аспекты изменения климата и проблемы здоровья населения

Южные регионы. На юге европейской части России, юге Урала и Сибири негативные последствия потепления климата для здоровья человека могут проявиться в увеличении заболеваемости и смертности населения вследствие двух групп причин. Первая из них связана с увеличением количества пыли, переносимой с пустынных и полупустынных территорий. Она оказывает комбинированное воздействие на здоровье людей, поскольку содержит аэрозоли, озон, взвешенные частицы, пестициды, грибковые споры и бактерии, которые при определенных условиях атмосферной циркуляции могут распространяться на значительные расстояния, и «традиционные» загрязняющие вещества, характерные для упомянутых регионов, и прежде всего их урбанизированных зон. Как показывают исследования, смертность, особенно от сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний, повышается в дни, следующие за пыльными бурями.

Вторая группа причин связана с недостатком воды для питьевых и санитарно-бытовых целей, засолением сельскохозяйственных почв, усугубляемых недостатком местных продуктов питания, что ведет к дефициту белков, микроэлементов и других необходимых компонентов питания. В настоящее время в некоторых районах Калмыкии среднесуточное потребление воды на одного жителя составляет всего 7—10 л. Республика постоянно лидирует среди территорий России по числу образцов водопроводной воды с превышением ПДК химических веществ и несоответствием нормативным микробиологическим показателям.

Во время засухи возможно также увеличение числа инфекционных заболеваний в связи с тем, что, как отмечалось выше, более

теплый климат благоприятствует распространению заболеваний, переносимых комарами. На территории Южного и Северокавказского федеральных округов регистрируется относительно высокая спорадическая заболеваемость кишечными инфекциями. Чрезвычайные ситуации (наводнения, аварии на предприятиях пищевой промышленности, в системах ЖКХ) усугубляют последствия и приводят к эпидемическим вспышкам в Ставропольском крае, Карачаево-Черкессии и Кабардино-Балкарии.

Сочетание продолжительного периода высокой температуры воздуха, ранней теплой весны и длительной осени является причиной периодических вспышек тифо-паратифозными заболеваниями на Северном Кавказе, в частности в Дагестане (чему также способствовали имеющиеся просчеты в сфере профилактики, прежде всего неполная диспансеризация населения). Потепление климата оказывает влияние и на этиологическую структуру кишечных инфекций: наблюдается сочетанная инфекция, связанная с несколькими возбудителями, с одновременным выявлением глистной инвазии. Характерной особенностью воздействия более теплого климата является изменение кишечного биоценоза в сторону уменьшения относительного содержания лакто- и бифидобактерий, активизация гемолитической микрофлоры, протей, золотистого стафилококка и клебсиелл.

Северные регионы. В этих регионах значительные угрозы для санитарно-эпидемиологической обстановки связаны с возможным увеличением числа случаев кишечных инфекционных заболеваний вследствие нарушения устойчивости работы водопроводно-канализационных сооружений, которые обусловлены деградацией многолетней мерзлоты. Те же причины являются источником риска разрывов трубопроводов в нефтедобывающих районах Республики Коми, Ханты-Мансийского (ХМАО) и Ямало-Ненецкого (ЯНАО) автономных округов, что создает реальную опасность загрязнения почв и источников питьевого водоснабжения с негативными последствиями для здоровья людей. На нефтяных месторождениях ХМАО происходит в среднем около двух тысяч аварий в год, ведущих к постоянным утечкам нефти и загрязнению основных водоносных горизонтов. В меняющихся климатических условиях повторяемость таких аварийных ситуаций может возрасти, а следовательно, возрастает и риск загрязнения питьевой воды и соответственно риск ухудшения здоровья населения региона.

Кроме того, на севере находится значительное число могильников животных, павших от сибирской язвы и других карантин-

ных инфекций. Только на территории Якутии расположено более 200 стационарных пунктов захоронения животных, павших от сибирской язвы. Нарушение герметичности могильников при потеплении климата может повлечь за собой вспышки смертельно опасных эпидемий.

Потепление климата уже оказывает неблагоприятное влияние на состояние здоровья и традиционное природопользование коренных народов Севера. Из-за потепления климата возникают проблемы с сохранностью продуктов питания, в результате чего увеличилось число кишечных инфекционных и паразитарных заболеваний. Возрастает также число несчастных случаев во время охоты, связанных с уменьшением толщины льда.

Потепление климата уже можно рассматривать как фактор риска для демографической ситуации в стране, в первую очередь, с точки зрения воздействия на динамику смертности. Хотя влияние этого фактора пока незначительно, оно, очевидно, будет возрастать. В связи с этим отметим, что даже незначительное увеличение вклада этого фактора, например до 0,5 %, в предстоящее десятилетие в соответствии с существующими оценками стоимости среднестатистической человеческой жизни (VSL) порядка 30 млн рублей⁴³ означало бы экономический ущерб порядка 210 млрд рублей, или 0,3 % ВВП.

Климатические изменения также правомерно рассматривать как фактор занятости, учитывая их влияние на трудоспособность населения России, и в частности воздействие увеличения числа случаев инфекционных заболеваний, обусловленных изменениями климата и погоды. Причиняемый ущерб, проявляющийся в увеличении числа дней нетрудоспособности и возможной инвалидности, неодинаков для различных заболеваний и зависит от их частоты и степени тяжести. Наибольший ущерб трудоспособности возможен, очевидно, в результате увеличения повторяемости заболеваний клещевым энцефалитом и геморрагическими лихорадками.

Отмечая это, нельзя сбрасывать со счета положительные последствия потепления климата в виде снижения смертности, инвалидности и числа дней нетрудоспособности, обусловленных замерзанием, обморожением и переохлаждением. Тем не менее опасность увеличения повторяемости инфекционных заболеваний и расширение зоны их распространения на север преобладают над этой положительной «экстерналией» изменения климата.

⁴³ См.: Декларация Российского научного общества анализа риска «Об экономической оценке жизни среднестатистического человека» // Проблемы анализа риска. 2007. Т. 4, № 2.

Значение климатического фактора для здоровья населения России в будущем, несомненно, будет возрастать. Поэтому актуальна задача скорейшей разработки и включения в федеральные и региональные программы развития разделов по снижению риска климатических изменений и защите здоровья населения.

Влияние изменений климата на миграционные процессы

Особо следует выделить проблему так называемой климатической миграции (т. е. миграции населения из-за изменений климата), которая является специфической разновидностью экологической миграции — людских потоков, движение которых обусловлено экологическими причинами. По оценкам, в 2010 г. в мире насчитывалось от 30 млн до 50 млн экологических мигрантов, включая экологических беженцев, а к 2050 г. их численность может достигнуть 200—250 млн человек. Этот стремительный рост далеко не в последнюю очередь будет связан с последствиями изменений климата, и прежде всего со все более разрушительными опасными природными явлениями гидрометеорологического характера.

Большие размеры территории России, разнообразие ее природных условий, наличие значительных водных и земельных ресурсов и относительно небольшая доля населения, проживающего на территориях, особо уязвимых по отношению к изменениям климата, позволяют предположить, что последствия изменений климата в масштабах миграции собственного населения страны, скорее всего, будут лимитироваться ее государственными границами. Что касается собственно масштабов внутренних потоков климатических мигрантов, движимых ухудшением климатических условий проживания и хозяйственной деятельности в отдельных регионах, имеющиеся их (масштабов) экспертные оценки страдают большой неопределенностью и разбросом. По нашему мнению, они не будут превышать порядка сотни тысяч человек.

Климатическая эмиграция из России в обозримом будущем маловероятна или незначительна, и в любом случае она не окажет заметного воздействия на социально-демографическую ситуацию внутри страны и за рубежом. В этом видится яркое проявление более высокого (по сравнению со многими другими регионами мира) адаптационного потенциала России, который был закономерно отнесен национальной Климатической доктриной к важным преимуществам страны.

По-иному представляются перспективы климатической иммиграции в Россию части тех десятков миллионов, а возможно, и сотен миллионов людей за рубежом, прежде всего в странах Африки и Азии, которые будут вынуждены покинуть родные места из-за последствий изменений климата, в том числе природных бедствий или природно-техногенных катастроф. В последнем случае в более или менее плавный и сравнительно ограниченный поток мигрантов в Россию — пока сопутствующий или растворенный в потоке экономической иммиграции, но в обозримом будущем могущий стать главным, прежде всего, из-за нарастающего водного стресса⁴⁴ в ряде соседних стран — может влиться куда более мощная волна климатических беженцев, прежде всего из ближнего зарубежья. Такой отнюдь не иллюзорный сценарий означает превращение фактора климатической иммиграции в угрозу национальной безопасности России, если ею вместе с мировым сообществом не будут приняты эффективные меры помощи терпящим бедствие странам, с одной стороны, и регулирования миграционных потоков, с другой.

⁴⁴ Водный стресс подразумевает не только дефицит объемов, но и проблему низкого качества водных ресурсов.

3. ПОСЛЕДСТВИЯ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА ДЛЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РОССИИ

3.1. Влияние изменений климата на динамику и структуру экономического роста

Влияние изменений климата на экономику России становится все более ощутимым. С точки зрения экономической безопасности рассмотренные выше последствия указанного влияния на состояние здоровья населения в целом означают снижение производительности труда и качества рабочей силы из-за негативного воздействия экстремальных и опасных природных явлений, изменения среды проживания и хозяйственной деятельности, которые, в конечном счете, перевешивают позитивные медико-экологические эффекты климатических изменений. По нашим расчетам, ущерб от снижения производительности труда только вследствие аномально жаркого лета 2010 г. и связанных с ним пожаров и смога составил порядка 250—280 млрд рублей, или около 0,6 % ВВП.⁴⁵ Не менее значимы материальные потери от экстремальных и опасных природных явлений погодно-климатического характера. По нашей оценке, в конце 1990-х — начале 2000-х годов они составляли в среднем в год не менее 0,5 % ВВП, и при этом темпы их роста вдвое превысили темпы роста ВВП.⁴⁶

Дело, однако, не ограничивается последствиями только экстремальных и опасных природных явлений. Изменение окружающей среды, природных условий функционирования хозяйственного комплекса вследствие глобальных и региональных климатических перемен также существенным образом, хотя и по-

⁴⁵ См.: Порфирьев Б. Н. (2010) // *Аргументы и факты*, № 31.

⁴⁶ Порфирьев Б. Н. (2010). Изменения климата: риски или факторы развития? // *Россия в глобальной политике*. Том 8, № 3. По некоторым оценкам, среднегодовые темпы прироста ущерба от природных и техногенных катастроф на начало 2000-х годов составляли 10—15 %. См.: Воробьев Ю. Л. (2001). Основные направления государственной стратегии управления рисками на пороге XXI века / В сб.: *Шестая всероссийская научно-практическая конференция «Управление рисками чрезвычайных ситуаций»*, Москва, 20—21 марта 2001 г. Доклады и выступления. — М.: «Крук», с. 12—21; Шахраманьян М. А., Акимов В. А., Козлов К. А. (1998). *Оценка природной и техногенной безопасности России: теория и практика*. — М., с. 15; Осипов В. И., Рагозин А. Л. (2002). Идентификация и прогнозная оценка стратегических природных рисков России // *Управление риском (спец. выпуск)*, с. 66.

разному, влияет на динамику и структуру экономического роста, развитие базовых отраслей и регионов страны. Как отмечается в Климатической доктрине Российской Федерации: «Последствия изменений климата различны для регионов Российской Федерации, а в пределах одного региона по-разному влияют на группы населения, отрасли экономики и природные объекты... Население, природные объекты, объекты экономики, военные объекты и объекты государственной инфраструктуры различаются по характеру и степени их уязвимости к неблагоприятным последствиям изменений климата».⁴⁷

Изменения климата обуславливают потребность в изменении сложившихся условий хозяйствования, которые, в свою очередь, требуют перемен в образе жизни и экономическом поведении населения и способах ведения хозяйства на всех уровнях. На микроэкономическом уровне эти перемены предполагают изменения в деятельности домохозяйств, а также изменения производственных технологий и форм организации и управления предприятиями, обеспечивающие их адаптацию к новым климатическим и погодным реалиям. На мезо- и макроэкономическом уровнях возникает необходимость корректировки среднесрочных и долгосрочных программ отраслевого и регионального развития, а также экономической политики в региональном и федеральном масштабах исходя из специфики последствий изменений климата для экономики конкретных территорий.

3.1.1. Прямые последствия изменений климата для экономики России

Изменения климата влекут за собой двоякого рода последствия для экономики страны.

Прямые последствия включают реальные и ожидаемые изменения условий хозяйствования, которые обусловлены уязвимостью экономики в целом, ее отдельных производств и комплексов, домохозяйств к климатическим флуктуациям и которые на макроэкономическом уровне проявляются в изменении динамики, структуры и технологического уклада развития экономики. При этом имеются в виду изменения условий хозяйствования как препятствующие, так и благоприятствующие развитию конкретных производств и территорий.

⁴⁷ *Климатическая доктрина Российской Федерации* (2010). — М., Росгидромет, п. 14—15.

Косвенные последствия связаны уже не с изменениями условий хозяйствования, а с реакцией экономической системы на эти изменения. Указанная реакция реализуется через снижение или смягчение хозяйственного воздействия на климатообразующие факторы (снижение техногенных выбросов парниковых газов, более эффективные формы землепользования и др.) либо путем адаптации основных элементов экономической системы (домохозяйств, производств и комплексов) к изменившимся обстоятельствам на основе новых технологий строительства и оборудования хозяйственных объектов и сооружений, новых технологий и форм организации в аграрном, лесном, водохозяйственном и других комплексах.

Оценка *прямых последствий* изменений климата для экономики на период до 2030 г. исходит из инерционного сценария ее развития. Его выбор обусловлен двумя причинами. Первая из них заключается в самой методологии такой оценки, которая предполагает рассмотрение эффекта воздействия изменений климата на сложившиеся условия хозяйствования без их последующих изменений в результате возможных корректив экономической политики (как было отмечено выше, это уже является предметом анализа косвенных последствий изменений климата для экономики). Вторая причина — особенности ситуации в самой российской экономике. За последние 20 лет динамика ВВП испытала стремительное падение, впечатляющий взлет, затем торможение, но в целом за период 1990—2009 гг. экономический рост носил восстановительный характер. Изменения в структуре и технологическом укладе хозяйственного комплекса выразились в значительном увеличении вклада сферы услуг в ВВП и некотором улучшении ее технической оснащенности, в то время как для реального сектора экономики (за исключением строительства) была характерна прямо противоположная тенденция. Принятые Правительством программы, ориентированные на переход экономики России на инновационный путь развития, продвигаются с огромным трудом: по официальной оценке, стратегия социально-экономического развития страны в 2000—2010 гг. реализована не более чем на 2/5. Серьезные дополнительные сложности на пути ускорения и улучшения качества экономического роста создал экономический кризис: эффект торможения, включая динамику инвестиций, в России оказался наиболее тяжелым среди стран «большой двадцатки».

В связи с этим закономерно, что прогнозы социально-экономического развития страны на период до 2030 г., разра-

ботанные накануне кризиса в РАН (Институтом народнохозяйственного прогнозирования) и в Минэкономразвития Российской Федерации, предусматривают более высокую вероятность реализации инерционного сценария по сравнению с инновационным.⁴⁸ Согласно этим прогнозам (далее приводятся цифры правительственного прогноза), как минимум до 2020 г. в экономике России сохранится доминирование сырьевого (включая нефтегазовый) сектора, вклад которого в ВВП составит не менее 20 %. Среднегодовые темпы прироста ВВП в периоды 2010—2020 и 2020—2030 гг. будут на уровне 4 %. Население сократится до 140 млн человек в 2020 г. и 137 млн человек в 2030 г.; сохранятся, а в отдельных случаях усилятся региональные диспропорции в развитии экономики.⁴⁹

Указанному сценарию будет соответствовать тенденция преимущественного сохранения до 2030 г. присущего существующей структуре и технологическому укладу экономики характера (типа) уязвимости хозяйственного комплекса к изменениям климата, со свойственной ему противоречивостью последствий указанных изменений для экономики. Подробно, в секторальном и региональном разрезе, они рассматриваются ниже (см. разделы 3 (п. 3.2) и 4). Здесь же ограничимся кратким обобщением, поясняющим упомянутую противоречивость последствий.

С одной стороны, останутся актуальными и, вероятно, усугубятся проблемы развития производственной (включая энергетическую) и социальной инфраструктуры, а также транспорта в северных регионах страны, обусловленные деградацией вечной мерзлоты, и проблемы сдерживания темпов роста производства в наиболее погодочувствительных секторах экономики (сельское, лесное, водное хозяйства, транспорт, туристско-рекреационный комплекс), которые дают примерно треть производства ВВП. Это обусловлено существенным изменением режима осадков и

⁴⁸ См.: Долгосрочный прогноз развития экономики России на 2007—2030 гг. (по вариантам) // *Проблемы прогнозирования*. 2007. № 6. С. 3—6; *Основные параметры прогноза социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020—2030 гг.* Приложение к Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации. — М., Минэкономразвития РФ, 2008, с. 37. В прогнозе ученых РАН альтернативный инерционному сценарий именуется инвестиционным. В прогнозе Минэкономразвития РФ наиболее вероятной считается разновидность инерционного сценария — энерго-сырьевой сценарий.

⁴⁹ *Основные параметры прогноза социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020—2030 гг.*, с. 29—36.

резкими колебаниями температуры в прогнозируемый период. Причиненный ущерб при существующих тенденциях изменения регионального климата, включая экстремальные и опасные природные явления, может достигать в среднем в год 1—2 % ВВП.⁵⁰ В частности, как уже отмечалось выше, ущерб экономике только от последствий аномально жаркого лета 2010 г. составил порядка 500 млрд рублей, или примерно 1,2 % ВВП. При этом на отдельных, причем достаточно обширных территориях этот показатель может быть существенно выше — 4—5 % регионального ВВП. В Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации отмечается, что примерно к 2030 г. могут возникнуть климатические барьеры, тормозящие экономический рост. Анализ ситуации, сложившейся к 2010 г., доказывает, что некоторые признаки таких барьеров уже проявились, и, таким образом, упомянутая прогнозная оценка выглядит вполне реалистичной.

С другой стороны, в том же государственном документе, отмечаются «окна возможностей», которые могут открыться к 2030 г. для развития экономики в связи с климатическими изменениями. Они связаны с обусловленной потеплением климата и благоприятной для значительной части территории России тенденцией сокращения отопительного сезона и соответственно потребностей и затрат на топливо и отопление (при этом чистые выгоды могут составлять в среднем в год порядка 200—250 млрд рублей⁵¹) и, кроме того, с тенденцией увеличения продолжительности вегетационного периода, расширения зоны земледелия и, следовательно, роста сельскохозяйственного производства и укрепления продовольственной безопасности страны, а также увеличения сроков навигации и соответственно возможностей развития водного транспорта и т. д.

⁵⁰ Оценки носят приближенный характер и приводятся как ориентир, а не точный показатель. Они выполнены на основе метода аналогий, использующего соответствующие данные и расчеты по развитым странам и мировой экономике в целом. В частности, по данным доклада Н. Стерна, глобальный ущерб экономике от выбросов парниковых газов может достигать 1 % мирового ВВП. Более свежие (декабрь 2010 г.) оценки ЮНЕП и консалтинговой компании *Truscost*, касающиеся этих выбросов, дают завышенную их величину — 4,5 трлн долларов, или 7,5 % мирового ВВП (см. www.greenbiz.com/print/39352). По нашему мнению, реальная цифра примерно вчетверо меньше и составляет порядка 1,9—2,1 % мирового ВВП.

⁵¹ Экспертная оценка разности между ожидаемыми выигрышем от экономии затрат на топливо и отопление и ростом затрат на охлаждение с помощью кондиционеров помещений, главным образом, промышленных предприятий.

Представляется, что совокупный эффект перечисленных тенденций в отношении прямых последствий изменений климата для экономики страны в период до 2030 г. будет характеризоваться некоторым превышением издержек (включая, прежде всего, ущерб от опасных природных явлений) над упомянутыми выгодами. Вместе с тем, это обстоятельство мало отразится на макроэкономических индикаторах развития экономики России в целом, хотя в отдельных регионах страны эффект торможения может быть ощутимым.

Оценка прямых последствий изменений климата для экономики России *за пределами 2030 г.* весьма проблематична. Сложность заключается не только в прогнозе изменений климата, неопределенность результатов которого постоянно подчеркивается ведущими отечественными и зарубежными специалистами. Оценка перспектив экономического развития страны и непосредственно связанной с ней степени уязвимости хозяйственной системы к указанным изменениям за пределами 20-летнего горизонта прогнозирования выглядит еще менее надежной. Прежде всего, это связано с сохраняющимся противоречием во внутренней политике между принятыми официальными установками на модернизацию экономики и ее переход на инновационный путь развития, с одной стороны, и реальной структурой консолидированного (федерального и регионального) государственного бюджета, а также расходов корпоративного сектора и домохозяйств, с другой стороны.

Преодоление отмеченного принципиального противоречия в пределах ближайшего десятилетия позволило бы осуществить диверсификацию и модернизацию всей экономики после 2030 г. Помимо социально-экономических выгод, это обеспечило бы лучшие возможности для сокращения техногенных выбросов парниковых газов и связанных с ними дополнительных рисков климатических изменений, а кроме того, возможности для адаптации хозяйственного комплекса и населения России к изменениям климата с точки зрения как смягчения их негативных последствий, так и использования создаваемых ими благоприятных возможностей для развития экономики. В этом случае упомянутый ранее баланс издержек и выгод для экономического роста оказался бы положительным.

Некоторые исследователи полагают, что так и будет. В частности, известный американский экономист Р. Мендельсон считает, что Россия — едва ли не единственная в мире страна, которая после 2050 г. может получить прибавку к росту ВВП до 0,6 %.

Представляется, однако, что такие выводы как минимум преждевременны. Как показывают опыт и модельные расчеты, для климатических флуктуаций характерны внезапность и резкость перемен, сопровождающихся существенным ущербом для здоровья людей и экономики. При этом регионы, еще недавно рассматривавшиеся как бенефициары изменения климата, могут превратиться в проблемные территории. Это имеет прямое отношение и к России. Вместе с тем, как представляется, нет оснований и для избыточного алармизма.

Однако в любом случае преодоление вышеупомянутого противоречия относится уже к сфере поведения самой экономической системы, в частности ее реакции на изменения климата и обусловленные ими перемены в условиях хозяйствования, т. е. к области *косвенных последствий* изменений климата для экономики. До недавних пор (рубежом, на наш взгляд, может стать принятие в конце 2009 г. Климатической доктрины Российской Федерации), отечественная экономическая политика слабо учитывала фактор изменений климата, воспринимая, и то ограничено, лишь сигналы, связанные с опасными гидрометеорологическими явлениями и причиняемым ими ущербом. Значительное (более трети) сокращение объема техногенных выбросов парниковых газов, достигнутое за последних два десятка лет, никак не было сопряжено с указанным фактором. Как известно, оно стало побочным результатом (в экономических терминах — положительной экстерналией) тяжелого экономического кризиса и глубокого промышленного спада в 1990-е годы и — в существенно меньшей мере — нынешней рецессии. Не секрет, что некоторое снижение энергоемкости производства, достигнутое за то же двадцатилетие, и заявленный руководством России прогрессивный курс на дальнейшее ее сокращение к 2020 г. на 40 % в определяющей мере обусловлены причинами экономического (повышение эффективности и конкурентоспособности хозяйства), а не экологического и климатического (снижение уровня техногенных выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов) характера.

Однако *в период до 2030 г.*, причем, скорее всего, уже к 2020 г., ситуация может существенно измениться. Прежде всего, это связано с влиянием набирающих обороты процессов глобализации и модернизации мировой экономики, в которых фактор климатических изменений — как реальная причина или, что намного вероятнее, как убедительный предлог и катализатор качественных перемен в экономике, а также инструмент ограничений контрагентов и стимул для поощрения собственных производителей в

конкурентной борьбе за ускоренный переход к новому технологическому укладу — будет играть все более заметную роль. Этот климатически обусловленный вызов потребует от России уже в ближайшие годы значительно ускорить процесс модернизации хозяйственного комплекса, чтобы надолго не остаться в арьергарде мирового экономического сообщества.

3.1.2. Косвенные последствия изменений климата для экономики России: фактор структурных и технологических перемен в мировом хозяйстве

Тенденции в мировой экономике. Процесс модернизации и перехода к новому технологическому укладу, который займет *период до 2030 г.*, но вряд ли завершится к тому времени полностью, идет в мировой экономике, прежде всего в промышленно развитых странах, полным ходом. Отличительными чертами этого уклада будут не только постиндустриальные информационные, био- и нанотехнологии, но также энергосбережение и энергоэффективность, которые уже характерны для ряда видов хозяйственной деятельности, а в недалеком будущем охватят, очевидно, всю экономику, включая саму энергетику. Ее развитие все больше будет опираться на альтернативные углю и нефти источники, в том числе экологически более чистые (газ, включая нетрадиционные его виды: сланцевый и др., а также АЭС) и возобновляемые (энергия биомассы, воды, ветра, земных недр и солнца).

В последние годы, несмотря на рецессию, этот процесс существенно ускорился, в том числе под влиянием (или предлогом) климатического фактора, роль которого в формировании экономики будущего (примерно до середины XXI века) становится все ощутимее. Характер и облик этой экономики закладывается уже сегодня благодаря качественным технологическим переменам в производстве и потреблении благ, а также институциональным изменениям, подчеркивающим и усиливающим значимость климатического фактора и в целом экологической составляющей в национальной и общемировой политике. Под влиянием указанных процессов в мировой экономике происходит формирование двух новых сегментов, или сфер, которые в период до 2030 г. — по крайней мере, в большинстве стран G20, производящих львиную долю мирового ВВП, — сложатся окончательно.

Один из этих сегментов находится в финансово-торговом секторе и включает, в первую очередь, рынок производных финансовых инструментов и торговли квотами на выбросы парниковых

газов — так называемый *углеродный рынок*. Его емкость пока невелика: в 2009 г. она оценивалась в 143 млрд долл., и львиную ее долю обеспечивает Европейская система торговли выбросами (ETS), охватывающая страны ЕС (см. приложение 2, табл. П.2.1). Однако темпы ее роста впечатляют: втрое за четыре года (2005—2008 гг.) и вдвое за 2008 г., который стал первым годом рецессии, когда происходило общее сжатие рынка и падение производства. В 2009 г., в то время когда традиционный товарный рынок stag-нировал, углеродный рынок продолжил рост.

На показателях 2010 г. не мог не отразиться более медленный, чем ожидалось (по разным причинам), выход мировой (включая и российскую) экономики из рецессии. Вместе с тем, несмотря на 10 %-ное сокращение абсолютных объемов торговли, благодаря 17 %-ному росту цен на квоты (с 11,6 евро/т CO₂-экв. в 2009 г. до 13,6 евро в 2010 г.) мировой углеродный рынок увеличился до 157 млрд долл.⁵² В 2011 г., по прогнозам Мирового банка, он может достичь 173 млрд долл.⁵² В долгосрочной перспективе тенденция роста углеродного рынка не вызывает сомнений в связи с подъемом и ускорением модернизации экономики в текущем десятилетии. В результате, по оценкам, емкость углеродного рынка к 2020 г. может увеличиться до 1 трлн долл.⁵³, что может превратить его в один из ключевых источников «зеленых» инвестиций наряду с налогом на выбросы парниковых газов. *За пределами 2030 г.* прогноз затруднен, но все оценки свидетельствуют о дальнейшем развитии мирового углеродного рынка (в частности, к 2050 г. возможно его удвоение по сравнению с уровнем 2020 г.).

Другой новый сегмент относится к реальному сектору мирового хозяйства — это так называемая *зеленая экономика*. В наиболее общем виде к ней относят: разработку, производство и эксплуатацию технологий и оборудования для уменьшения и контроля выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов, мониторинга и прогнозирования климатических изменений, установок и технологий энерго- и ресурсосбережения и возобновляемой энергетики. Кроме того, к ней относятся разработка, выпуск и использование технологий и материалов для защиты зданий и сооружений от резких колебаний температуры, влажности и ветровой нагрузки и т. д. Иными словами, к «зеленой» экономике относят те виды хозяйственной деятельности, развитие которых способствует, наря-

⁵² <http://www.carbon-financeonline.com/index.cfm?section=lead&action=view&id=13437&linkref=cnews>.

⁵³ *Energy Business Reports. Carbon management in emerging economies: New mechanisms for managing carbon dioxide emissions.* — Anthem, AZ: Business Insights, March 2010. 174 p.

ду с модернизацией и повышением эффективности производства, улучшению или как минимум сохранению среды проживания, включая снижение техногенных выбросов, в том числе парниковых газов, и адаптации населения и хозяйственного комплекса к изменяющимся климатическим условиям.

Масштабы «зеленой» экономики в мире также пока сравнительно невелики. Стоимость производимой продукции и услуг, по оценкам составляет 2 трлн долл.⁵⁴, или 2,7 % мирового ВВП, прибыль (2009 г., данные по крупнейшим 367 компаниям) — 530 млрд долл.⁵⁵, занятость — порядка 5 млн человек, включая 830 тысяч в ветроэнергетике и производстве фотоэлектрических элементов для солнечных установок, в том числе в США более 2 млн человек и в странах ЕС свыше 550 тысяч.⁵⁶ Ее вклад в развитие хозяйственного комплекса конкретных государств, которые концентрируют основную часть мощностей и инвестиций в эту сферу, заметно выше. Так, по оценке на 2007 г., в США он составлял 516 млрд долл., или 3,7 % ВВП.⁵⁷

В то же время, темпы развития рассматриваемого сегмента экономики очень высоки, прежде всего, благодаря стремительному росту инвестиций стран «большой двадцатки». Их совокупные капиталовложения только в развитие так называемой экологически чистой,

⁵⁴ По данным консалтинговой фирмы *Roland Berger*, мировой рынок «зеленых» технологий и продукции (т. е. технологий и продуктов, обеспечивающих экологическую чистоту производства и потребления) в 2007 г. оценивался в 1.4 трлн евро. См.: *The green machine. A second wind for German industry? In: Older and Wiser: A special report on Germany // Economist*. 13th March 2010. P. 8—9.

⁵⁵ China moving to forefront of emerging low carbon economy. http://www.greenbiz.com/news/2010/09/17/china-moving-forefront-emerging-low-carbon-economy?utm_source=Vertical+Newletters&utm_campaign=11b5718ff4-CBiz-NL-2010-9-23&utm_medium=email.

⁵⁶ См.: *Clean Energy Trends 2010*. — Portland: Clean Edge, Inc., April 2010, p. 6; *Measuring the Green Economy*. — Washington DC: US Department of Commerce, Economics and Statistics Administration, April 2010, p. 3, 12; *Rethinking 2050. A 100 % Renewable Energy Vision for the European Union*. — Brussels: European Renewable Energy Council (EREC), April 2010, p. 43.

⁵⁷ *Measuring the Green Economy*, p. 12. Отметим, что приведенные данные не включают ряд видов деятельности, например производство оборудования для мониторинга и прогнозирования погодных и климатических изменений, которые статистика США не относит к «зеленой» экономике. С учетом этого реальный вклад этого нового сектора в ВВП выше. С учетом темпов его роста (см. ниже) указанный вклад в 2009 г. составил, вероятно, примерно 4 % ВВП.

или альтернативной энергетики⁵⁸ всего за шесть лет возросли с 52 млрд долл. (в 2004 г.) до 243 млрд долл. (в 2010 г.) (рис. 3.1).

Почти пятикратный рост был достигнут в условиях, когда два года из шести (с конца 2007 г. по конец 2009 г.), пришлось на рецессию, которая негативно отразилась и на темпах инвестирования в развитие экологически чистой энергетики, включая вложения в НИОКР. В связи с этим, а также с учетом негативно-го влияния на развитие этого сектора энергетики суровой зимы 2009/10 г. в Северном полушарии⁵⁹ и на фоне не слишком впечатляющего восстановительного экономического роста в 2010 г. обращает на себя внимание рывок, достигнутый в 2010 г. Объем капиталовложений в том году превысил уровень 2009 г. сразу на 30 % (рост почти на 60 млрд долл.), в том числе в НИОКР (суммарно по корпоративному и государственному секторам) — на 24 % (с 28,6 млрд до 35,5 млрд долл.).⁶⁰



Рис. 3.1. Инвестиции (млрд долл.) в развитие экологически чистой энергетики в мире.⁶¹

⁵⁸ Включает установки, работающие на энергии ветра, солнца, воды (малые ГЭС), биотопливе, и обеспечивающие работу этих установок технологии (включая нанотехнологии). Мировое лидерство по инвестициям в их производство принадлежит Китаю (34,6 млрд долл. в 2009 г., или вдвое больше, чем занимающие второе место США). China joins US at top of clean energy investment table (3 June 2010) www.environmental-finance.com/news/view/1175; First Chinese index to track low-carbon firms (10 June 2010). www.environmental-finance.com/news/view/1181.

⁵⁹ *Renewables 2010 Global Status Report*, New York: REN21 (Renewable Policy Network for the 21 Century), 2010, p. 29.

⁶⁰ McCabe, J. Clean energy sees record \$243bn investment in 2010 (12 January 2011). <http://www.environmental-finance.com/news/view/1485>.

⁶¹ Clean Energy Investment Storms to New Record in 2010. — Bloomberg New Energy Finance White Paper. 12 January 2011. <http://bnef.com>.

Данные включают капиталовложения в НИОКР в корпоративном и государственном секторах, а также в малые энергетические установки.

Устойчивый и значительный рост инвестиций обеспечил устойчивые темпы роста производственных мощностей в сфере «зеленой» экономики в целом и ее сегмента экологически чистой энергетики, а также темпы роста производства в указанной сфере. Такая динамика развития «зеленой» экономики в целом и ее сегмента экологически чистой энергетики в значительной степени предопределяется: во-первых, сохранением высокого приоритета обеспечения энергетической безопасности в экономической политике стран ЕС и США, являющихся крупными нетто-импортерами нефти и газа, — их энергетические программы предусматривают рост доли замещающей нефть и газ энергии возобновляемых источников соответственно с 7,8 и 3,1 % в 2007 г. до 20 и 25 % в 2020 г.; во-вторых, их мощным мультипликативным эффектом, позволяющим быстрее выйти из рецессии и ускорить инновационное развитие.

Ведущие государства мира в своих антикризисных программах отвели инвестициям в экологически чистые технологии заметное место, а азиатские государства, ставшие локомотивом мировой экономики в период кризиса, а также страны ЕС — значительную или даже определяющую роль (Южная Корея) (см. приложение 2, рис. П.2.1). Подобно тому как США использовали период Второй мировой войны для технологического рывка и ускорения развития собственной экономики, антикризисная политика этих стран предусматривает использование климатического фактора и рецессии как катализатора модернизации хозяйственного комплекса с целью укрепить или усилить свою конкурентоспособность. Примером может служить Китай, который еще в 2004 г. был практически незаметен на мировом рынке экологически чистых технологий.⁶² Однако, воспользовавшись кризисом, он сумел быстро превратиться в одного из лидеров (вместе с США) производства фотоэлектрических элементов для гелиоустановок и по темпам развития ветроэнергетики. В 2009 г. Китай обошел США по объему инвестиций в развитие экологически чистой энергетики, вложив в него почти вдвое больше конкурента (34,6 млрд долл. против 18,6 млрд долл.), а в 2010—2020 гг. может потратить на эти цели от 440 млрд до 660 млрд долл.

⁶² *Who is Winning the Clean Energy Race?*, p. 7; Makower, J. *Clean Technology's Unstoppable Energy*. См.: www.greenbiz.com/blog/2010/03/22/clean-technologys-unstoppable-energy.

В период до 2030 г. роль «зеленой» экономики в целом, и экологически чистой энергетики в особенности, может заметно возрасти, учитывая современные темпы их развития. Их подстегивают, прежде всего, потребности модернизации и конкурентоспособности национальных хозяйств, а также экологические факторы, в частности императивы снижения рисков катастроф, подобных разливу нефти в Мексиканском заливе в апреле—мае 2010 г., поскольку при прочих равных экологически чистые технологии и производства менее масштабны и более безопасны, чем индустриальные технологии XX века.

Подтверждением правомерности такого прогноза может служить, в частности, принятая ЕС в марте 2010 г. новая экономическая стратегия «Европа 2020», одним из трех приоритетных направлений которой является устойчивое развитие, обеспечивающее формирование низкоуглеродной, ресурсоэффективной и конкурентоспособной экономики.⁶³ По тому же пути движутся США, Китай и Южная Корея, более скромными темпами — Бразилия и Индия. В целом в мире уже к 2020 г. можно ожидать как минимум удвоения мирового рынка экологически чистых технологий, многократного роста числа занятых и увеличения вклада «зеленой» экономики в мировой ВВП до 6—7 %.⁶⁴ В частности, к 2019 г. только в трех секторах энергетики, использующей в качестве источника энергию биомассы, ветра и солнца, прогнозируется увеличение производства до 343 млрд долл., численности занятых до 3,3 млн человек, что соответственно почти в 2,4 и 4 раза больше, чем в 2009 г. (рис. 3.2).

⁶³ Два других направления — «умный рост» (*smart growth*), под которым подразумевается экономика, основанная на знаниях и инновациях, и «включающий, или инклюзивный рост» (*inclusive growth*), предполагающий эффективное обеспечение занятости и социальную и территориальную интеграцию сообщества.

⁶⁴ По сравнению с 2009 г. занятость в этом секторе может возрасти от 1,5 раз (превысив 3 млн человек — оценка консалтинговой фирмы *Roland Berger*; см.: *Ibid*) до 10 раз и достигнуть примерно 20 млн человек, половина из которых в Индии и свыше 2,7 млн человек в странах ЕС (см.: *UNEP Background Paper on Green Jobs*, 2008, p. 10; *Energy and Environment Update*, April 11, 2010, <http://www.mintz.com/media/pnc/0/media.2140.pdf>; *Rethinking 2050*, p. 43). По данным консалтинговой фирмы *Roland Berger*, в 2020 г. масштабы «зеленой» экономики достигнут 3,1 трлн евро и превзойдут стоимость производства автомобилей // *Economist*. 13th March 2010. P. 8—9.

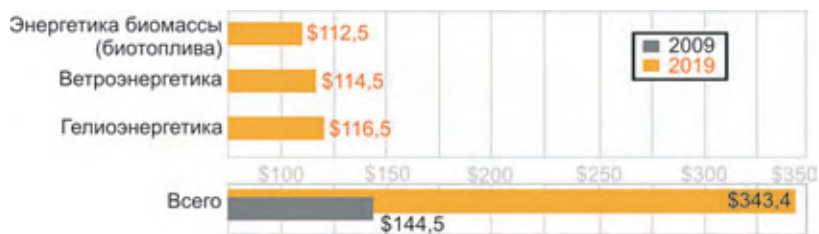


Рис. 3.2. Прогноз развития экологически чистой энергетики в мире.⁶⁵

За пределами 2030 г. правомерно предположить усиление значимости фактора изменений климата в развитии «зеленой» экономики и значительное укрепление ее позиций в экономиках ведущих государств мира и мировом хозяйстве в целом. Достаточно упомянуть, что в соответствии с наиболее амбициозными планами ЕС предполагается к 2050 г. обеспечить от 80 до 100 % энергетических потребностей за счет возобновляемых источников и занятость в секторе экологически чистой энергетики 6 млн человек.⁶⁶ Выполнение упомянутых показателей на практике представляется далеким от гарантированного: по имеющимся прогнозам, даже к 2020 г. будет достигнуто, скорее всего, 17 %-ное сокращение вместо 20 %-ного. Тем не менее даже приближение к нижней границе упомянутого интервала (80—100 %) в 2050 г. или достижение ее в более поздние сроки, например в 2060 г., может радикально изменить картину мировой энергетики за исторически очень сжатые сроки. Что касается «зеленой» экономики в целом, то к 2050 г. ее вклад в мировой ВВП может превысить 30 %, что качественно изменит мирохозяйственную ситуацию и поставит Россию перед новыми вызовами.

Последствия климатически обусловленных изменений в мировом хозяйстве для экономики России до 2030 г. России необходимо встраиваться в оба названных новых сегмента мировой экономики по ряду причин. Одна из них связана с вызовами глобализации и обеспечением устойчивого развития, одной из угроз которому могут стать изменения климата и их последствия. Риски значительного социально-экономического ущерба⁶⁷, недостаточность для их снижения существующего уровня знаний и технологий даже в наиболее развитых странах мира требуют,

⁶⁵ *Clean Energy Trends 2010*, p. 6.

⁶⁶ См.: *Rethinking 2050*, p. 1, 43.

⁶⁷ На глобальном уровне ожидается до 2050 г. только экономический урон оценивается в 3—5 % ежегодно, не считая социальных последствий, включая поток до 1 млрд экологических беженцев.

как отмечалось ранее, усилий всех государств. Среди них Россия играет весьма важную роль, прежде всего, учитывая ее лепту в подписание, а также реализацию обязательств Киотского протокола — снижение к 2009 г. выбросов парниковых газов более чем на треть по сравнению с уровнем 1990 г. и готовность обеспечить 25 %-ный уровень сокращения к 2020 г. Это соответственно лучший и один из лучших показателей среди стран — мировых экономических лидеров.

Кроме того, Россия вносит огромный вклад в поглощение избыточных объемов парниковых газов, обладая наибольшим в мире массивом первичных и частично нарушенных лесов. Однако пока этот вклад далеко не в полной мере учитывается мировым сообществом.⁶⁸ В соответствии с решением 7-й Конференции сторон Рамочной конвенции ООН по изменению климата (Марракеш, Марокко, 2001 г.) России засчитаны 33 млн т сокращений выбросов чистого углерода, или 122 млн т CO₂-экв. благодаря поглотительной способности лесов. В то же время, по данным Росгидромета, нетто-баланс депонирования и выбросов антропогенного углерода лесами России в 1990—2007 гг. составил 72 млн т чистого углерода, или почти 285 млн т CO₂-экв. в среднем в год. Это соответствует около 6 млрд долл. косвенных субсидий России мировой экономике⁶⁹, пока значительно отстающей от выполнения установленных Киотским протоколом и рекомендованных ИПСС темпов снижения выбросов парниковых газов.

Полный учет ценности вклада российских лесов в сокращение указанных выбросов в обновленном международном механизме их экономического регулирования позволил бы России извлечь существенные выгоды. Так, получаемые в порядке оплаты эколого-климатических услуг и предусмотренные Киотским протоколом

⁶⁸ Это обстоятельство подчеркивал Президент России, выступая на форуме НПО в июле 2006 г. и отмечая, что в то время когда Киотский протокол вознаграждает промышленно развитые страны за лесонасаждение, в отношении таких стран, как Россия, которые сохранили свои леса, этого не наблюдается. «Наши (российские) леса — это огромные легкие планеты, поглощающие все парниковые газы, и их размеры и потенциал не учитываются должным образом» (РИА «Новости». 04.07.2006).

⁶⁹ Оценка сделана из расчета средней за указанный период цены 20 долл./т CO₂-экв. В своих более ранних оценках автор исходил из максимальных значений объемов поглощения парниковых газов лесами (110 млн т чистого углерода, или 407 млн т CO₂-экв.) и более высокой цены тонны CO₂-экв. (25 долл.), давая, таким образом, величину косвенных субсидий в размере 11 млрд долл. (подробнее см.: Порфирьев Б. Н. *Экономика климатических изменений*, с. 66).

капиталовложения в проекты совместного осуществления (прежде всего, сберегающие ресурсы, включая энергетические, природу и обеспечивающие энергоэффективность хозяйственной деятельности) способствовали бы ускоренной модернизации отечественной экономики. Подчеркнем: речь идет не о торговле воздухом, как нередко пишут и говорят в СМИ, а о получении прямых инвестиций и технологий, которые должны помочь России совершить переход на инновационный путь развития.

Пока же надлежит как можно скорее воспользоваться благоприятными возможностями, которые давно предоставляет мировой углеродный рынок, но которые до сих пор не реализованы. Они включают, во-первых, упомянутые проекты совместного осуществления и, во-вторых, торговлю разрешениями на выбросы парниковых газов, в соответствии с Киотским протоколом предусматривающую целевое расходование доходов от продаж этих разрешений в виде «зеленых» инвестиций в сокращение выбросов.

По состоянию на лето 2010 г. в Минэкономразвития РФ находилось на утверждении более 100 инвестиционных проектов, главным образом в сфере энергетики, с общим потенциалом сокращения эмиссии парниковых газов не менее 200 млн т CO₂-экв.⁷⁰ К этому нужно добавить российскую квоту на такие выбросы, составляющую 100 млн т CO₂-экв., или около половины общемирового объема разрешений (AAU) (см. приложение 2, табл. П.2.1). При цене от 8—10 евро/т CO₂-экв. (май 2010 г.) это соответствует 2,4—3,0 млрд евро, или в среднем 3 млрд долл. В июле 2010 г. Министерство утвердило 15 из 44 проектов, отобранных Сбербанком (оператором углеродных единиц) по итогам первого конкурса, в котором участвовало 35 компаний.

Общий потенциал сокращений выбросов всех утвержденных проектов составил 77,5 млн т CO₂-экв., что при текущей цене на открытом рынке 11,8 евро/т составляет 472 млн евро, или около 570 млн долл. Среди утвержденных — проекты «Газпромнефти», «Роснефти» и СИБУР по утилизации попутного нефтяного газа (с использованием технологий, разработанных фирмами Японии), оцениваемые в 3,3 млн долл.; кроме того, проекты, предполагающие технологическое перевооружение компаний и переход на экологически более чистое топливо, например перевод с угля на газ государственной Амурской ТЭЦ-1 мощностью 285 МВт, принадлежащей РАО «ЕЭС-Восток». Осенью 2010 г. был начат еще один

⁷⁰ Подсчитано по: *Зеленый мир*. 2010. № 3—4. С. 10—11; *Новая газета*, 8.07.2009.

конкурс российских проектов совместного осуществления; все в целом они потенциально могут занять до 10 % мирового рынка.⁷¹

Кроме того, вызовы глобализации связаны с обостряющейся конкуренцией и задачей выхода из кризиса, решение которой неизбежно предполагает поиск наиболее эффективных экономических ниш, придя в которые, инвестиции в краткосрочном плане дадут наиболее быструю отдачу и наибольший мультипликативный эффект для производства и сохранения занятости, а в долгосрочном плане выведут на те рубежи модернизации, которые обеспечат в дальнейшем устойчивый рост и новый облик экономики России, характеризующийся не гипертрофированной зависимостью от нефтегазовых «инъекций», но содержанием в себе как минимум ростки нового технологического уклада, которые постепенно прорастут и охватят весь хозяйственный комплекс.

В данном отношении технологии, которые помогают решать проблему последствий изменения климата, — а это не только энергоэффективные, энергосберегающие технологии, но и более широкий набор инноваций — оказываются именно теми инструментами, которые позволяют добиться наибольшего мультипликативного эффекта. Именно поэтому, как отмечалось выше, и в долгосрочных стратегиях развития, и в антикризисных программах развитых государств и крупных зарубежных стран с переходной экономикой значительное место занимают модернизация энергетической и транспортной инфраструктуры, развитие экологически чистой энергетики и связанные с этим НИОКР, а также некоторые другие производства «зеленой» экономики (см. приложение 2, рис. П.2.1). В российских программах первоочередных мер по преодолению последствий экономического кризиса в 2000—2010 гг. задачи модернизации экономики подчеркиваются особо, выделены в них и некоторые из перечисленных производств, однако доля затрат на них в общих расходах антикризисного «пакета» не превысила, по экспертной оценке, 2 %.⁷²

⁷¹ Шаповалов А. Парниковые газы попали под раздачу // *Коммерсант*, 28.07.2010; Новости. 19:00. 5 канал ТВ, 8 января 2011 г. По состоянию на февраль 2011 г., общее число утвержденных проектов достигло 33, однако, по мнению экспертов по мировому углеродному рынку, перспективы России далеки от достижения вышеупомянутой планки в 10 %, прежде всего, из-за приближения окончания срока действия Киотского протокола в отношении проектов совместного осуществления (2012 г.).

⁷² Те же проблемы, причем в более широком контексте недооценки важности задачи модернизации экономики, характерны и для федерального бюджета на 2010 г. См.: Сенчагов В. Способствует ли бюджет-2010 модернизации российской экономики? // *Вопросы экономики*. 2010. № 2. С. 26—38.

Уже сейчас и тем более в ближайшем будущем мировая политика, в том числе экономическая, все больше будет использовать фактор климатических изменений как предлог и реальный механизм сдерживания контрагентов и поощрения собственных производителей в конкурентной борьбе при переходе к новому технологическому укладу, в котором экологически чистые и ресурсосберегающие производства будут играть очень важную роль. Поэтому упомянутое встраивание России в новые сегменты мировой экономики таит определенные риски и должно быть тщательно продуманным и выверенным исходя из сформулированных в Климатической доктрине Российской Федерации принципов глобального характера интересов страны в отношении изменений климата и их последствий и приоритета ее национальных интересов в этой сфере.⁷³

В частности, следует учитывать внешнеэкономические риски, связанные с введением «углеродных» барьеров, предлагаемых ЕС и США⁷⁴ для ограничения доступа на их рынки продукции и услуг со значительным потенциалом углеродсодержащих выбросов или произведенных на основе энергоемких технологий, к которым относится значительная часть российского экспорта. Сюда же относится и ограничение, установленное директивой 2008/101/ЕС Европейского Парламента с 1 января 2012 г. в отношении авиакомпаний и предусматривающее обязательное наличие у таких компаний разрешений на выбросы парниковых газов. Российские авиакомпании, выполняющие авиарейсы в страны ЕС, должны будут оплачивать 15 % совокупных выбросов парниковых газов (85 % предоставляются бесплатно), что при цене 10 евро/т CO₂-экв. означает ежегодные платежи в размере около 2 млн евро. Аналогичные меры прорабатываются и по морским перевозкам.

Фактически речь идет об игнорировании норм ВТО, согласно которым, подобная торговая защита является формой недобросовестной конкуренции, а также Рамочной конвенции по изменению климата, прямо запрещающей такую практику. России сле-

⁷³ *Климатическая доктрина Российской Федерации*, п. 7.

⁷⁴ В мае 2010 г. сенаторы Д. Керри и Д. Либерман представили новый проект закона США по энергетике (American Power Act), который содержит формулировки, разрешающие так называемые пограничные меры, также известные как углеродные тарифы. Они направлены на регулирование импорта товаров из стран, которые не установили жесткие требования к выбросам парниковых газов.

дует проявлять особую осторожность и апеллировать к указанным международным нормам, подчеркивая, с одной стороны, свою роль надежного мирового поставщика энергоресурсов. Согласно любым сценариям развития энергосбережения, энергоэффективности, возобновляемой энергетики за рубежом, поставки российских энергоносителей будут иметь стратегическое значение для потребителей, прежде всего в ЕС и Китае, по крайней мере, в течение ближайших 10—15 лет. С другой стороны, следует подчеркивать особенности России — холодный климат и значительные размеры территории, объективно требующие производства, транспортировки и потребления значительных и повышенных (по сравнению с другими странами) объемов топливно-энергетических ресурсов для коммунальных и производственных нужд.

Последний аргумент особенно важен в отражении настойчивых попыток государств «большой семерки» и ряда других стран ОЭСР подтолкнуть Россию к отказу от государственных субсидий ТЭК. По их расчетам, это способствовало бы максимально возможному (наряду со странами Восточной Европы, не входящими в ЕС) снижению выбросов парниковых газов: в 2020 г. на 17 %, а в 2050 г. на 34 % меньше, чем в том случае, если бы упомянутые субсидии были сохранены (рис. 3.3). Однако Россия и без того является лидером по данному показателю среди стран «большой восьмерки», значительно перевыполнив свои обязательства ценой 50 %-ного сокращения производства и социальных потерь в 1990-е годы и, тем самым, выдав странам ОЭСР своеобразный углеродный кредит. Дальнейшее форсированное сокращение выбросов за счет обескровливания ключевого для страны сектора экономики привело бы к серьезному ухудшению его состояния и социально-экономической ситуации в целом, а «золотой миллиард» в очередной раз выиграл бы за счет России (см. рис. 3.3).

Перечисленные особенности наряду с другими специфическими российскими факторами — обеспеченностью страны собственными энергоресурсами и усугубляющимся дефицитом трудовых ресурсов — необходимо учитывать и при формировании национальной «зеленой» экономики, в первую очередь экологически чистой энергетики. Для большинства развитых и переходных экономик, являющихся нетто-импортерами энергоресурсов и одновременно испытывающих избыток трудовых ресурсов (который особенно ощущается в период кризиса), развитие указанного сектора экономики как способа импортозамещения и смягчения безработицы

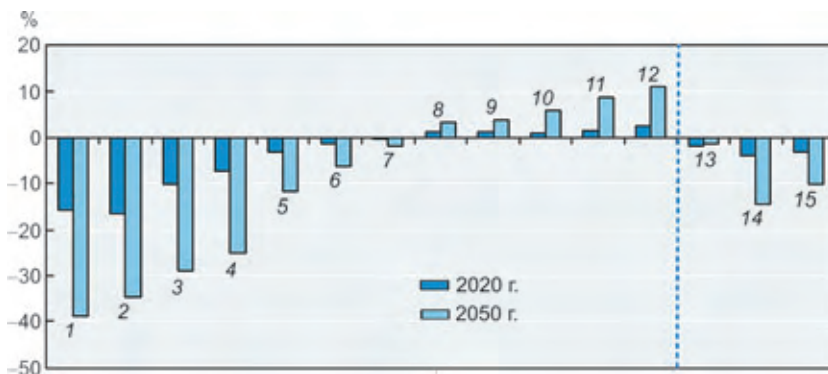


Рис. 3.3. Модельная оценка снижения (%) выбросов парниковых газов при отмене субсидий энергетике в государствах мира по сравнению с ситуацией без отмены субсидий.⁷⁵

1 — страны Восточной Европы, не входящие в ЕС; 2 — Россия; 3 — страны ОПЕК; 4 — Индия; 5 — Китай; 6 — остальные страны мира; 7 — Бразилия; 8 — Австралия и Новая Зеландия; 9 — Канада; 10 — США; 11 — Япония; 12 — ЕС-27; 13 — страны, включенные в Приложение I Киотского протокола; 14 — страны, не включенные в Приложение I Киотского протокола; 15 — мир в целом.

является, очевидно, даже более важным, чем экономия ресурсов и снижение нежелательных выбросов в окружающую среду, включая парниковые газы. В отличие от этих стран в России в силу отмеченной ее специфики трудо- и импортозамещающие функции «зеленой» экономики имеют второстепенное значение для развития и конкурентоспособности ее хозяйственного комплекса на ближайшие годы и среднесрочную перспективу (до 2020 г.).

Сказанное никоим образом не ставит под сомнение значимость энергетики на возобновляемых источниках для России. Ее развитие необходимо и целесообразно с точки зрения рационального использования местных ресурсов (например, геотермальных, ветра или лесной биомассы), улучшения качества окружающей среды и здоровья населения; в более отдаленной перспективе — с экономической точки зрения — для замещения дорожающих углеводородов. Мы лишь аргументируем приоритет энергосбережения и энергоэффективности в модернизации отечественного хозяйственного комплекса, предопределяемый значимостью ресурсосберегающего и экологических факторов «зеленого» роста экономики и снижения техногенных рисков климатических изменений в России (рис. 3.4).

⁷⁵ *Cost-Effective Actions to Tackle Climate Change*, OECD Policy Brief. Paris: OECD, August 2009, p. 3.

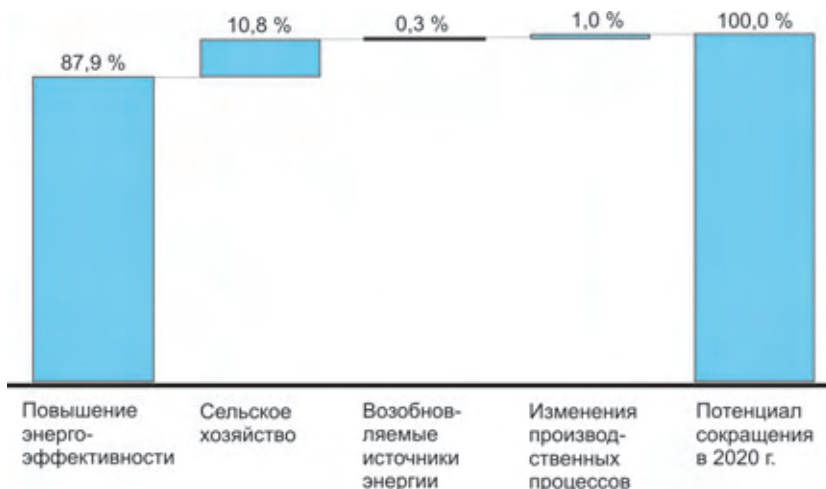


Рис. 3.4. Источники сокращения техногенных выбросов парниковых газов в России.⁷⁶

3.2. Влияние изменений климата на развитие отдельных секторов экономики

3.2.1. Энергетика

Энергетика играет определяющую роль в геополитике, в развитии мировой экономики и в социальном прогрессе. В России энергетический комплекс является одной из ключевых стратегически важных отраслей отечественной экономики, развитию которой традиционно уделяется приоритетное внимание. В настоящее время общее число производственных объектов в ТЭК приближается к 1,5 млн. Их них около 400 тыс. объектов относится к электроэнергетике, около 350 тыс. — к нефтегазодобывающим областям и около 600 тыс. — к объектам газоснабжения.

В основе энергетической политики России лежат следующие ориентиры:

- энергетическая безопасность,
- энергетическая эффективность экономики,
- экономическая (бюджетная) эффективность энергетики,
- экологическая безопасность.

⁷⁶ McKinsey Report. *Pathways to an energy and carbon efficient Russia: Opportunities to increase energy efficiency and reduce greenhouse gas emissions.* December 2009, p. 13.

На каждом из этих направлений развития энергетики климат и его изменения оказывают значительное влияние. Наряду с сохранением до 2020 г. стабильного лидерства ископаемого углеводородного топлива в энергетическом балансе страны и мира, придается новый импульс развитию возобновляемых источников энергии (ВИЭ). К исходу третьего десятилетия текущего столетия должно быть освоено 70 % инвестиций в ВИЭ (в энергосбережение — 65 %), предусмотренных Энергетической стратегией развития России в период 2010—2030 гг.⁷⁷ Функционирование генераторов и ресурсы ВИЭ полностью определяются климатическими факторами.

Энергетическая отрасль имеет ряд составляющих, на каждую из которых изменение климата влияет особым образом.⁷⁸

Генерация энергии

В недрах территории России сосредоточено до 40 % мировых запасов газа, 13 % нефти и около 30 % угля, которые составляют основу тепловой энергетики (генерация энергии на тепловых электростанциях (ТЭС), на ТЭС с конденсационными турбинами (КЭС), на теплоэлектроцентралях (ТЭЦ), на государственных районных электростанциях (ГРЭС)). Кроме того, тепло и электроэнергию вырабатывают гидроэлектростанции (ГЭС), использующие энергию падающей воды, а также атомные станции (АЭС), использующие ядерную энергию. Это так называемая «большая» энергетика, которая производит основной объем тепловой и электроэнергии.

Климатическая информация о температуре, осадках, влажности и ветре используется, главным образом, при проектировании и строительстве энергетических объектов. Нормативные требования к специализированным климатическим параметрам аналогичны требованиям к параметрам других строительных объектов, хотя и имеют некоторые особенности. Так, период повторения расчетных температур, скорости ветра и атмосферных нагрузок при проектировании АЭС как наиболее опасного объекта равен 10 тыс. лет. При выборе площадок для ТЭЦ, ГРЭС и котельных необходимо построить розу ветров на высотах до 600 м через каждые 100 м, а при проектировании КЭС учитываются ха-

⁷⁷ Энергетическая стратегия России на период до 2030 г. — М., Министерство промышленности и энергетики РФ, 2009.

⁷⁸ Руководство по специализированному климатологическому обслуживанию экономики / Под ред. Н. В. Кобышевой. — СПб., 2008. 336 с.

рактические температурно-влажностного комплекса за так называемый неблагоприятный период, т. е. период, когда требуется кондиционирование.

Для проектирования ТЭС и котельных важным является районирование территории по пыльным бурям и обильным осадкам. Проектирование и функционирование ГЭС требует учета средних месячных значений испарения с водной поверхности, данных об осадках, стоке и интенсивности снеготаяния.

На работе ТЭС в целом изменения климата сказываются мало. Тем не менее увеличение осадков приводит к намоканию угля на открытых топливных складах, уменьшая на 1—3 % тепловой КПД энергоустановок. В масштабе страны это ведет к дополнительному расходу в размере 0,5—1,0 млн т у.т. в год. На эффективность работы газотурбинных установок оказывают значительное влияние колебания температуры воздуха. При повышении среднегодовой температуры на 5 °С экономичность газотурбинной ТЭС может снизиться на 1,5—2,5 %.

Задача снижения температуры рабочего тела при отводе тепла из цикла актуальна для любых типов электростанций. Ее актуальность еще более возрастает в связи с изменениями климата, в частности с ожидаемым ухудшением обеспеченности водой ряда регионов страны. Это может представлять серьезную угрозу безопасности и устойчивому функционированию АЭС и, особенно, ГЭС, значимость которых для экономики определяется не только их энергетической, но и водохозяйственной функцией. Простого и единого технического решения здесь быть не может. Все системы охлаждения (пруды-охладители, градирни, «сухие градирни») имеют свои достоинства и недостатки. Речь, по-видимому, может идти об оптимизации энергетической системы с целью обеспечения безопасности и минимизации крупных потерь. Проблема особенно актуальна в связи с началом реализации масштабной программы развития атомной энергетики.

В случае АЭС вероятное потепление и увеличение осадков не приведут к авариям, так как принятая степень защиты очень велика. Однако при увеличении повторяемости и интенсивности опасных природных явлений может быть изменена степень угрозы (всего три степени опасности) комплекса зданий и сооружений, на которых используются ядерные или радиационно-опасные технологии.⁷⁹

⁷⁹ Учет внешних воздействий природного и техногенного происхождения на объекты использования атомной энергии. НП 064-05. — М., 2005. 41 с.

Наиболее опасными климатическими явлениями для АЭС следует считать смерчи и ураганы. Поэтому в районе размещения объектов использования атомной энергии (ОИАЭ) следует проводить мониторинг смерчей в градациях зоны опасности этого грозного природного явления.⁷⁹ При этом, начиная с III класса интенсивности смерчей (по шкале Фуджита), следует учитывать предметы, переносимые смерчами, в соответствии с рекомендациями МАГАТЭ. В качестве ударной скорости при переносе смерчем предметов следует брать 35 % максимальной горизонтальной скорости вращательного движения стенки смерча.⁸⁰

Нефтегазовый сектор

На работы по разведке и добыче углеводородного топлива оказывают влияние почти все климатические факторы, усложняя их. Прежде всего, это опасные метеорологические явления и неблагоприятные гидрометеорологические явления: гроза, сильный ветер, метель, туман, ливень, снегопад, гололедица на дорогах. Возрастающая изменчивость климатических условий проявилась в последние десятилетия в увеличении экстремальности климата и повторяемости опасных метеорологических и неблагоприятных гидрометеорологических явлений, инициирующих природно-техногенные катастрофы. Примерно в 60 % случаев природно-техногенные аварии связаны с климатическими факторами.

Одной из причин аварий является деградация вечной мерзлоты, приводящая к деформации буровых скважин. В таких случаях скважины заливают водой либо ставят дорогостоящие заглушки. Добыча топлива при этом на время (иногда довольно длительное) останавливается.

Опасные метеорологические и неблагоприятные гидрометеорологические явления затрудняют и увеличивают стоимость работы на открытом воздухе, а некоторые из них приводят к прекращению работ. Например, при скорости ветра более 15 м/с прекращается монтаж буровых вышек и их подвозка, затрудняются аварийные работы (сварка труб, их доставка и т. п.), а при дальнейшем усилении ветра прекращаются полеты авиации, обслуживающей нефтяников. Сильный ветер затрудняет строительство и эксплуатацию морских нефтяных скважин. Штормовая погода создает эксплуатационные проблемы, связанные с ветром и волнением на буровых платформах, на шельфе, и препятствует работе флота.

⁸⁰ Учет экстремальных метеорологических явлений при выборе площадок АЭС // Серия изданий по безопасности МАГАТЭ. № 50-SG-SIIA. Вена, 1983.

Позитивные последствия ожидаемого изменения климата могут выражаться в уменьшении суровости зимних условий, что позволит в отсутствие опасных метеорологических и неблагоприятных гидрометеорологических явлений работать на открытом воздухе без существенных перерывов и дополнительной оплаты; не будут возникать трудности и при укладке труб, которые могут некоторое время оставаться на поверхности.

Транспортировка сырой нефти осуществляется по сети трубопроводов, которые поставляют нефть от скважин к хранилищам на промысле или к магистральным терминалам. По магистральным трубопроводам нефть перекачивают к нефтеперерабатывающим заводам или терминалам танкеров. Переработка нефти осуществляется в районе ее добычи или вблизи главных потребителей и рынков сбыта.

Природный газ добывается как вместе с нефтью, так и отдельно — из газовых месторождений. Линии газопроводов подразделяются на промысловые (газосборные), магистральные и распределительные. Магистральные трубопроводы поставляют газ местным службам, которые распределяют его. Значительные объемы газа транспортируются специальными танкерами в сжиженном виде. Магистральные трубопроводы, как правило, прокладываются подземно (на глубине 0,8—1,1 м от верха трубы в зависимости от глубины промерзания почвы). В исключительных случаях трубопроводы могут быть проложены по поверхности земли в насыпи (наземный способ) или на опорах (надземный способ). Нефть и продукты ее переработки перекачиваются насосными (компрессорными) станциями.

Изменения температуры воздуха влияют на регулировку подачи газа. Гарантированная мощность турбин на компрессорных станциях рассчитана на давление 760 мм рт. ст. и на температуру 15 °С. При температуре воздуха выше 15 °С мощность турбин падает, давление в газопроводе становится недостаточным. Зимой при низкой температуре в газопроводе могут образовываться гидратные соединения углеводорода с водой, которые замерзают и образуют пробки. При этом снижается или полностью прекращается транспортировка газа по газопроводу. Неравномерное распределение температуры по трассе газопровода вызывает термическую напряженность труб, что приводит к их гофрированию и образованию свищей. Экстремальные перепады температур по сечению трубопроводов также приводят к отказам и авариям.

Предельно низкие для данной территории температуры также приводят к аварийным ситуациям на наземных и надземных про-

мысловых и магистральных трубопроводах. Часто такие аварии наблюдаются при одновременном несанкционированном проведении различными организациями земельных работ в охранных зонах трубопровода. Особенно тревожное положение создается на магистральных трубопроводах, находящихся на территории Центрального федерального округа, в опасных охранных зонах которого находится более 75 % всех незаконно построенных сооружений, а изменчивость температуры зимой велика.

Частые повышения температуры воздуха в зимний период и увеличение числа случаев выпадения жидких осадков, в том числе переохлажденного дождя, приведут к росту рисков опасного гололедеообразования и аварий на ЛЭП (разрыв проводов и разрушение опор). Аварии на ЛЭП страшны не столько вследствие необходимости их восстановления. Стоимость восстановительных работ может составлять от 2—3 млн до 10 млн рублей. Однако главная опасность состоит в том, что от энергоснабжения отключаются целые районы, и в том числе компрессорные станции на магистральных трубопроводах, многие из которых не имеют автономного энергоснабжения. В последнем случае нарушается транспортировка нефти и газа к генераторам энергии, не вырабатывается энергия, что создает угрозу энергобезопасности на значительной части территории страны.

В результате потепления действие основных угрожающих факторов (таких как экстремально низкая температура воздуха и почвы) будет ослабевать. С другой стороны, если в настоящее время сезонное протаивание вечной мерзлоты сравнительно невелико (не более 30—40 мм в южных районах, где преобладает островная мерзлота) (см. рис. 1.9), то к середине XXI века сезонное протаивание будет представлять серьезную опасность для трубопроводов, водоводов и других линейных сооружений.

Таким образом, климатические изменения существенно повлияют на функционирование трубопроводов. Однако количественные оценки влияния этих изменений на нефте- и газопроводы пока сделать нельзя.

Гидроэнергетика

Гидроэнергетика составляет значительную часть электроэнергетического баланса России. Валовой гидроэнергетический потенциал Российской Федерации составляет около 2900 ТВт · ч. Из этого потенциала 83 % приходится на крупные и средние реки. По оценкам, технический гидроэнергетический потенциал стра-

ны составляет примерно 70 % валового, а экономический потенциал — 30 % валового. По величине экономического потенциала гидроэнергетических ресурсов Россия занимает второе место в мире после Китая, но использует из этого потенциала только 19 %. Гидроресурсы России сопоставимы с современной выработкой всех электростанций страны, но их освоение (кроме малых и микро-ГЭС) требует достаточно больших объемов капитальных вложений и продолжительных сроков строительства. Суммарная установленная мощность всех ГЭС Российской Федерации составляет сейчас примерно 44,5 млн кВт⁸¹ (рис. 3.5).

Оценка влияния изменений климата на выработку энергии ГЭС имеет важнейшее значение для разработки стратегии развития экономики страны. Изменения климата влияют, в первую очередь, на следующие характеристики функционирования и развития гидроэнергосистем:

- изменение потенциальных гидроэнергоресурсов страны;
- изменение фактической выработки энергии на существующих ГЭС;
- изменение потребной гарантированной выработки электроэнергии, связанное с климатическими изменениями (например, вследствие снижения энергозатрат на отопление зданий или уменьшения энергопотребления орошаемого земледелия при снижении оросительных норм).

Оценка и прогноз влияния изменений климата на гидроэнергетику затрудняется тем, что в современных условиях ГЭС приходится рассматривать не только как объект энергосистем, но и в качестве одного из объектов комплексных водохозяйственных систем, использующих речной сток для достижения одновременной или последовательно нескольких целей.

Изменение выработки гидроэлектроэнергии на конкретных ГЭС в отдельные годы при неизменности технических условий функционирования их оборудования и стабильности экономической ситуации в значительной степени зависит от притока воды к створу гидроузла. При снижении притока следует ожидать отрицательного влияния на производство гидроэлектроэнергии, а при увеличении притока, если он правильно регулируется во времени, — положительного. Например, увеличение суммарного среднего годового притока воды в десять крупнейших водохранилищ европейской части России на 10—30 % выше нормы приводит к увеличению выработки электроэнергии лишь на 3—10 % по

⁸¹Малик Л. К. Факторы риска повреждения гидротехнических сооружений. Проблемы безопасности. — М.: Наука, 2005. 354 с.

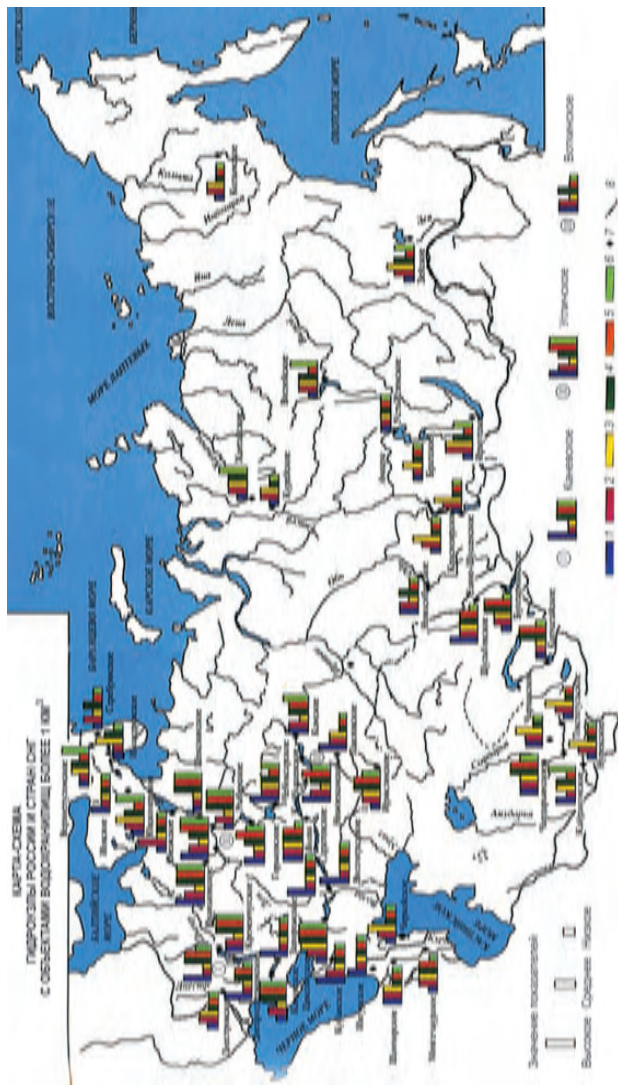


Рис. 3.5. Карта-схема гидроузлов России и стран СНГ с объемами водохранилищ более 1 км³.¹
 1 — коэффициент условного водообмена, 2 — доля полезного объема водохранилища в полном объеме, 3 — соотношение полезного объема водохранилища с площадью зеркала, 4 — общая площадь заголения на единицу выработки электроэнергии, 5 — площадь сельскохозяйственных угодий на единицу выработки электроэнергии, 6 — площадь лесных угодий на единицу выработки электроэнергии, 7 — плотины эксплуатируемых ГЭС, 8 — граница России и стран СНГ.

¹ Резниковский А. М., Рубинштейн М. И. Оценка влияния глобального потепления климата на гидроэнергетику // Водные ресурсы. 1995. Т. 22, № 5. С. 535—543.

сравнению с проектными значениями, что является следствием неполного использования стока и повышения уровня воды ниже него бьефа. Для Ангаро-Енисейских ГЭС, обладающих большими регулирующими возможностями водохранилищ, высокими значениями установленных мощностей и высоким напором на ГЭС, коэффициент снижения прироста выработки энергии относительно прироста стока оценивается равным 0,98.⁸²

Статистический анализ многолетних рядов годового и сезонного стока продолжительностью не менее 50—60 лет более 300 средних рек России с минимальным влиянием хозяйственной деятельности на годовой и сезонный сток позволил оценить реальные тенденции современных изменений речного стока и водного режима на территории страны.

Основной особенностью современных изменений водного режима рек на преобладающей части территории страны является существенное увеличение в последние 25—30 лет водности в меженные периоды, особенно в зимние месяцы. В пределах крупных регионов России для большинства рассмотренных рек отмечаются значимые (при уровне значимости 95 %) положительные тренды увеличения стока в период зимней и летне-осенней межени. Наблюдающаяся для обширных территорий «синхронизация» изменений меженного стока (особенно, зимнего) и масштабы этих изменений являются неординарными и не имеют аналогов в XX столетии. Это привело к значительному увеличению естественной зарегулированности стока, по своему масштабу сопоставимому с влиянием водохранилищ сезонного регулирования.

На европейской части России (ЕЧР) водность рек в зимний сезон увеличилась на 50—100 %. На азиатской части России (АЧР) статистически значимые положительные тренды зимнего стока отмечаются в бассейне Лены (реки Витим, Олекма, Алдан, Амга) и на левобережных притоках Иртыша и Тобола. В бассейне Лены зимний сток за последние 20—25 лет увеличился на 10—30 %, на реках Иртыше и Тоболе — на 40—70 %.

Летне-осенний сток увеличился также на большей части территории России, причем наиболее отчетливо этот процесс проявился на реках лесостепной и степной зон ЕЧР. Существенное увеличение летне-осеннего стока наблюдается и в лесной зоне ЕЧР южнее 60° с. ш., где для большей части рек оно составило 30—50 %. Севернее этой зоны для большинства бассейнов также отмечается увеличение стока, но не более чем на 20—25 %.

⁸² Резниковский А. М., Рубинштейн М. И. Оценка влияния глобального потепления климата на гидроэнергетику // Водные ресурсы. 1995. Т. 22, № 5. С. 535—543.

В отличие от зимнего и летне-осеннего стока динамика весеннего стока рек в разных регионах России различается по характеру и по знаку. Уменьшение весеннего стока в верховьях Волги, в бассейнах рек Оки и Суры составило 10—20 %, практически на всех реках бассейна Дона и российской части Днепра — 10—30 %. Напротив, в ряде регионов имело место некоторое увеличение весеннего стока, как, например, в северной части бассейна Волги, на реках Унже и Ветлуге — на 15—25 %, в бассейне Камы — на 5—15 %. В то же время, заметных изменений стока не обнаружено в южной части ЕЧР — в бассейнах рек Кубани, Кумы и Терека.

На АЧР увеличение водности в летне-осеннее время наблюдается на тех же реках, где отмечается увеличение зимнего стока, — на левобережных притоках Тобола и Иртыша и в бассейне Лены. Летне-осенний сток в этих бассейнах возрос на 10—20 %. Такая же тенденция отмечается и в бассейнах некоторых рек северо-востока Сибири (Оленек, Яна, Индигирка), где увеличение водности в летне-осенний период составило 15—30 %.

В результате произошедших изменений сезонного стока годовой сток рек в большинстве районов страны в последние десятилетия также превысил норму. В последние 25—30 лет повышенная фаза водности отмечается на большей части территории ЕЧР. Самое значительное увеличение годового стока (на 15—40 %) имело место в бассейнах рек, расположенных между 56 и 60° с. ш. При этом рост меженного стока обусловил увеличение водных ресурсов даже в бассейнах рек юго-запада ЕЧР, где произошло снижение стока весеннего половодья. Анализ данных наблюдений за последние сто лет позволил прийти к выводу о том, что такая ситуация сложилась впервые, так как ранее все значительные маловодные и многоводные фазы определялись, прежде всего, величиной стока весеннего половодья.

На территории АЧР наиболее значительное (20—40 %) увеличение стока отличалось на реках, сток которых формируется на восточном склоне Уральских гор, в широтном поясе 56—60° с. ш. (левые притоки Тобола и Иртыша). Повышение водности наблюдалось на большей части бассейна Лены, где годовой сток реки Вилюй превысил норму на 25—30 %. Относительно небольшое увеличение годового стока отмечалось в бассейнах рек северо-востока России (Анабар, Оленек, Яна, Индигирка). Существенное уменьшение годового стока произошло только в одном регионе АЧР — в бассейне Верхней Оби, где оно составило от 5 до 20 %. Незначительное уменьшение годового стока (в пределах 5 %) отмечается в бассейне Верхнего Енисея.

Результаты расчетов водных ресурсов на территории Российской Федерации на ближайшую перспективу, полученные как в России, так и в других странах с использованием различных методических подходов и климатических сценариев будущего, свидетельствуют о том, что для рек бассейна Северного Ледовитого океана, а также бассейна Волги получены согласованные оценки об увеличении их водных ресурсов. Таким образом, наиболее вероятным в ближайшие десятилетия является увеличение годового стока этих рек. Выявлен и наиболее проблемный с точки зрения перспективной динамики водных ресурсов регион — юго-запад ЕЧР, включающий бассейн Дона и российскую часть бассейна Днепра. В соответствии с рядом климатических сценариев в первой половине XXI века здесь может произойти существенное уменьшение водности.

Ожидаемое (в соответствии с климатическими сценариями) в ближайшие десятилетия изменение притока воды в существующие водохранилища большинства ГЭС России в основном благоприятно скажется на выработке электроэнергии. Исключение составляют Цимлянская, Новосибирская и Зейская ГЭС, на которых уменьшение выработки электроэнергии под воздействием изменений климата может составить до 3—10 % проектной. Ситуация на этих ГЭС может усугубиться до критической, если будет наблюдаться затяжное маловодье в пределах водосборов их водохранилищ.

Принимая во внимание ожидаемое повышение температуры воздуха в зимний период и увеличение среднего годового притока воды в водохранилища, а также тренды, наметившиеся в многолетних рядах притока воды по кварталам, в осенне-зимний период можно ожидать повышенного притока практически ко всем существующим водохранилищам России. Исключение составляет полезный приток в водохранилища Кольского полуострова и приток в Зейское водохранилище.

С учетом имеющихся тенденций в рядах притока воды, а также ожидаемого изменения весеннего стока по рекам, впадающим в водохранилища, наиболее вероятными в 2010—2020 гг. являются изменения притока воды в водохранилища в пределах 20 %. При этом уменьшение притока во втором квартале ожидается только в Цимлянское (10—15 %) и Новосибирское (5—10 %) водохранилища. Такое внутригодовое распределение стока благоприятно для большинства районов России, так как в зимнее время возрастают бытовые нагрузки на энергетические системы страны.

Ожидаемые изменения среднего годового притока воды в крупнейшие водохранилища России, которые оцениваются по наиболее вероятному сценарию изменения стока рек на ближайшие десятилетия, в целом не выходят за пределы 10—15 % нормы; при этом уменьшение притока на 3 % ожидается только в Цимлянское водохранилище. Повышение годового стока и притока воды к водохранилищам ГЭС в целом благоприятно скажется на выработке электроэнергии.

Увеличение притока воды в зимний период и выравнивание внутригодового распределения стока также благоприятны для выработки электроэнергии, но требуют пересмотра режима работы отдельных водохранилищ и каскадов для создания оптимальных условий регулирования стока с учетом запросов всех водопользователей и при минимизации возможных неблагоприятных экологических и социальных последствий. К таким последствиям относятся возможное затопление и подтопление населенных пунктов, увеличение длины полыньи в нижних бьефах, что вызовет ухудшение климатических условий в береговой зоне (увеличение влажности воздуха и повторяемости туманов, ухудшение видимости и т. п.). Возможно также повышенное образование шуги и развитие зажорных явлений на участках рек ниже полыньи, появление трещин и разводьев на льду водохранилищ.

На основе полученных в Государственном гидрологическом институте Росгидромета зависимостей между притоком воды в водохранилища и выработкой электроэнергии на ГЭС в Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова Росгидромета было ориентировочно оценено возможное изменение выработки электроэнергии на ГЭС к середине XXI века по данным о стоке по ансамблю из 16 климатических моделей (рис. 3.6).⁸³ В работе были использованы результаты моделирования будущего климата по сценарию А2. Выбор этого сценария был обусловлен тем, что в условиях значительной неопределенности будущей ситуации наиболее информативной и оправданной является оценка «сверху» ожидаемых изменений климатических параметров.

Выработка электроэнергии на ГЭС в России в 2008 г. составила 155,7 млрд кВт · ч. Таким образом, ориентировочное увеличение выработки энергии на ГЭС на территории страны к середине XXI века составит 4 ± 1 %, или $6,2 \pm 1,6$ млрд кВт · ч. Следует еще раз

⁸³ Акентьева Е. М., Иванова Е. В. Оценка влияния ожидаемого к середине XXI века изменения климата на потенциал гидроэнергетики (на примере Архангельской области) // Труды ГГО. Вып. 561. 2010. С. 115—124.

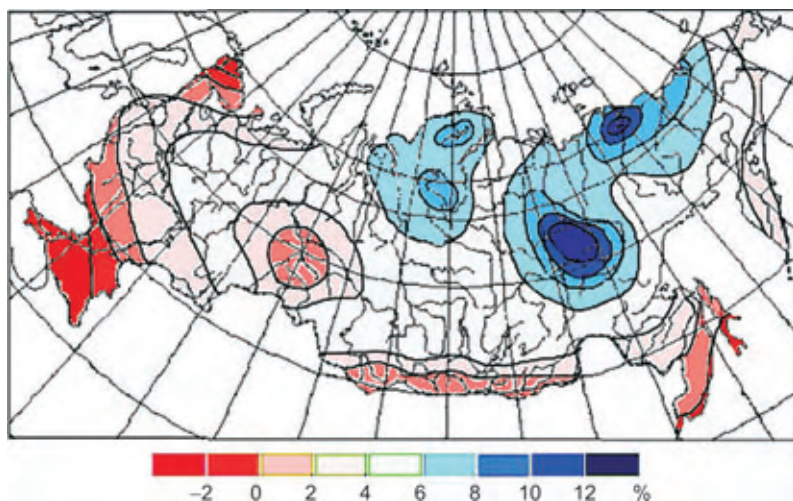


Рис. 3.6. Изменение (%) выработки электроэнергии на ГЭС к середине XXI века по сравнению с периодом 1981—2000 гг.⁸⁴

подчеркнуть ориентировочный характер приведенных оценок, которые из-за наличия неопределенностей, возникающих на разных этапах исследования, целесообразно рассматривать, прежде всего, как наиболее вероятные тенденции изменения гидроэнергетического потенциала в конкретных регионах страны.

Ожидаемые к середине XXI века изменения потенциала гидроэнергетических ресурсов в целом благоприятны для дальнейшего развития гидроэнергетического строительства на большей части территории страны. Однако в южных районах ЕЧР возможно уменьшение слоя стока и как следствие этого уменьшение выработки электроэнергии на ГЭС.

Возобновляемые источники энергии

Принятие необходимости снижения выбросов парниковых газов в целях сокращения антропогенной нагрузки на климат в качестве императива политики практически всех ведущих стран мира и международного сообщества в целом придало мощное ускорение развитию возобновляемой энергетики. По сути, этот импульс развитию представляет собой положительное (для данного сектора энергетики) последствие изменений климата. Другими, вероятно, еще более важными факторами ее развития является стремление стран к энергетической и экологической

⁸⁴ Рисунок предоставлен Н. В. Кобышевой.

безопасности. В результате сложилась новая тенденция развития мировой энергетики, выражающаяся в увеличении доли децентрализованного производства электрической и тепловой энергии за счет экологически чистых возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Они действуют на основе постоянно существующих (вода, солнце, энергия земных недр) или периодически возникающих (ветер, волны, приливы) в природе процессов, а также благодаря процессам жизненного цикла растительного, животного мира и человека (биомасса).

Потенциал ВИЭ в России огромен (табл. 3.1), но их использование далеко от желаемого.

Так, эксплуатация возобновляемых источников энергии ежегодно позволяет вырабатывать пока не более 8,5 млрд кВт · ч электрической энергии (без учета ГЭС мощностью более 25 МВт), что составляет менее 1 % общего объема производства электроэнергии в стране. По данным Международного энергетического

Таблица 3.1

Ресурсы возобновляемых источников энергии России (ТВт · ч/год)

Вид источника энергии	Потенциал		
	теоретический	технический	экономический
Вода (малая гидроэнергетика)	2930	1017	529
Недра Земли (геотермальная энергетика)	180	20	936
Солнце (гелиоэнергетика)	18 700 000	18 720	102
Ветер (ветроэнергетика)	212 000	16 280	81
Биомасса	81 400	431	285
Итого по ВИЭ	18 996 510	36 468	1933

Примечание. Приведенные данные⁸⁵ представляют собой результаты анализа данных о ресурсах ВИЭ, полученных разными авторами, использующими различные методики для получения конечного результата. Теоретический (валовой) потенциал ВИЭ зависит от природных условий и является фактически природным потенциалом. Технический потенциал ВИЭ — это суммарная энергия, которая может быть получена при современном уровне развития науки и техники и соблюдении экологических норм. Экономический потенциал ВИЭ — это величина выработки энергии, получение которой экономически оправдано для региона при существующем уровне цен на оборудование и строительство с учетом транспортировки выработанной энергии потребителю и соблюдения экологических норм.

⁸⁵ Акентьева Е. М., Иванова Е. В. Оценка влияния ожидаемого к середине XXI века изменения климата на потенциал гидроэнергетики (на примере Архангельской области) // Труды ГГО. Вып. 561. 2010. С. 115—124.

агентства, производство электроэнергии с использованием ВИЭ (без ГЭС) в 2000 г. составляло 0,3 % ее общего производства против (округленно) 4 % нефтяного топлива, 18 % гидроэнергии, 16 % атомной энергии, 20 % угля и 42 % газа. По данным Росстата, к 2003 г. благодаря введению в эксплуатацию Мутновской геотермальной электростанции мощностью 50 МВт, ветроэнергетических установок в Калининградской области (3,6 МВт) и на Чукотке (1,5 МВт), около десятка малых ГЭС, в том числе на Камчатке (2 МВт), в Республике Алтай (0,4 МВт) и Республике Тыва (0,165 МВт), выработка электрической энергии электростанциями, работающими на ВИЭ, составила 5,4 млрд кВт · ч. Доля ВИЭ в общем производстве электроэнергии достигла 0,6 %, что вдвое превысило показатель 2000 г. В 2009 г. производство электроэнергии с использованием ВИЭ превысило 7 млрд кВт · ч, а их удельный вес в общей выработке — 0,7 %. Установленные мощности электростанций на ВИЭ составили: ветроэнергетические установки — 0,02 ГВт, геотермальные станции — 0,08 ГВт. Для сравнения: доля и мощности ГЭС — 18,7 % и 45,6 ГВт соответственно. Прогноз на 2020 г.: ГЭС — 55 ГВт и ветроэнергетические установки — 3 ГВт.⁸⁶

По этим показателям, а также по динамике развития альтернативной энергетики Россия пока существенно уступает не только ведущим странам мира, но и странам Восточной Европы (табл. 3.2).

Энергетической стратегией России на период до 2030 г.⁸⁷ определено расширение использования ВИЭ как одно из основных направлений при создании инновационного и эффективного энергетического сектора страны.

Стратегическими задачами расширения использования ВИЭ и местных видов топлива в России являются:

- обеспечение устойчивого тепло- и электроснабжения населения и производства в зонах децентрализованного энергоснабжения, в первую очередь в районах Крайнего Севера и на территориях, приравненных к ним. На топливо и его завоз в этих регионах ежегодно тратится более половины бюджета территорий, в то время как в них имеются возобновляемые источники энергии, способные обеспечить энергетические потребности на 60—90 %;

⁸⁶ См.: *Статистический сборник. Регионы России. Социально-экономические показатели.* — М., Федеральная служба государственной статистики, 2007; *Renewables 2010 Global Status Report.* — New York: REN21 (Renewable Policy Network for the 21 Century), 2010.

⁸⁷ *Энергетическая стратегия России на период до 2030 г.* — М., Министерство промышленности и энергетики РФ, 2009.

**Ведущие страны мира по производству электроэнергии
на возобновляемых источниках⁸⁸**

Объем производства, 2000—2008 гг.		Темпы прироста (%) производства в среднем в год			
Страна	Производство (млрд кВт · ч)	Страна	2000— 2008 гг.	Страна	2006— 2009 гг.
США	134,0	Венгрия	44,3	Турция	99,3
ФРГ	72,0	Словакия	43,8	Китай	66,7
Испания	36,7	Польша	30,8	Южная Корея	53,6
Япония	23,2	Ирландия	28,6	Польша	33,4
Италия	19,2	Индия	24,6	Чехия	30,6
Бразилия	19,0	Австралия	24,2	Португалия	27,2
Великобритания	18,3	Испания	24,1	Венгрия	24,5
Индия	16,7	Китай	23,3	Франция	23,3
Китай	15,5	Португалия	20,7	Ирландия	21,4
Канада	11,5	Австрия	18,9	Испания	20,4
Франция	11,5	Норвегия	18,6	Исландия	20,0
Швеция	11,4	Германия	18,5	Индия	19,7

- создание в этих регионах независимых энергопроизводителей с целью повышения надежности энергоснабжения и снижения потери в сетях, предотвращения ущерба от аварийных и ограничительных отключений, который оценивается миллиардами долларов в год;
- снижение вредных выбросов от традиционных энергетических установок в отдельных городах и населенных пунктах со сложной экологической обстановкой, а также в местах массового отдыха населения;
- создание дополнительных рабочих мест на всех стадиях реализации проектов по возобновляемой энергетике (за счет производства и обслуживания высокотехнологичной продукции — оборудования для возобновляемой энергетике).

Конкретные целевые показатели развития отечественных ВИЭ, предусмотренные Правительством России до 2020 г., представлены в табл. 3.3.

⁸⁸ *State of Green Energy Business 2010*, NY: Greener World Media, Inc., February 2010, p. 50; *State of Green Energy Business 2011*, p. 53.

Динамика развития электроэнергетики на возобновляемых источниках в России до 2020 г.⁸⁹

Электростанции на ВИЭ	Доля в общем производстве электроэнергии, %			
	2005 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.
Включая ГЭС мощностью более 25 МВт	19,9	15,6	15,5	20,6
Без учета ГЭС мощностью более 25 МВт	0,88	1,50	2,47	4,51

Развитию энергетики на ВИЭ в России препятствует целый комплекс барьеров психологического, экономического, законодательного, информационного и технического характера. При этом приоритет принадлежит психологическому аспекту, что обусловлено, в первую очередь, привычкой к централизованным поставкам топлива, тепла и электричества, а также с традиционными представлениями об обеспеченности России энергией и электроэнергией.⁹⁰

Гелиоэнергетика

Основными направлениями развития солнечной электроэнергетики (фотоэлектрической энергетики) в России являются⁹¹:

- снижение стоимости установленной мощности с 3,5 долл./Вт в настоящее время до 0,5—1 долл./Вт; снижение стоимости электроэнергии солнечных фотоэлектрических модулей от 0,25 до 0,04—0,08 долл./(кВт · ч);
- повышение КПД солнечных элементов и модулей от 12—15 до 20 %;
- увеличение ресурса работы солнечных фотоэлектрических модулей от 20—25 до 40—50 лет;

⁸⁹ Распоряжение Правительства РФ № 1 от 08.01.2009 «Об утверждении основных направлений Государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности в электроэнергетике на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 г».

⁹⁰ Порфирьев Б. Н. Роль институциональных инноваций в развитии альтернативных источников энергии // *Экономика и управление*. 2011. № 1. С. 11—15.

⁹¹ Безруких П. П., Стребков Д. С. *Возобновляемая энергетика: стратегия, ресурсы, технологии*. — М., 2005. 263 с.

- увеличение числа часов годового использования энергетических систем от 0,2—0,4 до 0,5 года и круглогодичного;
- разработка новых экологических технологий получения солнечного кремния.

По существующим оценкам⁹², при выполнении этих условий себестоимость солнечной электроэнергии составит 2,5—4,0 руб./(кВт · ч), что соответствует сегодняшним тарифам на электроэнергию в России.

Другое направление развития солнечной энергетики предусматривает преобразование потока солнечных лучей в тепло⁹³, используемое далее для отопления и горячего водоснабжения жилых и производственных зданий, сушки сельскохозяйственной продукции, подогрева воды в бассейнах и др.

В России солнечные коллекторы не получили столь широкого применения, как, например, в Европе. В настоящее время работает около 150 тыс. м² гелиоустановок, что на порядок меньше, чем было в СССР в 1990 г. Однако перспективы использования энергии Солнца в России связываются именно с выработкой тепловой энергии на базе плоских солнечных коллекторов (см. приложение 3, рис. П.3.3). Широкому использованию гелиоустановок препятствуют, прежде всего, экономические причины: стоимость установок находится в пределах 30—90 тыс. рублей и срок окупаемости — около 7 лет.

Основная работа по использованию солнечных коллекторов ведется в Краснодарском крае и Бурятии. В Краснодарском крае в летнее время 200 МВт установленной мощности электростанций края используется на электронагрев, который может быть заменен гелиоустановками. Для этого потребуется построить 100 тыс. м² солнечных коллекторов. В последние годы в Краснодарском крае введено в эксплуатацию 102 гелиоустановки с общей площадью солнечных коллекторов 5 тыс. м², половина из которых приме-

⁹² Николаев В. Г., Ганага С. В., Кудряшов Ю. И., Вальтер Р., Виллемс П., Санковский А. Г. Перспективы развития возобновляемых источников энергии в России. *Результаты проекта TACIS EUROPE AID/116951/C/SV/RU*. — М.: АТМОГРАФ, 2009. 455 с.

⁹³ Для этого применяются либо пассивные системы — плоские жидкостные или воздушные солнечные коллекторы, либо активные системы — плоские или параболические зеркальные концентраторы с одной или двумя степенями свободы, позволяющие системам «следить» за положением солнца на небосводе. В крупномасштабной энергетике как активные солнечные системы применяются башенные солнечные тепловые электростанции.

няется для горячего водоснабжения санаториев и пансионатов. В Бурятии действует 70 установок площадью 3 тыс. м².⁹⁴

Ветроэнергетика

Ветер является одним из наиболее мощных энергетических источников и может быть утилизирован в значительных масштабах.

Технический потенциал ветроэнергетики в России оценивается в 14 366 (ТВт · ч)/год (оптимальный вариант), из которых практики рекомендуют задействовать до 180—200 (ТВт · ч)/год. По сравнению с мировыми лидерами Россия имеет ничтожную суммарную мощность ветроэнергетических установок (ВЭУ) — около 15 МВт. Правительство России предусматривает увеличить долю ВЭУ в общем объеме выработки электроэнергии⁹⁵ с 0,001 % в 2005 г. до 0,02 % в 2010 г., 0,25 % в 2015 г. и до 1,0 % в 2020 г.

В настоящее время и в перспективе наиболее актуальными для России является развитие:

- малой автономной ветроэнергетики (с суммарной номинальной мощностью до 100 кВт на базе ВЭУ номинальной мощности порядка 1—30 кВт, снабженных системами аккумуляирования электроэнергии);
- автономной ветроэнергетики средней мощности (с суммарной мощностью 0,1—1 МВт на базе ВЭУ номинальной мощности порядка 100—800 кВт, работающих параллельно с дизельными электростанциями и малыми ГЭС);
- сетевой ветроэнергетики (с суммарной номинальной мощностью от 2 МВт и выше на базе ВЭУ номинальной мощности порядка 1 МВт и более).

В связи с богатым ветроэнергетическим потенциалом во многих районах России, высоким уровнем его изученности (см. приложение 3, рис. П.3.4), наличием эффективных отечественных методик экономического проведения технико-экономических обоснований ветроэнергетических проектов имеются все предпосылки к ускоренному развитию и внедрению ветроэнергетических станций в единую энергетическую систему.

⁹⁴ Бутузов В. А. Анализ опыта разработки и эксплуатации гелиоустановок в Краснодарском крае // *Промышленная энергетика*. № 2. 1997.

⁹⁵ Распоряжение Правительства РФ № 1 от 08.01.2009 «Об утверждении основных направлений Государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности в электроэнергетике на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2020 г.»; Борисенко М. М., Гобарова Е. О., Жильцова Е. Л. Оценки ветроэнергетических ресурсов на территории России // Труды ГГО. Вып. 557. 2008. С. 53—67.

Следует отметить положительные тенденции в решении этой проблемы благодаря, главным образом, инвестициям из Дании, США и Германии. С помощью датских фирм установлена и успешно функционирует ВЭУ мощностью 200 кВт в Мурманске. В Калининграде постоянно функционируют два агрегата датского производства мощностью 250 кВт каждый, что позволяет обеспечивать электроэнергией несколько жилых многоэтажных домов. В настоящее время стабильно функционируют ВЭУ с единичной мощностью несколько сотен киловатт на прибрежных участках Чукотки. На территории Северо-Западного региона успешно функционировали в течение нескольких последних лет опытные ВЭУ средней мощности в западной части острова Котлин и северной части Ижорской возвышенности.

Малая гидроэнергетика

К малым ГЭС (МГЭС) условно относят гидроэнергетические агрегаты мощностью от 100 кВт до 25 МВт. Меньшие агрегаты называют микроГЭС. Малые ГЭС могут быть построены как на малых и средних реках, так и на крупных (при низконапорных гидроузлах или при неполном использовании стока).

В России потенциал малой гидроэнергетики очень велик. Число малых рек превышает 2,5 млн, а их суммарный сток составляет более 1 тыс. км³ в год. Экономический потенциал МГЭС и микроГЭС составляет около 200 ТВт · ч, но используется он пока всего лишь менее чем на 1—2 %.

При сравнительно низкой стоимости электроэнергии и коротком инвестиционном цикле МГЭС позволяют обеспечить автономное электроснабжение отдаленных районов, являющихся энергодефицитными, которые занимают около 40 % территории страны. МикроГЭС устанавливаются практически на любом водотоке. Строительство МГЭС осуществляется без помощи специальных производственных предприятий и баз — применяются обычные строительные материалы и механизмы. При широком использовании типовых, унифицированных проектов многие иностранные фирмы обеспечивают ввод МГЭС через 12—15 месяцев после получения заказа.

Основными климатическими величинами, определяющими сток и, следовательно, гидроэнергетический потенциал района, являются суммы осадков, запас воды в снеге и величина испарения. Важными являются и характеристики изменчивости этих величин (коэффициент вариации месячных сумм осадков и др.).

Для малой гидроэнергетики климатические условия и их колебания имеют особенно большое значение в связи с ее более тесной зависимостью от климатического режима непосредственно в районе МГЭС.

Биотопливо

Сырьем для биотоплива являются первичные и вторичные отходы сельского и лесного хозяйства, органические отходы муниципального хозяйства, посадки леса с коротким оборотом рубки (например, посадки ивы), предназначенные для энергетических целей посадки злаков и бобовых культур. Из этого сырья производятся энергоносители в виде твердого топлива (поленья, пеллеты, брикеты, чипсы), жидкого топлива (этанол, бутанол, метанол, биодизельное топливо) и газообразного топлива (синтез-газ, биогаз, водород). При использовании биотоплива возможно получение как электрической и тепловой, так и механической энергии.

Конкурентными преимуществами биотоплива по сравнению с другими возобновляемыми источниками энергии являются возможность его транспортировки, готовность к использованию действующими котельными и как моторного топлива, получение, помимо производства энергии, дополнительных экономико-экологических выгод: например, утилизация отходов лесного хозяйства улучшает условия восстановления лесных массивов, уменьшает риск лесных пожаров и распространения насекомых-вредителей. В сельском хозяйстве, участвуя в севообороте, «энергетические» посевы могут улучшить качество почвы. Многолетние травы препятствуют ее эрозии, регулируют влагооборот, способствуют очищению воды от примесей. Существенную ценность представляет и возможность использования «энергетических» трав для освоения бросовых земель и пустошей, не пригодных для производства продовольственных культур. Наконец, образующийся при горении биомассы CO_2 количественно точно соответствует тому его объему, который источник биомассы (растение, являющееся основой топлива), адсорбировал в процессе своего роста, что позволяет не превышать уровень выбросов углекислого газа в атмосферу.⁹⁶

Процесс превращения биомассы в различные виды биотоплива на биоэнергетических заводах, как и любое производство, также подвержен влиянию климатических условий. Например,

⁹⁶ Без учета затрат энергии на производство этой биомассы и связанных с этим выбросов парниковых газов.

относительная влажность влияет на процессы коксования древесного угля, так как продолжительность этих процессов пропорциональна количеству древесной влаги. На производство биогаза оказывают влияние температура воздуха (при низкой температуре производство биогаза уменьшается, для производства более благоприятна высокая температура) и влажность воздуха (высокая влажность может вызвать коррозию материала, а чрезмерная сухость — растрескивание оборудования). В связи с этим, для того чтобы в полной мере реализовать потенциал биоэнергетики в России, планирование и проектирование биоэнергетических заводов должно производиться с учетом как современного климата, так и его ожидаемых изменений.

3.2.2. Сельское хозяйство

Россия — страна с одним из самых суровых климатов на планете для сельскохозяйственного производства. Среднероссийский уровень биоклиматического потенциала (БКП) агросферы на 40 % ниже западноевропейского и близок к среднему уровню БКП Швеции, Норвегии и Финляндии. Эти обстоятельства непосредственно сказываются на продуктивности сельского хозяйства: будучи одним из крупнейших мировых производителей зерна (8 % посевов и 4—5 % сбора зерновых), по урожайности этих культур Россия значительно уступает развитым странам.

Отмеченное отставание объясняется не столько различиями почвенно-климатических условий и низким уровнем БКП, сколько низкой эффективностью использования климатических ресурсов. Для России отношение урожайности зерновых культур к БКП в среднем составляет 15 % (от 26 % для Северного Кавказа до 12 % — для Северо-Западного региона), что втрое ниже западноевропейского уровня. В табл. 3.4 представлен прогноз урожайности зерновых культур, составленный на основании оценок БКП по регионам России (методика ВНИИСХМ Росгидромета) при условии достижения современного западноевропейского уровня использования природных ресурсов.⁹⁷ Ожидаемая урожайность зерновых

⁹⁷ Сиротенко О. Д., Павлова В. Н. Аналоговый прогноз урожайности зерновых культур и основные направления оптимизации размещения сельскохозяйственного производства с учетом изменений климата. Агрометеорологическое обеспечение устойчивого развития сельского хозяйства в условиях глобального изменения климата // Труды ВНИИСХМ. 2010. Вып. 37. С. 22—41; Гордеев А. В., Клещенко А. Д., Черняков Б. А., Сиротенко О. Д., Темников В. Н., Усков И. Б., Романенков В. А., Рухович Д. И. Биоклиматический потенциал России: меры адаптации в условиях изменяющегося климата. — М., 2008. 205 с.

культур при достаточном минеральном питании и увлажнении варьирует от 92 ц/га в Краснодарском крае до 50 ц/га в Иркутской области при современном климате. Максимальный эффект интенсификация земледелия может обеспечить в нечерноземной зоне, где урожайность зерновых должна возрасти в 3—4 раза.

Оценки скорости изменения (тренда) сумм температуры воздуха за период с температурой выше 10 °С (основной показатель теплообеспеченности сельскохозяйственных культур) показывает, что максимальная скорость роста обеспеченности теплом (порядка 50—100 °С за 10 лет) наблюдается в земледельческих районах Сибири, а также на территории Северо-Западного, Центрально-Черноземного и Северо-Кавказского регионов (рис. 3.7). Повсеместно возрастает продолжительность вегетационного периода (в Сибири и на Северном Кавказе со скоростью 3—4 дня за 10 лет).

Наряду с благоприятным для сельского хозяйства России ростом теплообеспеченности повсеместно уменьшается годовая амплитуда температуры, главным образом, в результате повышения температуры самого холодного периода года и возрастает продол-

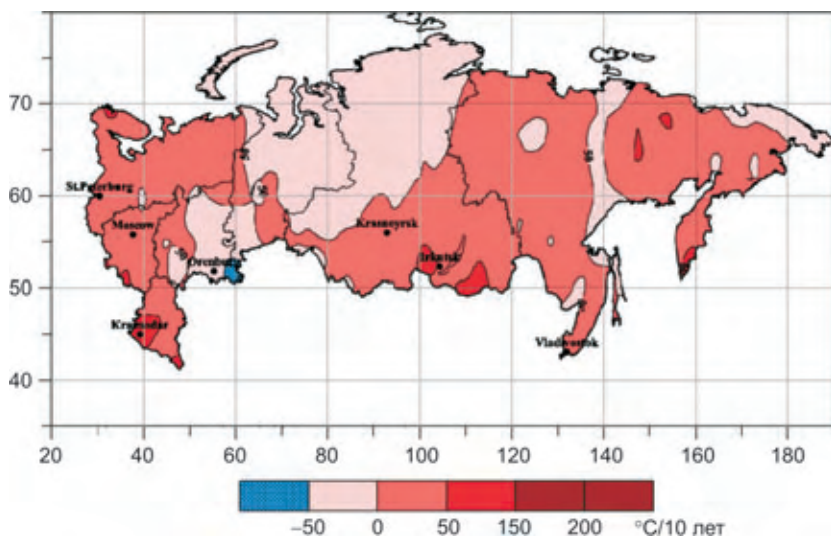


Рис. 3.7. Средняя скорость изменения (тренд) сумм активных температур выше 10 °С (°С/10 лет) за период 1975—2009 гг.⁹⁸

⁹⁸ Сиротенко О. Д., Романенков В. А. Климат и эволюция биосферы: Россия XX—XXI века // *Наука в России*. 2007. № 6. С. 32—39 (авторы рисунка О. Д. Сиротенко и Е. В. Абашина).

жительность так называемой климатической весны (периода с температурой от 5 до 15 °С). Температура января, наряду с высотой снежного покрова, определяет риски вымерзания озимых зерновых культур (рис. 3.8). Рост теплообеспеченности сельскохозяйственных культур, уменьшение степени континентальности климата, повышение температуры наиболее холодного периода года являются благоприятными факторами, способствующими повышению продуктивности и устойчивости аграрного производства Российской Федерации.

Наблюдаемые изменения увлажненности почв при развитии потепления не столь однозначны. Повышение температуры воздуха неизбежно приводит к увеличению испарения и как следствие к увеличению дефицита почвенной влаги, который возрастает или уменьшается в зависимости от изменения количества осадков. Продуктивность агроэкосистем зависит от соотношения изменений температуры воздуха и количества атмосферных осадков (индексы сухости по М. И. Будыко) (рис. 3.9). Отрицательные тренды индекса сухости свидетельствуют о том, что общая за год увлажненность южных и юго-восточных регионов ЕЧР за последние 30 лет,

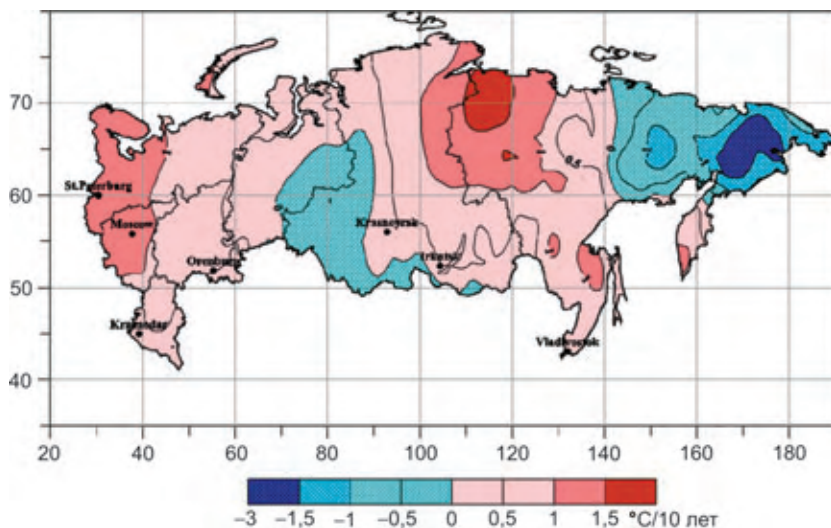


Рис. 3.8. Средняя скорость изменения (тренд) температуры января (°С/10 лет) за период 1975—2009 гг.⁹⁹

⁹⁹ Сиротенко О. Д., Романенков В. А. Климат и эволюция биосферы: Россия XX—XXI века // *Наука в России*. 2007. № 6. С. 32—39 (авторы рисунка О. Д. Сиротенко и Е. В. Абашина).

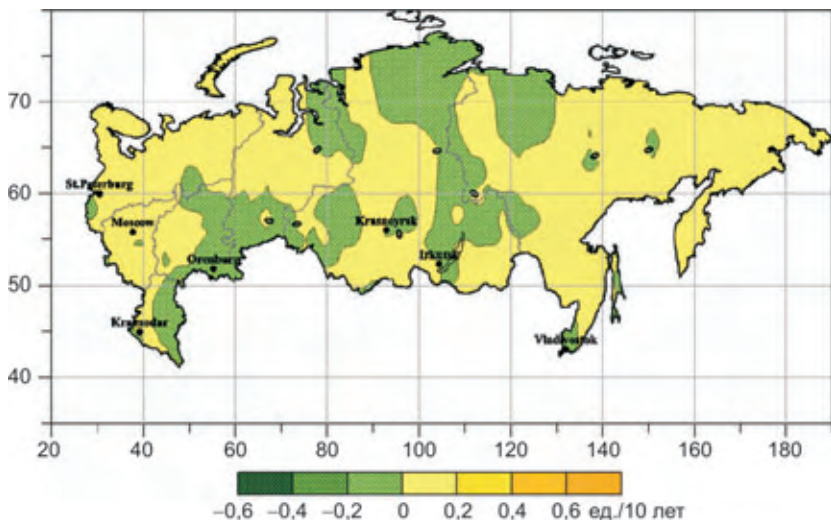


Рис. 3.9. Динамика (тренд) индекса сухости по М. И. Будыко (ед./10 лет) по данным наблюдений за период 1975—2009 гг.¹⁰⁰

по крайней мере, не уменьшилась. В Западной Сибири наблюдается уменьшение индексов сухости в западной и южной частях региона и некоторое их увеличение в Алтайском крае и Кемеровской области. Слабое увеличение наблюдается в некоторых регионах Восточной Сибири и Дальнего Востока. Отмечается заметное увеличение количества осадков осенью на всей территории черноземной зоны Российской Федерации за исключением Южного Урала. В целом изменения увлажненности за последние 30 лет благоприятны для аграрного производства на всей территории, кроме ряда районов Сибири и Центрально-Черноземного района.

Интегральным показателем оценки влияния наблюдаемых изменений климата на продуктивность сельского хозяйства могут служить климатообусловленные тренды урожайности (табл. 3.4 и 3.5), которые идентифицированы с помощью соответствующих физико-статистических моделей.

Можно заключить, что на фоне глобальной тенденции снижения урожайности зерновых культур из-за потепления климата в России наблюдается обусловленное этими изменениями клима-

¹⁰⁰ Глобальные изменения климата и прогноз рисков в сельском хозяйстве России / Под ред. акад. Россельхозакадемии А. Л. Иванова и В. А. Кирюшина. — М., 2009. 517 с. (авторы рисунка О. Д. Сиротенко и Е. В. Абашина).

Таблица 3.4

Аналоговый прогноз урожайности зерновых культур при достижении западноевропейского уровня использования биоклиматического потенциала¹⁰¹

Регион	Ожидаемая урожайность (ц/га) при достаточном	
	минеральном питании	минеральном питании и увлажнении
Северо-Западный	61,0	61,2
Центральный	63,5	65,0
Волго-Вятский	58,0	61,0
Центрально-Черноземный	62,0	74,0
Поволжье, север	54,5	67,0
Поволжье, юг	29,5	79,5
Северо-Кавказский	48,5	85,5
Уральский	50,0	63,5
Западно-Сибирский	53,5	59,0
Восточно-Сибирский	51,5	53,0
Дальневосточный	61,5	62,0
Российская Федерация	54,0	66,4

Таблица 3.5

Климатообусловленные тренды урожайности зерновых культур по федеральным округам России за период 1975—2006 гг.

(I — в ц/га за 10 лет, II — в % за 10 лет)

Федеральный округ	Валовой сбор*, млн т	Зерновые и зернобобовые в целом		Озимая пшеница		Яровой ячмень	
		I	II	I	II	I	II
Приволжский	21,92	0,32	2,6	0,47	2,8	0,26	2,1
Южный	26,22	0,30	2,2	0,36	2,0	0,44	3,2
Центральный	15,31	-0,02	-0,3	0,06	0,4	-0,02	-0,2
Сибирский	12,84	0,16	1,6	—	—	0,19	2,0
Дальневосточный	0,41	0,23	2,0	—	—	0,23	1,98
Уральский	4,75	0,23	1,7	0,10	0,6	0,15	1,1

* Фактический валовой сбор всех зерновых и зернобобовых культур в среднем за 2003—2008 гг.

¹⁰¹ Сиротенко О. Д., Павлова В. Н. Аналоговый прогноз урожайности зерновых культур и основные направления оптимизации размещения сельскохозяйственного производства с учетом изменений климата. Агрометеорологическое обеспечение устойчивого развития сельского хозяйства в условиях глобального изменения климата // Труды ВНИИСХМ. 2010. Вып. 37. С. 22—41.

та повышение урожайности. Самыми высокими темпами (2,2—2,6 % за 10 лет) урожай зерновых возрастали в Приволжском и Южном федеральных округах. Благодаря этому за последние 30 лет суммарный валовой сбор всех зерновых и зернобобовых культур увеличился там на 1,71 млн и 1,73 млн т соответственно. В Сибирском и Уральском федеральных округах прирост был скромнее: 620 тыс. и 240 тыс. т соответственно, а на территории Центрального федерального округа влияние изменений климата было и вовсе разнонаправленным, что привело к снижению общего валового сбора на 140 тыс. т. Практически повсеместно отмечено обусловленное климатом повышение урожайности подсолнечника и сахарной свеклы (табл. 3.6). Заметное повышение урожайности кукурузы в Приволжском и Центральном федеральных округах (на 2,2 ц/га за 10 лет) сопровождалось уменьшением урожайности этой культуры в Южном федеральном округе из-за роста засушливости летнего периода.

Можно предположить, что наблюдаемые тенденции изменений урожайности сельскохозяйственных культур сохранятся в течение ближайших 5—10 лет. Оценки дальнейших изменений урожайности для гумидного и аридного сценариев глобального потепления представлены в табл. 3.7 и 3.8 соответственно.

При реализации благоприятного гумидного потепления (см. табл. 3.7) следует ожидать климатообусловленного повышения продуктивности сельского хозяйства до 2060—2070 гг. Особенно значительное повышение урожайности возможно на ЕЧР в районах, расположенных севернее 50° с. ш. При этом в Северо-Кавказском регионе и в Сибири к середине столетия возможно снижение урожайности до 5—7 и 20 % соответственно.

Таблица 3.6

Климатообусловленные тренды урожайности кормовых и технических культур за период 1990—2006 гг. (в ц/га за 10 лет)¹⁰²

Сельскохозяйственная культура	Район			
	Центральный нечерноземный	Центрально- Черноземный	Приволж- ский	Южный
Подсолнечник	1,32	0,29	0,35	0,37
Сахарная свекла	—	6,00	5,32	7,78
Кукуруза	1,06	1,25	2,24	-2,92

¹⁰² Сиротенко, О. Д., Абашина Е. В., Павлова В. Н. Проблема оценки влияния изменений климата на продуктивность агросферы: модели, сценарии и результаты для сельского хозяйства России // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2009. Т. 166. С. 567—573.

Таблица 3.7

**Изменение урожайности сельскохозяйственных культур
(в % от уровня последнего десятилетия XX века) при увеличении
содержания CO₂ в атмосфере и изменении климата¹⁰³**

Экономический район	Годы XXI века					
	30—40	60—70	90—100	30—40	60—70	90—100
	<i>Зерновые культуры</i>			<i>Кормовые культуры</i>		
Северный	26	24	13	22	32	31
Северо-Западный	22	12	22	21	24	30
Калининградский	34	25	29	22	22	20
Центральный	27	25	13	19	24	17
Волго-Вятский	20	26	11	21	30	19
Центрально-Черноземный	15	15	-7	20	24	7
Поволжье, север	16	19	-10	24	30	8
Поволжье, юг	7	30	20	5	14	1
Северо-Кавказский	-6	-7	-13	2	3	-7
Уральский	11	16	-7	14	28	17
Западно-Сибирский	-7	-1	-23	6	19	1
Восточно-Сибирский	-12	-18	-24	0	0	-4
Дальневосточный	10	12	5	6	13	7
Россия в целом	11	14	-1	13	21	11

Аридное потепление (см. табл. 3.8) неблагоприятно для сельского хозяйства России. В этом случае к 2020 г. можно ожидать падение производства зерна на ЕЧР в среднем на 9 %, а к 2050 г. — до 17 %. При таком, неблагоприятном в целом сценарии глобального потепления ожидается заметное повышение продуктивности зернового хозяйства в Северном и Северо-Западном регионах (до 10 %), а кормопроизводства — на всей территории нечерноземной зоны России. Особенно значительный рост кормовой базы, животноводства (до 25 %) следует ожидать на территории Северо-Западного региона.

Гумидный (см. табл. 3.7) и аридный (см. табл. 3.8) сценарии изменений климата ограничивают диапазон возможной реакции сельского хозяйства России на ожидаемое глобальное потепление.

¹⁰³ Израэль Ю. А., Сиротенко О. Д. Моделирование влияния изменений климата на продуктивность сельского хозяйства России // *Метеорология и гидрология*. 2003. № 6. С. 5—17.

**Изменение урожайности сельскохозяйственных культур
(в % от уровня последнего десятилетия XX века) до 2050 г.
при реализации аридного сценария изменения климата A1FI
(климатическая модель HadCM3)¹⁰⁴**

Регион	Зерновые культуры				Кормовые культуры			
	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Северный	7,1	6,6	6,3	9,1	6,0	14,5	18,4	17,9
Северо-Западный	7,9	8,2	10,5	9,2	13,3	17,4	21,6	22,9
Центральный	-0,8	0,2	-1,3	-6,7	3,4	5,0	4,6	-0,7
Волго-Вятский	-6,8	-5,2	-8,2	-13,0	2,8	4,1	3,2	-0,9
Центрально-Черноземный	-14,1	-19,1	-26,9	-34,0	-7,5	-12,4	-19,3	-24,9
Поволжье, север	-13,3	-13,9	-27,4	-40,0	-2,6	-4,1	-9,6	-22,9
Поволжье, юг	-1,3	2,2	1,0	3,1	-8,7	-9,0	-11,5	-12,5
Северо-Кавказский	-23,8	-26,4	-25,9	-19,0	-14,4	-17,1	-21,3	-24,9
Уральский	-15,9	-19,0	-26,4	-32,0	-0,4	0,5	-1,5	-10,1
ЕЧР	-8,6	-9,3	-13,2	-17,0	-1,0	-0,4	-2,1	-7,4

При удвоении концентрации CO_2 в атмосфере (по сравнению с доиндустриальным уровнем) северная граница земледелия на ЕЧР приблизится к побережью Арктики, а площадь сельскохозяйственной зоны увеличится в полтора раза. Изолиния 2200°C для сумм температуры воздуха выше 10°C определяет северную территорию, где в 90 % лет могут созревать ранние сорта кукурузы, т. е. возможно высокопродуктивное земледелие. Площадь таких земель увеличится с 1,5 млн до 7,2 млн km^2 , т. е. в 4—5 раз. Более того, на территории России появится регион с суммой температур более 3500°C , в котором могут развиваться субтропическое земледелие и хлопководство.

Расчетные оценки¹⁰⁵ показывают, что изменения климата за последние 30 лет способствуют увеличению первичной продуктивности экосистем (рис. 3.10) и содержания органического углерода в почве (рис. 3.11) на большей части сельскохозяйственной зоны

¹⁰⁴ Сиротенко, О. Д., Абашина Е. В., Павлова В. Н. Проблема оценки влияния изменений климата на продуктивность агросферы: модели, сценарии и результаты для сельского хозяйства России // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2009. Т. 166. С. 567—573.

¹⁰⁵ Сиротенко О. Д., Абашина Е. В. Современные климатические изменения продуктивности биосферы России и сопредельных стран // *Метеорология и гидрология*. 2008. № 4. С. 101—108.

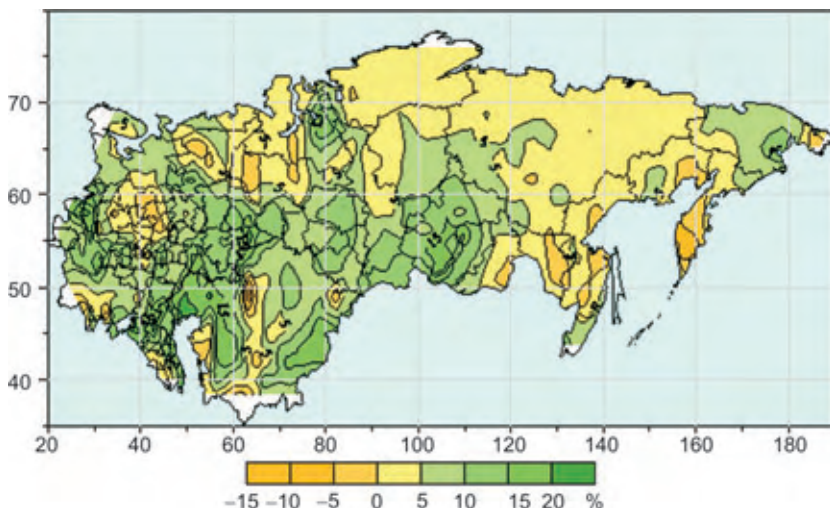


Рис. 3.10. Климатообусловленные изменения (%) годичной первичной продуктивности растительности за период 1975—2004 гг.¹⁰⁶

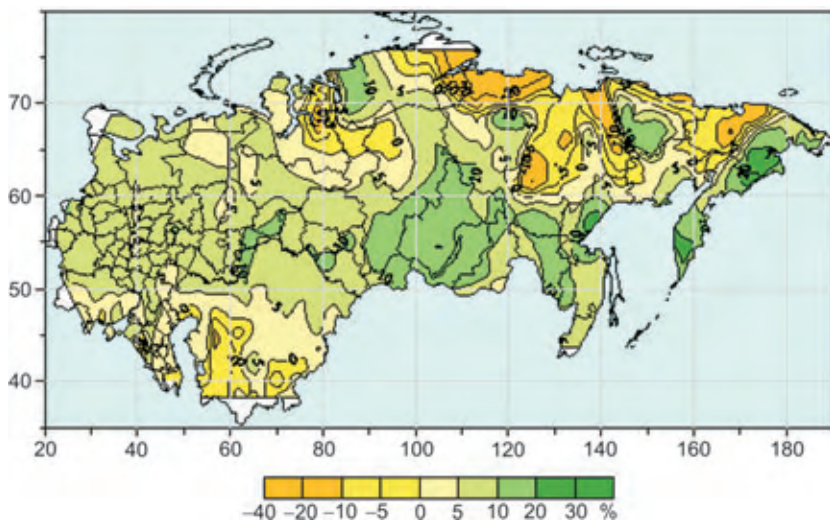


Рис. 3.11. Климатообусловленные изменения (%) содержания органического углерода в почве за период 1975—2004 гг.¹⁰⁶

¹⁰⁶ Сиротенко О. Д., Абашина Е. В. Современные климатические изменения продуктивности биосферы России и сопредельных стран // *Метеорология и гидрология*. 2008. № 4. С. 101—108.

России, что ведет к повышению продуктивности аграрного землепользования. Ожидается, что при дальнейшем умеренном потеплении преобладающая часть почв нечерноземной зоны России сможет накапливать углерод при сохранении достаточного уровня увлажненности. В нечерноземной зоне России ожидаемые изменения климата будут способствовать увеличению содержания органического вещества, в результате чего устойчивое развитие сельского хозяйства, которому соответствует бездефицитный баланс органического вещества, будет достигаться при более низких затратах (меньших дозах органических удобрений и меньшей доле многолетних трав в севообороте), что повысит экономическую эффективность растениеводства.

Среди безусловных отрицательных последствий потепления климата повсеместно отмечается увеличение популяций вредителей зерновых злаков, особенно тли. Прогнозируется рост массового размножения многих теплолюбивых видов вредителей, в том числе и саранчовых. Ожидается дальнейшее распространение и укоренение саранчовых не только в Ставропольском и Краснодарском краях, Ростовской области и Нижнем Поволжье, но и в Омской и Читинской областях, Республике Саха (Якутия) и Республике Тыва и других регионах. Следует ожидать дальнейшего продвижения на север и восток границ ареала колорадского жука. Перечисленные проблемы означают существенное повышение значимости фитосанитарной диагностики, мониторинга и контроля для эффективной работы аграрного комплекса России.

3.2.3. Лесное хозяйство

Значение лесного комплекса в экономике России определяется огромными запасами древесины, широким территориальным распространением лесных ресурсов и тем, что в настоящее время практически нет такой сферы экономики, где бы не использовались древесина или ее производные. Необходимо учесть и то, что леса имеют ключевое значение в борьбе с изменением климата.

Площадь, покрытая лесами, в Российской Федерации составляет 774,3 млн га, т. е. 22 % лесной площади мира, или 46,1 % площади лесов умеренных широт. В лесах России сосредоточено свыше половины мировых запасов наиболее ценных хвойных пород. Общие промышленные запасы древесины достигают 30 млрд м³. Ежегодный прирост леса составляет более 800 млн м³, а установленная расчетная лесосека, т. е. количество леса, которое может быть вырублено без ущерба для экологии, — 538,4 млн м³.

Основными факторами, определяющими распространение древесных пород, являются климат и плодородие почвы. Климат влияет на:

производительность лесов и разнообразие лесной флоры и фауны,

направленность и динамику нежелательных сукцессий, гидрологический режим лесов,

устойчивость лесных биогеоценозов к разрушающим природным и антропогенным факторам.

Границы распространения древесных пород определяются крайними значениями количества тепла и влаги, а оптимальные их значения (не одинаковые для различных пород) обуславливают наиболее высокое качество и продуктивность древостоев. Изолинии максимального прироста естественных древостоев проходят в подзоне хвойно-широколиственных лесов Европы, березово-сосново-темнохвойных лесов Сибири и хвойно-широколиственных лесов Приморья. В России, как и во всем мире, наибольшее хозяйственно-экономическое значение имеют хвойные леса. В Российской Федерации продуктивность естественных хвойных насаждений максимальна в зонах южной тайги и смешанных лесов.

Ожидаемое изменение климата приведет в целом к повышению продуктивности бореальных лесов России. Вместе с тем, будет продолжаться отмечаемое уже сейчас общее повышение пожарной опасности в лесах и на торфяных болотах. В ближайшее десятилетие для большей части территории России увеличение числа дней с пожароопасной обстановкой составит до пяти дней за сезон. Сильнее всего увеличится продолжительность периода пожароопасной обстановки (более семи дней за сезон) на юге Ханты-Мансийского автономного округа, в Курганской, Омской, Новосибирской, Кемеровской и Томской областях, в Красноярском и Алтайском крае, в Республике Саха.

Вероятное изменение климатических ресурсов для лесного хозяйства, рассчитанных на основе специализированных климатических показателей (БКП, показатель пожарной опасности, повторяемость скорости ветра более 15 м/с и температуры воздуха ниже -30°C) по ансамблю современных климатических моделей к середине XXI века по сравнению со второй половиной XX века, представлено на рис. 3.12.

Карты построены в относительных (условных) единицах, т. е. позволяют представить, насколько условия для лесного хозяйства в одних субъектах Российской Федерации более благоприятны,

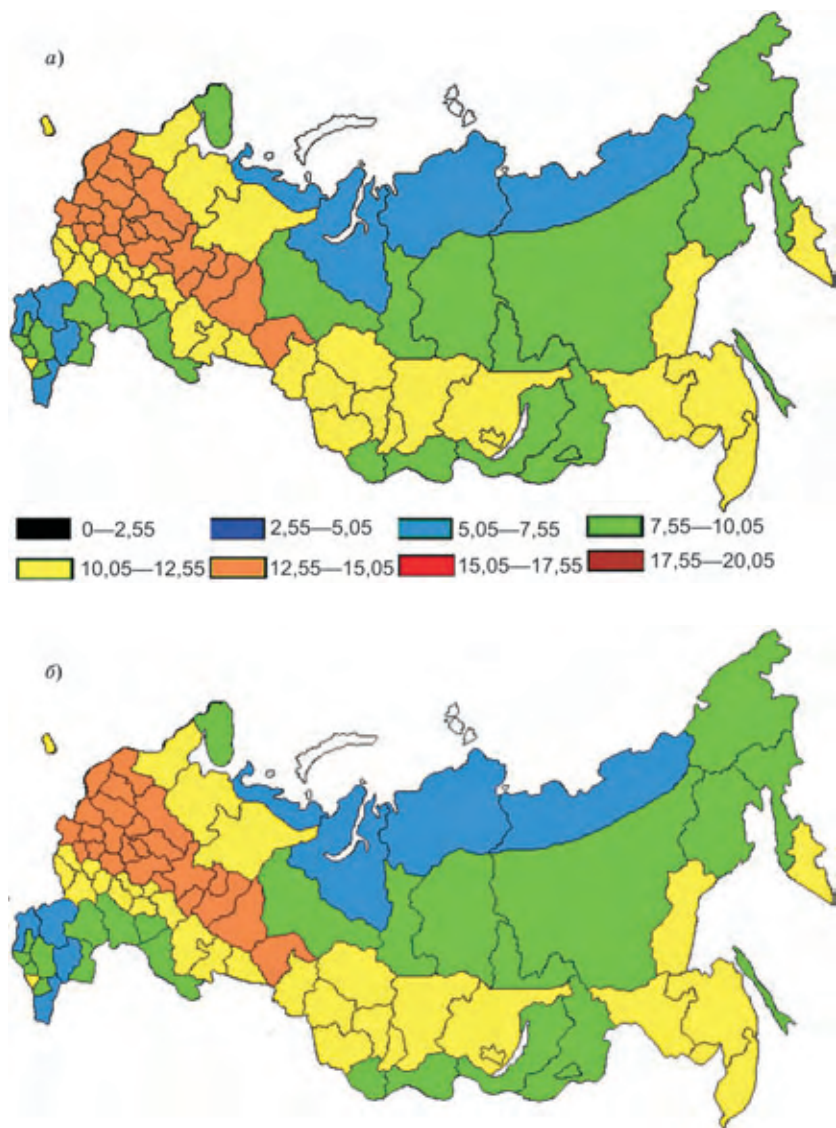


Рис. 3.12. Климатические ресурсы (у. е.) для лесного хозяйства за периоды 1940—2003 гг. (а) и 2041—2060 гг. (б).¹⁰⁷

¹⁰⁷ Климатические факторы возобновляемых источников энергии / Под ред. Н. В. Кобышевой, Г. И. Сидоренко, В. В. Елистратова. — СПб: Наука, 2011. 325 с.

чем в других. Методика расчета условных единиц представлена в Энциклопедии климатических ресурсов Российской Федерации (2005).¹⁰⁸ Необходимо отметить, что на территории многих административных областей наблюдается неоднородность климатических условий, однако при обработке данных использовались осредненные удельные показатели климата по каждому региону. Поэтому следует признать, что полученная карта климатических ресурсов лишь приближенно оценивает реальную ситуацию.

Границы растительных зон будут в основном сдвигаться к северу. Из-за изменения уровня грунтовых вод во многих лесных областях (в первую очередь, в центре и на северо-западе России) во все больших масштабах будет отмечаться нарушение экологического равновесия, вытеснение одних биологических видов другими; в частности, возможна частичная замена хвойных пород лиственными. Кроме того, увеличится вероятность массового размножения вредителей леса. Ожидаемое повышение повторяемости сильных ветров может привести к более частым буреломам.

3.2.4. Водное хозяйство

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 % 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 серьезной водно-экологической проблемы в системе бассейн Дона — Азовское море.

В результате изменений климата и экономического развития ожидаются уменьшение водных ресурсов и водообеспеченности

¹⁰⁸ Энциклопедия климатических ресурсов Российской Федерации / Под ред. Н. В. Кобышевой, К. Ш. Хайруллина. — СПб.: Гидрометеиздат, 2005. — 319 с.

(до 10—20 %) и увеличение нагрузки на водные ресурсы (до 25 %) в первой четверти XXI века в черноземных областях Центрального федерального округа и в ряде субъектов Южного федерального округа, а кроме того, в верховьях Оби и Иртыша и юго-западной части Сибирского федерального округа.

В маловодные годы водобеспеченность Белгородской и Курской областей, Ставропольского края и Республики Калмыкия может быть очень низкой или критически низкой (1000—1500 м³ на человека в год). В этом случае нехватка пресной воды становится фактором, сдерживающим экономический рост и повышение благосостояния населения, и потому необходимо строгое регулирование и ограничение водопотребления.

Изменения ледового режима рек

К негативным последствиям изменения климата относятся сокращение сроков действия ледовых переправ, приводящее к затруднениям в работе грузового и пассажирского транспорта, повышение шугоносности верхних бьефов водохранилищ ГЭС, образование полыней на крупных водоемах и повышение туманообразования.

Прогнозируемые сокращения продолжительности ледостава на многих водных объектах Российской Федерации 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 федеральных округов, 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 межлетнего стока и продолжительности навигации практически для всех крупных рек Российской Федерации благоприятствует развитию речного судоходства и увеличению объема грузоперевозок. Открываю-

щиеся 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 годов.

Наводнения и паводки

При потеплении климата наиболее опасными последствиями представляются наводнения и паводки. В перспективе ожидается увеличение примерно в два раза повторяемости максимальных уровней наводнений в результате муссонных осадков в Дальневосточном федеральном округе, заторных наводнений на реке Лене и на ряде других сибирских рек. Повторяемость паводков, вызванных сильными дождями, на Дальнем Востоке увеличится в 1,2—1,5 раза: в среднем с одного паводка в 10—15 лет в последней четверти XX века до одного паводка в 7—12 лет в первой четверти XXI века.

3.2.5. Строительство

Основной принцип учета климатических условий в строительстве состоит в обеспечении оптимального (в зависимости от назначения) микроклимата внутри зданий, а также необходимой надежности и долговечности конструкций при минимальном расходе энергии на отопление и вентиляцию зданий. Существующие здания, построенные в середине XX века и последующие десятилетия, проектировались на основе климатических параметров, характеризующих условия середины прошлого века, и в настоящее время не всегда обеспечивают возможность создания внутри них оптимального микроклимата. В связи с возникновением экстремальных атмосферных нагрузок и неполным соблюдением регламентов эксплуатации многие конструкции функционируют только за счет запасов прочности, что влечет за собой высокую вероятность разрушений, аварий и катастроф. При проектировании новых зданий и сооружений в условиях нестационарного климатического режима необходимо не только использовать обновленные современные характеристики климата, но и в ряде отношений изменять принципы строительного проектирования.

Тепловая защита зданий

Требования к повышению тепловой защиты зданий и сооружений становятся важным объектом государственного регулирования.

ния в большинстве стран мира. Эти требования рассматриваются также с точки зрения охраны окружающей среды и уменьшения антропогенного воздействия на климат.

К числу наиболее важных климатических параметров, влияющих на проектирование ограждающих конструкций зданий с точки зрения их тепловой защиты, относятся термические показатели холодного периода года, в частности квантили температуры воздуха наиболее холодной пятидневки. Происходящее и ожидаемое потепление, наиболее интенсивное в зимний сезон, приведет к постепенному увеличению этой характеристики на территории России, особенно заметному на ЕЧР (рис. 3.13). Увеличение значений данного показателя в настоящее время способствует повышению тепловой эффективности существующих зданий, которые проектировались на основе нормативных значений для более холодного климата.

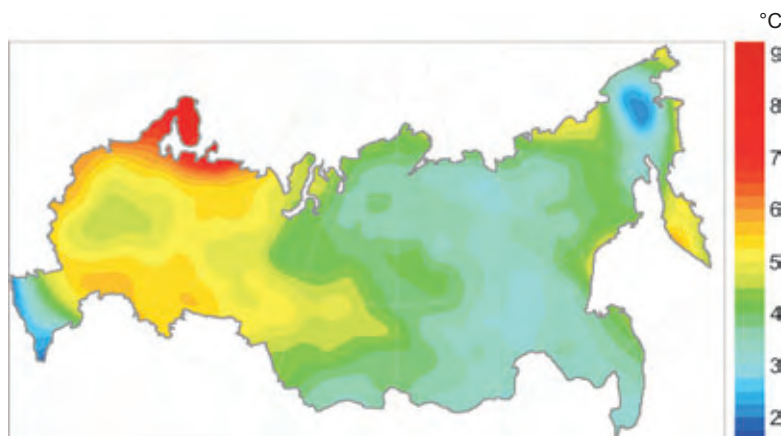


Рис. 3.13. Ожидаемое к середине XXI века (2041—2060 гг.) изменение температуры наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по отношению к периоду 1980—1999 гг.¹⁰⁹

Приведены результаты осреднения по ансамблю из десяти глобальных климатических моделей суточного разрешения для сценария А2.

Системы отопления

При проектировании систем отопления зданий и определении их мощности важно иметь в виду, что в ближайшие два-три десятилетия региональные изменения климата с высокой степенью вероятности останутся соизмеримыми с естественной изменчиво-

¹⁰⁹ Рисунок предоставлен Е. И. Хлебниковой и И. А. Салль.

стью климатической системы. В практическом плане это означает, что на территории России по-прежнему будут возможны суровые зимы, хотя их повторяемость значительно уменьшится.

Системы вентиляции и кондиционирования

Для поддержания оптимального микроклимата внутри зданий в условиях происходящего потепления необходимы создание и использование эффективных систем вентиляции. В связи с повышением температуры в летний период и существенным увеличением повторяемости экстремально теплых летних сезонов (рис. 3.14) возрастет потребность в кондиционировании воздуха в жилых, общественных и промышленных зданиях не только в южных районах России, но и в крупных мегаполисах, расположенных в средних широтах (в первую очередь, в Москве). В связи с этим возникает серьезная проблема создания и внедрения экономичных систем кондиционирования, основанных на полном учете детальной специализированной климатической информации и соответствующих по уровню электропотребления лучшим мировым образцам.

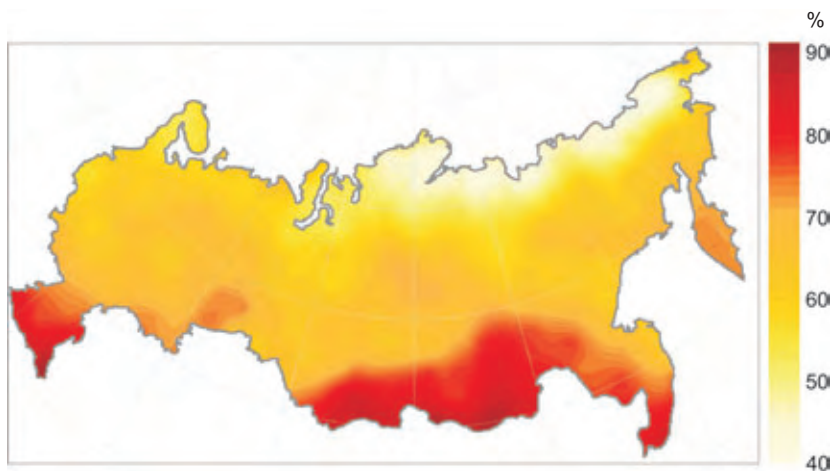


Рис. 3.14. Ожидаемое число (%) экстремально теплых¹¹⁰ летних сезонов.¹¹¹ Приведены результаты осреднения по ансамблю из десяти глобальных климатических моделей суточного разрешения для сценария А2.

¹¹⁰ Экстремально теплыми считаются сезоны со средними значениями, которые наблюдались в конце XX века не чаще одного раза за десятилетие.

¹¹¹ Рисунок предоставлен Е. И. Хлебниковой и И. А. Салль.

Долговечность зданий

Увеличение числа переходов температуры воздуха через $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 3.15) в сочетании с увеличением количества жидких осадков в холодное время года уже в настоящее время приводит к ускоренному старению зданий и сооружений и в ближайшем будущем потребует серьезного увеличения эксплуатационных расходов. Увлажнение стен, особенно интенсивное при сильном ветре, и последующее их охлаждение приводят к замерзанию воды в порах материалов и оказывают разрушительное воздействие на конструкции. Именно по этой причине в 2010 г. в Санкт-Петербурге начался процесс обрушения кирпичной облицовки на домах массовых серий с малым сроком эксплуатации.

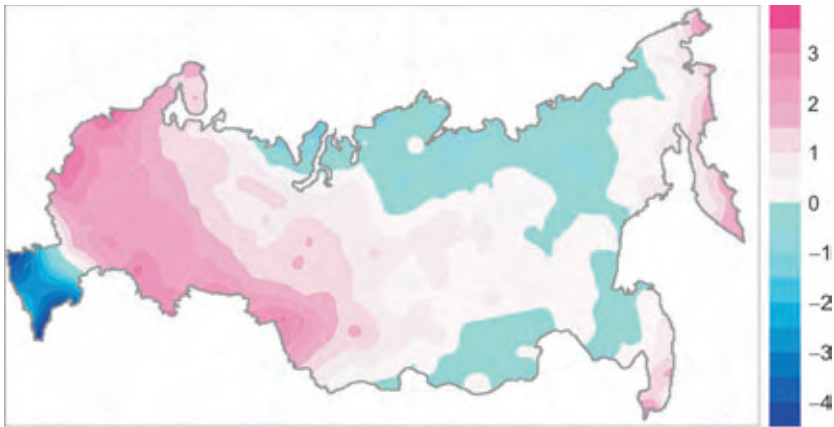


Рис. 3.15. Изменение числа переходов средней суточной температуры воздуха через $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, ожидаемое к середине XXI века.¹¹²

Приведены результаты осреднения по ансамблю из десяти глобальных климатических моделей суточного разрешения для сценария А2.

Безопасность зданий и атмосферные нагрузки

Для обеспечения надежности, безопасности и долговечности возводимых зданий и сооружений первоочередное значение имеет корректный учет атмосферных нагрузок, к которым относят снеговые, ветровые и гололедные нагрузки, а также температурные воздействия. Все эти виды нагрузок в той или иной степени подвержены влиянию происходящих климатических изменений.

¹¹² Рисунок предоставлен Е. И. Хлебниковой и И. А. Салль.

Ветровые нагрузки. Для большей части зданий воздействие ветра наиболее существенно проявляется в увеличении потерь тепла. По отношению к высотным сооружениям, таким как телевизионные и радиомачты, дымовые трубы и т. п., ветровая нагрузка является основной. Ветер оказывает существенное влияние на ЛЭП и другие воздушные линии. Корректный учет ветровых нагрузок имеет большое значение при возведении высотных зданий (т. е. общественных зданий высотой 50 м и более и жилых зданий высотой более 75 м), получивших в последние годы широкое распространение.

В Стандарте организации (СТО),¹¹³ введенном в действие в 2009 г., районирование территории Российской Федерации осуществлено на основе значений скорости ветра, соответствующих повторяемости установленного уровня раз в 50 лет. При проектировании объектов, для которых необходимо обеспечить высокую степень надежности и безопасности (в частности, АЭС), расчетная ветровая нагрузка определяется по значениям скорости ветра, соответствующим периоду повторяемости в 10 тыс. лет. Это означает, что при проектировании сооружения задается вероятность превышения расчетной скорости ветра в течение 100 лет, равная 0,99. Если учесть, что пока не решены проблемы, связанные с выводом из эксплуатации и консервацией АЭС, установленное требование не кажется чрезмерным.

Сравнение средних значений ветровой нагрузки за последнее десятилетие XX века со средним многолетним значением за предшествующий базовый период не выявляет ее увеличения — отмечается даже ее незначительное уменьшение.

Однако при сохранении средних значений скорости ветра возможна трансформация их вероятностных распределений к виду распределений с «тяжелыми» хвостами за счет увеличения вклада штормовых скоростей. В связи с повышением экстремальных температур и осадков ожидается также усиление эффектов, обусловленных совместным воздействием ветровых нагрузок, температурных деформаций и коррозионного разрушения. Последнее обстоятельство имеет особое значение в связи с наметившейся тенденцией к широкому использованию в строительстве и реконструкции зданий навесных фасадных систем, предназначенных для утепления и облицовки внешних ограждающих конструк-

¹¹³ Стандарт организации СТО 36554501-015—2008. *Нагрузки и воздействия.* — М., ФГУП «НИЦ «Строительство», 2008. 52 с.

ций. Увеличение атмосферных нагрузок приводит к повышенному риску отрыва и падения плит облицовки.

Гололедные и гололедно-ветровые нагрузки являются основным видом нагрузок на линии связи (ЛС) и линии электропередачи (ЛЭП). Недочет этих нагрузок приводит к многочисленным авариям на современных ЛС и ЛЭП, которые причиняют колоссальный ущерб. Ожидаемое увеличение гололедно-изморозевых явлений, в особенности сочетающихся с сильным ветром, приведет к увеличению числа таких аварий.

Снеговые нагрузки на горизонтальную поверхность определяются весом снежного покрова на единицу площади. Нормативная снеговая нагрузка на различные покрытия рассчитывается как произведение снеговой нагрузки на горизонтальную поверхность и коэффициента, зависящего от технических параметров покрытия.

Вопрос о нормировании снеговых нагрузок вызывает широкие дискуссии среди специалистов. За последние десятилетия расчетные значения этого вида нагрузок неоднократно изменялись в сторону повышения,¹¹⁴ что было связано с неудачным опытом эксплуатации конструкций, рассчитанных по предыдущим изданиям СНиП (Шереметьево, Ленинградский вокзал, ЛенЭкспо, транспортная галерея Архангельска, Бокситогорский глиноземный комбинат и др.).

Происходящее потепление климата сопровождается сложными изменениями в режиме выпадения осадков. С одной стороны, сокращается весенний период с неустойчивым снежным покровом. С другой стороны, в средних и высоких широтах отмечается увеличение количества зимних осадков и регистрируются экстремально высокие суточные суммы осадков. На большей части территории России уже в настоящее время диагностируется увеличение числа дней с высотой снежного покрова более 20 см.¹¹⁵ Кроме того, в результате потепления климата на обширных территориях, и прежде всего на европейской части России, в течение холодного сезона наблюдаются частые переходы температуры воздуха через 0 °С, способствующие подтаиванию нижней части

¹¹⁴ СНиП 2.01.07—85: Нагрузки и воздействия. — М., ГУП ЦПП, 2003.

¹¹⁵ Сиротенко О. Д., Павлова В. Н. Аналоговый прогноз урожайности зерновых культур и основные направления оптимизации размещения сельскохозяйственного производства с учетом изменений климата. Агрометеорологическое обеспечение устойчивого развития сельского хозяйства в условиях глобального изменения климата // Труды ВНИИСХМ. 2010. Вып. 37. С. 22—41.

слоя снега на покрытиях зданий с последующим образованием ледяной притертой корки. В ближайшие десятилетия ожидается усиление отмеченных тенденций, что может привести к возникновению экстремально высоких снеговых нагрузок даже на фоне слабо меняющихся средних значений.

По сравнению с последним изданием СНиП в действующем Стандарте¹¹⁶ нормативные снеговые нагрузки увеличены (детализированы и ужесточены требования к введению уменьшающих коэффициентов; районирование территории осуществлено не по средним значениям ежегодных максимумов, а по значениям нагрузок, возможных один раз в 25 лет). Однако даже принятие таких нормативных значений сохраняет достаточно высокую вероятность их превышения в течение расчетного периода эксплуатации. Особенности происходящих и ожидаемых изменений климата приводят к увеличению вероятности экстремально высоких нагрузок и являются дополнительным фактором риска.

В СТО декларируется гармонизация с основными требованиями международных норм, но это касается в основном лишь используемой системы обозначений и формы представления нагрузок. В настоящее время процесс гармонизации продолжается. Основной задачей является разработка национального приложения к Еврокоду, учитывающему, наряду с обязательными требованиями по безопасности строительного проектирования, особенности формирования снеговых нагрузок на территории России.

Безопасность сооружений и состояние грунтов

Важнейшая составляющая безопасности зданий и сооружений обусловлена состоянием грунтов. Многие промышленные и жилые здания, нефтяные трубопроводы, мосты, взлетно-посадочные полосы и другие объекты построены на многолетней мерзлоте и рассчитаны на эксплуатацию в определенном диапазоне климатических условий. Повышение температуры почвогрунтов и увеличение глубины сезонного протаивания приводят к уменьшению несущей способности фундаментов и их прочности. За последнее десятилетие в районах Крайнего Севера число зданий, получивших повреждения

¹¹⁶ Груза, Г. В., Мещерская А. В. Изменения климата России за период инструментальных наблюдений. *Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации*. Т. 1 / Под ред. А. И. Бедрицкого и др. — М., Росгидромет, 2008, с. 31—87. (www.voeikovmgo.ru/ru/otsenochnyiy-doklad-izmenenie-klimata-na-territorii-rossiyskoy-federatsii-4.html).

из-за неравномерных просадок фундаментов, увеличилось по сравнению с предыдущим десятилетием в 1,5—2 раза.

Увеличение межлетних расходов и уровня воды в реках в условиях уменьшения промерзания почвогрунтов способствует повышению уровня грунтовых вод и подтоплению равнинных территорий. Эти процессы также приводят к деформации фундаментов зданий и сооружений и создают дополнительные риски их разрушения.

3.2.6. Транспорт

Сухопутный транспорт

Дорожно-транспортный автомобильный комплекс включает автомобильный транспорт и автомобильные дороги и организации, обеспечивающие их функционирование.¹¹⁷ Ключевыми проблемами, возникающими под влиянием меняющегося климата на дорожно-транспортный автомобильный комплекс, являются: зимнее содержание дорог, а также безопасность и бесперебойность движения по дорогам в сложных погодных условиях.

Зимой опасность на дороге обусловлена ее скользкостью, связанной с гололедицей, гололедом, черным льдом, снежным накатом. На скользкость дорог влияют как метеорологические, так и дорожные условия, и прежде всего температура дорожного покрытия. При длительных (12 часов) снегопадах и метелях, при слабом ветре, но приросте снежного покрова на 6—10 см, а также при скорости ветра ≥ 15 м/с выводится снегоуборочная техника. При скорости ветра ≥ 15 м/с и увеличении высоты снежного покрова более чем на 10 см возникает стихийное бедствие. Если прирост снежного покрова за сутки составляет более 20 см или интенсивность снегопада превышает 0,4 мм/мин, движение становится аварийно опасным, а при приросте снежного покрова более чем на 30 см — вообще невозможным для основного парка машин.¹¹⁸

Учитывая изменение климата, можно ожидать, что повторяемость формирования условий, способствующих образованию скользкости на дорогах, к середине XXI столетия возрастет (рис. 3.16).

¹¹⁷ Самодурова Т. В., Федорова Ю. В., Панферов К. В., Янина Я. А. Безопасность движения в системе оперативного управления зимним содержанием дорог / В кн.: *Дорожная среда в системе БДД: проектирование, обустройство, эксплуатация*. — СПб, СПбГАСУ, 2008.

¹¹⁸ Самодурова Т. В. Метеорологическое обеспечение зимнего содержания автомобильных дорог. — М., 2003. 185 с.

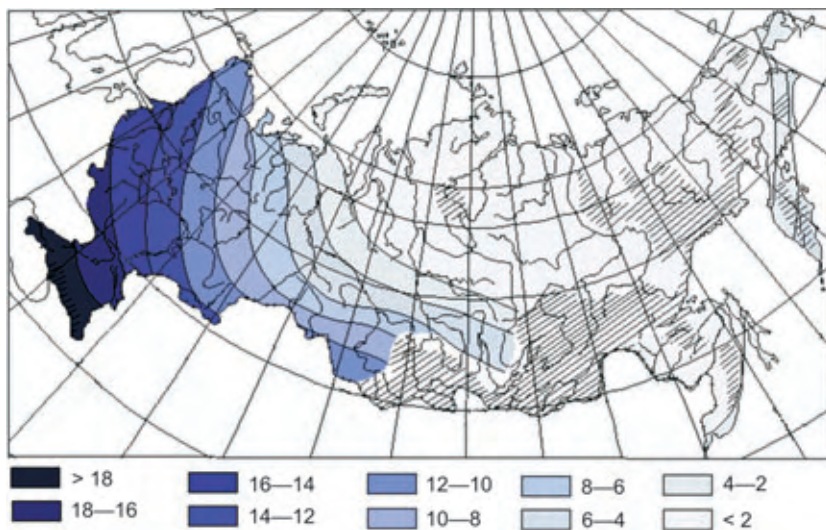


Рис. 3.16. Ориентировочный риск обледенения автодорог (число дней) в январе в середине XXI века.¹¹⁹

Приведены результаты осреднения по ансамблю из десяти глобальных климатических моделей суточного разрешения для сценария А2.

Оценки стоимости работ по зимнему содержанию и потерь, связанных со снижением скорости движения на скользких покрытиях, выполненные по имеющейся методике¹²⁰, составляют для дорог I технической категории при гололеде около 300 рублей на 1 км, при удалении рыхлого снега и профилактике снежного наката около 500 рублей на 1 км. Приведенные данные показывают, что влияние изменений климата на автотранспорт является негативным.

В течение всего года опасность для движения автомобильного транспорта представляет также ухудшение видимости (ночью < 1000 м, днем < 300, < 100, < 50 м). Такие опасные явления, как сильные туман, метель, снегопад, скорость ветра ≥ 20 м/с и, особенно, комплексы, включающие комбинации ОЯ с гололедицей и гололедом на дороге, создают аварийные ситуации на дорогах,

¹¹⁹ Рисунок предоставлен Н. В. Кобышевой.

¹²⁰ Самодурова Т. В., Федорова Ю. В., Панферов К. В., Янина Я. А. Безопасность движения в системе оперативного управления зимним содержанием дорог / В кн.: *Дорожная среда в системе БДД: проектирование, обустройство, эксплуатация*. — СПб, СПбГАСУ, 2008.

приводя к ДТП. Глобальное потепление способствовало повышению повторяемости этих явлений, и эта тенденция будет сохраняться и в середине, и в конце настоящего столетия.

При гололедице и гололеде на дороге средняя скорость движения транспорта составляет около 34 км/ч, в то время как на сухой дороге она достигает 78 км/ч. В табл. 3.9 представлены подробные данные о скорости движения транспортных потоков при различном состоянии дорожного покрытия. В результате потери маневренности происходят опрокидывание автомобилей, столкновения, наезды на неподвижные препятствия. От 12 до 15 % общего числа ДТП связаны со скользкостью дорог.

Железнодорожный транспорт, так же как и автомобильный, круглосуточно работает под открытым небом, и поэтому бесперебойность и безопасность его работы во многом зависят от условий погоды. На работу основных служб железных дорог оказывают влияние практически все явления погоды. В наибольшей зависимости от погодно-климатических условий находится служба пути.

Таблица 3.9

Скорость движения транспортных потоков при различном состоянии дорожного покрытия¹²¹

Состояние покрытия	Скорость движения, км/ч		
	Среднее значение	Доверительный интервал разброса среднего значения для доверительной вероятности	
		0,90	0,95
Снежный накат	41,8	30,6—62,4	27,7—65,4
Гололед	33,8	20,5—47,1	18,2—49,4
Рыхлый снег	46,5	27,3—56,2	24,5—59,1
Мокрое (I технической категории)	67,8	56,6—80,0	54,9—80,7
Мокрое (II—III технические категории)	54,5	42,9—66,1	41,4—67,6
Сухое	77,7	67,4—88,0	65,4—90,0

¹²¹ Васильев А. П. Состояние дорог и безопасность движения автомобилей в сложных погодных условиях. — М.: Транспорт, 1976. 224 с.; Васильев А. П. Проектирование дорог с учетом влияния климата на условия движения. — М.: Транспорт, 1986. 248 с.

К наиболее опасным явлениям погоды можно отнести сильные снегопады и метели, которые ежегодно приводят к нарушению работы станций, узлов и даже целых направлений. Сотни стрелочных переводов на крупных станциях (на станции Санкт-Петербург 300 стрелочных переводов) при постоянной занятости путей часто требуют ручной уборки с привлечением большого числа уборочных бригад.

Другим опасным для бесстыкового пути метеорологическим фактором являются экстремальные температуры воздуха (≥ 25 и ≤ -25 °C), особенно, если они сохраняются длительное время. На состояние пути оказывают влияние также оттепели, дожди и туманы, весенние и дождевые паводки.

Повторяемость всех перечисленных опасных природных явлений в последнее десятилетие возростала, и предполагается ее дальнейшее увеличение. Из этого следует, что расходы на содержание железных дорог с течением времени также будут возрастать. Например, на Октябрьской железной дороге (протяженность более 10 тыс. км) при среднем объеме выпадения снега за зиму около 100 м^3 на 1 м пути (в 2010 г. значительно больше) при сохранении тенденций изменения климата объем снега, подлежащего уборке с главных путей, возрастет до почти 74 тыс. м^3 . Для этого потребуются свыше 70 единиц уборочной техники и затраты более 100 млн рублей.

Второй по зависимости от погодно-климатических условий является служба сигнализации и связи. На ее работу влияют температура воздуха, ветер, осадки, гололед, изморозь и туман. Особенно опасны резкие перепады температуры, очень жаркая и морозная погода. При этом нарушается автоблокировка управления сигналами (красный свет может самопроизвольно смениться на зеленый), что приводит к авариям. Осадки, туманы и гололедно-изморозевые отложения влияют на слышимость, вплоть до ее полного исчезновения. Грозы и сильный ветер могут полностью вывести из строя устройства сигнализации, централизации и блокировки.

Экстремальные температура, ветер, гололед оказывают негативное влияние и на другие железнодорожные службы: электрификации и энергетического хозяйства, вагонную и пассажирскую, контейнерных перевозок, локомотивную и движения. С учетом ожидаемого увеличения экстремальности климата и повторяемости опасных природных явлений следует ожидать увеличения риска аварий и затрат на железнодорожном транспорте.

Аномально жаркое и сухое лето 2010 г. продемонстрировало опасность влияния колебаний температурно-влажностных и других климатических характеристик не только на физическое состояние дорог и на транспортные средства, но и на здоровье и самочувствие людей, управляющих транспортными средствами, а также пассажиров общественного транспорта, включая железнодорожный и автотранспорт, а также метрополитен.

Морской и речной транспорт¹²²

В климатическое обслуживание морского транспорта входит обеспечение морских портов, рыболовецкого, нефтепромыслового, торгового, военного и пассажирского флота, а также добычи полезных ископаемых (железорудных конкреций) и проводки судов по Северному морскому пути через Атлантику в Тихоокеанский регион.

В результате увеличения площади зеркала вод в Арктических морях вследствие вызываемого потеплением подъема уровня происходит таяние как природных, так и искусственных причалов, а также эрозия береговой зоны, в первую очередь северного побережья азиатской части России.

При опасной высоте волн (более 10 м) происходят потери ходового времени судов (около 2 % общего времени).

Для речного транспорта основные опасности возникают в зоне река—море, особенно в северных районах, где образуются заторы и зажоры. При выносном ветре в северных портах необходимо проводить «околку» льда. К середине текущего столетия в среднем ожидается некоторое уменьшение расходов на данные операции.

Воздушный транспорт

Надежды на то, что к концу XX века авиация станет всепогодной, широко обсуждавшиеся в 60-х годах прошлого столетия, оправдались не вполне. Полеты современных самолетов происходят в более высоких слоях атмосферы, где они подвергаются дополнительным негативным воздействиям. На сегодняшний день оценка влияния ожидаемых изменений климата на авиацию затруднена в связи с недостаточностью получаемой с помощью климатических моделей информации о будущих условиях в

¹²² См. также п. 4.8 о последствиях изменения климата в Арктике для морского транспорта.

верхней тропосфере и стратосфере (зоны повышенной турбулентности, вызывающей болтанку самолета, эквивалентный ветер на уровне полетов, изменение температуры и скорости ветра с высотой, мощность облаков, зоны обледенения и т. д.). Однако можно с уверенностью утверждать, что в связи с изменением климата и увеличением повторяемости опасных явлений участились задержки вылета и прибытия самолетов.

С опасными явлениями связаны случаи ухудшения состояния взлетно-посадочной полосы (увеличение скользкости покрытия, снежные заносы, которые не удается быстро ликвидировать, а также резкое ухудшение видимости при метелях). В результате таяния вечной мерзлоты при потеплении выходят из строя вертолетные площадки в северных районах, где вертолетами доставляется оборудование для буровых установок и компрессорных станций. В результате создаются угрозы мобильности нефтегазовой системы. Утрачивается важное свойство авиационного транспорта — маневренность.

3.2.7. Сфера услуг

Жилищно-коммунальное хозяйство

В связи с изменениями климата в ближайшие десятилетия возрастает риск аварийных ситуаций на объектах ЖКХ. В сфере жилищно-коммунальных услуг работает около 4200 предприятий коммунальной энергетики, эксплуатирующих более 32 тыс. муниципальных котельных, 70 тыс. км муниципальных теплосетей, около 400 тыс. км воздушных и кабельных электросетей, 201 тыс. км водопроводных сетей. Основными причинами аварийности на объектах ЖКХ являются некачественная подготовка инженерной инфраструктуры к новому отопительному сезону (до 32 %) и изношенность (ветхость) сооружений (до 21 %), которые делают их очень уязвимыми к воздействию опасных природных явлений и процессов, превращая последние в чрезвычайные ситуации (яркие примеры — последствия зимы 2001/02 г. в Корякском автономном округе и зимы 2010/11 г. в Центральном федеральном округе, включая Московскую область и Москву).

По расчетным оценкам, ожидается дальнейшее сокращение отопительного периода. Получаемая благодаря этому экономия на затратах на топливо может достигать миллиардов долларов (в 2007 г., в течение самой теплой за последние годы зимы, она составила 120 млн т, или примерно 30 млрд долл.).

В то же время, сокращение отопительного периода, определяемого по формальному признаку устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 8 °С, не означает автоматической экономии энергии. С одной стороны, в отдельные годы в связи с увеличившейся изменчивостью температуры воздуха, протапливание начинают раньше официального перехода отопительного периода и заканчивают позже формальной даты его завершения. В эти годы тратится больше топлива, чем закуплено в соответствии с выделенным трансфертом. К тому же в конце отопительного периода топливо стоит обычно дороже, чем в его начале. С другой стороны, теплоснабжающие организации определяют необходимые расходы тепла помесечно, ориентируясь на нормативы СНиП «Строительная климатология»¹²³ о начале и конце отопительного периода. Эти нормативы установлены по состоянию на конец 1980 г., когда было относительно прохладнее и число дней с отоплением в первый и последний месяц отопительного периода оказывалось больше, чем в последующие более теплые годы. В результате в настоящее время к концу отопительного периода (весной) образуется избыток топлива, который во избежание штрафных санкций сжигается. Таким образом, при существующем технологическом уровне жилищно-коммунального хозяйства и сохранении действующей системы теплоснабжения рассчитывать на существенную экономию энергии за счет сокращения отопительного периода при изменении климата не следует.

В то же время, нужно иметь в виду ожидаемый рост затрат на охлаждение помещений с помощью кондиционеров. Это, в частности, подтверждает пример аномально жаркого лета 2010 г., когда эти расходы увеличились примерно в 4—5 раз и превысили 1 млрд долл. всего за два месяца.

В обычных погодных условиях затраты на кондиционирование на порядок меньше. Их увеличение при изменении климата может быть компенсировано разработкой и внедрением более совершенных кондиционеров, функционирование которых основано на использовании полной климатической информации. Необходимые для этой цели специализированные климатические показатели и методика их введения в конструирование кондиционеров разработаны и успешно используются в США, но не внедрены в России.¹²⁴

¹²³ СНиП 23-01—99. Строительная климатология. — М., Госстрой России, ГУП ЦПП, 2000. 55 с.

¹²⁴ Коченков Н. В., Кубышева Н. В., Ключева М. В. Энергосберегающие режимы в СКВ и характеристика климата — взаимосвязанные задачи // Инженерные системы. 2006. № 3 (24). С. 48—52.

Торговля

Климат и его изменения оказывают воздействие на систему торговли при доставке, хранении и реализации промышленной и сельскохозяйственной продукции. На стадии доставки от климатических условий зависят, прежде всего, тара и упаковка продукции, как продовольственной, так и технической. Для упаковки, при создании которой ориентируются на средние значения метеорологических величин, чаще всего характерны излишняя материалоёмкость, завышенный коэффициент запаса и, следовательно, завышенная цена.

Доставленная продукция хранится в складских помещениях и на открытых площадках. Теплозащита, отопление, вентиляция и кондиционирование складских помещений проектируются по данным соответствующей главы СНиП.¹²⁵ Однако рекомендации СНиП по данной проблеме недостаточно детализированы. Например, различные виды сельскохозяйственной продукции (картофель, капуста, зерно) требуют различной температуры внутри помещения, так как выделяют разное количество тепла. Методика определения специализированных показателей для овощехранилищ разработана в Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова.

При хранении продукции на открытых площадках жесткие требования предъявляются к целостности упаковки и некоторой изоляции от внешней среды. Эти качества упаковки зависят от продолжительности зимнего периода, среднего числа дней со скоростью ветра ≥ 10 м/с при отрицательной температуре воздуха, объема переносимого снега за зиму с максимальной продолжительностью метелей, числа дней с температурой воздуха ≤ -30 и ≥ 30 °С, числа дней с дождем непрерывной продолжительности ≥ 4 ч, числа дней с опасными погодно-климатическими явлениями. В связи с изменением климата все эти характеристики изменились и требуют нового нормирования.

Доходность торговли, особенно торговли вне помещений, определяется также условиями погоды. Характеристики неблагоприятности для торговли не разработаны, хотя потребность в них имеется и заказы на такую информацию (как правило, неумело сформулированные) поступают в учреждения Росгидромета. Однозначный вывод о последствиях изменения климата для торговли сделать достаточно трудно. С одной стороны, потепле-

¹²⁵ СНиП 41-01—2003. Отопление, вентиляция, кондиционирование. — М., ФГУП ЦНС, 2004.

ние климата, особенно зимой, является позитивным фактором; с другой стороны, участившиеся аномалии погоды будут иметь негативные последствия и иногда приводить к катастрофическим ситуациям и потерям.

Туризм и рекреация

Туризм пока играет недостаточно значительную роль в экономическом развитии России, однако его потенциал весьма велик, учитывая, что на Россию приходится всего около 1 % мирового туристского потока.

Влияние глобального потепления на качество летнего отдыха будет наиболее заметным, вероятно, в конце столетия. Прежде всего, изменится продолжительность пляжного сезона. Согласно прогнозам, наибольшее увеличение числа дней с «очень благоприятными» условиями ожидается в Северо-Западном, Центральном и Уральском регионах (22—30 дней), с «превосходными» — в Южном и Приволжском округах (20—25 дней). В целом, изменения будут небольшими. В то же время, велика вероятность переориентации большого потока туристов, направляющегося на летний отдых в страны Южной Европы, в первую очередь на средиземноморские курорты, где для американских и европейских туристов станет чересчур жарко, на Россию. Некоторые исследователи полагают, что от изменения климата курорты России могут лишь выиграть: климат северного побережья Черного моря станет больше похож на климат средиземноморского побережья Турции. Станет мягче климат и на побережье Балтии.

Влияние изменения климата на зимний туризм уже наблюдается. В горных районах заметно изменение географии лыжной индустрии. Горнолыжный сезон укорачивается, снежные зимы наступают в Европе все позже, а заканчиваются с каждым годом все раньше. Число лыжных районов в Альпах, где всегда было много естественного снега, в случае повышения температуры до конца текущего столетия на 2 °С сократится более чем на 30 %, и центры зимних горных видов спорта будут перемещаться в сторону Евразии и в северные районы Европы, включая Россию.

4. ОСОБЕННОСТИ ПОСЛЕДСТВИЙ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА ДЛЯ ЭКОНОМИКИ РЕГИОНОВ РОССИИ

4.1. Северо-Западный регион

В Северо-Западном регионе в 2011—2030 гг. ожидается значительное повышение температуры воздуха по отношению к периоду 1980—1999 г., особенно в восточной части региона (зимой на 1,7—2,0 °С; летом на 0,9—1,0 °С).¹²⁶ Увеличатся изменчивость температуры воздуха, повторяемость оттепелей зимой и заморозков весной. Потепление будет происходить более интенсивно на севере и менее интенсивно на юге округа. По этой причине, а также из-за неэффективности систем управления отоплением маловероятно, что предполагаемая в связи с сокращением отопительного сезона на два-четыре дня экономия электроэнергии будет достигнута. Зимнее кондиционирование производства в связи с потеплением становится менее затратным; совокупные расходы увеличиваются за счет дополнительного кондиционирования в летний период. Летом возрастет пожароопасность в лесах. Увеличится в среднем количество осадков (зимой на 5—7 %; летом на 1—6 %).¹²⁶

К 2030 г. могут сформироваться более благоприятные условия для развития возобновляемых источников энергии, в частности использования биотоплива из отходов древесины в котельных и небольших ТЭС. Увеличение стока приведет к повышению выработки энергии на малых ГЭС. Вместе с тем, увеличение зимнего стока означает пересмотр регулирования работы ГЭС и сложившихся сроков ремонта.

Увеличатся атмосферные нагрузки на здания и сооружения (снеговые, ветровые и гололедные), что приведет к учащению аварий, если не будут приняты адаптационные меры, организован мониторинг состояния покрытий зданий, обледенения ЛЭП и автомобильных дорог. Увеличение повторяемости оттепелей приведет к сокращению срока службы зданий, в особенности блочных и панельных.

В северной части региона ожидается возрастание повторяемости и высоты заторных наводнений, на юго-западе — уменьшение повторяемости весенних наводнений, вызванных снеготаянием.

¹²⁶ <http://www.voeikovmgo.ru/ru/izmenenie-klimata-rossii-v-xxi-veke.html>.

Ожидается увеличение повторяемости и высоты нагонных наводнений в устьях рек, прежде всего в устьевой части Невы.

Рост обеспеченности теплом и удлинение вегетационного периода существенно расширяют возможности для развития высокоинтенсивного сельского хозяйства западно-европейского типа. Возможности увеличения продуктивности земледелия представляются тем более значительными, что современный уровень использования биоклиматического потенциала региона составляет всего 12 % и является одним из самых низких показателей для России. В регионе должны улучшаться условия для животноводства в результате роста кормовой базы и сокращения периода стойлового содержания скота. Ожидается повышение продуктивности сенокосов и пастбищ, в том числе и за счет увеличения продолжительности безморозного периода.

4.2. Центральный регион

В Центральном регионе температура предположительно повысится зимой на 1,0—1,6 °С, летом на 1,0—1,1 °С;¹²⁷ участятся оттепели. Вероятно сокращение отопительного периода на один-два дня. Однако экономия затрат на отопление, скорее всего, не будет достигнута по тем же причинам, что и в Северо-Западном регионе. Как и там, в Центральном регионе имеются возможности для производства пеллет (до 14,6 млн т) и перевода котельных и ТЭС на биотопливо. Это может повысить устойчивость энерго- и теплоснабжения, но, вместе с тем, она может оказаться под угрозой вследствие увеличения изменчивости температуры воздуха. По той же причине ожидаются ускорение процесса разрушения зданий и уменьшение срока их службы, увеличение повторяемости и интенсивности обледенения, более частые разрывы проводов ЛЭП и других воздушных линий, повышенная скользкость дорог и снижение уровня безопасности дорожного движения. Возрастает риск аварий на магистральных трубопроводах. Вероятно увеличение повторяемости лесных пожаров.

В зимний период количество осадков в среднем будет увеличиваться (при некотором уменьшении их летом).¹²⁷ Вероятно уменьшение повторяемости весенних наводнений, вызванных снеготаянием. В отдельных районах ожидается дефицит воды для промышленных предприятий и хозяйственных нужд.

¹²⁷ <http://www.voeikovmgo.ru/ru/izmenenie-klimata-rossii-v-xxi-veke.html>.

На фоне положительных трендов урожайности всех зерновых и зернобобовых культур за период с 1975 по 2006 г. в Центральном Черноземном районе прослеживалась тенденция снижения коэффициента увлажнения в теплый период года. В период до 2030 г. эта тенденция, по-видимому, может отрицательно сказаться на урожайности, прежде всего, яровых зерновых культур.¹²⁸ Об этом же свидетельствует уменьшение гидротермического коэффициента и суммы осадков за летний период и максимальное для сельскохозяйственных районов России повышение температуры воздуха в июле (более 1 °С за 10 лет). Вместе с тем, улучшение условий увлажнения в осенний период и заметное уменьшение повторяемости лет с вымерзанием озимых культур смягчают отрицательные последствия роста засушливости климата. Наблюдаемый рост теплообеспеченности сельскохозяйственных культур в Центральном регионе и менее значимый — в Волго-Вятском регионе, способствует повышению продуктивности сельского хозяйства и увеличению вклада этих регионов в зерновой баланс России, который в настоящее время достигает 15—16 %.

4.3. Южный регион

Ожидаются минимальное для территории Российской Федерации повышение средней температуры воздуха, более существенное летом (до 1,3 °С)¹²⁹, и при этом увеличение продолжительности и интенсивности волн тепла, что приводит к ухудшению самочувствия населения, увеличению числа случаев инфарктов и инсультов. Вероятно небольшое уменьшение осадков летом при одновременном увеличении интенсивности ливневых осадков, возрастание засушливости. Ожидаются нехватка воды в отдельных районах и незначительное снижение притока (на 5—15 %) к Цимлянскому и Краснодарскому водохранилищам. При этом предполагается увеличение повторяемости и масштабов ливневых наводнений, вызванных интенсивными дождями.

На экономию энергии в связи с потеплением региону, однако, рассчитывать не следует: продолжительность отопительного

¹²⁸ Сиротенко О. Д., Абашина Е. В., Павлова В. Н. Проблема оценки влияния изменений климата на продуктивность агроферы: модели, сценарии и результаты для сельского хозяйства России // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2009. Т. 166. С. 567—573.

¹²⁹ <http://www.voeikovmgo.ru/ru/izmenenie-klimata-rossii-v-xxi-veke.html>.

сезона сократится незначительно, а его средняя температура существенно не повысится.

Регион отличается высоким экономическим потенциалом возобновляемых источников энергии, которые могут покрыть значительную часть его потребностей в тепле и электроэнергии, несмотря на прогнозируемый в будущем рост энергопотребления. Прежде всего, климатические условия в Краснодарском крае способствуют развитию солнечной энергетики, которая может обеспечить до 24 % ожидаемого потребления тепла к 2020 г. (доля в потреблении электричества намного меньше — менее 1,5 %). Технический и экономический потенциал ветровой энергии составляет порядка 1 % общероссийского. По мере приближения к Черному морю удельная мощность ветрового потенциала возрастает и в прибрежных районах на высоте более 100 м достигает 1100 Вт/м² и более, что открывает перспективу для развития крупномасштабной энергетики по всем международным критериям. Южный регион, особенно горные районы Кавказа, обладает также высокой энергетической эффективностью малых ГЭС (технический потенциал более 500 кВт · ч в год). В районе Кавказа расположен один из источников геотермальных вод.

В то же время, условия для работы АЭС и ТЭС в регионе в перспективе, вероятно, являются самыми неблагоприятными в России. Повышение максимальных температур при одновременном уменьшении количества осадков и увеличении повторяемости штилей затрудняют функционирование охладительных систем и способствуют накоплению радиоактивности вблизи АЭС. Кроме того, наблюдается увеличение повторяемости смерчей, которая и в будущем, вероятно, будет возрастать. Помимо смерчей, опасным природным явлением, приводящим к авариям на ЛЭП, являются гололедные отложения. Наиболее часто они наблюдаются при выходе на восток южных циклонов. При повышении температуры воздуха и увеличении количества осадков, а также при росте средней скорости ветра возможно возрастание гололедных нагрузок на провода воздушных линий. Заметного увеличения снеговых нагрузок на здания и сооружения в Южном регионе не прогнозируется.

Южный регион играет ведущую роль в производстве зерна (около 20 % общероссийского объема). Наблюдающееся быстрое повышение средней температуры самого холодного месяца года — января — свидетельствует об уменьшении риска вымерзания озимых зерновых культур. Уменьшение индекса сухости наряду с увеличением количества осадков в осенний период позволяют

дать благоприятный прогноз роста урожайности озимых зерновых. За последние 30 лет рост урожайности озимой пшеницы в Краснодарском и Ставропольских краях превышал 10 % за десятилетие при вдвое меньшем росте урожайности яровых зерновых культур.¹³⁰ Выявлены обусловленные изменениями климата положительные тренды урожайности подсолнечника и сахарной свеклы, а также отрицательный тренд урожайности кукурузы в результате некоторого роста засушливости в летний период.

На Северном Кавказе наблюдается повсеместный рост теплообеспеченности сельскохозяйственных культур. Темпы увеличения сумм температур выше 10 °С превысили в ряде районов 100 °С за 10 лет, что наряду с увеличением продолжительности вегетационного периода до 5—6 суток за 10 лет свидетельствует о возможности расширения площадей посевов теплолюбивых культур. В связи с потеплением климата может быть поставлен вопрос о дальнейшем развитии в этом регионе субтропического земледелия, возобновлении возделывания хлопчатника, расширении площадей посевов сои и сахарной свеклы.

4.4. Приволжский регион

Ожидается умеренное потепление зимой и летом, увеличение количества летних экстремальных температур (зимой 0,9—1,3 °С; летом 1,0—1,2 °С), и небольшое увеличение количества осадков.¹³¹ Исходя из такого прогноза не следует ожидать серьезных изменений частоты промышленных аварий, вызванных погодноклиматическими причинами. Ожидается сокращение отопительного периода в среднем на 2—3 суток. Так же как и в Южном регионе, но при более низких температурах, имеются благоприятные климатические условия развития возобновляемой энергетики, прежде всего гелио- и ветроэнергетики. К 2020—2030 гг. прогнозируется повышенный приток воды к основным водохранилищам крупных ГЭС Российской Федерации, что окажет благоприятное влияние на выработку гидроэлектроэнергии в округе.

¹³⁰ Сиротенко О. Д., Павлова В. Н. Аналоговый прогноз урожайности зерновых культур и основные направления оптимизации размещения сельскохозяйственного производства с учетом изменений климата. Агрометеорологическое обеспечение устойчивого развития сельского хозяйства в условиях глобального изменения климата // Труды ВНИИСХМ. 2010. Вып. 37. С. 22—41.

¹³¹ <http://www.voeikovmgo.ru/ru/izmenenie-klimata-rossii-v-xxi-veke.html>.

Преобладающим видом опасных природных явлений в регионе являются сильные снегопады и метели, которые усложняют движение автотранспорта и создают нагрузки на провода ЛЭП. Ожидается увеличение (хотя и меньшее, чем в Западном федеральном округе) повторяемости и величины снеговых нагрузок на покрытия зданий и сооружений. Возможно также увеличение гололедных нагрузок за счет отложений гололеда на проводах ЛЭП на юге округа. Однако увеличение нагрузки здесь будет меньше, чем в Южном регионе.

В последние десятилетия наблюдался рост теплообеспеченности сельскохозяйственных культур в Поволжье — самой засушливой территории России, на которую приходится 18 % общенационального производства зерна. Следует отметить рекордно быстрое (15 % за 10 лет) повышение обусловленной изменениями климата урожайности озимой пшеницы на территории Саратовской области. Урожайность зерновых культур в целом за последние 30 лет возросла на 7—8 %. На территории Поволжья повсеместно наблюдается весьма быстрое повышение зимних температур, в том числе в январе до 1 °С за десятилетие, что свидетельствует о значительном улучшении условий зимовки сельскохозяйственных культур. Обусловленные изменениями климата тренды роста урожайности за последнее десятилетие — кукурузы на 2,24 ц/га, сахарной свеклы на 5,32 ц/га и подсолнечника на 0,35 ц/га — также свидетельствуют о положительном характере рассматриваемого влияния.

4.5. Уральский регион

Ожидается значительное потепление, более сильное на севере зимой и на юге летом (зимой 1,5—1,6 °С; летом 0,9—1,1 °С)¹³² и небольшое увеличение количества осадков зимой.¹³² В отличие от более западных регионов в Уральском регионе ожидаемое сокращение отопительного сезона в среднем достигнет 4—5 дней, что позволит сократить потребление топлива и затрат на отопление.

В северной части округа возможно таяние вечной мерзлоты. Как и в Южном регионе, на юге Уральского региона складываются неблагоприятные условия для работы АЭС и ТЭС из-за повышения максимальных температур и нагревания прудов-охладителей, а также уменьшения количества осадков в летний период. В север-

¹³² <http://www.voeikovmgo.ru/ru/izmenenie-klimata-rossii-v-xxi-veke.html>.

ных районах небольшое повышение температуры для АЭС и ТЭС опасности не представляет.

В южной части региона ожидается увеличение повторяемости наводнений, а также снеготаянием, возрастает повторяемость засух и жарких периодов, опасных для здоровья; возрастание пожароопасности в лесах. Возможно улучшение условий для развития гелиоэнергетики. В связи с потеплением и увеличением повторяемости заморозков и оттепелей повторяемость гололедицы на дорогах.

Увеличения снеговых и гололедных нагрузок на ЛЭП не ожидаются. Гололедные отложения прогнозируются в виде кристаллической изморози, они не создают обычно аварийных нагрузок. В связи с потеплением и увеличением повторяемости заморозков и оттепелей возрастет повторяемость гололедицы на дорогах.

Показатели теплообеспеченности сельскохозяйственных культур за период 1975—2006 гг. увеличивались быстрыми темпами на севере региона, на который в целом приходится порядка 16 % производства зерна в Российской Федерации. Вместе с тем, на юге региона потепление климата практически не проявлялось. Как негативное явление можно отметить понижение январских температур на части территории региона. Аридность территории, оцениваемая индексом сухости, заметно уменьшилась, а влагообеспеченность сельскохозяйственных культур увеличилась повсеместно за исключением достаточно увлажненных северных районов. Как и в большинстве регионов России, на Урале наблюдалось уменьшение степени континентальности климата. Климатообусловленное повышение урожайности зерновых культур составило 1—1,5 % за 10 лет. Изменения климатических условий благоприятствуют увеличению производства зерна яровых культур в регионе.

4.6. Сибирский регион

Наиболее заметные последствия температурных изменений в регионе связаны со значительным потеплением в зимний сезон в его северной части (1,7—1,9 °С). Более умеренно оно проявляется в центральной и южной частях, причем не только зимой (1,1—1,3 °С), но и летом (0,8—1,1 °С). Ожидается существенное увеличение среднего количества осадков зимой, особенно на севере (до 8—10 %), а также небольшое увеличение среднего количе-

ства осадков летом на севере (3—4 %) и некоторое уменьшение на юге.¹³³ В результате ожидается увеличение накопленной за зиму массы снега в сочетании с ускорением ее таяния весной.

На всей территории Сибирского региона в ближайшие два десятилетия сократится продолжительность отопительного периода (на севере на 4—5 дней, на юге на 3—4 дня), что позволит получить реальную экономию тепла и затрат на топливо. Ожидается возрастание пожароопасности в лесах, особенно в юго-восточной части региона.

Связанная с потеплением деградация вечной мерзлоты (усиливающаяся к югу) потребует особого внимания. Наиболее уязвима к климатическим изменениям северная часть региона, в которой сосредоточены основные газовые месторождения. Вместе с тем, опасность гололедных нагрузок невысока, так как оттепели маловероятны, а температура воздуха, несмотря на сильное потепление, остается низкой. Снеговые нагрузки также заметно не увеличатся.

Кроме того, в северной части региона условия наиболее благоприятны для развития ветроэнергетики, тогда как в южной части — гелиоэнергетики из-за обилия солнечных дней в зимнее время. Там же происходит таяние вечной мерзлоты (до 30 см), которое будет усиливаться.

Ожидаются увеличение водных ресурсов на севере и уменьшение на юге; увеличение повторяемости заторных наводнений; возрастание повторяемости и масштабов наводнений в южной части, вызванное увеличением дождевой составляющей весеннего половодья. Вероятно увеличение повторяемости оползней и селей в связи с быстрым таянием снега на юге округа. Ожидается улучшение условий для речного судоходства. Возрастает риск непроизвольных сбросов воды из водоемов при ГЭС в связи с увеличением скорости снеготаяния и стока весной.

Сумма активных температур, характеризующая теплообеспеченность растений, возросла на территории региона со скоростью порядка 50—100 °С за 10 лет, хотя напряженность термического режима, связанная с июльской температурой, в некоторых районах уменьшалась. Наблюдается сравнительно быстрое увеличение продолжительности вегетационного периода, превышающее в отдельных районах 4 дня за 10 лет.

Потепление климата, которое в Западной Сибири не сопровождается ростом засушливости, создает благоприятные условия для развития сельского хозяйства и ведет к повышению его

¹³³ <http://www.voeikovmgo.ru/ru/izmenenie-klimata-rossii-v-xxi-veke.html>.

продуктивности за счет более широкого внедрения позднеспелых культур, сортов и гибридов. Потепление климата может способствовать укреплению кормовой базы животноводства за счет многоукосных трав и пожнивных посевов. Климатообусловленное повышение урожайности яровых зерновых культур в Западной Сибири за последние десятилетия составило 6 % за 10 лет, что свидетельствует о возможном значительном росте продуктивности зернового хозяйства региона за счет более эффективного использования почвенно-климатических ресурсов. В Восточной Сибири наблюдается самый быстрый на территории России рост сумм активных температур, сопровождающийся не менее быстрым повышением июльской температуры (более 1 °С за десятилетие на большей части региона). Аридный характер потепления климата в ряде районов снизил возможные темпы повышения урожайности яровых зерновых культур до 1—1,5 % за десятилетие.

4.7. Дальневосточный регион

В отношении последствий изменения климата Дальневосточный регион во многом схож с Сибирским. Ожидаются потепление зимой, особенно значительное в северной части (1,5—1,7 °С), умеренное потепление летом (0,7—1,0 °С), а также увеличение среднего количества осадков зимой (на 6—10 %) и небольшое летом (до 4 %).¹³⁴ В связи с этим прогнозируются, с одной стороны, сокращение средней продолжительности отопительного периода повсеместно на 4—5 дней на фоне больших межгодовых колебаний, с другой стороны, таяние вечной мерзлоты в южной части региона.

Вероятно увеличение водных ресурсов и повышение водообеспеченности, а также резкое увеличение повторяемости и повышение максимальных уровней наводнений (прежде всего, заторных) на реках западной части региона (бассейны Лены, Колымы, Яны). В северо-восточной части ожидается возрастание масштабов и повторяемости наводнений, вызванных весенне-летним половодьем с наложением на него дождевых паводков, а в юго-восточной части — увеличение повторяемости наводнений, вызванных муссонными дождями и тайфунами. Вместе с тем, ожидается улучшение условий для речного судоходства.

Наблюдаемые повсеместно повышение теплообеспеченности сельскохозяйственных культур, а также увеличение продолжи-

¹³⁴ <http://www.voeikovmgo.ru/ru/izmenenie-klimata-rossii-v-xxi-veke.html>.

тельности вегетационного периода являются положительным фактором развития сельского хозяйства региона. Наблюдаемое в ряде районов увеличение аридности не ведет к снижению продуктивности аграрного производства благодаря высокой исходной увлажненности территории. Наблюдаемые изменения агрометеорологических условий на территории региона в целом способствуют повышению урожайности сельскохозяйственных культур, которое в настоящее время составляет около 2 % за десятилетие. Возможно увеличение площадей озимых культур благодаря улучшению условий перезимовки.

4.8. Крайний Север (Арктический регион)¹³⁵

Арктика — один из четырех регионов мира (и единственный, частично принадлежащий России), которые МГЭИК относит к наиболее уязвимым к изменениям климата территориям планеты.¹³⁶ Происходящие и, особенно, ожидаемые там воздействия изменений климата на экологические и социально-экономические системы велики и (в отличие от многих других регионов планеты, в том числе от других наиболее уязвимых к изменениям климата регионов мира) способны оказывать значительные обратные воздействия на глобальный климат, что свидетельствует о глобальной значимости климатических изменений в Арктике.¹³⁷ Другой ее важной особенностью является средоточие многочисленных и до сих пор недостаточно изученных климатически значимых

¹³⁵ Этот параграф основан на работе: В. М. Катцов, Б. Н. Порфирьев. Изменения климата и их воздействия на окружающую среду и экономику Российской Арктики. — М., изд. Института мировой экономики и международных отношений РАН (в печати).

¹³⁶ Наряду с малыми островными государствами, Африкой и мегадельтатами африканских и азиатских рек. См.: Bernstein L., P. Bosch, O. Canziani, Zh. Chen, R. Christ, O. Davidson, W. Hare, S. Huq, D. Karoly, V. Kattsov, Z. Kundzewicz, J. Liu, U. Lohmann, M. Manning, T. Matsuno, B. Menne, B. Metz, M. Mirza, N. Nicholls, L. Nurse, R. Pachauri, J. Palutikof, M. Parry, D. Qin, N. Ravindranath, A. Reisinger, J. Ren, K. Riahi, C. Rosenzweig, M. Rusticucci, S. Schneider, Y. Sokona, S. Solomon, P. Stott, R. Stouffer, T. Sugiyama, R. Swart, D. Tirkpak, C. Vogel, G. Yohe. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. — Cambridge Univ. Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007.

¹³⁷ Иными словами, Арктика является не только объектом и индикатором, но и важным фактором изменения глобального климата.

процессов и обратных связей, действующих в климатической системе¹³⁸, которые делают этот регион чрезвычайно сложным объектом с точки зрения физико-математического моделирования, прогнозирования¹³⁹ и построения климатических сценариев.

Изменения климата в Арктике и их последствия анализируются в докладах авторитетных международных научных и межправительственных организаций. Наиболее всеобъемлющим и детальным из этих исследований по состоянию на начало 2011 г. остается доклад «Оценка климатических воздействий в Арктике» (ACIA), опубликованный в 2005 г.¹⁴⁰ В нем представлены оценки наблюдаемых и ожидаемых изменений климата Арктики, а также их воздействий на экосистемы, технические объекты и население. Выводы этого и некоторых других проектов и докладов,¹⁴¹

¹³⁸ Bony, S., R. Colman, V. Kattsov, R. Allan, C. Bretherton, J.-L. Dufrense, A. Hall, S. Hallegatte, M. Holland, W. Ingram, D. Randall, B. Soden, G. Tselioudis, M. Webb. How well do we understand and evaluate climate change feedback processes? // *J.Climate*. 2006. V. 19. P. 3445—3482.

¹³⁹ Frolov, A. V., V. M. Kattsov. Predicting arctic climate: knowledge gaps and uncertainties. *Proceedings of the international experts meeting "Climate Change and Arctic Sustainable Development: scientific, social, cultural and educational challenges"*. Monaco, 3—6 March 2009, p. 292—302; Kattsov, V., E. Källén. Future climate change: modeling and scenarios for the Arctic, in Arctic Climate Impact Assessment (ACIA). — Cambridge University Press, 2005, p. 99—150.

¹⁴⁰ ACIA: *Arctic Climate Impact Assessment*. — Cambridge University Press, 2005. 1042 p. <http://www.acia.uaf.edu> В этом международном проекте приняли участие, главным образом, представители стран, входящих в Арктический совет. Арктический совет — международная организация, созданная в 1996 г. по инициативе Финляндии для защиты уникальной природы северной полярной зоны. В состав Совета входят восемь государств региона (Дания, Исландия, Канада, Норвегия, Россия, Финляндия, Швеция и США); еще девять стран (Великобритания, Франция, ФРГ, Нидерланды, Польша, Испания, а также Италия, КНР и Южная Корея) имеют статус наблюдателей, причем последние три — временный статус.

¹⁴¹ См., например, SWIPA — *Snow, Water, Ice and Permafrost in the Arctic*: <http://www.amap.no/swipa/>. Арктика также занимает важное, а в ряде случаев центральное место в национальных оценочных докладах об изменениях климата и их последствиях, публикуемых в странах, входящих в Арктический совет. См., в частности: Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации / Под ред. А. И. Бедрицкого и др. — М.: Росгидромет, 2008 (www.voeikovmgo.ru/ru/otsenochnyiy-doklad-izmenenie-klimata-na-territorii-rossiyskoy-federatsii-4.html); Lemmen, D. S., Warren, F. J., Lacroix, J., and Bush, E. (eds.). From impacts to adaptation: Canada in a Changing

касающиеся происходящих и ожидаемых в XXI веке изменений климата Арктики и их последствий, фиксируют высокую вероятность сохранения тенденции ускоренного потепления Арктического региона по сравнению с планетой в целом и высокую степень уязвимости природных и социально-экономических систем в отношении изменений климата.

В частности, согласно оценкам Рабочей группы Арктического совета по охране арктической флоры и фауны (CAFF), опубликованным в 2010 г.,¹⁴² изменения климата становятся наиболее существенным долгосрочным стрессором для биоразнообразия, имеющего (помимо экологического) огромное экономическое значение.¹⁴³ В течение последних десятилетий продолжается исчезновение некоторых уникальных мест обитания арктической флоры и фауны: в частности, в связи с таянием и сокращением площади морского льда, который является средой обитания ряда видов животных и птиц, отмечается появление тенденции к снижению численности их популяции. То же происходит на суше: динамика индекса трендов численности арктических видов животных и растений (Arctic Species Trend Index, ASTI) показывает, что за последние 34 года популяция позвоночных сократилась на 10 %. Численность таких ценных для человека видов, как северный олень и карибу (северный канадский олень), уменьшилась на треть всего за десятилетие, хотя популяция большинства видов остается устойчивой или даже возрастает. На суше отмечается наступление древесной растительности на традиционные экосистемы тундры, в том числе травы, мхи, лишайники, площадь которых сокращается.¹⁴⁴

Climate 2007. — Government of Canada, Ottawa, ON, 2008. 448 p. (<http://adaptation2007.nrcan.gc.ca>); Global Climate Change Impacts in the United States / T. R. Karl, J. M. Melillo, T. C. Peterson (eds.). — Cambridge Univ. Press, 2009. 189 p. (www.globalchange.gov/publications/reports/scientific-assessments/us-impacts/download-the-report), а также S. Glomsrod and I. Aslaksen (eds.). The economy of the North 2008. — Statistics Norway, 2009. 102 p. (www.ssb.no/english/subjects/00/00/30/sa_economy_north/sa112_en/oversikt_en.html).

¹⁴² См.: Conservation of Arctic flora and fauna (CAFF). *Arctic Biodiversity Trends 2010 — Selected indicators of change*. — CAFF International Secretariat, Akureyri, Iceland, May 2010. Полностью исследование CAFF и подготовка соответствующего доклада будут завершены в 2013 г.

¹⁴³ См.: Порфирьев Б. Н. Экономическое измерение гармонии человека и природы. — М.: Анкил, 2010, с. 43—49.

¹⁴⁴ Цит. по: Johnsen, K. I., Alfthan, B., Hislop, L., Skaalvik, J. F. (eds.). *Protecting Arctic Biodiversity*. United Nations Environment Program (UNEP), GRID-Arendal. — Oslo: Birkeland Trykkeri AS, 2010, p. 20—22.

Арктический регион в целом является ярким примером трансформации экологических и климатических проблем в политико-экономические. Наблюдаемые в последние десятилетия быстрые изменения климата в регионе и еще большие изменения, ожидаемые в XXI веке, могут радикально усугубить существующие или породить новые проблемы в межгосударственных отношениях, связанные с поиском и добычей энергоносителей, использованием морских транспортных путей и биоресурсов, делимитацией континентального шельфа, состоянием окружающей среды и т.п. Они также могут стать фактором дестабилизации морской (включая военно-морскую) деятельности в этом регионе, имеющем особую значимость для обеспечения устойчивого развития и национальной безопасности России.

Российская Арктика — один из самых богатых энергоресурсами регионов мира. На территории севернее 60—64° с. ш. расположены основные месторождения газа. В Приобье добывается 90 % всего газа (85 % в Ямало-Ненецком АО и 5 % в Ханты-Мансийском АО). В Ханты-Мансийском и частично в Ямало-Ненецком округах сосредоточены и основные запасы нефти. Отсюда начинается система транспортировки газа и нефти на запад и юго-запад.

Изменения климата уже оказывают серьезные воздействия на природные, хозяйственные и социальные системы российской Арктики. Вероятность усугубления этих воздействий высока; ряд ожидаемых последствий крайне негативен. В то же время, потепление климата повлечет за собой увеличение части климатических ресурсов¹⁴⁵ Арктического региона и улучшение климатических условий его развития¹⁴⁶, хотя сам регион останется в числе территорий с наиболее суровыми погодно-климатическими условиями.

Вероятные последствия *изменений ледяного покрова Северного Ледовитого океана* важны как для экосистем, так и для экономи-

¹⁴⁵ Одно из распространенных определений понятия «климатические ресурсы» таково: «климатическими ресурсами называются запасы вещества, энергии и информации в климатической системе, которые используются или могут быть использованы для решения конкретной задачи в экономике или социальной сфере». См.: *Энциклопедия климатических ресурсов* / Под ред. Н. В. Кобышевой и К. Ш. Хайруллина. — СПб: Гидрометеоиздат, 2005. 320 с.

¹⁴⁶ См. также The Arctic region in the twenty-first century. A Note by the Director Ditchley 2009/08 www.ditchley.co.uk/page/354/arctic-region.htm.

ки, социальной сферы и национальной безопасности¹⁴⁷ Российской Федерации. Наиболее существенными представляются следующие последствия, вероятность которых достаточно высока.¹⁴⁸ Прежде всего, это увеличение продолжительности летней навигации и развитие в связи с этим морского судоходства,¹⁴⁹ включая морские перевозки грузов и туризм, в первую очередь по Северному морскому пути. При этом высокая степень изменчивости ледовой обстановки может затруднять многие виды морских операций.

Кроме того, облегчится доступ по морю к природным ресурсам Арктики, включая месторождения энергоносителей на шельфе Северного Ледовитого океана, что откроет новые возможности для развития экономики и одновременно породит дополнительные проблемы для окружающей среды. В частности, населенные пункты и хозяйственные объекты, расположенные в прибрежной зоне, столкнутся с возрастающим воздействием штормов в сочетании с усугубляющим это воздействие уменьшением площади ледяного покрова арктических морей. Потепление климата может привести к развитию некоторых рыбных промыслов, включая вылов сельди и трески; при этом районы обитания и пути миграции многих видов рыбы изменятся.

Одной из важнейших экономических проблем, возникающих в связи с ожидаемыми изменениями площади ледяного покрова Мирового океана (не только в Северном Ледовитом, но и в Южном океане), является будущее ледокольного флота. Согласно выводам доклада Национального исследовательского совета США, подготовленного в 2005 г. для Комитета по оценке роли и будущих потребностей полярных ледоколов Береговой охраны США

¹⁴⁷ См., например: Катцов В. М., Мелешко В. П., Чичерин С. С. Изменение климата и национальная безопасность Российской Федерации // *Право и безопасность*. 2007. № 1—2. С. 29—37; Порфирьев Б. Н. Глобальные изменения климата: угроза или фактор международной безопасности? / В сб.: *Проблемы экономической безопасности Евроатлантического региона*. Материалы ситуационного анализа в рамках проекта Евроатлантическая инициатива в области безопасности (EASI). (Москва, 29 июня 2010 г.). — М., ИМЭМО РАН, 2010, с. 40—43.

¹⁴⁸ *Разработка предложений по концепции Климатической доктрины Российской Федерации*. Отчет о научно-исследовательской работе. — СПб, изд. ГГО, 2005. 125 с. (www.voeikovmgo.ru/download/publikacii/2005/MGO_RF_climate_doctrine.pdf).

¹⁴⁹ См., например, Khon V. C., I. I. Mokhov, M. Latif, V. A. Semenov, W. Park. Perspectives of Northern Sea Route and Northwest Passage in the twenty-first century // *Climatic Change*, 2010. doi: 10.1007/s10584-009-9683-2.

и других ведомств этой страны¹⁵⁰, а также исследований, выполненных в 2007—2008 гг. в России СОПС Минэкономразвития РФ, необходимо не только не сокращать, но, напротив, развивать ледокольный флот, включая использование больших ледоколов. В условиях потепления в Арктике ожидаются, с одной стороны, облегчение доступа судов в высокие широты и увеличение экономической и военной активности в этом регионе, с другой стороны, сохранение по меньшей мере сезонного ледяного покрова (хотя и меньшей толщины, сплоченности и протяженности), а также увеличение числа айсбергов, затрудняющих доступ судов в Северный Ледовитый океан. Ледоколы призваны помочь решать все более широкий круг задач, обеспечивая постоянное присутствие исследовательских и других судов в Арктическом регионе.

Под влиянием потепления климата будет происходить *деградация вечной мерзлоты*, включая увеличение толщины сезонно-талого слоя (см. рис. 1.9) и отрыв замерзающей части этого слоя от глубинных толщ вечной мерзлоты.¹⁵¹ Тундровые ландшафты отличаются высокой уязвимостью в отношении внешних воздействий, и протаивание многолетнемерзлых грунтов будет сопровождаться их просадками и уменьшением прочностных характеристик, обводнением или обсыханием территории. Это влечет за собой угрозу надежности и устойчивости строительных конструкций и инженерных сооружений, в первую очередь объектов хозяйственной инфраструктуры и магистральных трубопроводов. Это особенно важно для территории севера Западной Сибири, учитывая низинный и равнинный характер местности с преобладанием грунтов органического происхождения, а также наличие в этом районе крупнейшей газоносной провинции, являющейся основным источником ресурсов газа России.

Более значительному протаиванию подвержены песчаные грунты. Поскольку преобладание таких грунтов в северной части Западной Сибири характерно для русел рек, постольку из много-

¹⁵⁰ Polar Icebreaker Roles and U.S. Future Needs: A Preliminary Assessment. Committee on the Assessment of U.S. Coast Guard Polar Icebreaker Roles and Future Needs, Polar Research Board Division on Earth and Life Studies, Marine Board, Transportation Research Board. National Research Council of the National Academies. — The National Academies Press, Washington, D.C., 2005. 42 p. (<http://www.nap.edu/catalog/11525.html>).

¹⁵¹ См., например, Павлова Т. В., Катцов В. М., Надежина Е. Д., Спорышев П. В., Говоркова В. А. Расчет эволюции криосферы в 20-м и 21-м веках с использованием глобальных климатических моделей нового поколения // *Криосфера Земли*. 2007. Т. 11, № 2. С. 3—13.

численных видов инженерных сооружений наиболее уязвимыми будут портовые объекты и другие сооружения инфраструктуры водного транспорта. Песчаные грунты также преобладают на территории полуострова Ямал, на месторождениях которого в ближайшие годы планируется начать добычу газа.

Наиболее значимым и разрушительным по своим возможным последствиям по отношению к сооружениям является полный отрыв верхней кромки многолетнемерзлых грунтов от толщ реликтовой мерзлоты, расположенных ниже. В этом случае появится слой талых грунтов, не промерзающих зимой, и свойства многолетнемерзлых грунтов не будут отличаться от обычных условий, характерных, например, для умеренной климатической зоны европейской части России. При таком развитии процессов вечная мерзлота сохраняется лишь на больших глубинах, превышающих толщину грунтов, затрагиваемых при инженерно-строительной деятельности. Однако в первые десятилетия XXI века подобные явления наметятся лишь в крайних южных районах зоны вечной мерзлоты, которые сейчас характеризуются как районы островной мерзлоты. Как показывают расчеты, изменение многолетнемерзлых грунтов в Западной Сибири явится существенным фактором, который окажет воздействие на работу топливно-энергетического комплекса в XXI веке.

Ожидаемые изменения гидрологического режима¹⁵² сопряжены с *повышением риска наводнений* в устьях некоторых рек, впадающих в Северный Ледовитый океан (рис. 4.1). Как известно, на водосборах в средних широтах максимальный сток наблюдается весной — в период интенсивного таяния снега. Результаты расчетов показывают, что на водосборе Оби на протяжении XXI века сокращение массы снега к началу весны (март) превышает уменьшение массы снега к концу весны (в мае), тогда как на водосборах Енисея и Лены прогнозируется иная ситуация — заметное увеличение накопленной за зиму массы снега (март) и уменьшение массы снега в мае (т. е. большее количество снега тает за более короткое время). Таким образом, вероятность

¹⁵² См., например, Kattsov, V. M., J. E. Walsh, W. L. Chapman, V. A. Govorkova, T. V. Pavlova, and X. Zhang. Simulation and Projection of Arctic Freshwater Budget Components by the IPCC AR4 Global Climate Models // *J. Hydrometeorology*. 2007. V. 8. P. 571—589; Kattsov, V., V. Govorkova, T. Pavlova, P. Sporyshev. Arctic river runoff in the context of global warming: Projections with state-of-the-art global climate models // *CliC Ice and Climate News*. No. 11. P. 8—10. (http://ipo.npolar.no/newsletters/archive/ice_climate_2008_08_no_11.pdf).

крупных весенних паводков на этих водосборах на протяжении XXI века существенно возрастает.¹⁵³

Другие примеры прямых воздействий изменяющегося климата на окружающую среду и население Арктики заключаются в следующем.

- *Ускоренная эрозия берегов* в результате штормовой активности и даже утрата территорий, в том числе в результате таяния вечной мерзлоты (по некоторым оценкам, уже потерянная часть суши на побережье Северного Ледовитого океана измеряется квадратными километрами).
- *Общая тенденция увеличения продуктивности северных экосистем* в течение последних десятилетий при существенной неоднородности этого процесса: если в одних районах продуктивность возрастает, то в других снижается.¹⁵⁴
- *Сокращение или исчезновение* существующих видов растительных и живых организмов. Так, сокращение ледового периода ведет к уменьшению популяции организмов, и в частности отдельных видов фитопланктона, жизнедеятельность которого неразрывно связана с наличием ледовых полей, таких как криль, являющийся основой питания практически всех морских птиц и млекопитающих, благополучие и сама жизнь которых также оказываются под угрозой.
- Согласно некоторым оценкам¹⁵⁵, при сохранении современных тенденций изменений климата к концу XXI века около 20 % современной площади тундры и полярных пустынь будут замещены другими типами растительности. Другие изменения касаются замещения некоторых традиционных биологических видов и экосистем пресных и морских вод¹⁵⁵, в том числе в связи с *инвазией* (вторжением) новых видов растений, насекомых, микроорганизмов, угрожающих некоторым традиционным биологическим видам и экосистемам суши, пресных и морских вод Аркти-

¹⁵³ Мелешко, В. П., Катцов В. М., Говоркова В. А., Малевский-Малевиц С. П., Надежина Е. Д., Спорышев П. В. Антропогенные изменения климата в 21-м веке в северной Евразии // *Метеорология и гидрология*. 2004. № 7. С. 5—26.

¹⁵⁴ См., например, Goetz S. J., Mack M. C., Gurney K. R., Randerson J. T., Houghton R. A. Ecosystem responses to recent climate change and fire disturbance at northern high latitudes: observations and model results contrasting northern Eurasia and North America // *Environ. Res. Lett.* 2007. V. 2, 045031. 9 p. doi:10.1088/1748-9326/2/4/045031.

¹⁵⁵ В Канадской Арктике к 2100 г. тундровые сообщества карликовых кустарничков будут замещены высокими кустарниками. В Евразии тундра на 10—35 % будет замещена тайгой (Букварева Е. Н. *Указ. соч.*, с. 52).

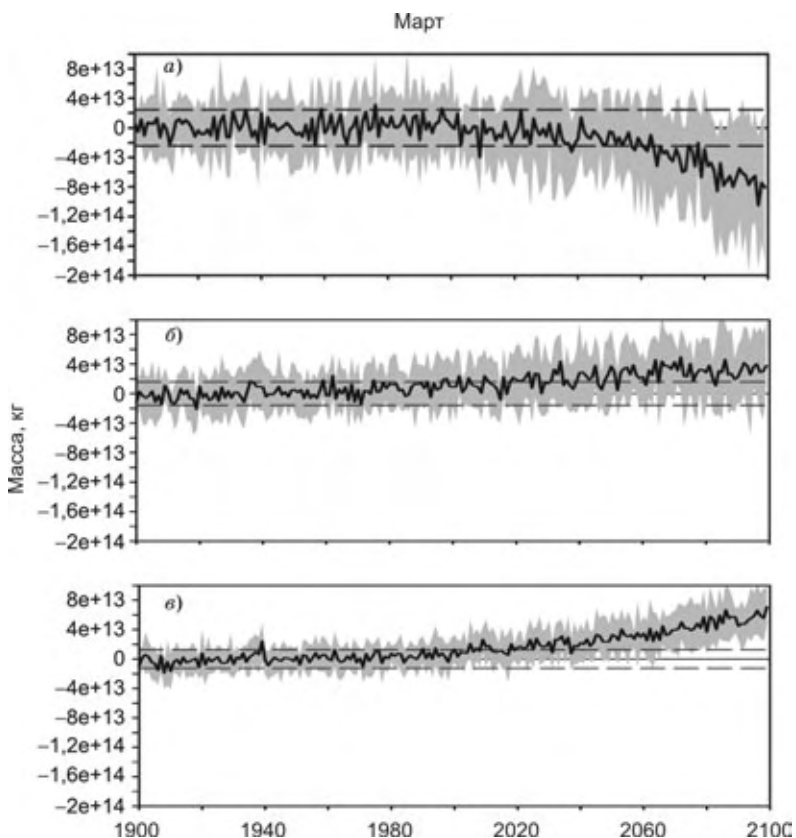


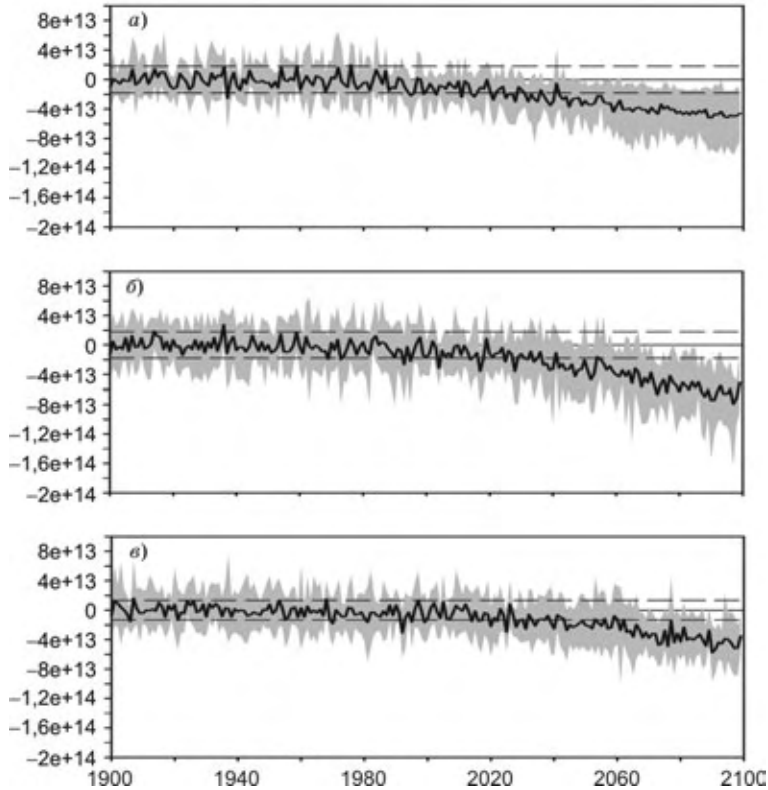
Рис. 4.1. Эволюция аномалий (по отношению к периоду 1910—1959 гг.) в суши в XX веке и в XXI веке (для сценария A2) на водосборах Оби (а), моделей

Кривыми представлены средние по ансамблю изменения массы снега по отношению штриховыми линиями. Выход кривой за границы этого интервала означает, что 5 %-ном уровне. Серым тоном выделена

ки, а также представляющих угрозу здоровью и жизни людей, работающих или несущих службу в этом регионе.

- Новые угрозы здоровью коренного населения, в том числе из-за изменений жизненного уклада, структуры питания и занятости. В Арктическом регионе социальные последствия климатических изменений, в том числе для здоровья населения, наиболее ощутимы, что связано, в первую очередь, с тем, что здесь находятся районы проживания коренных малочисленных народов Севера, многие из ко-

Май



марте (слева) и мае (справа) интегральной массы (кг) снежного покрова Енисея (б) и Лены (в), рассчитанная с помощью ансамбля климатических МГЭИК.¹⁵⁶

к базовому периоду 1910—1959 гг., интервал изменчивости для которого указан рассматриваемые изменения в среднем по ансамблю статистически значимы на область разброса модельных оценок.

торых по-прежнему занимаются традиционным ведением хозяйства. С одной стороны, эти районы характеризуются дефицитом квалифицированной медицинской помощи; с другой стороны, как уже отмечалось выше, существует возможность проникновения сюда с юга новых инфекционных

¹⁵⁶ Kattsov, V., V. Govorkova, T. Pavlova, P. Sporyshev, Arctic river runoff in the context of global warming: Projections with state-of-the-art global climate models // *CliC Ice and Climate News*. 2008. No. 11. P. 8—10. (http://ipo.npolar.no/newsletters/archive/ice_climate_2008_08_no_11.pdf)

заболеваний и активизации старых инфекций в результате изменения ареала возбудителей и многих других причин.¹⁵⁷

Особо следует отметить опасность усиления *системного (синергического) эффекта совокупности воздействий*, при котором интегральные последствия отдельных воздействий превышают их сумму. Примером является усугубление антропогенных рисков и угроз хрупким экосистемам Арктики в результате облегчения доступа в Арктику и интенсификации ее освоения, включая загрязнение окружающей среды и уничтожение видов флоры и фауны. При этом специфика российской Арктики — по сравнению с Аляской, севером Канады, Гренландией, арктическими территориями Скандинавских стран — заключается в повышенной значимости социальных рисков (по сравнению с природно-экологическими) в связи со значительно большей численностью населения. В российской Арктике расположено 46 городов и поселков с населением в пять и более тысяч жителей, а также крупнейшие в мире металлургические производства, рудники, горнообогатительные комбинаты, угольные шахты, полигоны испытаний ядерного оружия, места захоронения радиоактивных отходов и другие экологически опасные объекты.¹⁵⁷

¹⁵⁷ *Влияние глобальных климатических изменений на здоровье населения российской Арктики* / Рук. проекта Б. А. Ревич. — М., Представительство ООН в Российской Федерации, 2010, с. 4.

5. АДАПТАЦИЯ НАСЕЛЕНИЯ И ЭКОНОМИКИ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА

Многофакторность воздействия климатических изменений и многообразие их последствий для населения и хозяйственных комплексов на обширной территории России предопределяют необходимость разработки и осуществления адаптационных программ и программных мероприятий с тщательным учетом региональной и производственно-отраслевой специфики.

В этом контексте следует подчеркнуть неопенимую роль развития науки в разработке государственной политики, а также научно-технических разработок и технологических решений в области адаптации населения, хозяйственных систем и системы обеспечения национальной безопасности России к изменениям климата. Важнейшей составляющей адаптационного потенциала является состояние климатической науки, центральная задача которой — оценка будущих изменений климата, выработка на его основе соответствующих рекомендаций и участие в разработке адаптационных мер. Положение дел в России с этим аспектом адаптационного потенциала нуждается в безотлагательном и решительном улучшении. (Подробнее об этом см. п. 6.5.)

Ниже рассматриваются меры адаптации к изменениям климата для населения Российской Федерации, а также секторов экономики, которые имеют первостепенное значение с точки зрения устойчивого развития и национальной безопасности России.

5.1. Население

В области адаптации населения, прежде всего его здоровья, ожидаемая интенсификация волн тепла, особенно в крупных населенных пунктах, требует внесения корректив в районную планировку, конструкцию и оборудование зданий, в том числе дополнительное озеленение городов, развитие кондиционирования жилых и общественных зданий, включая лечебные и социальные учреждения, внедрение системы предупреждения населения о жаре. При этом необходимо учитывать возрастание риска косвенного воздействия — через повышение концентрации загрязняющих веществ в воздухе, что вынуждает к внедрению энергосберегающих технологий, новых стандартов на автомобили и моторное

топливо. Для эффективного выполнения перечисленных мер необходимо заинтересованное участие населения, которое должно своевременно и в полном объеме получать информацию от муниципальных (региональных) властей и органов здравоохранения. В этих целях надлежит воспользоваться соответствующими рекомендациями ВОЗ, специально разработанными по просьбе и для Российской Федерации в связи с чрезвычайной ситуацией лета 2010 г. (см. приложение 5).

Адаптационные меры в отношении ожидаемого увеличения в связи с потеплением климата в ряде регионов площади заболоченных территорий, кормовой базы и мест выплода комаров, обитания клещей, животных-прокормителей, изменения ареалов природно-очаговых инфекций включают усиление эпидемиологического надзора, внедрение системы ранней диагностики, своевременную вакцинацию, проведение противомаларийных мероприятий и другие меры. Влияние повышенных температур на состояние возбудителей кишечных инфекционных заболеваний и паразитозов, нарушение работы водопроводно-канализационных сооружений обуславливают необходимость усиления контроля работы водопроводно-канализационных сооружений и установок, внедрения систем локальной очистки питьевой воды, эпидемиологического надзора, расширения санитарно-просветительской работы. Опасные погодно-климатические явления требуют ускоренного развития системы оповещения населения, создания мобильных бригад оказания скорой медицинской помощи и др.

Специальные адаптационные меры должны быть разработаны и реализованы в отношении коренных и малых народов Российской Федерации, в частности народов Крайнего Севера, здоровью и устойчивому развитию которых ожидаемые изменения климата угрожают в наибольшей степени.

Необходимо безотлагательно заняться разработкой «климатического» компонента миграционной политики Российской Федерации, начиная от надлежащей оценки и завершая разработкой механизмов регулирования процессов, обусловленных такими явлениями, как «климатические беженцы», причем в отношении граждан не только Российской Федерации, но и других стран, не способных преодолеть дефицит адаптации на своих территориях.

5.2. Энергетика

Разработка и осуществление адаптационных мер в энергетическом секторе экономики, охватывающем генерацию, передачу энергии и транспортировку энергоносителей, должны отвечать следующим, упоминавшимся в п. 3.2.1, критериям: энергетическая безопасность и энергетическая эффективность экономики; экономическая (бюджетная) эффективность и экологическая безопасность энергетики. Ключевыми в сфере адаптации этого сектора к изменениям климата являются меры, обеспечивающие снижение выбросов парниковых газов, прежде всего диверсификация и децентрализация энергетики с максимально полным использованием возможностей источников энергии, альтернативных ископаемому топливу, в первую очередь углю и нефти¹⁵⁸: АЭС и, особенно, *возобновляемых источников энергии (ВИЭ)* — гелиоэнергетики, ветроэнергетики, малой гидроэнергетики; биотоплива, тепловых насосов. Разница заключается в том, что если применительно к снижению выбросов парниковых газов принципиальное значение имеет сама технология производства энергии указанными источниками, предусматривающая минимальные или нулевые эмиссии этих газов, то в адаптации к изменениям климата приоритет принадлежит привносимым использованием альтернативных источников энергии (главным образом, ВИЭ) эффектам диверсификации и децентрализации.

По упомянутой причине сохранение в ближайшие десятилетия стабильного лидерства ископаемых углеводородов в топливно-энергетическом балансе России не умаляет значимость и перспективность для нее активного использования возможностей ВИЭ, которые должны замещать мощности на углеводородном топливе в районах децентрализованного энергоснабжения (т. е. на 2/3 территории страны). Такое замещение вполне реально, учитывая особенности размещения ВИЭ по территории Российской Федерации, позволяющие практически каждому ее субъекту комплексно использовать два-три вида таких источников. Это может су-

¹⁵⁸ Особое место занимает природный газ, который обеспечивает основную часть (около половины) потребления электроэнергии России и является экологически более чистым по сравнению с нефтью и углем источником энергии. С учетом этого на обозримую перспективу (до 2030 г.) реалистической стратегией представляется сохранение позиций этого источника энергии с одновременным качественным улучшением КПД соответствующих установок и увеличением в них доли когенерации тепла и электричества и замещением ими выбывающих мощностей угольных и нефтяных ТЭС.

щественно повысить обеспеченность электрической и тепловой энергией удаленных потребителей, а также повысить уровень энергетической, а вместе с ним экономической и в целом национальной безопасности. Разработка и издание совместными усилиями Росгидромета и Минэнерго России новых Правил устройства электроустановок (ПУЭ) позволит использовать открывающиеся в этом направлении возможности в еще большей мере.

В то же время, нельзя забывать и об адаптации главного сегмента ТЭК — энергетических установках, работающих на ископаемом топливе, а также о системах его транспортировки. Основными мерами адаптации, помимо упомянутых выше, в этом случае являются, во-первых, развитие технологических и инфраструктурных инноваций, повышающих устойчивость сооружений к неблагоприятным погодноклиматическим воздействиям; во-вторых, развертывание масштабной и эффективной системы страхования, снижающей риски ущерба от такого рода воздействий и реализующей потенциал, заложенный в действующем законодательстве.¹⁵⁹

В районах таяния вечной мерзлоты необходимо укрепление труб на буровых установках. В состав буровых установок должно входить грозозащитное оборудование, которое следует использовать в случае грозовой обстановки. Для уменьшения риска необходимо предусматривать загрузку промышленных трубопроводов резервными запасами нефти и газа на случаи внепланового прекращения добычи топлива. Учитывая низкие температуры, монтаж труб, доставляемых транспортом для опускания в скважины, необходимо выполнять немедленно, и это должно быть предусмотрено заранее.

Адаптационные мероприятия в отношении ЛЭП не должны сводиться к используемой ныне (обычно по заданию менеджеров, а не специалистов) плавке гололедно-изморозевых отложений. Такая плавка — дорогой и небезопасный метод очистки проводов ЛЭП от обледенения, учитывая периодически наносимый им при этом вред вплоть до разрушения. Важно следить с помощью приборов за тенденцией возможного обледенения проводов и прини-

¹⁵⁹ См.: Федеральный закон Российской Федерации от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (с последующими изменениями); Федеральный закон Российской Федерации от 21.07.97 № 117-ФЗ «О безопасности гидротехнических сооружений» (с последующими изменениями); Федеральный закон Российской Федерации от 27 июля 2010 г. № 225-ФЗ «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте».

мать меры в виде установки ветровых вертушек, противодействующих образованию гололеда. Такой метод защиты уже с успехом применяется на Сахалине.

Кроме того, необходимо автономное снабжение энергией компрессорных станций, например, за счет ветроэнергетических установок (ВЭУ). Важной институциональной мерой адаптации является принятие новых Правил установки электрооборудования (ПУЭ). Этот документ должен быть разработан совместно опытными климатологами и энергетиками. В настоящее время данные по гололедным нагрузкам в СНиП и ПУЭ расходятся, и различия достигают 50 %.

В целях адаптации к изменениям климата *гидроэнергетики* необходимо совместными усилиями Росгидромета и Минэнерго России произвести объективную количественную оценку влияния на выработку энергии ГЭС произошедших и ожидаемых изменений водного режима рек, а также разработать новые правила эксплуатации водохозяйственных и гидроэнергетических систем с учетом фактически наблюдающихся и ожидаемых изменений климата. Для рационального управления работой водохранилищ требуется разработка новых правил эксплуатации гидроузлов и их каскадов с учетом происходящих изменений гидрометеорологического режима на водосборах. Необходимо уточнение гидроэнергетического потенциала малых и средних рек, учитывая, что в условиях России малая гидроэнергетика является наиболее подготовленным для реализации ВИЭ.

В этом контексте важно подчеркнуть необходимость преодоления барьеров на пути развития малой гидроэнергетики в России, в число которых входят: неполная информированность потенциальных пользователей о преимуществах применения небольших гидроэнергетических объектов; недостаточная изученность гидрологического режима и объемов стока малых водотоков; низкое качество действующих методик, рекомендаций и СНиП, что является причиной серьезных ошибок в расчетах; несовершенство методик оценки и прогнозирования возможного воздействия на окружающую среду и хозяйственную деятельность; слабая производственная и ремонтная база предприятий, производящих гидроэнергетическое оборудование для малых ГЭС. Для повышения надежности их работы необходимы также дополнительные исследования их функционирования в условиях глубокого промерзания русла рек. Массовое строительство объектов малой гидроэнергетики возможно лишь в случае серийного производства оборудования, отказа от индивидуального проектирования и ка-

чественно нового подхода к надежности и стоимости оборудования по сравнению со старыми объектами, выведенными из эксплуатации.

В целях адаптации гидроэнергетики к происходящим и ожидаемым в перспективе климатическим изменениям необходимо совместными усилиями организаций Росгидромета, РАН и Министерства энергетики дать объективную количественную оценку влияния на выработку энергии ГЭС произошедших изменений водного режима рек. Кроме того, следует разработать новые правила эксплуатации водохозяйственных и гидроэнергетических систем, принимая во внимание фактически наблюдающиеся и ожидаемые изменения климата. Ныне действующие правила эксплуатации водохозяйственных и энергетических систем разработаны без учета произошедших и ожидаемых изменений внутригодового распределения стока рек. В результате не только не используется полностью возможность для увеличения выработки энергии, но и создаются чрезвычайные ситуации. В современных условиях для рационального управления работой водохранилищ необходима разработка новых правил эксплуатации гидроузлов и их каскадов с учетом происходящих изменений гидрометеорологического режима на водосборах.

5.3. Сельское хозяйство

Для адаптации сельскохозяйственного производства к климатическим изменениям в целях снижения рисков и обеспечения продовольственной безопасности России необходимо изменение географии земледелия за счет продвижения его в северном направлении, в достаточно увлажненные зоны. В Нечерноземье и на Дальнем Востоке это должно сочетаться с активным применением мелиоративных мероприятий, органических и минеральных удобрений и средств защиты растений по нормам, принятым для аналогичных почвенно-климатических условий в странах ЕС. В регионах с ожидаемым ростом засушливости климата первоочередными мерами по стабилизации сельскохозяйственного производства являются: внедрение сберегающих влагу технологий, включая сохранение или расширение площадей под паром, увеличение доли озимых зерновых культур, расширение посевов засухоустойчивых культур — кукурузы, сорго и проса, а также селекция и интродукция новых сортов других культур, устойчивых к засухе. Для использования дополнительных тепловых ресурсов

рекомендуется расширение посевов вторых пожнивных культур в благоприятные по увлажнению годы.

В связи с ожидаемыми положительными для сельского хозяйства тенденциями изменения агроклиматических условий в ряде регионов меры адаптивного характера должны быть направлены на расширение площадей, занятых озимыми зерновыми, более урожайными, чем яровые культуры. Требуется пересмотр видového и сортового состава возделываемых сельскохозяйственных культур с целью отбора более позднеспелых и более продуктивных видов (сортов) для использования дополнительных тепловых ресурсов, обусловленных потеплением климата. Для таких регионов рекомендуется существенное расширение посевов теплолюбивых сельскохозяйственных культур, таких как кукуруза и сахарная свекла, которые в настоящее время импортируются в значительных объемах (в частности, свекла в виде сырья для производства сахара и самого сахара). Помимо выгод от адаптации в виде снижения рисков производства, это должно привести к ликвидации существующей зависимости от импорта этих товарных позиций, укреплению самообеспеченности и продовольственной безопасности страны. То же относится и к перспективам расширения посевов масличных культур, включая подсолнечник, сою и, особенно, рапс озимый.

Регионы Поволжья, Северного Кавказа и Урала, поставляющие наибольшее количество продовольственного экспортного зерна, должны иметь возможность расширения посевных площадей в целях компенсации недоборов зерна, связанных с увеличением повторяемости засух в указанных регионах. Эти площади должны освобождаться в результате переноса производства соответствующих объемов фуражного зерна за пределы зоны рискованного земледелия. Требуются разработка и принятие системы мер для уменьшения межгодовой изменчивости валовых сборов зерна в засушливых регионах, включая использование севооборотов различных зерновых культур. С точки зрения устойчивости производства эффективно сочетание озимых и яровых культур, проса (особенно, с яровой пшеницей и овсом), озимой ржи с яровой пшеницей, выращивание которых целесообразно осуществлять в географически удаленных друг от друга регионах.

Должны быть предусмотрены возможности создания значительных страховых запасов зерна (порядка 20 млн т). На такое увеличение урожая за счет благоприятных агрометеорологических условий должны ориентироваться резервные мощности зернохранилищ, а также обеспеченность хозяйств уборочной

техникой. Требуется расширение экономически рентабельного орошаемого земледелия, особенно для Поволжского и Северо-Кавказского районов, с учетом того, что потепление климата повышает его эффективность. Расширение массивов поливных земель и в условиях потепления — радикальный путь интенсификации и стабилизации сельскохозяйственного производства. На территории Северо-Кавказского и Поволжского (на Нижней Волге) регионов должна быть создана расширяющаяся по мере потепления климата зона высокоинтенсивного субтропического земледелия, аналогом которой является современное сельское хозяйство Узбекистана и Азербайджана (производство хлопка, субтропических фруктов, винограда и т. д.).

Наконец, еще более необходимой, чем в сфере энергетики, мерой адаптации сельского хозяйства и АПК в целом является развитие агрострахования, в первую очередь субсидируемого государством страхования урожая от множественных рисков, которым пока охвачено менее четверти посевов. Эту долю нужно существенно расширить во избежание повторения последствий засухи 2010 г. Кроме того, представляется необходимым введение обязательного страхования, что не исключает использования одновременно и его добровольных форм. В частности, агростраховщики и сельхозпроизводители предлагают вариант, предусматривающий использование обязательного страхования применительно к гибели посевов, добровольного — в отношении пострадавших посевов (по аналогии режимов ОСАГО и КАСКО в автостраховании).

Важным шагом со стороны государства во исполнение указанного закона могла бы стать *организация мощной государственной агростраховой компании*, которая могла бы удерживать (сама покрывать) риски и обеспечивать их перераспределение (перестрахование) в роли «страховщика последней инстанции». Указанная компания выполняла бы функции депозитария и управляющего федеральным фондом страховых резервов, которые, помимо формирования накопительных страховых резервов у страховщиков, позволили бы наряду с развитием перестрахования существенно улучшить ситуацию с инвестициями в развитие АПК. Для этого данная госкомпания должна располагать значительными финансовыми ресурсами, в частности большим уставным капиталом, и развитой региональной сетью, сопоставимой с нынешним Росгосстрахом. Это, в свою очередь, предполагает жесткий контроль целевого характера и прозрачности использования средств.¹⁶⁰

¹⁶⁰ См.: Порфирьев Б., Юлдашев Р. Становление системы агрострахования в России: ключевые проблемы и наметки решений // *Российский экономический журнал*. 2010. № 6. С. 35—43.

5.4. Лесное хозяйство

Среди мероприятий по адаптации лесного хозяйства к изменениям климата основными являются следующие:

- повышение продуктивности биомассы лесных насаждений;
- расширение объемов природного обновления;
- улучшение качества посадочного материала, ведение лесного семеноводства на селекционно-генетической основе;
- усиление борьбы с вредителями и болезнями;
- предупреждение лесных пожаров и борьба с ними.

При этом акцент должен быть сделан, прежде всего, на предупреждении масштабных эпифитотий и, особенно, лесных пожаров. Для этого должен использоваться комплексный подход к лесам, рассматривающий их не только как источник сырья или рекреационных услуг, но и как важнейшую подсистему биосферы, обеспечивающей, помимо прочего, устойчивый кругооборот воды в природе. Он в свою очередь, является одним из факторов формирования регионального климата, способствующего снижению риска и последствий засух.

Такой подход к использованию и охране лесов как важнейшим и уязвимым экосистемам, жизненно важным для сохранения благоприятных условий, а зачастую и просто выживания человека в условиях изменений климата, эффективен не только с точки зрения адаптации к этим изменениям, но и в экономическом отношении. Круглогодичное комплексное управление лесами как динамичными экосистемами дешевле, чем привлечение огромного количества воздушных и наземных противопожарных средств, людей для борьбы с крупными пожарами, когда они уже возникли. То же относится и к масштабным эпифитотиям (хотя их социально-экономические последствия существенно меньше, чем последствия лесных пожаров). Поэтому функции лесоохраны, включая противопожарные функции, должны быть сосредоточены в одних руках на федеральном уровне, что лишний раз доказали уроки чрезвычайной ситуации лета 2010 г.

Другой акцент должен быть сделан на качественном улучшении оснащения служб охраны лесов и их готовности к эффективному реагированию, если масштабный пожар или эпифитотия все-таки возникли. Закономерно, что на ближайшие годы федеральным правительством на переоснащение только противопожарной службы лесоохраны будет выделено 43 млрд рублей.

5.5. Водное хозяйство

Меры по адаптации этого сегмента экономики имеют выраженные региональные особенности. При перспективном планировании развития водохозяйственного комплекса бассейна реки Дона необходимо учитывать неблагоприятный сценарий развития. Решение проблемы в южной части бассейна Дона, сохранение и увеличение рыбохозяйственного и рекреационного значения Азова видится в завершении строительства канала Волга—Дон, законсервированного в начале 1990-х годов. Это представляется логичным с учетом прогнозируемого увеличения годового стока реки Волги. Для смягчения проблем обеспечения водой населения и развивающейся экономики в верховьях Иртыша и Оби необходимо рассмотреть возможности дополнительного регулирования стока и заключения международных договоров с Китаем и Казахстаном по совместному использованию водных ресурсов Иртыша. Уже в ближайшее время необходимо предусмотреть разработку практических мероприятий по дополнительному водообеспечению населения и экономики Москвы и Московской области.

Для кардинального улучшения ситуации с катастрофическими наводнениями необходимы:

- создание бассейновых систем прогнозирования, предупреждения и защиты от наводнений (на реках Сибири, Северного Кавказа и в Приморья);
- реорганизация существующей системы гидрометеорологических наблюдений, техническое перевооружение сети Росгидромета;
- упорядочение землепользования в зоне риска 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.

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

5.6. Строительство

Особая актуальность принятия мер по адаптации строительной индустрии к изменениям климата обусловлена тем, что именно в этой отрасли создаются объекты, рассчитанные на дли-

тельный период эксплуатации (жилые и общественные здания, магистральные газо- и нефтепроводы, дороги и др.).

При проектировании новых зданий и сооружений в условиях меняющегося климата необходимо не только использовать обновленные современные характеристики климата, но и в ряде отношений изменять принципы строительного проектирования. Необходимо отказаться от принципа минимизации капитальных затрат и пренебрежения вопросами энергоэффективности, а также от принятия волевых решений относительно нормирования атмосферных нагрузок. Главенствующими положениями должны стать обеспечение безопасности объектов в течение всего расчетного периода эксплуатации (на основе анализа рисков с учетом особенностей климатических изменений) и их энергоэффективности.

Принцип энергоэффективности состоит в обеспечении оптимального микроклимата внутри зданий и сооружений, а также необходимой надежности и долговечности конструкций при минимальном расходе энергии на отопление и вентиляцию зданий.

В условиях климата России основной мерой энергосбережения, которая должна быть реализована, является уменьшение потребления энергии на отопление (что актуально и для решения проблемы уменьшения выбросов парниковых газов). В связи с этим представляется недопустимым снижение требований к тепловой защите зданий, несмотря на тенденцию повышения зимних температур. Более того, целесообразно повышение требований к теплозащитным свойствам зданий на основе практического использования при проектировании расчетных параметров температуры воздуха, соответствующих более высокому уровню обеспеченности (следует отметить, что по этому вопросу имеются и более консервативные взгляды, сторонники которых полагают, что при расчете термического сопротивления ограждающих конструкций достаточно сохранить действующие критерии). Решение проблемы энергоэффективности зданий предполагает также внедрение современных систем отопления, допускающих автоматическое регулирование подачи тепла.

С целью обеспечения долговечности зданий при строительстве новых объектов целесообразно предусмотреть использование материалов, рассчитанных на большее число циклов замораживания и оттаивания, повышенную коррозионную устойчивость различных элементов, а также конструктивные решения, направленные на уменьшение возможности промачивания стен (соответствующим образом заделанные стыки панельных зданий, ориентация здания, козырьки над входами и др.).

При оценке рисков, связанных с ветровыми нагрузками, следует принимать во внимание ожидаемое увеличение вклада штормовых скоростей. В случае применения навесных фасадных систем, предназначенных для утепления и облицовки внешних ограждающих конструкций, необходимо также дополнительно учитывать усиление эффектов, обусловленных совместным воздействием ветровых нагрузок, температурных деформаций и коррозионного разрушения (в связи с повышением экстремальных температур и увеличением количества осадков), и вводить более жесткие требования по нормированию ветровых нагрузок.

В условиях увеличения вероятности экстремально высоких снеговых нагрузок при проектировании ответственных сооружений (например, большепролетных зданий социального назначения) целесообразно устанавливать нормативные снеговые нагрузки на основе принятия достаточно высокой вероятности их непревышения в течение всего расчетного периода эксплуатации (т.е. с учетом ожидаемого изменения климата).

Для минимизации рисков аварий, связанных с некорректным установлением нормативных значений гололедных и гололедно-ветровых нагрузок, актуально проведение региональных исследований на основе существующих данных наблюдений с целью перехода от схематического районирования территории России к получению детализированной картины пространственных вариаций нагрузок в различных регионах.

Информационной основой адаптации строительной индустрии к изменениям климата являются нормативные и регламентирующие документы (СНиП и др.), которые должны быть приведены в соответствие с действующими международными нормами. Необходимо обновление нормативных параметров с учетом данных наблюдений за последние десятилетия. Представляется целесообразным расширение перечня рассматриваемых показателей, отражающее особенности происходящих климатических изменений (например, введение вероятностных характеристик продолжительности периодов с экстремальными значениями метеорологических величин).

5.7. Жилищно-коммунальное хозяйство

С целью адаптации к изменениям климата в сфере ЖКХ необходимо безотлагательно внести коррективы в нормативные документы СНиП, ГОСТ, а также технические регламенты. В част-

ности, требует срочного пересмотра глава СНиП «Строительная климатология», в которой нормативные квантили продолжительности и температуры отопительного периода должны быть заменены с учетом уже происходящего сокращения его продолжительности в связи с потеплением климата.

Деятельность по созданию современных сетей теплоснабжения является наиболее важным техническим адаптационным мероприятием. Поскольку задача состоит не только в экономии энергии, но и в обеспечении комфортных условий проживания, необходимо широкое внедрение современных систем отопления, дающих возможность простой регулировки подачи тепла (желательно автоматизированных). Необходимо в ближайшее время перейти на современную методику системного подхода к созданию кондиционеров с автоматизированным управлением с учетом специализированной климатологической информации в виде двумерных распределений срочных значений температуры и энтальпии. Требуют пересчета годовые расходы тепла, холода и влаги при проектировании систем кондиционирования для мест с повышенной влажностью: бассейнов, аквапарков, озер, прудов-охладителей.

5.8. Транспорт

Основные адаптационные меры, касающиеся влияния изменения климата на сухопутный транспорт, включают:

- мониторинг, прогнозирование и раннее оповещение об изменениях гололедных отложений на дорогах;
- учет влияния деградации вечной мерзлоты на устойчивость работы любых, в том числе железнодорожных, транспортных магистралей и принятие технических решений по снижению риска данного влияния;
- учет воздействия изменения колебаний температурно-влажностных, ветровых и других погодно-климатических характеристик на физическое состояние дорог и транспортных средств, на здоровье и самочувствие людей, управляющих транспортными средствами, и принятие организационных, технических и медицинских мер по снижению риска указанного воздействия. В частности, важной адаптационной мерой является обеспечение комфортных условий (в том числе развитие систем кондиционирования) для пассажиров общественного транспорта, включая железнодорожный и автотранспорт, а также метрополитен.

Увеличение повторяемости и разрушительной силы опасных природных явлений, включая штормовые ветры, а также деградация вечной мерзлоты требуют разработки адаптационных мер с целью обеспечения безопасности *воздушного транспорта*. Такие меры могут включать, например, внесение изменений в проектирование взлетно-посадочных полос и вертолетных площадок, инженерные решения для закрепления грунтов и т. п.

Меры адаптации требуются и *водному транспорту* в связи с увеличением навигационного периода речного флота и соответственно увеличением грузооборота, сокращением сроков работы ледокольного флота. 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 годов.

Важной адаптационной мерой является укрепление береговой линии и портов.

Центральный для морского транспорта аспект адаптации к ожидаемым изменениям климата связан с открывающимися перспективами эксплуатации Северного морского пути и возрастанием активности в Северном Ледовитом океане в целом. В условиях потепления в Арктике в связи с ожидаемым облегчением доступа в высокие широты необходимо поддержание и развитие ледокольного флота России (включая большие ледоколы) для круглогодичного плавания в Северном Ледовитом океане с целью обеспечения национальных интересов безопасности и научных интересов в Арктике и в Южном океане.

Кроме того, очевидна потребность в развитии инфраструктуры, обеспечивающей работу транспорта, а также научную деятельность полярных экспедиций и функционирование сил обеспечения национальной безопасности России в Северном Ледовитом океане, — строительство портов, развитие сухопутных и воздушных транспортных магистралей и т. д. Существующие количественные экономические оценки необходимых адаптационных мер (в том числе инвестиций) крайне недостаточны и дают, как правило, заниженные значения. Поэтому актуальной является реализация соответствующих разделов вышеупомянутого Комплексного плана научных исследований погоды и климата до 2020 г., который предусматривает существенную активизацию работы по исправлению ситуации.

Что касается научно-технических разработок и технологических решений, обеспечивающих адаптацию к изменениям климата, главная роль здесь принадлежит критически важным си-

стемам и технологиям снижения риска природных катастроф, включая развитие систем раннего оповещения, средств и методов инженерной и санитарной защиты населения и территорий от природных опасностей, а кроме того, системам и технологиям защиты населения и хозяйственных объектов от опасных природных явлений и процессов, в частности экстремальных перепадов температуры, выпадения осадков и т. п.

5.9. Региональная специфика мер адаптации

Как уже отмечалось выше, разработка и реализация адаптационных программ и программных мероприятий должны осуществляться с учетом не только производственно-отраслевой, но и региональной специфики. Для обеспечения устойчивого развития российских регионов с учетом фактора изменений климата необходим переход к стратегическому типу планирования, сочетающего долгосрочную перспективу с системным подходом к разработке и реализации экономических программ и отдельных проектов и «встраивающего» указанный фактор в планы развития территорий и производственных комплексов регионов. Такая увязка призвана обеспечить снижение негативных последствий и максимальное использование благоприятных возможностей, которые открываются благодаря климатическим изменениям как непосредственно, так и опосредованно (через внедрение энергоэффективных и энергосберегающих технологий). Кроме того, она должна способствовать укреплению безопасности в регионах (например, путем развития систем мониторинга и раннего оповещения об опасных явлениях, программы адресной работы с коренными народами и другими особо уязвимыми группами населения и т. д.) и национальной безопасности России в целом.

Упомянутые стратегии развития российских регионов необходимо гармонизировать с общенациональным планом действий, разрабатываемым в настоящее время во исполнение Климатической доктрины Российской Федерации и решения Совета безопасности при Президенте Российской Федерации от 17 марта 2010 г. Необходимо определить территории, производственные комплексы и группы населения страны, особо уязвимые к климатическим изменениям, а также разработать программные меры по смягчению последствий и адаптации к наблюдаемым и прогнозируемым изменениям климата, включая создание финансовых и институциональных механизмов, а также технологий снижения клима-

тических рисков, развитие исследований в области климатологии и анализа и оценки эффективности различных мер адаптации.

Некоторые из таких мер для региона российской Арктики были разработаны отечественными экспертами под эгидой Программы развития ООН и включают безотлагательные (сроки реализации 2009—2012 гг.), среднесрочные (2012—2020 гг.) и долгосрочные (до 2050 г.) мероприятия (табл. 5.1).

Большинство предлагаемых краткосрочных мер не требует значительных инвестиций и может быть интегрировано в уже существующие или разрабатываемые региональные стратегии социально-экономического развития. Для реализации дальнейших шагов потребуются более существенные финансовые вложения, а также вовлечение большего числа сторон на федеральном, региональном и местном уровнях. В то же время, предусматриваемые стратегией долгосрочного развития страны модернизация экономики и переход на инновационный путь развития, вероятно, позволит снизить затраты и сократит сроки осуществления этих задач в будущем.

На всех этапах важная роль должна отводиться просветительской деятельности, а также развитию и укреплению сотрудничества между регионами Арктической зоны России и зарубежных стран. Следует учесть, что многие подходы в области смягчения последствий изменения климата и адаптации уже успешно опробованы в других странах. Также представляется целесообразным использовать опыт и потенциал международных организаций, таких как ПРООН, ЮНЕП, ОЭСР, Всемирный банк и др.

Особенности комплексных мер применительно к основным регионам России раскрыты в табл. 5.2.

Таблица 5.1

Возможные приоритеты климатической политики в арктических регионах России¹⁶¹

Мероприятия	Исполнители	Задачи
<p align="center"><i>Краткосрочные цели (до 2012 г.)</i></p> <p>В развитие Климатической доктрины разработка Национальной стратегии/программы/плана действий в связи с изменением климата</p>	Федеральные органы исполнительной власти	Низкие
Создание специального органа, ответственного за вопросы изменения климата, «чистой» энергетики и разработку климатической политики, в каждом из регионов российской Арктики	Региональные и муниципальные власти	Низкие
Разработка комплексных климатических стратегий для арктических регионов России	Региональные власти, доноры при участии академических кругов, общественных организаций	Низкие
Проведение региональных оценок уязвимости экономики регионов, проблем населения, в том числе коренных малых народов	Региональные власти, доноры при участии академических кругов	Средние
Развитие системы гидрометеорологических наблюдений, создание банков данных, обеспечение к ним доступа пользователей	Федеральные органы исполнительной власти, региональные власти	Средние—высокие
Пересмотр отраслевых нормативных документов, учитывающих погодно-климатические факторы (например, строительных норм и правил)	Федеральные органы исполнительной власти	Средние

¹⁶¹ Источник: *Комплексные климатические стратегии для устойчивого развития регионов российской Арктики в условиях изменения климата*, ПРООН. С. 76—77.

Продолжение табл. 5.1

Мероприятия	Исполнители	Затраты
<p>Проведение инвентаризации антропогенных выбросов и стоков парниковых газов в регионах Арктики и разработка рекомендаций по первоочередным мерам, направленным на снижение выбросов парниковых газов</p>	<p>Региональные власти при участии академических кругов</p>	<p>Средние</p>
<p>Оценка потенциала для экономически эффективного использования возобновляемых источников энергии и мер, стимулирующих их дальнейшее распространение</p>	<p>Региональные власти при участии академических кругов</p>	<p>Низкие</p>
<p>Проведение энергосберегающих мероприятий</p>	<p>Региональные и муниципальные власти</p>	<p>Низкие— средние</p>
<p>Разработка механизмов устойчивого потребления энергоресурсов, в том числе выполнение пилотных проектов в этой области</p>	<p>Федеральные органы исполнительной власти, региональные и муниципальные власти, бизнес, общественные организации</p>	<p>Средние</p>
<p>Подготовка пакета предложений по наиболее перспективным проектам развития возобновляемых источников энергии в арктических регионах</p>	<p>Бизнес, федеральные органы исполнительной власти, региональные и муниципальные власти, академические круги</p>	<p>Низкие</p>
<p>Выполнение приоритетных задач в области адаптации и смягчения последствий изменения климата в отдельных секторах</p>	<p>Региональные власти, бизнес, доноры</p>	<p>Средние</p>
<p>Повышение осведомленности населения по проблемам изменения климата и мерам адаптации и смягчения последствий. Проведение образовательных акций для различных целевых групп</p>	<p>Региональные и муниципальные власти, общественные организации, доноры</p>	<p>Низкие</p>

<p>Реализация первых пилотных проектов по адаптации и смягчению последствий изменения климата в регионах Арктики</p> <p>Оценка потенциала для диверсификации источников финансирования приоритетных комплексных климатических проектов и инициатив, создание новых финансовых инструментов</p>	<p>Доноры при возможном участии региональных бюджетов</p> <p>Федеральные органы исполнительной власти, региональные и муниципальные власти, бизнес, доноры</p>	<p>Средние</p> <p>Низкие</p>
<p><i>Среднесрочные цели (с 2013 по 2020 г.)</i></p>		
<p>Реализация комплексных климатических стратегий для арктических регионов России</p>	<p>Региональные власти, бизнес, доноры</p>	<p>Высокие</p>
<p>Разработка и реализация портфеля климатических проектов в арктических регионах</p>	<p>Федеральные органы исполнительной власти, региональные власти, доноры</p>	<p>Высокие</p>
<p>Улучшение качества региональных климатических прогнозов и качества гидрометеорологических наблюдений. Повышение надежности данных</p>	<p>Федеральные органы исполнительной власти, региональные власти</p>	<p>Средние—высокие</p>
<p>Развитие системы страхования рисков от негативных последствий изменения климата в приоритетных секторах</p>	<p>Государственно-частнопартийно-страховым компаниям</p>	<p>Средние</p>
<p>Развитие системы страхования «климатических» рисков: а) для объектов собственности, б) для инвестиций, в) последствий катастрофических стихийных бедствий</p>	<p>Государственно-частнопартийно-страховым компаниям</p>	<p>Средние</p>
<p>Разработка инновационных систем финансирования мероприятий по адаптации к изменению климата (например, отчисления от сделок на углеродном рынке)</p>	<p>Федеральные органы исполнительной власти, региональные власти, бизнес</p>	<p>Низкие</p>

Окончание табл. 5.1

Мероприятия	Исполнители	Затраты
<p>Реализация крупных региональных программ по повышению энергоэффективности экономики</p>	<p>Региональные власти, бизнес, доноры</p>	<p>Высокие</p>
<p>Осуществление проектов по распространению возобновляемых источников энергии</p>	<p>Федеральные органы исполнительной власти, региональные власти, бизнес, доноры</p>	<p>Высокие</p>
<p>Оценка перспектив внедрения технологий улавливания и хранения углерода на нефтегазовых месторождениях на шельфе арктических морей России и возможное внедрение пилотной установки по результатам анализа</p>	<p>Федеральные органы исполнительной власти, бизнес при участии академических кругов</p>	<p>Высокие</p>
<p><i>Долгосрочные цели (с 2020 по 2050 г.)</i></p>		
<p>Постоянное совершенствование системы страхования рисков, связанных с изменением климата</p>	<p>Государственное партнерство со страховыми компаниями</p>	<p>Средние</p>
<p>Формирование дополнительных источников финансирования мероприятий по адаптации и смягчению последствий изменения климата (например, за счет введения «адаптационных» и «углеродных» налогов, сборов и пошлин)</p>	<p>Государственное партнерство с финансовыми институтами</p>	<p>Низкие</p>
<p>Реализация крупной региональной программы по адаптации к изменению климата</p>	<p>Федеральные органы исполнительной власти, бизнес при участии академических кругов</p>	<p>Высокие</p>
<p>Создание территорий с «нулевым углеродным балансом» (нулевой прирост выбросов) в регионах российской Арктики</p>	<p>Региональные власти, бизнес, доноры</p>	<p>Высокие</p>

<p>Значительное увеличение доли возобновляемых источников энергии в энергобалансе региона</p>	<p>Федеральные органы исполнительной власти, региональные власти, бизнес, доноры</p>	<p>Высокие</p>
<p>Введение региональной системы торговли на выброс парниковых газов</p>	<p>Федеральные и региональные органы исполнительной власти, бизнес, доноры</p>	<p>Средние</p>
<p>Включение практики улавливания и хранения углерода в технологическую цепочку производства энергоресурсов</p>	<p>Федеральные и региональные органы исполнительной власти, бизнес. доноры</p>	<p>Очень высокие</p>

Таблица 5.2

**Ожидаемые последствия изменений климата в 2011—2030 гг.
и возможные меры адаптации к ним регионов Российской Федерации**

Регион	Ожидаемые изменения климата	Ожидаемые последствия изменений климата	Возможные адаптационные мероприятия
Северо-Запад	<p>Значительное повышение средней температуры (зимой 1,7—2,0 °С; летом 0,9—1,0 °С). Увеличение среднего количества осадков (зимой 5—7 %; летом 1—6 %). Возрастающие температуры, включая интенсификацию волн тепла. Увеличение повторяемости оттепелей зимой и заморозков весной</p>	<p>Сокращение отопительного периода на 2—3 дня; в отдельные годы с вероятностью 0,1—0,2 возможно превышение характерных для конца XX века значений продолжительности отопительного периода. Уменьшение долговечности зданий, в особенности блочных и панельных. Вследствие увеличения изменчивости температуры воздуха и повторяемости оттепелей зимой ухудшение качества теплоснабжения. Возрастающие затраты на дополнительное кондиционирование в летний период. Рост рисков опасного гололедеобразования и аварий на ЛЭП (разрыв проводов и разрушение опор) и гололедицы на дорогах.</p>	<p>Реконструкция блочных и панельных зданий; пересмотр нормативов по теплосопротивлению зданий; обновление нормативов по отоплению. Создание систем раннего предупреждения об аномалиях тепла и холода. Мониторинг состояния покрытий зданий. Мониторинг обледенения ЛЭП и автомобильных дорог. Мероприятия по охране лесов, в том числе повышение продуктивности биомассы лесных насаждений, обновление леса путем создания благоприятных условий для естественного роста молодых деревьев (рубки ухода, рубки обновления, регулирование численности животных и т. д.), улучшение качества посадочного материала, ведение лесного селекционно-генетической основе, усиление мероприятий по борьбе с вредителями и болезнями, предупреждение и развитие систем раннего предупреждения о лесных пожарах. Пересмотр</p>

	<p>высоты заторных наводнений. На юго-западе уменьшение повторяемости весенних наводнений, вызванных снеготаянием. Увеличение повторяемости и высоты нагонных наводнений в устьях рек, прежде всего в устьевой части Невы.</p>	<p>регулирования работы ГЭС и сложившихся сроков ремонта (в связи с увеличением зимнего стока). Завершение строительства и введение в действие комплекса мер по защите Санкт-Петербурга от наводнений. На побережье Финского залива, Ладожского озера и на ряде островов создание ВЭС и отдельных крупных (мегаваттных) ВЭУ.</p>
	<p>Улучшение условий для животноводства в результате увеличения кормовой базы и сокращения периода стойлового содержания скота. Повышение продуктивности сенокосов и пастбищ, в том числе за счет увеличения продолжительности безморозного периода. Увеличение продуктивности земледелия, расширение возможностей для развития высокоинтенсивного сельского хозяйства западно-европейского типа в результате повышения теплообеспеченности и удлинения вегетационного периода</p>	<p>Ускоренная адаптивная интенсификация сельского хозяйства; обеспечение уровня применения органических и минеральных удобрений, мелиорантов и средств защиты растений по нормам, принятым для аналогичных почвенно-климатических условий в странах Европейского Союза</p>
<p>Центр</p>	<p>Повышение средней температуры (зимой 1,0—1,6 °С; летом 1,0—1,1 °С). При незначительном увеличении количества</p>	<p>Разработка систем раннего предупреждения о смерчах, ураганах, волнах тепла и холода, и профилактические мероприятия для людей пожилого возраста и детей. Совершенствование систем управления водными ресурсами, включая разработку практических ме-</p>

Продолжение табл. 5.2

Регион	Ожидаемые изменения климата	Ожидаемые последствия изменений климата	Возможные адаптационные мероприятия
	<p>осадков зимой тенденция к уменьшению количества осадков летом. Увеличение повторяемости и интенсивности волн тепла</p>	<p>Ожидается обледенение проводов ЛЭП, других воздушных линий и разрыв проводов; повышенная скользкость дорог; ухудшение качества теплоснабжения. Рост риска аварий на магистральных трубопроводах. Возрастают повторяемость пожаров в лесах и на торфяниках. Уменьшение повторяемости весенних наводнений, вызванных снеготаянием. Дефицит воды для промышленных предприятий и хозяйственных нужд в отдельных районах.</p> <p>Риск снижения урожайности, прежде всего яровых зерновых культур, в результате уменьшения влагозапаса почвы в вегетационный период. Наряду с этим улучшение условий увлажнения в осенний период и заметное уменьшение повторяемости лет с вымерзанием озимых культур, что смягчает отрицательные последствия увеличения засушливости климата</p>	<p>роприятий по дополнительному водообеспечению населения и экономики Москвы и Московской области.</p> <p>Мероприятия по охране лесов, в том числе повышение продуктивности биомассы лесных насаждений, расширение объемов природного обновления, улучшение качества посадочного материала, ведение лесного семеноводства на селекционно-генетической основе, усиление мероприятий по борьбе с вредителями и болезнями, предупреждение и развитие систем раннего предупреждения о лесных пожарах.</p> <p>Расширение применения влагосберегающих технологий, увеличение доли озимых зерновых культур, расширение посевов засухоустойчивых теплолюбивых культур — кукурузы, сорго и проса, подсолнечника. Для использования дополнительных тепловых ресурсов расширение посевов вторых пожнивных культур в благоприятные по увлажнению годы</p>

<p>Минимальное для территории Российской Федерации повышение средней температуры воздуха, более сильное летом (до 1,3 °С). Возрастают продолжительность и интенсивности жаркой погоды. Немалое уменьшение количества осадков летом при одновременном увеличении интенсивности ливневых осадков. Возрастание засушливости</p>	<p>Улучшение условий для развития отдельных видов ВИЭ (например, геотермики). Ухудшение условий для функционирования АЭС и ГЭС из-за повышения максимальных температур и нагревания прудов-охладителей. Нехватка воды в отдельных районах. Незначительное снижение притока (на 5—15 %) к Цимлянскому и Краснодарскому водохранилищам. Увеличение частоты и размеров наводнений, вызванных интенсивными дождями. Уменьшение риска гибели и повреждения озимых в результате вымерзания и осенних засух. Ухудшение самочувствия населения, учащение инфарктов и инсультов</p>	<p>Развитие систем промышленного и бытового кондиционирования. Развитие ВИЭ. Мероприятия по охране лесов, в том числе повышение продуктивности биомассы лесных насаждений, обновление леса путем создания благоприятных условий для естественного роста молодых деревьев (рубки ухода, рубки обновления, регулирование численности животных и т. д.), улучшение качества посадочного материала, ведение лесного семеноводства на селекционно-генетической основе, усиление мероприятий по борьбе с вредителями и болезнями, предупреждение и развитие систем раннего предупреждения о лесных пожарах. Развитие рекреационных зон.</p>
		<p>Совершенствование систем управления водными ресурсами. Увеличение посевных площадей озимых зерновых культур, прежде всего, за счет сокращения значительных площадей, занятых ранними яровыми зерновыми культурами. Использование повышения температуры в конце февраля, марте и апреле для сверхранних посевов яровых зерновых культур, а также подсолнечника с целью более полного использования ресурсов почвенной влаги для повы-</p>

Продолжение табл. 5.2

Регион	Ожидаемые изменения климата	Ожидаемые последствия изменений климата	Возможные адаптационные мероприятия
Поволжье	Умеренное потепление (зимой 0,9—1,3 °С; летом 1,0—1,2 °С). Повышение летних экстремальных температур. Небольшое увеличение среднего количества осадков	Сокращение отопительного периода на 2—3 дня. Умеренное возрастание рисков, связанных с гололедными и снеговыми нагрузками (автотранспорт, ЛЭП). Улучшение условий для развития отдельных ВИЭ, прежде всего геотермальной энергии.	Расширение урожайности. Расширение массивов поливных земель (возможное только за счет волжской воды). Расширение посевных площадей засухоустойчивых теплолюбивых культур (просо, сорго и др.). Увеличение доли озимых культур, в том числе за счет замены яровых форм озимыми (для ячменя, рапса и других культур). Создание расширяющейся по мере потепления климата зоны высокоинтенсивного субтропического земледелия, аналогом которого является современное сельское хозяйство Узбекистана и Азербайджана (производство хлопка, субтропических фруктов, винограда и т. д.) Развитие геотермальной энергии. Мероприятия по охране лесов, в том числе повышение продуктивности биомассы лесных насаждений, обновление леса путем создания благоприятных условий для естественного роста молодых деревьев (рубки ухода, рубки обновления, регулирование численности обновления, регулирование численности

<p>Повышение удельной водообеспеченности. Благоприятное для выработки гидроэлектроэнергии повышение притока к водохранилищам крупных ГЭС. Рост теплообеспеченности сельскохозяйственных культур при возрастании повторяемости засух. Улучшение условий зимовки сельскохозяйственных культур</p>	<p>сти животных и т. д.), улучшение качества посадочного материала, ведение лесного семеноводства на селекционно-генетической основе, усиление мероприятий по борьбе с вредителями и болезнями, предупреждение и развитие систем раннего предупреждения о лесных пожарах. Пересмотр правил регулирования Волжско-Камского каскада ГЭС в связи с ростом зимнего стока. Совершенствование систем управления водными ресурсами, развитие программ рекреационного районирования.</p>
	<p>В сельском хозяйстве расширение посевов засухоустойчивых культур, а также озимых зерновых за счет сокращения посевов менее урожайного ярового ячменя и других ранних яровых. Расширение производства сильной и твердой яровой пшеницы. Пересмотр видового и сортового состава возделываемых сельскохозяйственных культур с целью отбора видов (сортов), более позднеспелых и более продуктивных, для использования дополнительных тепловых ресурсов, обусловленных погелением; расширение посевов теплолюбивых культур: кукурузы, сахарной свеклы, подсолнечника, сои и рапса озимого. Расширение</p>

Продолжение табл. 5.2

Регион	Ожидаемые изменения климата	Ожидаемые последствия изменений климата	Возможные адаптационные мероприятия
Урал	<p>Ожидаемое значительное потепление, более сильное на севере зимой и на юге летом (зимой 1,5—1,6 °С; летом 0,9—1,1 °С). Небольшое увеличение среднего количества осадков. Небольшое увеличение засушливости на юге</p>	<p>Сокращение отопительного периода на 4—5 дней. В северной части округа возможно таяние вечной мерзлоты; в южной части — увеличение повторяемости наводнений, вызванных интенсивным снеготаянием, возрастание повторяемости засух и жарких периодов, опасности для здоровья; ухудшение условий для работы АЭС и ТЭС из-за повышения максимальных температур и нагревания прудов-охладителей; улучшение условий для развития гелиоэнергетики. Возрастание пожароопасности в лесах. Повышение риска аварий за счет ветровых нагрузок на ЛЭП. В связи с потеплением и ростом повторяемости заморозков и оттепелей увеличение повторяемости гололеда на дорогах</p>	<p>спектра возделываемых на юге региона теплолюбивых культур за счет хлопчатника, пшеницы и др. для повышения урожайности при потеплении климата</p> <p>В северной части повышение надежности и обеспечение безопасной эксплуатации нефте- и газопроводов (урало-сибирского и юго-западного), в дальнейшем всего трубопроводного транспорта. В южных районах увеличение теплосопотивления ограждающих конструкций и расширение использования бытового и промышленного кондиционирования в связи с повышением температуры летом. Совершенствование управления водными ресурсами. Развитие гелиоэнергетики.</p> <p>Мероприятия по охране лесов, в том числе повышение продуктивности биомассы лесных насаждений, обновление леса путем создания благоприятных условий для естественного роста молодых деревьев (рубки ухода, рубки обновления, регулирование</p>

<p>Улучшение условий для производства зерна яровых культур</p>	<p>численности животных и т. д.), улучшение качества посадочного материала, ведение лесного семеноводства на селекционно-генетической основе, усиление мероприятий по борьбе с вредителями и болезнями, предупреждение и развитие систем раннего предупреждения о лесных пожарах.</p>
<p>Сибирь</p>	<p>В сельском хозяйстве — посевы засухоустойчивых культур, расширение площадей, занятых озимыми зерновыми, более урожайными, чем яровые культуры. Пересмотр видового и сортового состава возделываемых сельскохозяйственных культур с целью отбора видов (сортов), более позднеспелых и более продуктивных, для использования дополнительных тепловых ресурсов, обусловленных потеплением; расширение посевов теплолюбивых культур: кукурузы, сахарной свеклы, масличных культур, подсолнечника и сои. Расширение производства сильной и твердой яровой пшеницы на юге региона</p>
<p>Значительное потепление зимой в северной части (1,7—1,9 °С), 3—4 дня в южной. Деградация вечной мерзлоты, особенно в южной части. Воз-</p>	<p>Развитие систем мониторинга безопасного функционирования линейных сооружений трубопроводов и железнодорожных магистралей. При проектировании новых</p>

Продолжение табл. 5.2

Регион	Ожидаемые изменения климата	Ожидаемые последствия изменений климата	Возможные адаптационные мероприятия
	<p>ральной и южной частях не только зимой (1,1—1,3 °С), но и летом (0,8—1,1 °С). Существенное увеличение среднего количества осадков зимой, особенно на севере (до 8—10 %); небольшое увеличение среднего количества осадков летом на севере (3—4 %) и некоторое уменьшение на юге. Возрастающее накопление снега в зимней половине года в сочетании с ускорением ее таяния весной</p>	<p>растание пожароопасности в лесах, особенно в юго-восточной части. Увеличение водных ресурсов на севере и уменьшение на юге. Увеличение повторяемости загорных наводнений. Возрастающие частоты и размеры наводнений в южной части, вызванное увеличением дождевой составляющей весеннего половодья. Увеличение повторяемости оползней и селей в связи с быстрым таянием снега на юге округа. Улучшение условий для речного судоходства. На юге улучшение условий для развития гелиоэнергетики благодаря обилию солнечных дней в зимнее время. Риск непроизвольных сбросов вод из водоемов при ГЭС в связи с увеличением скорости снеготаяния и стока весной. Улучшение условий для развития сельского хозяйства, включая животноводство, повышение его продуктивности за счет широкого внедрения позднепелых</p>	<p>трубопроводов придание им дополнительной прочности. Разработка систем раннего предупреждения о наводнениях, лавинах, селях, оползнях. В целях развития речного судоходства возобновление дноуглубительных работ на перекатах судоходных рек в объемах, которые выполнялись в начале 1990-х годов. Мероприятия по охране лесов, в том числе повышение продуктивности биомассы лесных насаждений, обновление леса путем создания благоприятных условий для естественного роста молодых деревьев (рубки ухода, рубки обновления, регулирование численности животных и т. д.), улучшение качества посадочного материала, ведение лесного семеноводства на селекционно-генетической основе, усиление мероприятий по борьбе с вредителями и болезнями, предупреждение и развитие систем раннего предупреждения о лесных пожарах</p>

культур, сортов и гибридов. Укрепление кормовой базы животноводства за счет многоукосных трав и пожнивных посевов

Внесение изменений в СНиП строительства гидротехнических сооружений, предусматривающих повышение их устойчивости к росту нагрузок, а также в Правила регулирования ГЭС и их каскадов в связи с увеличением стока и скорости снеготаяния весной. Развитие зон рекреации и курортов в Забайкалье.

Повышение продуктивности зернового хозяйства за счет более эффективного использования почвенно-климатических ресурсов. В Восточной Сибири использование дополнительных тепловых ресурсов и внедрение влагосберегающих технологий.

На юге Западной Сибири расширение площадей, занятых озимыми зерновыми, более урожайными, чем яровые культуры. Пересмотр видового и сортового состава возделываемых сельскохозяйственных культур с целью отбора видов (сортов), более позднеспелых и более продуктивных, для использования дополнительных тепловых ресурсов, обусловленных потеплением; расширение посевов теплолюбивых культур: кукурузы, сахарной свеклы и масличных культур. Преимущество

Продолжение табл. 5.2

Регион	Ожидаемые изменения климата	Ожидаемые последствия изменений климата	Возможные адаптационные мероприятия
<p>Дальний Восток</p>	<p>Потепление зимой, особенно значительное в северной части (1,5—1,7 °С), умеренное летом (0,7—1,0 °С). Увеличение среднего количества осадков зимой (6—10 %) и небольшое летом (до 4 %)</p>	<p>Сокращение средней продолжительности отопительного периода повсеместно на 4—5 дней на фоне больших межгодовых колебаний. Таяние вечной мерзлоты в южной части. Увеличение водных ресурсов и повышение водобеспеченности. Резкое увеличение повторяемости и повышение максимальных уровней наводнений (прежде всего, заторных) на реках западной части (бассейны Лены, Колымы, Яны). В северо-восточной части возрастание масштабов и повторяемости наводнений, вызванных весеннего половодьем с наложением на него дождевых паводков. Увеличение повторяемости наводнений, вызванных муссонными дождями и тайфунами, в</p>	<p>развитие в аридной зоне на юге Сибири пастбищного животноводства, эффективность которого повышается по мере потепления климата</p> <p>Развитие ветроэнергетики в восточной части и гелиоэнергетики в южной, особенно в Приморье. Мероприятия по охране лесов, в том числе повышение продуктивности биомассы лесных насаждений, обновление леса путем создания благоприятных условий для естественного роста молодых деревьев (рубки ухода, рубки обновления, регулирование численности животных и т. д.), улучшение качества посадочного материала, ведение лесного семеноводства на селекционно-генетической основе, усиление мероприятий по борьбе с вредителями и болезнями, предупреждение и развитие систем раннего предупреждения о лесных пожарах. Развитие рекреации и курортно-санаторных учреждений. Упроч-</p>

	<p>юго-восточной части. Улучшение условий для речного судоходства. Рост теплообеспеченности сельскохозяйственных культур, а также увеличение продолжительности вегетационного периода</p>	<p>нение линейных сооружений. В планах регионального развития учет увеличения продуктивности и повышения максимальных уровней наводнений. Ускоренная адаптация сельского хозяйства с целью повышения степени самообеспеченности региона зерном, мясом и молоком. Расширение производства сои и риса для более полного использования растущих тепловых ресурсов в Приморском крае. Увеличение площадей озимых культур благодаря снижению риска вымерзания. В результате повышения температуры холодного периода обеспечение уровня применения органических и минеральных удобрений, мелиорантов и средств защиты растений по нормам, принятым для аналогичных почвенно-климатических условий в странах ЕС</p>
<p>Арктика</p>	<p>Наиболее значительное по сравнению с остальной территорией России и другими регионами Земли потепление на фоне интенсивных межгодовых и внутривековых естественных</p>	<p>В связи с сильным потеплением увеличение климатических ресурсов региона. Повышение средней температуры отопительного периода. Увеличение ветровых нагрузок на буровые установки в прибрежных районах и в шельфовой зоне. Формирование условий для развития Северного морского пути и облегчение доступа к ископаемым шельфовой</p>

Регион	Ожидаемые изменения климата	Ожидаемые последствия изменений климата	Возможные адаптационные мероприятия
	<p>колебаний, вносящих значительную неопределенность в количественные оценки будущих изменений климата. Усиление циклонической активности. Наиболее значительное относительное увеличение количества осадков. Существенное сокращение площади ледяного покрова океана; интенсивное сокращение доли многолетнего льда</p>	<p>зоны (при сохранении Арктики в числе регионов Земли с наиболее суровыми климатическими условиями). Обусловленное деградацией вечной мерзлоты разрушение естественных ледовых причалов, естественных ледовых холодильников, являющихся хранилищами рыбы. Интенсификация разрушения арктических берегов (кроме побережья Кольского полуострова). Рост риска весенних паводков, особенно в устьях Лены и Енисея. Угрозы здоровью коренного населения, в том числе из-за изменений жизненного покрова океана; угрозы здоровью населения, в том числе из-за изменений питания и занятости</p>	

Примечания: 1. Оценка изменений климата дана на основе расчетов по ансамблю из 16 глобальных моделей общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) нового поколения для сценариев В1, А1В и А2 выбросов парниковых газов и аэрозоля (Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации). Т. 1. Изменения климата / Под ред. А. И. Ведицкого и др. — М., Росгидромет, 2008). Изменения климата рассматриваются в среднем по ансамблю для периода 2011—2030 гг. по отношению к базовому климатическому периоду 1980—1999 гг. Достоверность оценок будущих изменений для разных климатических характеристик неодинакова: наиболее надежны оценки изменений средней температуры воздуха, затем — количества осадков.

2. ВИЭ — возобновляемые источники энергии, ВЭС — ветроэнергетические станции, ВЭУ — ветроэнергетические установли.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ: ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

6.1. Климатический фактор в сферах деятельности федеральных ведомств

Повышение температуры в среднем по территории России за последние 100 лет в полтора-два раза превысило темпы глобального потепления.¹⁶² При этом по сравнению со столетним трендом в последние десятилетия скорость потепления на территории России возросла в несколько раз, увеличились годовые суммы осадков в целом по территории России. Увеличиваются годовой сток большинства крупнейших рек России, а также частота и мощность наводнений. В Арктике в последнее тридцатилетие наблюдается быстрое сокращение площади морского льда на фоне значительной межгодовой изменчивости. В целом, несмотря на маскирующий эффект естественной изменчивости и недостаточную в ряде регионов обеспеченность данными, наблюдаемая картина изменений климата на территории России согласуется с глобальным потеплением, факт которого на сегодняшний день не вызывает сомнений.

Согласно расчетам с помощью современных физико-математических моделей, в течение XXI века средняя температура приземного воздуха на территории России будет продолжать повышаться. Наибольшего потепления следует ожидать в Сибири и в северных регионах России, а также в Арктике. В регионах, где уже существует достаточное или избыточное увлажнение, будет происходить увеличение водных ресурсов; напротив, там, где водообеспеченность в настоящее время недостаточна, ожидается ее дальнейшее уменьшение. На европейской части России ожидаются преимущественное сокращение снежного покрова и увеличение зимнего стока рек, тогда как на севере и востоке азиатской части России, где преобладают твердые осадки, — рост накопленной за зиму массы снега и ее ускоренное таяние весной, что увеличит риск наводнений. Ожидается дальнейшая деградация многолетней мерзлоты, сопровождающаяся увеличением мощности

¹⁶² Здесь и ниже цитируются выводы Оценочного доклада об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Т. 1. Изменения климата / Под ред. А. И. Бедрицкого и др. — М., Росгидромет, 2008 (<http://www.voeikovmgo.ru/ru/otsenochnyiy-doklad-izmenenie-klimata-na-territorii-rossiyskoy-federatsii.html>).

сезонно-талого слоя и смещением к северу границы, разделяющей области сезонного протаивания и сезонного промерзания грунтов. Сокращение ледяного покрова Северного Ледовитого океана будет происходить в течение всего XXI века, причем преимущественно за счет сокращения площади многолетних льдов. Расчеты позволяют также ожидать во многих регионах изменений к худшему в статистике различных видов экстремальных и опасных явлений, в том числе интенсивности волн тепла, пожароопасности в лесах, засух, экстремальных осадков и т.п.

Перечисленные изменения климата все в большей степени будут влиять на условия хозяйствования и жизнедеятельности на всей территории России. Многие — вероятно, большинство — таких изменений будут оказывать негативное воздействие на развитие экономики и здоровье населения. На перспективу до 2030 г. останутся актуальными и, вероятно, усугубятся проблемы развития производственной (включая энергетическую) и социальной инфраструктуры, а также транспорта в северных регионах страны, обусловленные деградацией вечной мерзлоты; сдерживания темпов роста производства в наиболее погодочувствительных секторах экономики.

Причиняемый экономике ущерб при существующих тенденциях изменения регионального климата, включая экстремальные и опасные природные явления, может достигать в среднем в год 2 % ВВП, особенно если учесть риски для здоровья людей. На отдельных, причем достаточно обширных территориях ущерб может быть существенно выше — до 5 % регионального ВВП. В связи с этим следует упомянуть, что в Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации¹⁶³ отмечалось, что примерно к 2030 г. могут возникнуть климатические барьеры, тормозящие экономический рост. Анализ ситуации, сложившейся к началу 2011 г., доказывает, что некоторые признаки таких барьеров уже проявились, и, таким образом, упомянутая прогнозная оценка выглядит вполне реалистичной.

В то же время, некоторые последствия изменений климата открывают «окна возможностей» для развития экономики, в частности в связи с обусловленной потеплением климата и благоприятной для значительной части территории России тенденцией

¹⁶³ «Основные параметры прогноза социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020—2030 годов». Приложение к Концепции долгосрочного прогноза социально-экономического развития Российской Федерации. — М., Минэкономразвития, 2008.

сокращения отопительного сезона и соответственно потребностей и затрат на топливо и отопление (сопровождаемой, однако, ростом затрат на кондиционирование). Кроме того, это связано с тенденцией увеличения продолжительности вегетационного периода, расширения зоны земледелия и, следовательно, роста сельскохозяйственного производства и укрепления продовольственной безопасности страны, а также увеличения сроков навигации и соответственно возможностей развития водного транспорта и т. д.

Тем не менее представляется, что совокупный эффект перечисленных тенденций в отношении прямых последствий изменений климата для экономики страны в период до 2030 г. будет характеризоваться некоторым превышением издержек (включая, прежде всего, ущерб от опасных природных явлений) над упомянутыми выгодами. Кроме того, прогностические оценки возможных изменений климата связаны со значительной неопределенностью. Это, в свою очередь, существенным образом ограничивает точность оценок рисков¹⁶⁴ как в процессе принятия государственных решений, направленных на адаптацию и смягчение последствий изменения климата и связанных с долгосрочными, масштабными инвестициями в реализацию соответствующих проектов, так и в определении сценариев развития мировой и российской экономики на ближайшие десятилетия. 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.

Между тем, происходящие в настоящее время изменения некоторых, наиболее важных характеристик регионального климата, качественно совпадающие с теоретическими оценками, дают

¹⁶⁴ Здесь под риском понимается произведение вероятности некоторого негативного последствия изменения климата (например, вероятности увеличения повторяемости гололедицы вследствие смягчения зим, что может увеличить материальные потери, связанные с увеличением числа ДТП или закрытием аэропортов) и величины 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 равных условиях риски выше там, где сосредоточено больше материальных ценностей. При этом как негативные, так и благоприятные последствия изменений климата не ограничиваются материальной стороной дела — огромное значение имеют социальные и экологические эффекты указанных изменений, которые далеко не всегда можно выразить в денежном эквиваленте.

основания считать, что в России нарастает *дефицит адаптации*¹⁶⁵. Задержки в принятии и исполнении государственных решений в условиях увеличения повторяемости опасных природных явлений, в первую очередь погодно-климатического характера, на которые приходится большая часть чрезвычайных ситуаций, означают уже в недалеком будущем существенное увеличение затрат на адаптацию и, главное, риска масштабных людских потерь.

Прямо или косвенно изменения климата затрагивают деятельность и сферы ответственности практически любого федерального ведомства. В сферах экономики и обеспечения национальной безопасности, функционирование которых непосредственно связано с использованием климатических ресурсов и в существенной мере зависит от погодно-климатических условий (сельское, лесное и водное хозяйство, строительство, транспорт, туризм, а также оборона страны), всесторонний учет влияния климатического фактора должен стать императивом разработки и реализации программ развития «профильных» ведомств. Аналогичное требование правомерно и в отношении администраций регионов страны и стратегий регионального развития. Федеральные ведомства, сферы деятельности которых относительно менее «чувствительны» к прямым эффектам климатических изменений (например, промышленность), тем не менее, также должны адаптировать свои программы развития к последствиям этих изменений, в том числе в целях использования возможностей, связанных с климатическим фактором (например, увеличения производства оборудования для энергосбережения, кондиционирования воздуха и т. п.).

В табл. 6.1 представлены примеры климатически обусловленных проблем, которые входят в сферу компетенции министерств и ведомств Российской Федерации и требуют решения как самостоятельного, так и во взаимодействии с другими ведомствами, включая Росгидромет, который выступает координатором межведомственной интеграции по проблемам климата.

Эти примеры не претендуют на полноту, но являются одновременно наглядной иллюстрацией и отправной точкой для комплексного анализа, который должен лечь в основу разработки мер адаптации в виде отраслевых и региональных программ и планов действий в связи с изменениями климата.

¹⁶⁵ Термин «дефицит адаптации» заимствован из англоязычной литературы и означает недостаток адекватной адаптации к существующим климатическим рискам. Авторы не нашли более подходящего, чем используемая калька, соответствия этому термину в русском языке.

**Примеры возможных климатически обусловленных проблем,
входящих в сферу ответственности федеральных ведомств
Российской Федерации¹⁶⁶**

Федеральное ведомство	Примеры ведомственных интересов, связанных с изменениями климата
Министерство внутренних дел Российской Федерации	Миграционные процессы, связанные с изменениями климата и соответствующими воздействиями на экономику, социальную сферу, комфортность проживания, здоровье населения в различных регионах Российской Федерации и за рубежом
Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий	Изменения характера, повторяемости, масштабов климатически обусловленных стихийных бедствий. Климатически обусловленные аварии и катастрофы, связанные с эксплуатацией технических систем, производственной, транспортной и другой инфраструктуры
Министерство иностранных дел Российской Федерации	Мониторинг климатической политики зарубежных стран. Международные соглашения по проблемам окружающей среды и климата. Климатически обусловленные изменения геополитической ситуации. В частности, соблюдение национальных интересов Российской Федерации при разграничении морских пространств и дна морей в Арктике с другими арктическими государствами
Федеральное агентство по обустройству государственной границы Российской Федерации	Изменение условий функционирования объектов военной и гражданской инфраструктуры (производственной, транспортной и др.)
Министерство здравоохранения и социального развития Российской Федерации	Климатически обусловленные угрозы здоровью, благополучию и занятости населения Российской Федерации

¹⁶⁶ Катцов В. М., Мелешко В. П., Чичерин С. С. Изменение климата и национальная безопасность Российской Федерации // *Право и безопасность*. 2007. № 1—2. С. 29—37 (с дополнениями авторов).

Федеральное ведомство	Примеры ведомственных интересов, связанных с изменениями климата
Министерство образования и науки Российской Федерации	Подготовка экспертов в областях, связанных с климатической проблематикой (в том числе научных кадров), в интересах Российской Федерации. Повышение образовательного уровня учащихся средней и высшей школы в области проблем изменения климата и его последствий, адаптации к изменению климата, формирование соответствующих поведенческих стереотипов
Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации	Климатические воздействия на природные ресурсы Российской Федерации. Облегчение доступа к новым ресурсам (в том числе в Арктике) и связанные с ним проблемы загрязнения окружающей среды. Выработка нормативных требований в отношении ресурсо- и энергосбережения. Выработка политики в отношении климатически уязвимых компонентов биоты на территории Российской Федерации
Министерство промышленности и торговли Российской Федерации	Широкий круг вопросов влияния климатических изменений на различные виды промышленности. Учет климатического фактора в стратегиях развития промышленности и торговли, например, освоение Северного морского пути и связанная с ним потребность в обновлении национального флота судов ледокольного класса, включая атомный ледокольный флот. Климатически обусловленные изменения правил технического регулирования
Министерство энергетики Российской Федерации	Проблемы энергосбережения, альтернативные углеводородам виды топлива. Переход на «чистые» технологии. Прямые воздействия климатических изменений на ТЭЖ, например продолжительность отопительного периода. Мониторинг эмиссий парниковых газов
Министерство регионального развития Российской Федерации	Стратегии устойчивого развития регионов. Влияние изменений климата на региональную экономику, включая инвестиционные проекты. Воздействия изменений климата (например, таяния мерзлоты) на экономическую инфраструктуру, в том числе на ЖКХ. Обновление СНиПов. Климатически обусловленные угрозы здоровью и занятости населения регионов, исконной среде обитания и традиционному образу жизни коренных малочисленных народов и этнических общностей

Федеральное ведомство	Примеры ведомственных интересов, связанных с изменениями климата
Министерство сельского хозяйства Российской Федерации	Продовольственная безопасность. Изменения урожайности различных культур в новых климатических условиях. Изменения пригодности земель для использования в сельском хозяйстве. Новые инфекции и паразиты. Вытеснение одних биологических видов другими
Министерство транспорта Российской Федерации	Климатические воздействия на транспортную инфраструктуру (в том числе таяния мерзлоты на авто- и железные дороги). Изменения береговой черты в результате подъема уровня океана. Воздействия климатических изменений на морские и речные порты и судоходство: наводнения, изменение штормовой активности в арктических морях
Министерство связи и массовых коммуникаций Российской Федерации	Участие в технологическом обеспечении климатических исследований и мониторинга климата и парниковых газов, проводимых в Российской Федерации
Министерство спорта, туризма и молодежной политики	Новые возможности для туристического бизнеса в результате смягчения климата высоких широт (например, круизы к Северному полюсу)
Министерство экономического развития Российской Федерации	Экономическое обоснование принятия политических и экономических решений, связанных с проблемой изменения климата, например оценка экономических рисков, прогноз и учет экономических выгод и потерь Российской Федерации при заключении международных соглашений, подобных Киотскому. Учет фактора изменения климата при формировании федеральных целевых программ, в инвестиционной политике
Министерство финансов Российской Федерации	Приоритетные программы, объемы и схемы финансирования (субсидии, льготное кредитование, гранты и др.), сроки и контроль за реализацией программ, меры по привлечению частного и зарубежного капитала, программы страхования. Формирование кредитно-денежной и налоговой политики, стимулирующей ресурсо- и энергосбережение

Федеральное ведомство	Примеры ведомственных интересов, связанных с изменениями климата
Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды	Организация и осуществление исследований климата и последствий его изменений — глобальных и на территории Российской Федерации, организация мониторинга климата и содержания парниковых газов в Российской Федерации. Подготовка Национальных оценочных докладов о климатических воздействиях на территории Российской Федерации и других информационно-аналитических материалов в обеспечение процесса принятия решений. Обслуживание потребителей климатической информации, включая научно-методическое сопровождение ее использования предприятиями, ведомствами и органами государственной власти. Подготовка рекомендаций по формированию и осуществлению климатической политики РФ. Организация межведомственной интеграции и координации работ в области климата
Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору	Экологические последствия климатических изменений, например загрязнение Арктики в результате интенсификации хозяйственной деятельности. Контроль и надзор в сфере безопасности технических объектов в условиях климатических изменений, в том числе в связи с изменениями в ТЭК при переходе на альтернативные углеводородам виды топлива, включая возможные изменения в секторе атомной энергетики
Федеральное агентство по атомной энергии	Учет и оценка влияния фактора климатических изменений в развитии сектора атомной энергетики и увеличение его вклада в ТЭК Российской Федерации, прежде всего, с точки зрения повышения уровня безопасности. Обновление и эксплуатация атомного ледокольного флота
Федеральное космическое агентство	Участие в решении приоритетных научных задач космической отрасли. Мониторинг климата и формирующих его факторов
Федеральное агентство лесного хозяйства	Использование, охрана и защита лесов в условиях меняющегося климата. Роль лесов в глобальном углеродном цикле
Федеральное агентство по рыболовству	Изменения промысловых районов в морях и океанах

Следует отметить, что аналогичные усилия предпринимаются в настоящее время во всем мире. Решениями Третьей Всемирной климатической конференции (Женева, 2009 г.)¹⁶⁷ предусматривается создание *Глобальной рамочной основы климатического обслуживания*¹⁶⁸ (ГРОКО¹⁶⁹), центральными задачами которой являются: существенное совершенствование системы мониторинга и прогнозирования экстремальных погодно-климатических явлений (включая волны тепла и холода, наводнения, засухи, ливни, сели и оползни, лесные и торфяные пожары и т. п.); создание и развитие центров климатического обслуживания; обеспечение междисциплинарного подхода, интеграция фундаментальной и прикладной науки.

Формирование ГРОКО потребует больших усилий мирового сообщества, но позволяет ожидать повышения эффективности обслуживания различных потребителей климатической информации, в том числе в области адаптации к изменениям климата. При этом обслуживание должно не сводиться к передаче потребителю данных о температуре, осадках и других погодно-климатических характеристиках, но предусматривать разработку и внедрение рекомендаций по использованию указанной информации, учитывающих специфику каждого потребителя, деятельность которого в той или иной степени подвержена климатическим рискам.

Формирование российского сегмента ГРОКО подразумевает сотрудничество Росгидромета с другими федеральными ведомствами (а также с РАН, РАСХН, РАМН) в области разработки практических руководящих материалов по подготовке и использованию климатической продукции в различных секторах и регионах.

¹⁶⁷ Две предыдущие ВКК, несомненно, были чрезвычайно успешны. Однако судить об этом стало возможно годы спустя, когда ВПИК, Глобальная система наблюдений за климатом (ГСНК), МГЭИК, «порожденные» этими конференциями, продемонстрировали очень высокие результаты.

¹⁶⁸ «Работаем сообща над созданием Глобальной рамочной основы для климатического обслуживания». Отчет Всемирной климатической конференции-3 // ВМО. 2009. № 1048. 84 с. (http://www.wmo.int/pages/fcfs/index_ru.html).

¹⁶⁹ Эта аббревиатура в русском языке еще не «устоялась». В некоторых русскоязычных документах, вместо аббревиатуры ГРОКО, используется ГОКО.

6.2. Климатический фактор в стратегиях национальной безопасности и социально-экономического развития

Снижение климатических рисков устойчивому развитию требует разработки и осуществления эффективной политики России в отношении проблемы изменений климата и их последствий. Такая политика и обеспечивающие ее программы и программные меры, учитывая особенности самого феномена изменения климата и последствий этого изменения, должны носить долгосрочный и по-настоящему комплексный, интегральный характер, охватывая все секторы экономики и территории.

Основы этой политики заложены в Климатической доктрине Российской Федерации, утвержденной Президентом РФ 17 декабря 2009 г. Климатическая доктрина как политическая декларация государства задает вектор развития нормативно-правовых, экономических и иных инструментов, призванных обеспечить защищенность государства, экономики и общества от неблагоприятных последствий изменения климата и создать предпосылки для эффективного использования потенциала его благоприятных последствий.

Как это принято в документах такого уровня¹⁷⁰, в Климатической доктрине политика Российской Федерации в области климата излагается в максимально концентрированном виде. Следующим безотлагательным шагом является разработка детализированной государственной стратегии реализации Климатической доктрины. Промедление влечет за собой не только рост издержек, связанных с негативными воздействиями, и упущенные выгоды от благоприятных последствий изменений климата, но и угрозу дальнейшего снижения конкурентоспособности национальной экономики со всеми вытекающими отсюда рисками для национальной безопасности и устойчивого развития страны.

Принципиальной чертой указанной политики на всех уровнях управления является *приоритет государства*, которое несет главную ответственность и финансовое бремя издержек на снижение климатических угроз безопасности и устойчивому развитию. К принципам данной политики также следует отнести ее *интегрированность* (органичную встройку) в стратегии национальной безопасности и устойчивого социально-экономического развития. Другими ее принципами являются: *комплексность*, предполагаю-

¹⁷⁰ См. другие доктрины Российской Федерации, представленные, например, на сайте Совета Безопасности РФ.

щая не альтернативность, а сбалансированность и взаимодополняемость мер по сокращению техногенного воздействия на климат и мер по адаптации экономики к указанным изменениям, а также *экономическая эффективность* этих мер, подразумевающая получение максимально возможных (с учетом наилучших технологических возможностей) эффектов от указанного сокращения и адаптации при заданных ограничениях на ресурсы и время реализации.

Согласно принципу интегрированности климатической политики, развитие, ориентированное на повышение качества жизни (в широком смысле слова) и уровня защищенности личности, общества и государства, является источником средств и технологий для стабилизации и последующего снижения техногенного воздействия на климатическую систему и адаптации населения и хозяйственного комплекса к изменениям климата и снижению угроз безопасности, обусловленных такими изменениями.¹⁷¹ В свою очередь, указанные угрозы должны учитываться и рассматриваться совместно с другими вызовами и угрозами, и только на этой, сравнительной, основе должно определяться реальное место проблемы изменений климата и их последствий в ряду приоритетов международной безопасности и устойчивого развития экономики и общества.

В отношении приоритетов самой климатической политики в контексте вышеупомянутого принципа комплексности главенствующая роль должна принадлежать адаптации населения и хозяйственного комплекса к изменениям климата, прежде всего к экстремальным и опасным погодно-климатическим явлениям с присущими им масштабными последствиями для безопасности и устойчивого развития. Что касается антропогенного воздействия на климат, при любом сценарии снижение выбросов парниковых газов способно в лучшем случае ограничить масштабы антропогенных изменений климата и их последствий, но не устранить их полностью.

В связи с этим России, как и международному сообществу в целом, придется прилагать существенные усилия для снижения этого остаточного риска, ориентируясь, прежде всего, на снижение собственной уязвимости в отношении разрушительных кли-

¹⁷¹ Исследователи из Института мировых ресурсов (США) довольно точно охарактеризовали такой подход как «защита климата через обеспечение приоритета развитию». См.: Baumert, K., Bradley, R., Dubash, N., Moreira, J. R., Mwakasonda, S., WeiShiuen, N., Horta Nogueira, L. A., Parente, V., Pershing, J., Schipper, L. and Winkler, H. *Growing in the Greenhouse: Protecting the Climate by Putting Development First.* — Washington, DC: World Resources Institute, 2005.

матических воздействий и используя механизмы адаптации экономики, систем обеспечения безопасности и общества в целом к ожидаемым и текущим изменениям климата и их последствиям. Поскольку выгоды от адаптационных мер получают непосредственно субъекты их реализации (предприятия, территории), мотивационный потенциал адаптации изначально (без дополнительных усилий со стороны государства) заметно превосходит таковой у политики и комплекса мер по снижению техногенного воздействия на климатическую систему.

Политика адаптации населения и экономики к изменениям климата и их последствиям ставит во главу угла экономическое развитие, опирающееся на успешный опыт сочетания увеличения производства продукции и услуг с сокращением уязвимости населения и хозяйственных объектов, прежде всего, благодаря диверсификации экономики и стимулированию экономического роста, инвестициям в здравоохранение и образование, повышению устойчивости к природным бедствиям и совершенствованию управления в кризисных ситуациях, развитию сетей социальной защиты.¹⁷²

6.3. Экономическая политика (инвестиционная, инновационная политика) с учетом фактора изменения климата

Программы и меры адаптации должны предусматривать *развитие институтов и нормативно-правовой базы адаптации* населения, хозяйственных систем и системы обеспечения национальной безопасности к меняющимся климатическим условиям, прежде всего комплекс мер правового обеспечения соответствующих организационно-управленческих и технических мероприятий, правового и организационно-экономического регулирования, а также страховой защиты населения и хозяйственных объектов от экстремальных и опасных природных явлений и бедствий. В связи с этим надлежит ускорить разработку и принятие нормативных актов и процедур, обеспечивающих:

- развитие национальной системы страхования с учетом задачи смягчения ущерба от последствий климатических изменений, включая обязательное страхование посевов, а также домов и строений от природных пожаров, наводнений и других опасных явлений;

¹⁷² *Stern Review on the Economics of Climate Change*. — Cambridge (UK): Cambridge University Press, 2006, p. 430.

- закрепление требования об обязательном включении комплекса мер адаптации экономики и населения к климатическим изменениям в программы долгосрочного развития страны.

Программы и меры адаптации к изменениям климата также должны предусматривать комплекс *организационно-управленческих и научно-технических мер по адаптации к изменениям климата*, основу которых составляет поддержание должного уровня готовности и эффективности, а также инновационное развитие:

- систем, методов и технологий прогнозирования и снижения риска природных катастроф, включая интегральную оценку рисков действующих важных объектов инфраструктуры, чувствительных к погодно-климатическим изменениям, а также системы раннего оповещения;
- систем, средств и методов инженерной и медико-санитарной защиты населения от экстремальных и опасных природных явлений, включая средства поддержки устойчивости организма к неблагоприятным внешним воздействиям и системы оказания экстренной медицинской и иной помощи при наступлении таких явлений;
- систем, средств и методов инженерной защиты хозяйственных объектов (в первую очередь, особо важных и опасных) от экстремальных и опасных природных явлений и процессов, в частности аномальных перепадов температуры и выпадения осадков, обусловленных климатическими изменениями. При этом профильным министерствам и ведомствам, прежде всего Министерству науки и образования и Росгидромету, в содружестве с РАН при активном участии государственных корпораций в сфере высоких технологий («Ростехнологии», «Роснано» и др.) следует ориентироваться, прежде всего, на основные направления развития науки и техники и комплекс критических технологий и систем, перечень которых был утвержден Президентом Российской Федерации 21 мая 2006 г. и которые включают перечисленные выше позиции.

Надлежит провести инвентаризацию и оценку результативности принятых мер адаптации с учетом ущерба, причиненного экстремальными и опасными явлениями климатического характера (включая последствия аномально жаркого лета 2010 г.). С учетом этого министерствами и ведомствами — субъектами Единой государственной системы предупреждения и действий при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера (РСЧС) — под эгидой МЧС России должен быть разработан ком-

плекс программных мероприятий, направленных на повышение эффективности РСЧС. Особое внимание, прежде всего со стороны МЧС России и Министерства регионального развития, должно быть уделено крупным городам, моногородам и менее развитым регионам, отличающимся повышенным уровнем уязвимости в отношении воздействия погодно-климатических изменений.

Другой аспект национальной политики в области климата — *смягчение воздействия на климатическую систему через снижение техногенных выбросов парниковых газов* — также неразрывно связан с инновационным вектором развития России. Ярким примером является необходимость радикального снижения энергоемкости ВВП Российской Федерации как одна из приоритетных задач реализации Климатической доктрины, сопряженная с главным вектором инновационного развития национальной экономики. Следует принимать во внимание, что повышение энергоэффективности экономики объявлено всеми развитыми странами приоритетным направлением реагирования на изменение климата. Развитыми странами взят курс на радикальную модернизацию в этой сфере, равную по своему масштабу технической и технологической революции. Реализация этого курса должна привести к повышению конкурентоспособности стран, ослаблению их зависимости от импорта ископаемого топлива, к улучшению экологической обстановки. Реализация Климатической доктрины должна стать адекватным откликом Российской Федерации на эти и другие вызовы, связанные с изменением климата, что должно привести к существенным структурным сдвигам в экономике страны и как следствие в социальной сфере и в итоге к повышению конкурентоспособности страны.¹⁷³

Создание действенных экономических и правовых механизмов стимулирования энергоэффективности, т. е. давления на потребителя энергоресурсов (как в сфере производства, так и в сфере потребления), — одно из наиболее важных последствий принятия Климатической доктрины и одна из наиболее сложных задач ее реализации. Наиболее эффективный подход к реализации Климатической доктрины — разработка и введение в действие пакета

¹⁷³ Следует подчеркнуть, что соответствующие посылки, содержащиеся в Климатической доктрине, не увязывают осуществление этих мер с необходимостью принятия Российской Федерацией каких-либо обязательств по снижению выбросов парниковых газов или иных мер в рамках соглашений по Балийской дорожной карте. В этом отношении можно указать на США, которые вышли из Киотского протокола, но, тем не менее, приняли и энергично осуществляют национальную климатическую политику, которая отражена в ряде федеральных документов.

нормативных правовых актов и иных нормативных документов различного уровня, которые создали бы эффективные механизмы принуждения к энергоэффективности всех субъектов экономики — от крупных корпораций до домашних хозяйств.

В связи с этим в указанной сфере представляется необходимым:

- Государственной Думе и Совету Федерации Федерального собрания Российской Федерации в рамках общего ужесточения природоохранного законодательства сделать более строгим контроль и санкции за нарушение норм рационального земле- и ресурсопользования, включая сохранение естественных экосистем, прежде всего лесов и водно-болотных угодий, учитывая их роль как важнейшего естественного регулятора кругооборота воды в природе, а также баланса парниковых газов и биоразнообразия;
- профильным комитетам обеих палат Федерального собрания Российской Федерации совместно с Министерствами энергетики, промышленности и торговли ускорить разработку и принятие дополнения к принятым нормативам энергосбережения и эффективности в виде системы дифференцированных тарифов на электроэнергию, предусматривающих субсидии и льготы для производителей, использующих возобновляемые источники энергии; целесообразно также развитие государственно-частного партнерства в области энергоэффективности в виде специальной программы снижения энергоемкости производства крупнейшими российскими компаниями;
- Министерству промышленности и торговли в кооперации с Министерством регионального развития осуществить пересмотр действующих СНиПов с учетом климатического фактора с целью стимулирования применения местных ресурсов и экологически чистых материалов в строительстве, что наряду со сбережением энергетических и других ресурсов и сокращением выбросов парниковых газов должно обеспечить снижение издержек производства; обновление СНиПов также должно способствовать использованию материалов и технологий, обеспечивающих эффективную защиту зданий и сооружений от опасных воздействий экстремальных температур, влажности и т. д.

Комплекс мер по снижению техногенного воздействия на климат также должен включать *научно-технические программы и мероприятия, в том числе по развитию инновационных технологий*, разработка и реализация которых являются прерогативой, прежде всего, Министерства науки и образования, а также

отраслевых министерств и ведомств, РАН. Следует обеспечить приоритет семи группам вышеупомянутых критически важных технологий, в том числе:

- системам, методам и технологиям мониторинга и прогнозирования состояния атмосферы и гидросферы;
- технологиям атомной, водородной энергетики, новых и возобновляемых источников энергии, а также технологиям производства топлива и энергии из органического сырья;
- технологиям и системам энергосбережения, распределения и потребления тепла и электроэнергии,
- технологиям и системам транспортировки, включая энергоэффективные двигатели и движители для транспортных систем.

Особое внимание нужно уделить системам и технологиям, использование которых способно обеспечить одновременно ресурс- (энерго-) сбережение, снижение выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов и экономию средств. Сектор ЖКХ представляет первостепенный интерес, поскольку на него приходится почти половина потребления электроэнергии, а сроки и норма окупаемости инвестиций особенно благоприятны. Другие перспективные секторы включают энергетику, промышленность, строительство, транспорт.

Для слежения за эффективностью мер по повышению энергоэффективности следует регулярно производить статистический учет выбросов парниковых газов любыми источниками (юридическими лицами, домохозяйствами, автотранспортом, природными источниками). Одним из возможных резервов снижения энергоемкости в сфере производства и потребления может стать введение нормативного или налогового ограничения на прямое и косвенное потребление энергии, производство которой сопровождается выбросами парниковых газов.¹⁷⁴

6.4. Политика в сфере науки

Наука является ключевым инструментом снижения неопределенностей, связанных с будущими изменениями климата и серьезно затрудняющих выбор эффективной экономической, в том числе инвестиционной, политики в отношении как самой клима-

¹⁷⁴ В сфере потребления это, например, ограничение пользования личным автотранспортом, ограничение потребления энергии на отопление частных домовладений большого удельного объема (на одного жителя). В сфере косвенного потребления это, например, энергонезэффективные товары.

тической проблемы, так и обеспечения устойчивого развития в целом.

Речь идет, прежде всего, о науках о Земле, включая комплекс гидрометеорологических дисциплин; об инженерных и технических науках — источнике конструкторских решений и практических технологий снижения выбросов парниковых газов и обеспечения энергоэффективности экономики; об экономической науке, которая должна обеспечить корректные учет и оценку всех аспектов экономического развития, включая климатические и другие экологические риски.

Осуществление перечисленных выше основных направлений реализации Климатической доктрины Российской Федерации требует от всех федеральных органов власти мер по качественно-му повышению роли (включая повышение престижа и увеличение финансирования) науки и образования — главных инструментов получения новых знаний о климате, причинах его изменений, а также смягчения их последствий.¹⁷⁵

¹⁷⁵ Что касается российской климатической науки, нелицеприятная, но объективная оценка сложившейся ситуации дана в Решении VI Всероссийского метеорологического съезда (Съезд состоялся в 2009 г., почти через четыре десятилетия после предыдущего, V Всесоюзного метеорологического съезда, организованного еще в СССР в 1971 г.): «В последние десятилетия XX века, по мере перехода мировой метеорологической науки в «высокотехнологическую» фазу, наша страна проигрывала в соревновании компьютерных технологий. Смена государственной системы и экономического уклада в начале 1990-х годов привела к общему кризису отечественной науки, который не преодолен до сих пор. Российская наука потеряла целое поколение исследователей. Начиная с 1990-х годов российская метеорологическая наука жила в основном достижениями предшествующих десятилетий. К началу XXI века Россия утратила лидирующие позиции в мировой метеорологической науке. На мировом или близком к мировому уровне остаются лишь отдельные направления. Научное сообщество малочисленно и разобщено. Понизился уровень научной экспертизы. Процветает дилетантизм. Как следствие, авторитет науки в обществе и у руководства страны невысок, что снижает возможности науки с должной эффективностью влиять на развитие страны и тем самым усугубляет экономические и другие проблемы российского общества» (См.: www.meteorf.ru/rgm1.aspx?RgmFolderID=085d97bb-4efc-4a88-8748-2c99cd288627). Угроза дилетантизма, угроза дезориентации руководства России в отношении проблемы изменения климата до настоящего времени остается весьма актуальной. Неслучайно в Климатической доктрине особое внимание уделяется научному обеспечению политики Российской Федерации в области климата, включая обеспечение соответствия национальных климатических исследований мировому уровню.

Обеспечение масштабных, отвечающих уровню развитых стран инвестиций в климатическую и смежные науки, прежде всего в их фундаментальные компоненты, является императивом национальной политики в области климата. В ближайшие десятилетия прогресс в развитии высоких технологий, прежде всего спутниковых и компьютерных, будет играть решающую роль в совершенствовании прогнозов изменений климата и количественной оценки климатических воздействий. Развитие отвечающих мировому уровню национальных физико-математических моделей и их использование в прогнозе погоды и климата, в оценке климатических воздействий, макроэкономических последствий изменений климата и реализации стратегии адаптации к изменению климата входят в число высших приоритетов климатической науки — как российской, так и мировой.

Конкретной формой поддержки российской климатической науки могли бы стать принятие и реализация специальной программы по осуществлению Комплексного плана научных исследований погоды и климата до 2020 г. (Этот план был разработан Росгидрометом и РАН при участии других заинтересованных ведомств в 2010 г. (приложение 4).) Такая программа могла бы стать частью пакета мер по реализации Климатической доктрины Российской Федерации, предусмотренного решением Совета Безопасности при Президенте Российской Федерации от 17.03.2010.

Указанная государственная поддержка позволила бы обеспечить:

- разработку и осуществление стратегии скоординированных на национальном уровне исследований (в виде *национальной программы с целевым финансированием*) с учетом интеграции этих исследований в *международные программы*;
- разработку и реализацию стратегии подготовки *квалифицированных и мотивированных научных кадров* и их закрепления в научной сфере (в России);
- разработку и реализацию стратегии обеспечения актуальных исследований современными *информационными технологиями и вычислительными средствами*, которые наряду с подготовкой кадров входят в число приоритетов Стратегии деятельности в области гидрометеорологии и смежных с ней областях до 2030 г. (с учетом аспектов изменения климата);
- развитие *механизмов экспертизы* научных проектов и их результатов; разработку системы показателей соответствия исследований *мировому уровню*.

Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата
на территории России

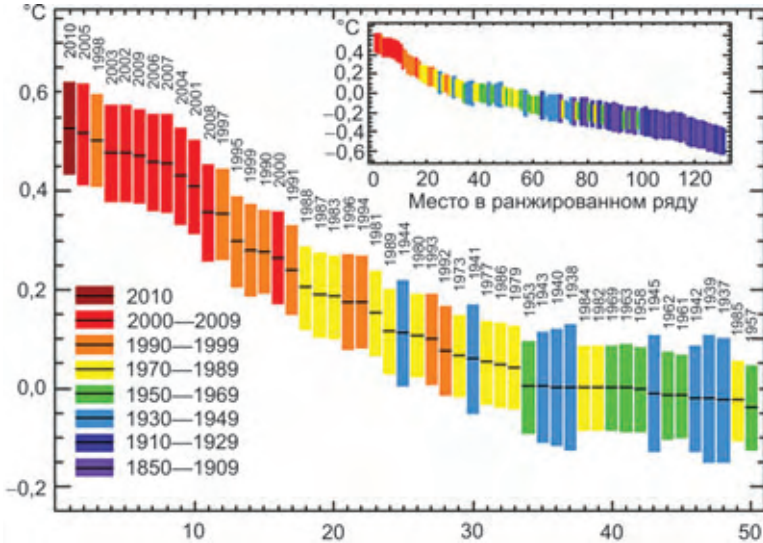


Рис. П.1.1. Значения (°C) средней годовой аномалии средней глобальной температуры (черные горизонтальные линии) (по отношению к периоду 1961—1990 гг., ранжированные по убыванию для 50 самых теплых лет за период инструментальных наблюдений с 1850 по 2009 г. (врезка в верхнем правом углу).¹⁷⁶

Вертикальный размер столбцов характеризует 95 %-ную достоверность.

¹⁷⁶ WMO statement on the status of the global climate in 2009 // WMO. No. 1055 (http://www.wmo.int/pages/publications/showcase/documents/1055_en.pdf).

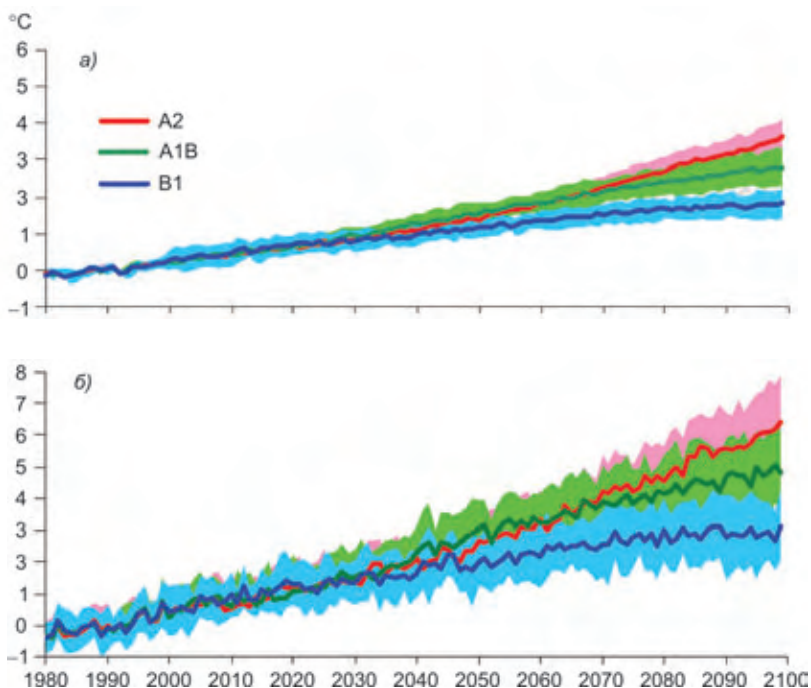


Рис. П.1.2. Временной ход средней годовой аномалии температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) по отношению к базовому периоду (1980—1999 гг.) с учетом сценариев А1В, А2 и В1 в XXI веке — средней глобальной (а) и осредненной по территории России (б).¹⁷⁷

Кривые характеризуют средние распределения по ансамблю из 16 современных климатических моделей. Тонем указаны области стандартных отклонений ($\pm\sigma$), характеризующих межмодельный разброс.

¹⁷⁷ Мелешко, В. П., В. М. Катцов, В. А. Говоркова, Е. Д. Надежина, Т. В. Павлова, П. В. Спорышев, И. М. Школьник, Б. Е. Шнееров. Изменения климата России в XXI в. / В кн.: *Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации*. Т. 1 / Под ред. А. И. Бедрицкого и др. — М., Росгидромет. 2008, с. 174—213 (www.voeikovmgo.ru/ru/otsenochnyiy-doklad-izmenenie-klimata-na-territorii-rossiyskoy-federatsii-4.html).

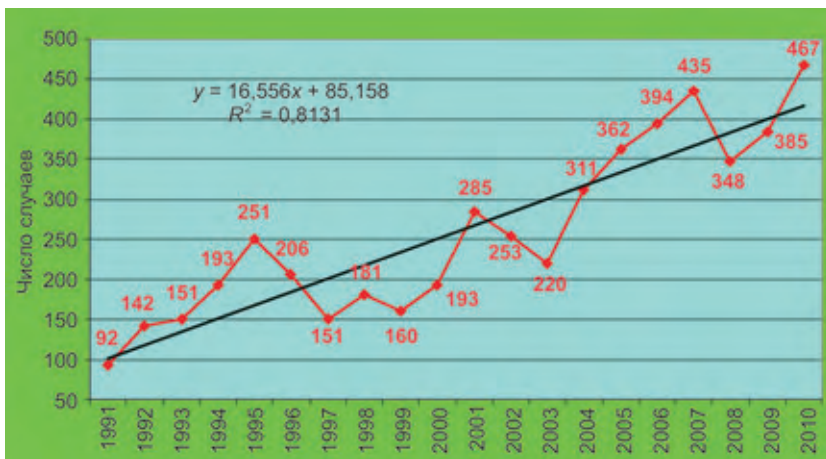


Рис. П.1.3. Распределение суммарного числа случаев опасных гидрометеорологических явлений и комплексов неблагоприятных метеорологических явлений по годам за период 1991—2010 гг., вызвавших социальные и экономические потери.¹⁷⁸

¹⁷⁸ ВНИИГМИ—МЦД Росгидромета, 2010 г.

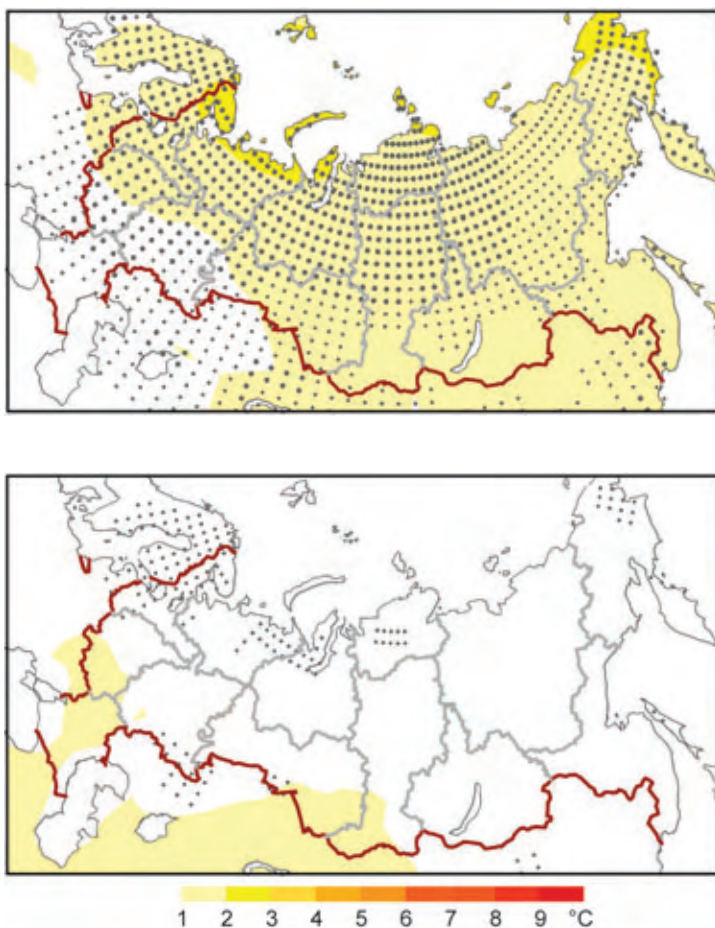
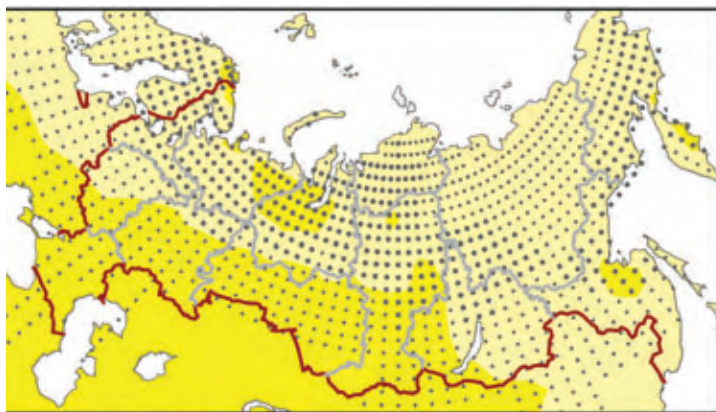
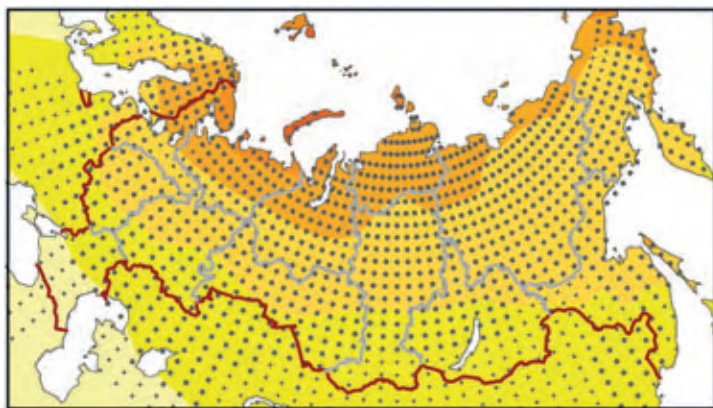


Рис. П.1.4. Изменения температуры приземного воздуха ($^{\circ}\text{C}$) 2030 гг. (слева) и в 2041—2060 гг. (справа), рассчитанные по сценарию не менее, Точками обозначены области, в которых изменения больше межгодовой не менее,



на территории России зимой (вверху) и летом (внизу) в 2011—ансамблю из 16 современных климатических моделей для А2.¹⁷⁹

внутренней модельной изменчивости (стандартного отклонения) чем в 2/3 моделей.

¹⁷⁹ Мелешко, В. П., В. М. Катцов, В. А. Говоркова, Е. Д. Надежина, Т. В. Павлова, П. В. Спорышев, И. М. Школьник, Б. Е. Шнееров. Изменения климата России в XXI в. / В кн.: *Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации*. Т. 1 / Под ред. А. И. Бедрицкого и др. — М., Росгидромет, 2008, с. 174—213 (www.voeikovmgo.ru/ru/otsenochnyiy-doklad-izmenenie-klimata-na-territorii-rossiyskoy-federatsii-4.html).

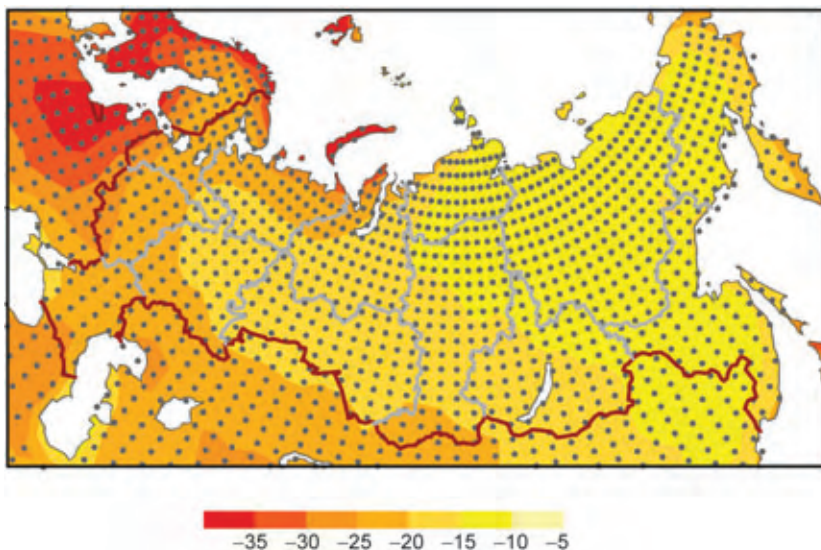


Рис. П.1.5. Уменьшение числа дней в году с заморозком к середине XXI века, рассчитанное по ансамблю из девяти климатических моделей для сценария А2.¹⁸⁰

Точками обозначены узлы сетки, в которых средние изменения числа дней с заморозком по ансамблю больше, чем средний межмодельный разброс.

¹⁸⁰ Мелешко, В. П., В. М. Катцов, В. А. Говоркова, Е. Д. Надежина, Т. В. Павлова, П. В. Спорышев, И. М. Школьник, Б. Е. Шнееров. Изменения климата России в XXI в. / В кн.: *Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации*. Т. 1 / Под ред. А. И. Бедрицкого и др. — М.: Росгидромет, 2008. С. 174—213 (www.voeikovmgo.ru/ru/otsenochnyiy-doklad-izmenenie-klimata-na-territorii-rossiyskoy-federatsii-4.html).

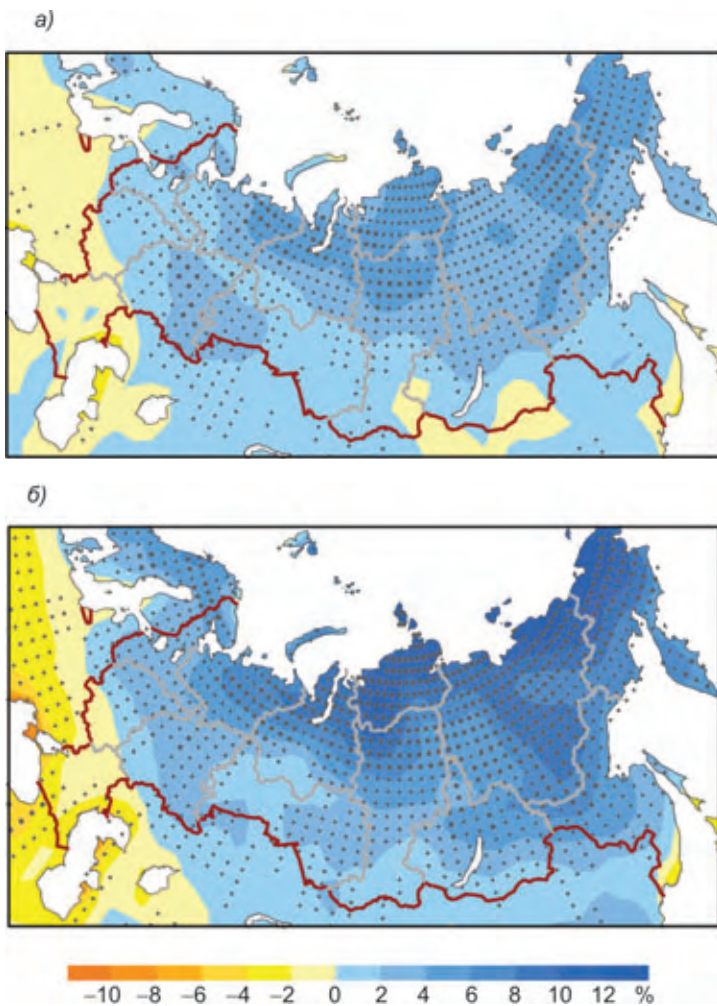


Рис. П.1.6. Изменения (%) среднего за год стока в 2011—2030 гг. (а) и в 2041—2060 гг. (б) для сценария А2.¹⁸¹

Точками обозначены области, в которых изменения больше межгодовой внутренней модельной изменчивости (стандартного отклонения) не менее, чем в $2/3$ моделей.

¹⁸¹ Рисунок предоставлен В. П. Мелешко и В. А. Говорковой.

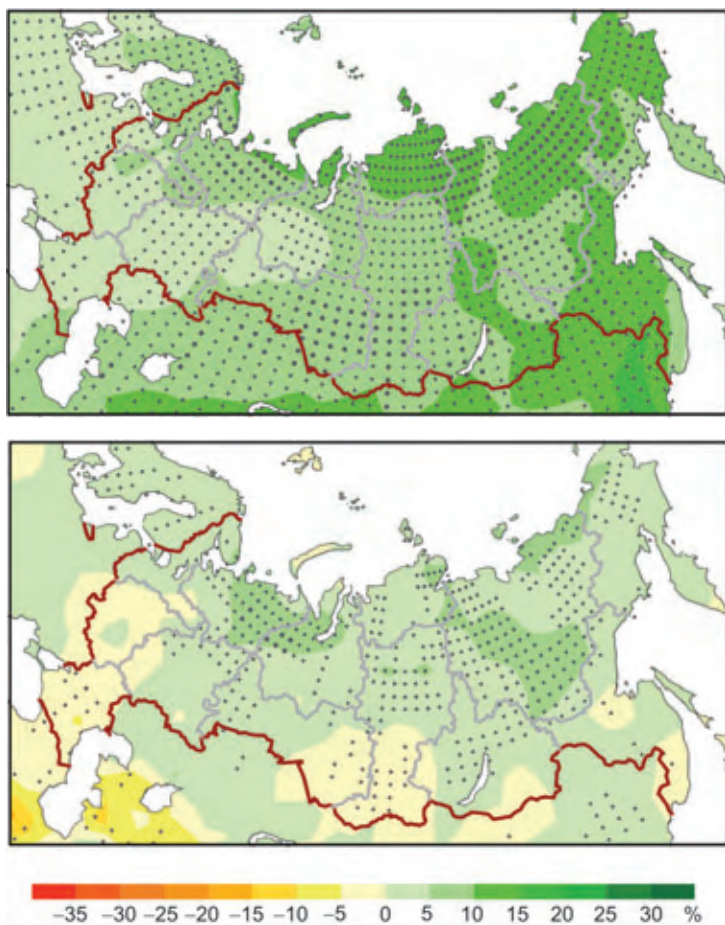
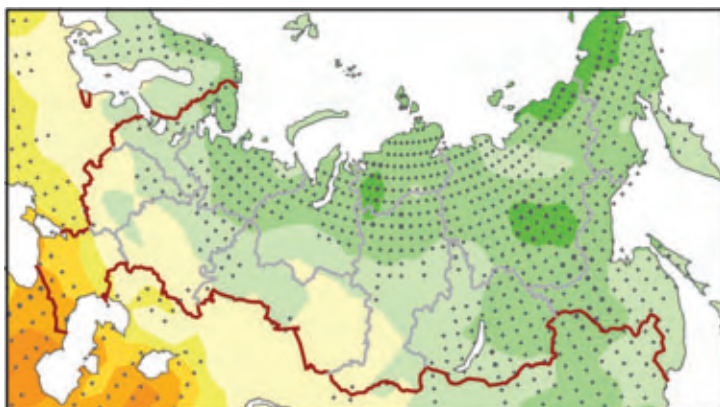


Рис. П.1.7. Изменения (%) суммарных (жидких и твердых) и в 2041—2060 гг. (справа) по отношению к базовому периоду моделей для

Точками обозначены области, в которых изменения больше межгодовой менее, чем



осадков зимой (вверху) и летом (внизу) в 2011—2013 гг. (слева) 1980—1999 гг., рассчитанные по ансамблю из 16 климатических сценария A2.¹⁸²

внутренней модельной изменчивости (стандартного отклонения) не в 2/3 моделей.

¹⁸² Мелешко, В. П., В. М. Катцов, В. А. Говоркова, Е. Д. Надежина, Т. В. Павлова, П. В. Спорышев, И. М. Школьник, Б. Е. Шнееров. Изменения климата России в XXI в. / В кн.: *Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации*. Т. 1 / Под ред. А. И. Бедрицкого и др. — М., Росгидромет, 2008, с. 174—213 (www.voeikovmgo.ru/ru/otsenochnyiy-doklad-izmenenie-klimata-na-territorii-rossiyskoy-federatsii-4.html).

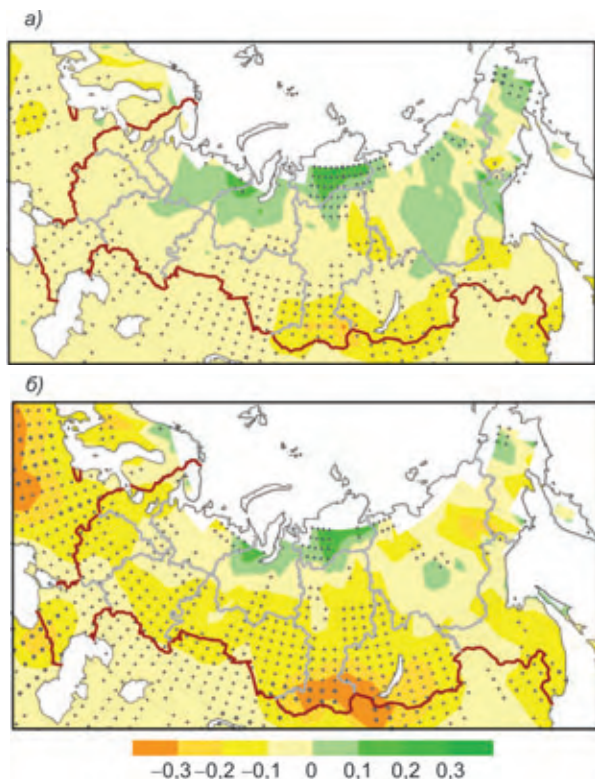


Рис. П.1.8. Изменения влагообеспеченности сельхозкультур в июле (гидротермический коэффициент Селянинова¹⁸³, $10 \text{ мм}/^\circ\text{C}$) в 2011—2030 гг. (а) и 2041—2060 гг. (б) для сценария А2.¹⁸⁴

Точками обозначены области, в которых изменения больше межгодовой внутренней модельной изменчивости (стандартного отклонения) не менее, чем в $2/3$ моделей.

¹⁸³ Для оценки влагообеспеченности различных сельхозкультур в вегетационный период широко используется гидротермический коэффициент (ГТК) Селянинова, в котором в качестве начала вегетации растений принята минимальная температура 10°C . ГТК представляет собой отношение количества осадков, выраженных в миллиметрах, за период с температурой воздуха выше 10°C к сумме активных температур (выше 10°C) за тот же период, уменьшенных в 10 раз. Эта сумма температур предполагается пропорциональной расходу влаги на испарение с подстилающей поверхности. ГТК является индексом увлажнения почвы: чем меньше ГТК, тем больше дефицит влаги и тем засушливее климатические условия. Величина ГТК на европейской части России и северной границе степи равна 1,0, на северной границе полупустыни — 0,5.

¹⁸⁴ Рисунок предоставлен В. П. Мелешко и В. А. Говорковой.

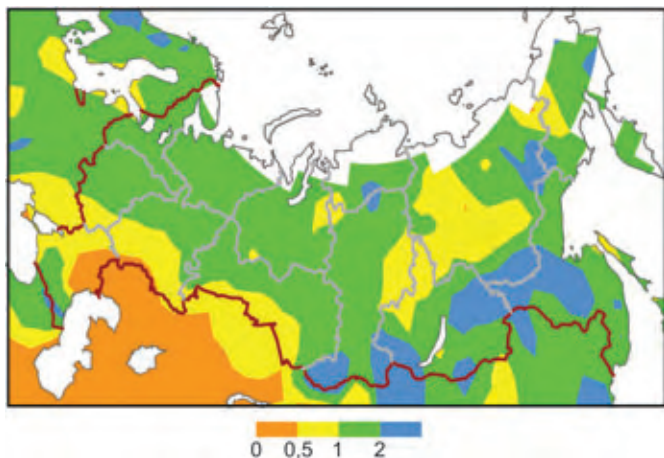


Рис. П.1.9. Распределение влагообеспеченности в вегетационный период (гидротермический коэффициент Селянинова, $10 \text{ мм}/^\circ\text{C}$), рассчитанной по данным реанализа ERA-40 для базового периода 1981—1999 гг.¹⁸⁵

Значения ГТК характеризуют влагообеспеченность следующим образом: ГТК < 0,5 — очень засушливые условия; $0,5 < \text{ГТК} < 1$ — недостаточное увлажнение; $1 < \text{ГТК} < 2$ — достаточное увлажнение; ГТК > 2 — переувлажнение.

¹⁸⁵ Рисунок предоставлен В. П. Мелешко и В. А. Говорковой.

Изменения климата и мировая экономика



Рис. П.2.1. Расходы антикризисных программ на развитие экологически чистых технологий.

а — стоимость (млрд долл.), б — доля (%) в общих затратах.

Источник: Robins, N., Clover, R. and Singh, C. A. *Climate for recovery: The color of stimulus goes green.* — New York, HSBC, 25 February 2009, p. 3.

Таблица П.2.1

Мировой углеродный рынок

Механизм	2007		2008		2009	
	Объем, млн т CO ₂ -экв.	Стоимость, млн долл.	Объем, млн т CO ₂ -экв.	Стоимость, млн долл.	Объем, млн т CO ₂ -экв.	Стоимость, млн долл.
<i>Транзакции на реализацию инвестиционных проектов</i>						
Первичный механизм чистого развития	552	7433	404	6511	211	2678
Совместное осуществление проектов	41	499	25	367	26	354
Добровольный рынок	43	263	57	419	46	338
Всего	636	8196	486	7297	283	3370
<i>Вторичный механизм чистого развития</i>						
Всего	240	6461	1072	26277	1055	17543

Окончание табл. П.2.1

Механизм	2007		2008		2009	
	Объем, млн т CO ₂ -экв.	Стои- мость, млн долл.	Объем, млн т CO ₂ -экв.	Стои- мость, млн долл.	Объем, млн т CO ₂ -экв.	Стои- мость, млн долл.
<i>Рынок торговли разрешениями (квотами) на выбросы</i>						
ETS (ЕС)	2060	49065	3093	100,526	6,326	118,474
Новый	25	224	31	183	34	117
Южный Уэльс						
Чикагская	23	72	69	309	41	50
климатическая						
биржа						
Региональная	—	—	62	198	805	2179
инициатива по						
парниковым						
газам (RGGI)						
Продажа угле-	—	—	23	276	155	2,003
родных единиц						
в рамках квот,						
установленных						
Киотским про-						
токолом (AAU)						
Всего	2108	49361	3278	101492	7362	122822
ИТОГО	2984	63007	4836	135066	8700	143735

Источник: *State and Trends of the Carbon Market 2009*. — Washington DC: World Bank, 2009, p. 1; *State and Trends of the Carbon Market 2010*. — Washington DC: World Bank, 2010, p. 1.

ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

Гелиоэнергетика

Существуют три основных направления использования солнечной энергии: прямое преобразование солнечной энергии в электрическую (фотоэлектричество), преобразование солнечной энергии в тепло на установках для отопления и горячего водоснабжения и преобразование солнечной энергии в электрическую по термодинамическому циклу (солнечные термодинамические электрические станции).

Согласно районированию территории России по потенциалу солнечных ресурсов¹⁸⁶, наиболее благоприятными условиями для практического использования энергии солнца обладают южные районы Хабаровского края и Амурской области, Приморский край, а также южные районы европейской части России (районы 1 и 2 на рис. П.3.1). Большим потенциалом обладают южные районы Алтайского и Красноярского края, Иркутской области и Забайкалье (район 3). В районах 1 и 3 в связи с большим количеством солнечной радиации в зимнее время возможно круглогодичное использование гелиоустановок.

В этих районах с 1 м² приемной поверхности фотоэлектрической установки, оптимально ориентируемой к солнечным лучам и имеющей КПД 15 %, можно получить около 200 кВт·ч электроэнергии за год (рис. П.3.2).

Выполненные в Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова разработки позволили оценить возможную выработку тепловой энергии в разных регионах страны с использованием отечественных солнечных коллекторов.¹⁸⁷ В областях Юж-

¹⁸⁶ Пивоварова З. И., Стадник В. В. Климатические характеристики солнечной радиации как источника энергии на территории СССР. — Л.: Гидрометеиздат, 1988. 291 с.; *Атласы ветрового и солнечного климата России* / Под ред. М. М. Борисенко и В. В. Стадник. — СПб, 1997; Стадник В. В., Шанина И. Н. Оценка гелиоэнергетических ресурсов Российской Федерации // *Метеоспектр*. 2008. № 2. С. 128—133; Стадник В. В., Разгоняев Ю. В. Оценка суммарного прихода солнечной радиации, поступающей на наклонные поверхности // *Труды ГГО*. 2008. Вып. 557. С. 67—84.

¹⁸⁷ Стадник В. В., Шанина И. Н. Оценка гелиоэнергетических ресурсов Российской Федерации // *Метеоспектр*. 2008. № 2. С. 128—133; Стадник В. В., Разгоняев Ю. В. Оценка суммарного прихода солнечной радиации, поступающей на наклонные поверхности // *Труды ГГО*. 2008. Вып. 557. С. 67—84.

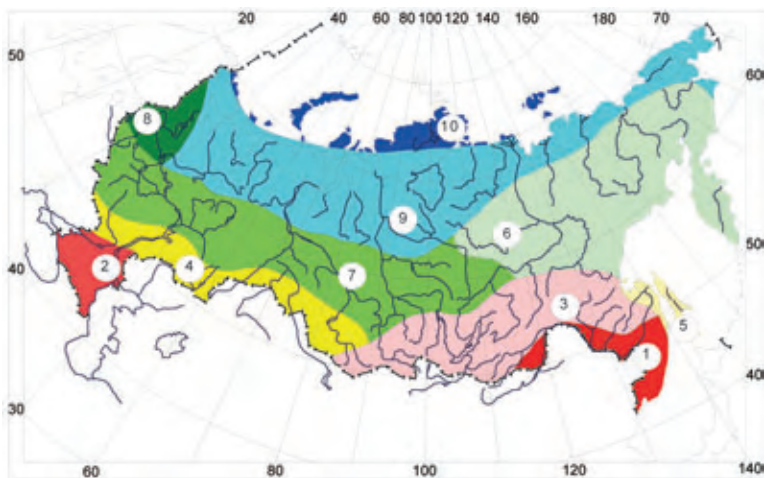


Рис. П.3.1. Районирование территории России по потенциалу солнечной радиации.¹⁸⁸

Цифра в кружке — номер района по приоритету потенциала.

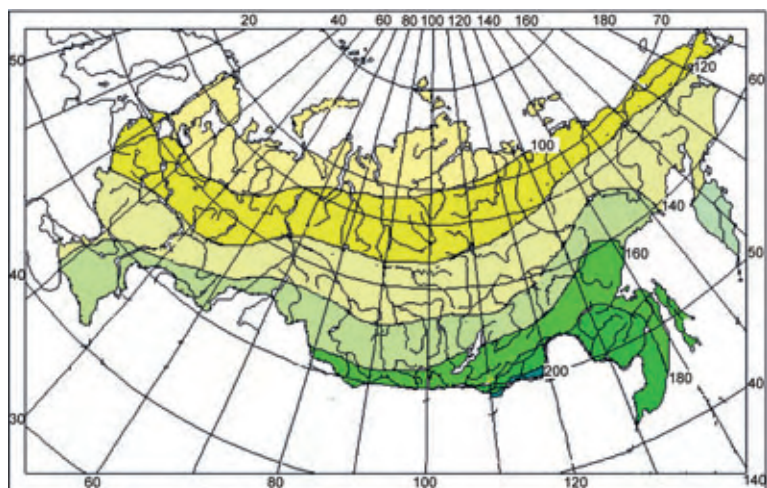


Рис. П.3.2. Удельная выработка электрической энергии фотогенератором при КПД 15 %.¹⁸⁸

¹⁸⁸ Стадник В. В., Шанина И. Н. Оценка гелиоэнергетических ресурсов Российской Федерации // *Метеоспектр*. 2008. № 2. С. 128—133; Стадник В. В., Разгоняев Ю. В. Оценка суммарного прихода солнечной радиации, поступающей на наклонные поверхности // *Труды ГГО*. 2008. Вып. 557. С. 67—84.

ного и Северо-Кавказского федеральных округов, обладающих высоким солнечным потенциалом, удельная выработка тепловой энергии солнечным коллектором с жидким теплоносителем за безморозный период составляет 850—900 (кВт · ч)/м². В расположенных севернее густонаселенных промышленных областях России (до 60° с. ш.), где весьма актуальным является вопрос об энергосбережении, удельная выработка тепловой энергии составляет 500—700 (кВт · ч)/м², что позволяет применять солнечные коллекторы в качестве приставок для котельных и ТЭЦ и для разработок новых современных проектов. Коэффициент замещения нагрузки горячего водоснабжения за счет солнечной энергии в средних широтах России может составлять 55—60 %, а в южных — более 75 % (рис. П.3.3).

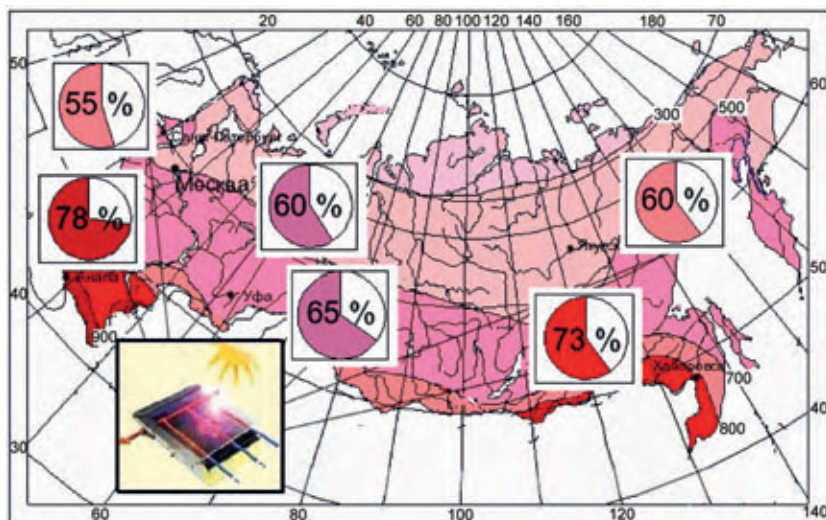


Рис. П.3.3. Удельная выработка тепловой энергии плоским солнечным коллектором с оптимальным углом наклона поверхности к горизонту ((кВт · ч)/м²) и коэффициент замещения тепловой нагрузки горячего водоснабжения за счет солнечной энергии (%).¹⁸⁹

¹⁸⁹ Стадник В. В., Шанина И. Н. Оценка гелиоэнергетических ресурсов Российской Федерации // *Метеоспектр*. 2008. № 2. С. 128—133; Стадник В. В., Разгоняев Ю. В. Оценка суммарного прихода солнечной радиации, поступающей на наклонные поверхности // *Труды ГГО*. 2008. Вып. 557. С. 67—84.

В ближайшие десятилетия изменения в годовом приходе солнечной радиации в условиях меняющегося климата будут незначительными.¹⁹⁰ Так, на период с 2011 по 2030 г. на большей части территории России аномалии годового прихода суммарной радиации по отношению к контрольному периоду 1981—2000 гг. предполагаются в пределах 0 ± 2 %. Наибольшие изменения прогнозируются на Камчатке, Сахалине, в Магаданской области, на Чукотке. Они составят $-2 \dots -4$ % и не превысят $20\text{—}50$ (кВт · ч)/м² в год. При этом годовая выработка электрической энергии фотогенераторами снизится максимум на $2\text{—}3$ %. В остальных регионах изменение в приходе солнечной радиации на производительности солнечных установок не скажется.

При прогнозируемом повышении средней дневной температуры воздуха от 1981—2000 гг. к 2021—2060 гг. на 2 °С можно ожидать увеличения эффективности работы солнечных коллекторов для горячего водоснабжения. Выработка тепловой энергии возрастет на 6 % (50 кВт · ч с каждого квадратного метра солнечного коллектора).

Ветроэнергетика

Ветроэнергетика — самая бурно развивающаяся отрасль электроэнергетики в мире. Ветровая энергия — наиболее дешевый из возобновляемых источников энергии. В местах с хорошими ветровыми условиями ветроэнергетика успешно конкурирует с традиционными топливными и атомными электростанциями. Стоимость электроэнергии от ветроустановок продолжает снижаться, тогда как стоимость электроэнергии от топливных электростанций постоянно возрастает.

Ветроэнергетический рынок успешно развивается в Европе, особенно в Германии, Испании, Дании, а также в США, Индии, Китае и Южной Америке. В последние годы темпы развития ветроэнергетики в мире составляли 30 % в год. В Европе потенциала ветроэнергетики достаточно для производства 20 % электроэнергии, которая будет производиться до 2020 г. Электрические сети Европы приспособлены для принятия такой доли электрической

¹⁹⁰ Мелешко, В. П., В. М. Катцов, В. А. Говоркова, Е. Д. Надежина, Т. В. Павлова, П. В. Спорышев, И. М. Школьник, Б. Е. Шнееров. Изменения климата России в XXI в. / В кн.: *Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации*. Т. 1 / Под ред. А. И. Бедрякова и др. — М., Росгидромет, 2008, с. 174—213 (www.voeikovmgo.ru/ru/otsenochnyiy-doklad-izmenenie-klimata-na-territorii-rossiyskoy-federatsii-4.html).

энергии от ветроустановок. Датское правительство планирует увеличить долю ветровой энергии в производстве электроэнергии до 50 % к 2030 г.¹⁹¹

В настоящее время суммарная мощность ветроэнергетических установок (ВЭУ) России по сравнению с мировыми лидерами ничтожна и составляет около 15 МВт.

Однако богатый ветроэнергетический потенциал во многих районах России (рис. П.3.4) в сочетании с высоким уровнем его изученности создает хорошие предпосылки к ускоренному развитию и внедрению ветроэнергетических станций в единую энергетическую систему.

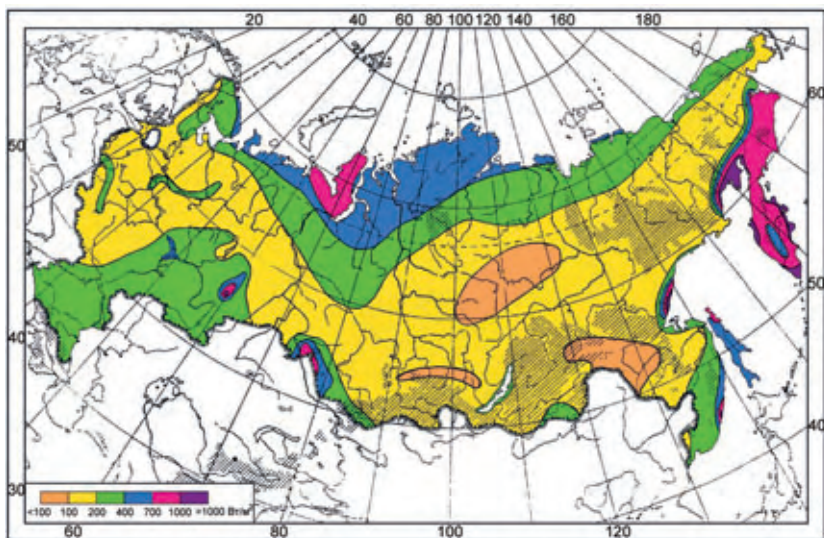


Рис. П.3.4. Фоновое районирование России по значениям удельной мощности ветрового потока на уровне 100 м над земной поверхностью.¹⁹²

¹⁹¹ Николаев В. Г., Ганага С. В., Кудряшов Ю. И., Вальтер Р., Виллемс П., Санковский А. Г. Перспективы развития возобновляемых источников энергии в России. *Результаты проекта TACIS EUROPE AID/116951 /C/SV/RU*. — М.: АТМОГРАФ, 2009. 455 с.; Борисенко М. М., Гобарова Е. О., Жильцова Е. Л. Оценки ветроэнергетических ресурсов на территории России // *Труды ГГО*. Вып. 557. 2008. С. 53—67; *Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии России и местным видам топлива (показатели по территориям)* / Под ред. П. П. Безруких. — М., ИАЦ «Энергия», 2007. 272 с.

¹⁹² *Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии России и местным видам топлива. (показатели по территориям)* / Под ред. П. П. Безруких. — М., ИАЦ «Энергия», 2007. 272 с.

Общая площадь, необходимая для развития парка ветроэнергетических станций, оценивается в 0,17—0,20 % территории России, и такой площадью страна, безусловно, располагает. Также она располагает и необходимыми ветровыми ресурсами на перспективу: выполненные модельные оценки и прогноз показывают, что существенных изменений в ветровом потенциале (средней скорости ветра) в ближайшие десятилетия не ожидается.

Биотопливо

В России биоэнергетика находится в начальной стадии развития (доля биотоплива в российской малой энергетике составляет всего 0,5 %). Однако возможности для ее развития в Российской Федерации огромны. Наиболее перспективными источниками получения биотоплива являются отходы лесозаготовок и деревопереработки, а также отходы сельскохозяйственного производства. Так, например, объем сельскохозяйственных отходов при обработке урожая пшеницы составляет около 130 % объема полученного зерна; при производстве пиломатериалов отходы составляют 15—25 %, фанеры — 40—60 %, целлюлозы 50—60 %. В отдельных районах в качестве биотоплива может быть использован торф.

По данным Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, на территории страны ежегодно производится до 14—15 млрд т биомассы, энергия которой эквивалентна примерно 8 млрд т условного топлива (т у.т.). В энергетических целях в России технически возможно ежегодно использовать до 800 млн т древесной биомассы, или порядка 5 % ее общего производства. Экономический потенциал биомассы, пригодной для энергетического использования, оценивается примерно в 35 млн т у.т. (примерно 285 млрд кВт · ч) в год.¹⁹³

За валовой ресурс древесной биомассы обычно принимается энергия, сосредоточенная в расчетной лесосеке. В России в среднем вырубается ежегодно только 25 % расчетной лесосеки, что означает возможность втрое увеличить вырубку без ущерба для леса, но с учетом неравномерности распределения лесных ресурсов и степени их использования по территории страны. На европейской части России используется 40 % лесосеки, на азиатской части России — около 15 %. При этом важно учесть, что старый лес, не срубленный и не вывезенный вовремя, таит в себе угрозу пожаров, размножения различных грибков, насекомых и т. п.

¹⁹³ Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии России и местных видам топлива. (показатели по территориям) / Под ред. П. П. Безруких. — М., ИАЦ «Энергия», 2007. 272 с.

Кроме того, перестойный лес уже не производит кислород, а, наоборот, поглощает его.

Экономический потенциал биотоплива на основе отходов сельскохозяйственного производства оценивается примерно в 53,3 млн т у.т. (434 млрд кВт · ч) в год. В настоящее время доказана рентабельность многих энергетических культур (рапс, ива и т. д.), которые можно возделывать на неудобных для традиционных культур землях. Указанные факторы свидетельствуют о необходимости комплексного подхода к выбору сырья для получения биотоплива, наиболее оптимального в конкретных природных и экономических условиях.

Все источники получения биотоплива в той или иной мере испытывают на себе влияние климата, но наиболее чувствительны к климатическим условиям и их изменениям лесное и сельское хозяйство — основные поставщики сырья для биотоплива в России.

Влияние климатических изменений на лесное и сельское хозяйство неоднозначно в разных регионах России. Однако в целом по стране климатические изменения, прежде всего изменения тепло- и влагообеспеченности растений, благоприятны для развития сельского и лесного хозяйства и, следовательно, для производства биотоплива. Исключение составляют южные районы европейской части России и Западной Сибири, где ожидается увеличение засушливости, которое может привести как к падению урожайности сельскохозяйственных культур, так и к повышению пожароопасности в лесных массивах.

Малая гидроэнергетика

Гидроэнергетические агрегаты мощностью от 100 кВт до 25 МВт относятся к малым ГЭС (МГЭС). Меньшие агрегаты называют микроГЭС. Малые ГЭС могут быть построены как на малых и средних реках, так и на крупных (при низконапорных гидроузлах или при неполном использовании стока).

В процессе эксплуатации МГЭС не производит парниковых газов и не загрязняет окружающую среду токсичными отходами. Подобные объекты не являются причиной наведенной сейсмичности и сравнительно безопасны при естественном возникновении землетрясений. Они практически не оказывают отрицательного воздействия на образ жизни населения, на животный мир и местные микроклиматические условия.

Среди факторов, тормозящих развитие малой гидроэнергетики в России, большинство экспертов называют недостаточную

информированность потенциальных пользователей о преимуществах малых гидроэнергетических объектов и недостаточную изученность гидрологического режима и объемов стока малых водотоков. Кроме того, к таким факторам относятся низкое качество действующих методик, рекомендаций и СНиПов, что является причиной серьезных ошибок в расчетах; неразработанность методик оценки и прогнозирования возможного воздействия на окружающую среду и хозяйственную деятельность; слабая производственная и ремонтная база предприятий, производящих гидроэнергетическое оборудование для МГЭС. Для повышения надежности работы МГЭС необходимы также дополнительные исследования их функционирования в условиях глубокого промерзания русла рек, анализ воздействия малых ГЭС на популяции наиболее ценных пород рыб и т. д.

Массовое строительство объектов малой гидроэнергетики возможно лишь в случае серийного производства оборудования, отказа от индивидуального проектирования и качественно нового подхода к надежности и стоимости оборудования по сравнению со старыми объектами, выведенными из эксплуатации.

Возможные проблемы, связанные с созданием и использованием объектов малой гидроэнергетики, менее выражены. Как любой локализованный источник энергии, в случае изолированного применения объект малой гидроэнергетики уязвим с точки зрения выхода из строя, в результате чего потребители остаются без энергоснабжения. Кроме того, существует определенная сезонность в выработке электроэнергии (заметные спады в зимний и летний периоды). Решением проблемы является создание совместных или резервных генерирующих мощностей — ветроагрегата, миникотельной на биотопливе, фотоэлектрической установки и т. д.

Тепловые насосы

Тепловые насосы используются для преобразования низкопотенциальной теплоты грунтов и водоемов в тепловую энергию.¹⁹⁴

¹⁹⁴ Технология применения тепловых насосов основана на использовании фазовых преобразований и циркуляции хладагента (например, фреона). Принцип действия теплового насоса аналогичен принципу действия холодильника. Хладагент, находящийся в жидком состоянии, попадает в земляной контур. Имея очень низкую температуру кипения, он переходит в газообразное состояние. Затем газ сжимается до состояния высокого давления, хладагент разогревается, разогретый газ попадает в теплообменник, где передает свое тепло воде. При падении давления и

В условиях будущего климата эти насосы можно сочетать с небольшой ветроэнергетической установкой, снабжающей их дополнительной энергией, которая в настоящее время поступает из электросети или от небольшого дизеля.

Валовой ресурс использования тепловых насосов в России практически неограничен. Их технический потенциал оценивается в 26,4 млн т у.т., экономический потенциал — в 9,5 млн т у.т. Глобальное потепление ведет к увеличению ресурсов низкопотенциального тепла.

Выполненные оценки количества потребляемой тепловым насосом энергии при средних суточных температурах воздуха -11 и -22 °С, преобладающих зимой на территории России (за исключением районов распространения вечной мерзлоты), а также доли замещения тепловой нагрузки для отопления за счет энергии низкопотенциального тепла земли (до 70 %), позволяют сделать вывод о целесообразности использования тепловых насосов в условиях загородного коттеджного строительства, что уже практикуется во многих странах мира.¹⁹⁵

понижении температуры хладагент переходит в жидкое состояние и возвращается в земляной контур.

Для работы теплового насоса необходима внешняя энергия, например электрическая или механическая. Тепловые насосы различаются по мощности и способу установки земляного контура: вертикально, горизонтально и по диагонали. Мощность насоса выбирают исходя из теплопотерь здания. Если теплопотери при средней суточной температуре наружного воздуха больше мощности насоса, то тепловой насос потребляет некоторое дополнительное количество энергии. См.: Васильев Г. П., Хрустачев Л. В., Розин А. Г., Абуев И. М. *Руководство по применению тепловых насосов с использованием вторичных энергетических ресурсов нетрадиционных возобновляемых источников энергии*. — М: ИНСОЛАР — ИНВЕСТ, 2001; Васильев Г. П. Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев Земли. — М.: Издательский дом «Граница», 2006. 176 с.

¹⁹⁵ Смирнов Д. В. Климатические ресурсы низкопотенциального тепла земли, доставляемого тепловыми насосами // *Труды ГГО*. Вып. 561. 2010. С. 138.

**Комплексный план научных исследований
погоды и климата**

(проект, одобренный научной конференцией «Разработка и реализация комплексного плана научных исследований погоды и климата», Москва, Гидрометцентр России, 27 августа 2010 г.)

1. Статус, цели и основы Комплексного плана

Комплексный план научных исследований погоды и климата (далее Комплексный план) подготовлен Росгидрометом, Минобрнауки России, Минэкономразвития России, МЧС России и Российской академией наук совместно с другими заинтересованными министерствами и ведомствами в соответствии с решением Совета Безопасности от 17 марта 2010 г. (протокол № Пр-835 утвержден Президентом Российской Федерации 29 марта 2010 г. — далее Протокол № Пр-835).

Комплексный план направлен на реализацию Климатической доктрины Российской Федерации, утвержденной распоряжением Президента Российской Федерации 17 декабря 2009 г. и определяющей в качестве основных задач политики Российской Федерации в области климата: *«укрепление и развитие информационной и научной основы политики в области климата, включая усиление научно-технического и технологического потенциала Российской Федерации, обеспечивающего максимальную полноту и достоверность информации о состоянии климатической системы, воздействиях на климат, происходящих и будущих его изменениях и об их последствиях; разработку и реализацию оперативных и долгосрочных мер по адаптации к изменениям климата; разработку и реализацию оперативных и долгосрочных мер по смягчению антропогенного воздействия на климат; участие в инициативах международного сообщества в решении вопросов, связанных с изменениями климата и смежными проблемами»* (статья 18 Климатической доктрины Российской Федерации).

Комплексный план определяет национальные приоритеты научных исследований погоды и климата. В соответствии с Протоколом № Пр-835 реализация Комплексного плана обеспечивает *«оценку и прогнозирование связанных с изменением климата угроз национальной безопасности, оценку рисков и выгод для*

экономики и территорий, а также способности адаптации к изменению климата».

Реализация Комплексного плана осуществляется федеральными органами исполнительной власти, Российской академией наук, Российской академией сельскохозяйственных наук, Российской академией медицинских наук и другими организациями.

В основу Комплексного плана положены рекомендации и приоритеты национальных научных исследований, сформулированные в первом Оценочном докладе об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации (ОДРФ-1, 2008) и в решениях VI Всероссийского метеорологического съезда (МС-VI, 2009).

При разработке Комплексного плана учтен не только национальный, но и международный опыт организации климатической науки. Ключевым является положение о том, что исследования погоды и климата призваны в конечном итоге служить научному обеспечению процесса принятия решений, что отвечает духу и решениям Третьей Всемирной климатической конференции (ВКК-3, 2009), наиболее важным ожидаемым результатом которой должно стать создание Глобальной рамочной основы климатического обслуживания (ГРОКО). Создание российского сегмента ГРОКО предусматривается Комплексным планом.

Существенной особенностью Комплексного плана является рекомендованная решениями МС-VI многомерная интеграция национальных исследований погоды и климата:

- интеграция фундаментальных и прикладных исследований,
- интеграция научных исследований и образовательного процесса,
- интеграция национальных исследований в международные программы.

Комплексный план ориентирован на развитие системы межведомственных консорциумов, позволяющих консолидировать научное сообщество и потребителей с целью решения крупных научных проблем.

Помимо решения научных задач, Комплексный план призван:

- оптимизировать расходы средств федерального бюджета и других источников;
- минимизировать дублирование и придать синергизм национальным исследованиям в области погоды и климата и смежных областях;

- сконцентрировать потенциал российской климатической науки на решении приоритетных задач и получении практических результатов, направленных на обеспечение национальных интересов Российской Федерации;
- способствовать наращиванию потенциала российской климатической науки.

2. Содержание и структура Комплексного плана

Содержание и структура Комплексного плана отвечают статьям 19—24 Климатической доктрины Российской Федерации. В соответствии с этими статьями Комплексный план включает полный цикл исследований погоды и климата — фундаментальных и прикладных (при всей условности границы между ними), который увенчивается проблемами интерпретации климатической информации и выработки рекомендаций по ее использованию конечным потребителем (органами власти, отраслями экономики, бизнесом, обществом).

Комплексный план определяет основные — *магистральные* — направления исследований, а также *кроссмагистральные* направления, «пересекающие» и синтезирующие магистральные направления. Такая двумерная «матричная» структура обусловлена наличием сложных междисциплинарных проблем, связанных с климатом и его изменением.

Первые два (А и Б) из четырех магистральных направлений фактически посвящены решению центральной задачи метеорологической науки — *предсказанию погоды и климата*. Этой центральной задаче подчинены разнообразные задачи фундаментальной науки — от анализа и интерпретации данных наблюдений в настоящем, в недавнем и далеком прошлом (**ДИАГНОЗ**) до исследований действующих в климатической системе обратных связей, определяющих ее чувствительность к внешним воздействиям, предсказуемости климатической системы и собственно прогноза от нескольких часов до столетий (**ПРОГНОЗ**). Основную роль в исследованиях в рамках этих направлений играют НИУ Росгидромета, РАН и Минобрнауки.

Как отмечается в решениях МС-VI, актуальные для России исследования погоды и климата в целом находятся *в русле задач, стоящих перед всем мировым сообществом*. Поэтому российские исследования должны быть ориентированы на/интегрированы в международные исследовательские программы. К таким

программам относятся Всемирная программа исследований климата (WCRP) и ее проекты (CLIVAR, CliC, GEWEX, SPARC), Международная программа по геосфере и биосфере (IGBP), Всемирная программа исследований погоды (WWRP) и ее проекты (THORPEX), Программа исследований атмосферы и окружающей среды (AREP), международные проекты под эгидой Научного комитета по исследованию Антарктики (SCAR), Комиссии по атмосферным наукам ВМО (CAS) и др.

В то же время, ряд физико-географических, экономических, социальных и других особенностей России позволяют выделить **специфические приоритеты национальных исследований**. Специфические национальные приоритеты акцентированы в магистральных направлениях В и Г. Это исследования в области оценки последствий погодно-климатических воздействий на территории РФ, погодно-климатических рисков различной природы (экономические, социальные, демографические, геополитические, военные и т.п.) и уязвимости, потенциала использования положительных последствий изменения климата (**ВОЗДЕЙСТВИЯ**), а также возможностей адаптации к воздействиям, смягчения антропогенного воздействия на климат, климатических ресурсов (**АДАПТАЦИЯ И СМЯГЧЕНИЕ**). Помимо приращения знаний, создания новых технологий и продуктов, одним из показателей успеха науки является эффективность решений, принятых в результате правильно оцененных погодно-климатических рисков. Это возможно лишь при надлежащем развитии **социально-экономического компонента** погодно-климатических исследований, которые также относятся к направлению Г.

Ориентирами для исследований в рамках направлений В и Г являются соответственно следующие международные программы:

В. *Международная программа по геосфере и биосфере (IGBP), Партнерство в области наук о Земле (ESSP), Всемирная климатическая программа (WCP), Всемирная программа по оценке климатических воздействий и стратегиям реагирования (WCIRP), Программа исследований атмосферы и окружающей среды (AREP), Международная программа по гуманитарным измерениям глобального изменения окружающей среды (IHDP), Международная научная программа по биоразнообразию (DIVERSITAS), Программа по уменьшению риска стихийных бедствий (DRR);*

Г. *Партнерство в области наук о Земле (ESSP), Всемирная климатическая программа (WCP), Всемирная программа по оценке климатических воздействий и стратегиям реагиро-*

вания (WCIRP), Программа исследований атмосферы и окружающей среды (AREP), Международная программа по гуманитарным измерениям глобального изменения окружающей среды (IHDP), Международная научная программа по биоразнообразию (DIVERSITAS), Международное партнерство по водородной экономике (IPHE), Международное партнерство по коммерческому использованию нетрадиционных ресурсов метана (Партнерство «Метан — на рынок») (M2M), Международный форум по секвестру углерода (CSLF), Глобальное партнерство по биоэнергетике (GBEP).

Магистральные направления Комплексного плана дополняются четырьмя кроссмагистральными направлениями, три из которых (α , β и γ) формируют неразрывную последовательность от **МОНИТОРИНГА** к **МОДЕЛИРОВАНИЮ** и **ОБСЛУЖИВАНИЮ** и являются ключевыми элементами каждого магистрального направления.

Ориентирами для исследований в рамках направлений α , β и γ являются соответственно следующие международные программы:

α) *Всемирная программа исследований климата (WCRP), Глобальная служба атмосферы (WWW), Глобальная служба криосферы (WCW), Космическая программа ВМО (SAT), Глобальная система наблюдений за климатом (GCOS), Глобальная система наблюдений за океаном (GOOS), Всемирная система наблюдений за гидрологическим циклом (WHYCOS), Всемирная служба агрометеорологической информации (WAMIS), Интегрированная глобальная наблюдательная система ВМО (WIGOS), Всемирная программа климатических данных и мониторинга (WCDMP);*

β) *Всемирная программа исследований климата (WCRP) и ее рабочие группы (WGNE, WGCM, WMP, WGSIP), Международная программа по геосфере и биосфере (IGBP);*

γ) *Программа по прикладной метеорологии (AMP), Всемирная служба информации о погоде (WWIS), Информационная система ВМО (WIS), Всемирная программа по климатическим приложениям и услугам (WCASP), Услуги по климатической информации и прогнозу (CLIPS).*

В соответствии с результатами заседания Совета Безопасности Российской Федерации 17 марта 2010 г., а также с учетом международной инициативы Российской Федерации, касающейся проведения *Международного полярного десятилетия*, уточнение специфики национальных приоритетов России в погодно-климатических исследованиях в ближайшее десятиле-

тие обеспечивается четвертым кросс-магистральным направлением δ (**АРКТИКА**). Международные усилия по исследованию Арктики в значительной мере сосредоточены под эгидой *Всемирной программы исследований климата (WCRP)*, *Комиссии по атмосферным наукам ВМО (CAS)*, *Всемирной программы исследований погоды (WWRP)* и ее проектов (например, *THORPEX*), *Международного арктического научного комитета (IASC)*, *Международного исследования изменения Арктики (ISAC)* и др., а также ряда крупных национальных программ (например, США — SEARCH).

Как магистральные, так и кроссмагистральные направления представлены в Комплексном плане соответствующими *разделами* (А-1, А-2, ..., δ -9).

Каждый раздел Комплексного плана разбивается на отдельные проблемы. Развитие (детализация) Комплексного плана предполагает изложение каждой проблемы в трех частях:

- 1) *современное состояние вопроса,*
- 2) *необходимые исследования (действия),*
- 3) *ожидаемый результат (в том числе продукты и разработки).*

Таким образом, к двумерной «горизонтальной» структуре Комплексного плана (магистралей и кроссмагистралей) добавляется трехуровневая «вертикальная структура»: направления, разделы и проблемы.

Практически каждое направление Комплексного плана в той или иной мере обеспечивает результатами остальные. Поэтому важную роль в Комплексном плане играют *перекрестные ссылки* между разделами (проблемами). В этой связи чрезвычайно важна тщательная координация работы по детализации содержания проблем, включенных в Комплексный план. Эта координация должна обеспечить синергизм всех исследований в рамках Комплексного плана.

3. Реализация и координация Комплексного плана

3.1. Научное сопровождение, координация и сроки выполнения Комплексного плана

Научное сопровождение Комплексного плана возлагается на *Научный совет при Совете Безопасности Российской Федерации* (далее Научный совет).

Реализация Комплексного плана начинается по всем направлениям одновременно, однако результаты исследований по отдельным направлениям могут обуславливать потребность в уточнении приоритетов как этих направлений, так и смежных. Проект Комплексного плана, рассчитанный на срок до 2020 г., предполагает корректировку приоритетов в 2015 г.

В реализации Комплексного плана выделяются краткосрочная (2011—2013 гг.) и последующая перспективы. Ожидаемые результаты на последующую (за краткосрочной) перспективу конкретизируются на основе решений Научного совета в соответствии с параметрами дальнейшего финансирования и уточненным перечнем приоритетных задач.

Первоочередным шагом в ходе реализации Комплексного плана является его детализация на уровне проблем в формате, описанном в п.2. С этой целью Научным советом создается *экспертная рабочая группа* из представителей ведомств, участвующих в реализации соответствующих разделов Комплексного плана. Полученный в результате этого *развернутый* Комплексный план принимается ведомствами к исполнению.

Одновременно для оценки результатов реализации работ и исследований разрабатывается механизм экспертизы.

По завершении каждого года на заседании Научного совета с использованием разработанного механизма экспертизы рассматриваются результаты деятельности федеральных органов исполнительной власти, РАН, РАСХН, РАМН и других организаций, участвующих в выполнении Комплексного плана.

3.2. Инфраструктура и финансирование

Инфраструктурой научных исследований и разработок в рамках Комплексного плана являются ведомственные НИУ, а также ВУЗы. Развитие материально-технической базы этих учреждений и их кадровое усиление — важнейшие составляющие наращивания потенциала российской климатической науки (п. 3.3) и необходимое условие реализации Комплексного плана.

Выполнение части работ и исследований Комплексного плана в краткосрочной перспективе осуществляется через программы научных исследований соответствующих ведомств, а также в рамках соответствующих ведомственных и федеральных целевых программ. Для выполнения предусмотренных Комплексным планом исследований в полном объеме целесообразно рассмотреть возможность его включения в Государственную программу, на-

правленную на смягчение антропогенного воздействия на климат и на адаптацию к его изменениям, разработка которой предусмотрена п.1.1.1 Протокола заседания Совета Безопасности Российской Федерации от 17 марта 2010 г. № Пр-835.

3.3. Нарращивание потенциала

Нарращивание потенциала, сопровождающее реализацию Комплексного плана, состоит в обеспечении:

- подготовки и сохранения (в российской науке) научных кадров высшей квалификации в области климата, его влияния на экономику и социальную сферу, здоровье населения и состояние окружающей среды; разработки и реализации инженерных и организационных мер по адаптации и смягчению антропогенного воздействия на климат; подготовки профессиональных консультантов для ведения международных переговоров и подготовки международных соглашений в указанной области, для развития нормативной базы и сопровождения законотворческого процесса, для информирования общественности, представителей средств массовой информации и лиц, принимающих решения;

- межведомственного взаимодействия и синергизма усилий по реализации Комплексного плана на национальном уровне;

- международного сотрудничества.

Совокупность перечисленных требований в сочетании с надлежащим технологическим оснащением исследований в области погоды и климата (ИТ, вычислительные ресурсы, спутниковые технологии, высокоскоростные линии связи и т. п.) призваны обеспечить соответствие российских исследований и разработок в области климата и смежных областях мировому уровню.

Подготовка научных кадров высшей квалификации обеспечивается интеграцией исследовательского и образовательного процессов (в рамках межведомственной интеграции), включая организацию дополнительного обучения студентов старших курсов высших учебных заведений на базе ведущих научно-исследовательских учреждений страны, выполнение приоритетных научных задач в области климата в рамках квалификационных работ студентов ВУЗов и аспирантов.

Международное сотрудничество подразумевает позиционирование и интеграцию российской климатической науки в международные программы климатических и смежных исследований (см. п. 2) с учетом национальных интересов Российской Федерации и использованием всех возможных преимуществ международного

сотрудничества; организацию и финансирование стажировки наиболее одаренных молодых ученых и специалистов, аспирантов и студентов старших курсов в ведущих мировых научных центрах (в сочетании с укреплением мотивации для возвращения в отечественные НИУ), а также активное участие российских ученых в рабочих и руководящих группах международных проектов, в организационных комитетах международных научных конференций, школ и семинаров, в подготовке международных оценочных докладов об изменениях климата (например, МГЭИК) и других специализированных международных докладов по климатическим и смежным проблемам.

3.4. Ожидаемые, в том числе экономические, результаты реализации Комплексного плана

Комплексный план создает основу для научного обеспечения реализации Климатической доктрины Российской Федерации, утвержденной распоряжением Президента Российской Федерации № 861-рп от 17 декабря 2009 г.

Ожидаемые результаты исследований, включенных в Комплексный план, обеспечат формирование и соответствие мировому уровню научной основы политики Российской Федерации в области климата, в том числе:

- оценку прошлого и современного состояния климатической системы;
- оценку факторов влияния антропогенной деятельности на климат;
- прогноз будущих изменений климата и их воздействий на качество жизни населения Российской Федерации и других регионов Земли;
- оценку степени защищенности и уязвимости экосистем, экономики, населения, государственных институтов и инфраструктуры государства по отношению к изменениям климата и существующих возможностей адаптации к ним;
- оценку возможностей смягчения антропогенного воздействия на климат.

Предусматриваются два типа результатов исследований и разработок в рамках реализации Комплексного плана:

- приращение знания и новые (или усовершенствованные) технологии, которые используются в науке для совершенствования знания;

- продукты для применения в практических целях (не только в секторах экономики, но и в политической сфере, в сфере обороны и пр.).

Экономический результат магистральных направлений А и Б в силу существенной фундаментальности соответствующих исследований оценке не подлежит. Экономический результат магистральных направлений В и Г является предметом исследований, предусмотренных одним из разделов направления Г. Соответственно экономический результат кроссмагистральных направлений также подлежит исследованиям. Очевидно, экономический эффект ряда разделов Комплексного плана, например в рамках кроссмагистрали δ (АРКТИКА), потенциально огромен, однако количественная оценка в настоящее время затруднительна.

КОМПЛЕКСНЫЙ ПЛАН НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОГОДЫ И КЛИМАТА (до 2020 г.)

	Магистральные (А-Г) и кросс-магистральные (α-δ) направления. Разделы исследований по направлениям (А-1, ..., δ-9)	Результаты исследования / продукция, возможный экономический результат	Ведомства, проводящие исследования по направлению	Международные программы, проводящие исследования по направлению	Примечание
Д И А Г Н О З	А. Климатическая система Земли в прошлом и настоящем	Результаты исследований по данному направлению создают фундамент для остальных направлений		Всемирная программа исследований климата	В настоящее время в России исследования климата
	А-1. Изменчивость климатической системы в период инструментальных наблюдений <i>Моды изменчивости; физические процессы и взаимодействия компонентов климатической системы: атмосферы, океана, криосферы, десятильного слоя суши и биосферы; гидрологический цикл; экстремальные явления</i>	КПНИПК, прежде всего для развития моделирования (β) и прогнозов (В). Результаты направления А используются для информационно-аналитического обеспечения политики РФ в области климата (γ). В краткосрочной перспективе (2011—2013 гг.) результаты в рамках направления А будут использованы при подготовке Второго национального оценочного доклада об изменениях климата и их последствиях	Росгидромет, Минобрнауки России, РАН	и ее проекты (CLIVAR, CLIC, GEWEX, SPARC), Международная программа по геофере и биосфере (IGBP), Научный комитет по изменению климата (IPCC), Антарктики (SCAR)	вания проводятся в разрозненными силами и при дисперсионном финансировании. В большинстве случаев высокотехнологии не применяются.
	А-2. Парниковые газы, углеродный цикл и другие биогеохимические циклы <i>Источники и стоки углерода, включая вечную мерзлоту</i>		Росгидромет, Минобрнауки России, Рослесхоз, РАН		Отдельные направления управления удерживаются на мировом уровне.

Продолжение таблицы

	<p>Магистральные (А-Г) и трансмагистральные (а-б) направления. Разделы исследований по направлениям (А-1, ..., д-9)</p>	<p>Результат исследования / продукция, возможный экономический результат</p>	<p>Ведомства, проводящие исследования по направлению</p>	<p>Международные программы, проводящие исследования по направлению</p>	<p>Примечание</p>
	<p><i>ту, растительность, в том числе бореальный лес, океан; биологические и биогеохимические процессы</i></p>	<p>на территории РФ, а также при подготовке Пятого оценочного доклада Международной группы экспертов по изменению климата. Результаты на последующие периоды будут определены в установленном порядке в соответствии с параметрами дальнейшего финансирования. Основная продукция — научные публикации, методы и технологии наблюдений и анализа данных/Экономический результат в силу существенной фундаментальности исследованной оценки не поддежит</p>			<p>вом уровне, в том числе благодаря международному сотрудничеству</p>
	<p>А-3. Воздействие аэрозолей на погоду и климат <i>Источники аэрозолей; прямое воздействие: тропосферный и стратосферный аэрозоль, органический углерод и сажа ископаемых видов топлива, продукты сгорания биомассы, нитратный аэрозоль, минеральная пыль; не прямое воздействие, в том числе взаимодействие с облаками</i></p>		<p>Росгидромет, РАН</p>		
	<p>А-4. Озон как фактор и индикатор изменения климата <i>Химические процессы в атмосфере с участием тропо-</i></p>		<p>Росгидромет, РАН, Минобрнауки России, Минприроды России</p>		

<p>сферного и стратосферного озона, стратосферное похолодание и стратосферный озон, стратосферный озон и изменчивость циркуляции атмосферы, роль общего содержания озона в формировании погодных и климатических аномалий, влияние глубинной дегазации Земли на общее содержание озона, влияние короткоживущих гаекрбонов естественного происхождения на истощение стратосферного озона</p>		
<p>А-5. Другие факторы, влияющие на погоду и климат Землепользование, космические, гелиофизические и астронимические факторы</p>	<p>Росгидромет, Минобрнауки России, РАН</p>	
<p>А-6. Палеоклиматическая ретроспектива Последнее тысячелетие; цикличность климатических колебаний, включая ледниковые периоды; взаимосвязь состава атмосферы и кли-</p>	<p>Росгидромет, РАН</p>	

Продолжение таблицы

	<p>Магистральные (А-Г) и трансмагистральные (а-б) направления. Разделы исследований по направлениям (А-1, ..., д-9)</p>	<p>Результат исследования / продукция, возможный экономический результат</p>	<p>Ведомства, проводящие исследования по направлению</p>	<p>Международные программы, проводящие исследования по направлению</p>	<p>Примечание</p>
	<p><i>мата, в том числе на основе анализа ледниковых кернов; внезапные изменения климата; пространные палеоклиматические реконструкции</i></p>				
	<p>А-7. Уровень океана <i>Роль различных факторов в изменениях уровня океана, включая роль динамики ледниковых щитов</i></p>		<p>Росгидромет, Минобрнауки России, РАН</p>		
	<p>А-8. Выявление изменений климата и установление их причин <i>Региональные изменения климата, в том числе на территории России; климатические характеристики, помимо средней температуры воздуха</i></p>		<p>Росгидромет, Минобрнауки России, РАН</p>		

П Р О Г Н О З	А-9. Атмосферное электричество	Научное обеспечение оперативной прогностической деятельности. Основа научного обеспечения политики РФ в области климата за счет приращения знаний. Фундамент для оценок погодно-климатических воздействий, рисков и уязвимости (В), а также разработки мер по адаптации (Г). В краткосрочной перспективе (2011—2013 гг.) ожидаются следующие результаты: повышение достоверности оценок изменения климата за счет совершенствования методов, описания физических, физико-химических и биогеохимических процессов; усовершенствованные методы вероятностной интерпретации прогноза изменения климата на основе приме-	Росгидромет, РАН	Всемирная программа исследований климата (WCRP), Комиссия по атмосферным наукам ВМО (CAS), Всемирная программа исследований погоды (WWRP) и ее проекты (THORPEX), Программа исследований и атмосферной окружающей среды (AREP)	Технологическая обеспеченность в последние годы увеличилась, однако нуждаются в постановке в явном затратном подержании (обновлении и наращивании ИТ ресурсов). Кадры и финансовая обеспеченность критически недостаточна. В части оценок будущих изменений климата —
	Б-1. Предсказуемость климатической системы и ее компонентов <i>Предсказуемость погодно-климатических процессов различного масштаба, предсказуемость индивидуальных погодообразующих структур в атмосферных течениях, внутрисезонная, сезонная, межгодовая, внутривековая, столетняя</i>		Росгидромет, РАН		
	Б-2. Чувствительность климатической системы к внешним воздействиям <i>Равновесная и неравновесная реакция климатической системы на внешние воздействия; обратные связи, водной пар, облака, криосфера,</i>		Росгидромет, РАН		

Продолжение таблицы

	Магистральные (А-Г) и трансмагистральные (а-б) направления. Разделы исследований по направлениям (А-1, ..., д-9)	Результат исследования / продукция, возможный экономический результат	Ведомства, проводящие исследования по направлению	Международные программы, проводящие исследования по направлению	Примечание
	<i>термохалинная циркуляция океана, химические, биологические и биогеохимические процессы</i>	нения ансамблевого подхода; оценка предрасположенности климатической системы на масштабах от сезона до десятилетия и столетия; количественные оценки будущих изменений климата для различных сценариев выбросов парниковых газов. Результаты в рамках направления Б будут использованы при подготовке Второго национального оценочного доклада об изменениях климата и их последствиях на территории РФ, а также в качестве вклада России в Пятый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата. Результаты на			возрастающая угроза дилетантизма и профанации
	Б-3. Прогноз состояния атмосферы, гидросферы и криосферы от нескольких часов до нескольких лет на локальных, региональных и глобальных масштабах <i>Взаимодействие геофизических сред с различными пространственно-временными характеристиками предсказуемости, взаимодействие тропосферы и стратосферы, зависимость погодообразующих процессов от изменений климата</i>		Росгидромет, Минобрнауки России, РАН		
	Б-4. Оценка будущих изменений климата от нескольких лет до столетий под		Росгидромет, Минобрнауки России, РАН		

В О З Д Е Й С Т В И Я	<p>влиянием внешних воздействий <i>Региональные и глобальные сценарии</i></p>	<p>последующие периоды будут определены в установленном порядке в соответствии с параметрами дальнейшего финансирования. Основная продукция — научные публикации, методы и технологии прогнозирования погоды и климата / Экономический результат в силу существенной фундаментальности исследований оценке не подделжит</p>			
	<p>В. Погодно-климатические воздействия, уязвимость, риски, ущерб и выгоды В-1. Экосистемы <i>Биоразнообразие, экосистемы суши, границы растительных зон, вечная мерзлота, опустынивание, морские экосистемы, лесные пожары,...</i> В-2. Население <i>Здоровье, включая вопросы качества воздуха</i></p>	<p>Научное обеспечение политики РФ в области климата. Фундамент для разработки мер по адаптации к погодно-климатическим воздействиям (Г). В краткосрочной перспективе (2011—2013 гг.) ожидаются следующие результаты: методологии оценки влияния наблюдаемых изменений климата на природную среду, население, хозяйственную деятельность, раз-</p>	<p>РАН, Росгидромет, Минприроды России Минобрнауки России, Рослесхоз</p> <p>Минздравсоцразвития России, РАМН, РАН, Росгидромет</p>	<p>Международная программа по геосфере и биосфере (IGBP), Партнерство в области наук о Земле (ESSP), Всемирная климатическая программа (WCP), Всемирная программа по оценке клима-</p>	<p>В настоящее время исследование доводится в ряде институтов РАН при не достаточном кадровом и финансовом обеспечении, однако количественная оценка клима-</p>

Продолжение таблицы

	Магистральные (А-Г) и трансмагистральные (а-б) направления. Разделы исследований по направлениям (А-1, ..., Д-9)	Результат исследования / продукция, возможный экономический результат	Ведомства, проводящие исследования по направлению	Международные программы, проводящие исследования по направлению	Примечание
<i>Миграция</i>		личные виды безопасности; оценки наблюдаемых и ожидаемых проявлений	ФМС России, МВД России, РАН, Росгидромет	тических воздействий и требует специальных стратегий	
<i>Воспроизводство населения, включая трудовые ресурсы</i>		экстремальности регионального климата и их рисков на территории РФ (по регионам и субъектам)	Минздравсоцразвития России, РАН, Росгидромет	реагирования (WCPH), Программы исследований, дований атмосферной сферы и окружающей среды	анализа. Нуржен анализ исследований, проводимых отраслевыми НИУ
<i>В-3. Экономика</i>		в режиме основных климатических параметров (температура воздуха, атмосферные осадки, скорость ветра, снежный покров и т. д.) в различных временных масштабах для обеспечения гидрометеорологической безопасности;	Минэкономразвития России, РАН	Международная программа по гуманитарным измерениям	
<i>Энергетика</i>		оценки экологических последствий ожидаемых изменений климата; оценки социально-экономических последствий ожидаемых изменений климата на пер-	Минэнерго России, Минобрнауки России, Росгидромет, РАН	глобального изменения окружающей среды (IHDP), Международная научная программа по биоразнообра-	
<i>Водное хозяйство</i>			Минэнерго России, Росгидромет, РАН, РАСХН		
<i>Сельское хозяйство</i>			Минсельхоз России, РАСХН, Росгидромет, РАН		
<i>Лесное хозяйство</i>			Рослесхоз, Росгидромет, РАН		

	<p><i>Строительство и ЖКХ</i></p> <p><i>Транспорт</i></p> <p><i>Сфера услуг</i></p>	<p>риод до 2030 г. и дальнейшую перспективу на территории РФ (применительно к субъектам Российской Федерации); макроэкономические оценки влияния изменений климата на экономику РФ в целом и на основные направления экономической деятельности (энергетика, сельское хозяйство, транспорт, строительство, ЖКХ и т. д.); оценки чувствительности к изменениям климата отдельных социально-экономических секторов; косвенные методы количественной оценки уязвимости объектов. Результаты, полученные в рамках направления В, будут использованы при подготовке Второго национального оценочного доклада об изменениях климата и их последствиях на территории РФ, а также в</p>	<p>дромет, РАН</p> <p>Ростехнадзор России, Росгидромет, РАН</p> <p>Минтранс России, Росгидромет, РАН</p> <p>Минпромторг России, Минрегион России, Росгидромет</p> <p>Минрегион России и все участники В-1, В-2, В-3</p> <p>РАН, РАМН, Минобрнауки России, Минздравсоцразвития России</p> <p>Минобороны России, МИД России, РАН, Росгидромет</p> <p>Минэкономразвития России, МИД России, Минприроды России, Минпромторг России,</p>	<p>зию (DIVERSITAS) Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ), Фонд ООН по проблемам населения</p>
	<p>В-4. Регионы <i>Федеральные округа РФ</i></p>			
	<p>В-5. Социальные институты <i>Здравоохранение, образование, государственная власть</i></p>			
	<p>В-6. Национальная безопасность <i>Военная безопасность и внешнеполитические аспекты национальной безопасности</i> <i>Экономическая безопасность, включая внешнеэкономические аспекты национальной безопасности</i></p>			

Продолжение таблицы

	Магистральные (А-Г) и трансмагистральные (а-б) направления. Разделы исследований по направлениям (А-1, ..., б-9)	Результат исследования / продукция, возможный экономический результат	Ведомства, проводящие исследования по направлению	Международные программы, проводящие исследования по направлению	Примечание
		качестве вклада России в Пятый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата. Результаты на последующие периоды будут определены в установленном порядке в соответствии с параметрами дальнейшего финансирования. Основная продукция — научные публикации и рекомендации /	Рослесхоз, РАН, Росгидромет Минсельхоз России, Минпромторг России, РАСХН, РАН, Росгидромет		
	<i>Продовольственная безопасность</i>				
	<i>Экологическая безопасность</i>	Экономический результат является предметом исследований	Росгидромет, РАН, Минобрнауки России		
А Д А П	А. Адаптация к погодноклиматическим воздействиям. Смягчение антропогенного воздействия на климатическую систему	Научное обеспечение политики РФ в области климата, в том числе научнометодическое обеспечение управления действиями по		Программа по уменьшению риска стихийных бедствий (DRR), Парг-	Кадровое обеспечение критически недостаточно: в частности,

Т А Ц И Я И С М Я Г Ч Е Н И Е	Г-1. Адаптация к современным погодно-климатическим воздействиям <i>Экосистемы</i>	планированию и реагированию на климатические вызовы, включая правовые вопросы и нормотворчество. Обеспечение гидрометеорологической безопасности и устойчивого развития РФ. Формирование внешнеполитической позиции РФ по проблеме изменения климата. В краткосрочной перспективе (2011—2013 гг.) ожидаются следующие результаты: экономические обострения адапционных мер (оценки предотвращенных потерь и социально-экономических выгод); методики экономической оценки влияния климатической информации на эффективность хозяйственной деятельности; оценки климатических ресурсов в условиях меняющегося климата, обеспечивающие повышение гидрометеоро-	Все федеральные органы исполнительной власти, РАН, РАСХН	перство в области наук о Земле (ESSP), Всемирная климатическая программа (WCP), Всемирная программа по оценке климатических воздействий и стратегиям реагирования (WCIRP), Программа исследований атмосферной сферы и окружающей среды (AREP), Международная программа по гуманитарным измерениям глобального изменения окружающей среды (IHDP),	профессионально ориентированных в климатических программах экономистов — единицы. Нужен анализ исследований, проектов, водимых отраслевыми НИУ
	Г-2. Упреждающая адаптация различной заблаговременности <i>Экосистемы</i> <i>Население</i> <i>Отрасли экономики</i> <i>Регионы</i> <i>Государственные институты</i>	экономические обострения адапционных мер (оценки предотвращенных потерь и социально-экономических выгод); методики экономической оценки влияния климатической информации на эффективность хозяйственной деятельности; оценки климатических ресурсов в условиях меняющегося климата, обеспечивающие повышение гидрометеоро-	Все федеральные органы исполнительной власти, РАН, РАСХН		

Продолжение таблицы

	Магистральные (А-Г) и трансмагистральные (а-б) направления. Разделы исследований по направлениям (А-1, ..., д-9)	Результат исследования / продукция, возможный экономический результат	Ведомства, проводящие исследования по направлению	Международные программы, проводящие исследования по направлению	Примечание
<p>Г-3. Сценарии и основные направления смягчения антропогенного воздействия на климат</p> <p><i>Глобальные и региональные аспекты, с учетом результатов исследований в области энергоэффективности и оценок развития использования возобновляемых источников энергии, технологий поглощения парниковых газов и разработок инновационных экологических прикладных технологий, изменений характера и типа землепользования</i></p> <p>Г-4. Экономика погоды и климата</p> <p><i>Экономические оценки мер по</i></p>	<p>логической безопасности и устойчивости развития экономики при климатологическом обслуживании потребителей; экономические оценки мер по адаптации и смягчению антропогенного воздействия на климат, страхование погодно-климатических рисков, правовые основы и механизмы госрегулирования, направленного на сокращение антропогенного воздействия на глобальную климатическую систему; оценка экономического аспекта результатов научных исследований в рамках КППИПК. Результаты на последующие периоды</p>	<p>Все федеральные органы исполнительной власти, РАН, РАСХН</p>	<p>Международная научная программа по биоразнообразию (DIVERSITAS), Международное партнерство по водородной экономике (IPHE), Международное партнерство по коммерческому использованию нетрадиционных ресурсов метана (Партнерство «Метан — на рынок»)</p>		

<p><i>адаптации и смягчению антропогенного воздействия на климат, разработка критериев соотношения между мерами по адаптации и смягчению антропогенного воздействия на климат; страхование погодно-климатических рисков, оценка экономического аспекта результатов научных исследований в рамках КЛНИПК</i></p>	<p>будут определены в установленном порядке в соответствии с параметрами дальнейшего финансирования / Экономический результат является предметом исследований</p>	<p>РАН, РАСХН</p>	<p>(МЭМ), Международный форум по секвестру углерода (CSLF), Глобальное партнерство по биоэнергетике (GBEP)</p>	
<p>Г-5. Научно-методическое обеспечение управления действиями по планированию и реагированию на вызовы, связанные с погодно-климатическими воздействиями на экосистемы, экологию и население, включая правовые вопросы и нормотворчество в области адаптации и смягчения антропогенного воздействия на климатическую систему</p>		<p>Все федеральные органы исполнительной власти, РАН, РАСХН</p>		

Продолжение таблицы

	Магистральные (А-Г) и трансмагистральные (а-б) направления. Разделы исследований по направлениям (А-1, ..., д-9)	Результат исследования / продукция, возможный экономический результат	Ведомства, проводящие исследования по направлению	Международные программы, проводящие исследования по направлению	Примечание
<p>М О Н И Т О Р И Н Г</p>	<p>а. Наблюдения и управление данными</p>	<p>Разработка, развитие, развертывание и поддержание компонентов интегрированной наблюдательной системы за погодой и климатом, за факторами, влияющими на погоду и климат, за объектами погодо-климатических воздействий. Архивы и базы данных, обеспечивающие проведение исследований в рамках остальных магистральных и трансмагистральных направлений. Вклад в обеспечение гидрометеорологической безопасности и устойчивого развития РФ / Экономический результат является предметом исследований</p>	<p>Росгидромет, Роскосмос, РАН, Ведомственные системы наблюдений</p>	<p>Всемирная программа исследований климата (WCRP), Глобальная служба ба атмосферы (WWW), Глобальная служба ба криосферы (WCW), Космическая программа ВМО (SAT), Глобальная система наблюдений за климатом (GCOS), Глобальная система наблюдений за ваниль, про-океаном (GOOS), водных от-</p>	<p>Исследования в области наблюдений не следует смешивать собственно с рутинными наблюдениями. Финансирование этих исследований должен проводиться по программе ВМО (SAT), Глобальная система наблюдений за климатом (GCOS), Глобальная система наблюдений за ваниль, про-океаном (GOOS), водных от-</p>
	<p>а-1. Инструментарий и технологии проведения наблюдений, в том числе за состоянием климатической системы Земли, за факторами, влияющими на погоду и климат, за объектами погодо-климатических воздействий</p> <p><i>Научно-методическое обеспечение проведения наблюдений с различных платформ, включая научно-методическое обеспечение создания космической гидрометеорологической наблюдательной системы (ИСЗ на солнечно-синхронных и геостационарной орбитах) и использование</i></p>	<p>Разработка, развитие, развертывание и поддержание компонентов интегрированной наблюдательной системы за погодой и климатом, за факторами, влияющими на погоду и климат, за объектами погодо-климатических воздействий. Архивы и базы данных, обеспечивающие проведение исследований в рамках остальных магистральных и трансмагистральных направлений. Вклад в обеспечение гидрометеорологической безопасности и устойчивого развития РФ / Экономический результат является предметом исследований</p>	<p>Росгидромет, Роскосмос, РАН, Ведомственные системы наблюдений</p>	<p>Всемирная программа исследований климата (WCRP), Глобальная служба ба атмосферы (WWW), Глобальная служба ба криосферы (WCW), Космическая программа ВМО (SAT), Глобальная система наблюдений за климатом (GCOS), Глобальная система наблюдений за ваниль, про-океаном (GOOS), водных от-</p>	<p>Исследования в области наблюдений не следует смешивать собственно с рутинными наблюдениями. Финансирование этих исследований должен проводиться по программе ВМО (SAT), Глобальная система наблюдений за климатом (GCOS), Глобальная система наблюдений за ваниль, про-океаном (GOOS), водных от-</p>

	<p>ния получаемых с ее помощью данных наблюдений в погодно-климатических исследованиях</p> <p>α-2. Комплексирование наблюдений с различных платформ, включая обеспечение совместности различных (ведомственных) систем наблюдений</p> <p>α-3. Интегрирование российских наблюдательных сетей и наблюдательных сетей в международные α-4. Технологии управления данными, в том числе гидрометеорологическими и климатическими</p>		<p>Росгидромет, РАН, Ведомственные системы наблюдений</p> <p>Росгидромет, РАН, Ведомственные системы наблюдений Росгидромет, РАН, Ведомственные системы наблюдений</p>	<p>Всемирная система наблюдений за гидрологическим циклом (WHYCOS), Всемирная служба агрометеорологической информации (WAMIS), Интегрированная глобальная наблюдательная система ВМО (WIGOS), Всемирная программа климатических данных и мониторинга (WCDMP); Система систем глобальных наблюдений за Землей (GEOSS)</p>	<p>раслевыми НИУ</p>
--	--	--	--	--	----------------------

Продолжение таблицы

	Магистральные (А-Г) и трансмагистральные (а-б) направления. Разделы исследований по направлениям (А-1, ..., д-9)	Результат исследования / продукция, возможный экономический результат	Ведомства, проводящие исследования по направлению	Международные программы, проводящие исследования по направлению	Примечание
МОДЕЛИРОВАНИЕ	<p>в. Моделирование</p> <p>β-1. Создание и совершенствование национальных моделей Прогноз погоды и климата на основе глобальных и региональных моделей общей циркуляции атмосферы и океана, а также модели климатической системы Земли; оценка последствий погодно-климатических воздействий и адаптации к ним; построение сценариев экономического развития, включая сценарии выбросов парниковых газов и аэрозольей; оптимизация систем наблюдений на основе физико-математического моделирования</p>	<p>Поддержание национального погодно-климатического моделирования и соответственно научных исследований погоды и климата на мировом уровне. Модели и технологии оценки и прогнозирования, обеспечивающие проведение исследований в рамках остальных магистральных и трансмагистральных направлений. Реанализы. Перспективная (упреждающая) оценка потребностей в вычислительных и других ресурсах и информационных технологиях. Вклад в обеспечение гидрометеорологической безопасности и устойчивого развития РФ. В краткосроч-</p>	<p>Росгидромет, РАН, Минобрнауки России</p>	<p>Всемирная программа исследований климата (WCRP) и ее рабочие группы (WGNE, WGCM, WMP, WGSIP), Международная программа по геофере и биосфере (IGBP)</p>	<p>Финансирование и кадровый потенциал критически недосягаемы. Технологическая обеспеченность в последние годы увеличилась, однако нуждаются в постоянном затратном подержании (обновлении и наращивании ИТ ресурсов)</p>

	<p>β-2. Создание и совершенствование технологий прогнозирования погоды и климата <i>Многомерный «бесшовный» прогноз, ассимиляция данных наблюдений, инициализация прогнозов и модельных расчетов, вероятностные (ансамблевые) методы прогноза погоды и климата, включая опасные природные явления</i></p>	<p>ной перспективе (2011—2013 гг.) ожидаются следующие результаты: технология детализированного численного прогноза, прогноза и наукастинга опасных метеорологических явлений (включая районы со сложным рельефом), содержащая новые элементы (дополнительный состав прогнозируемых опасных явлений погоды на основе выходной функции мезомасштабных моделей: гроз, метелей, пыльных бурь, характеристик тропических циклонов, а также медико-биологических индексов, методика составления вероятностных прогнозов опасных явлений погоды на основе ансамбля прогнозов и учета пространственной мезомасштабной изменчивости метеорологической системы)</p>	<p>Росгидромет, РАН, Минобрнауки России</p>	
	<p>β-3. Верификация прогнозов и ретроспективных расчетов, оценка качества моделей</p>		<p>Росгидромет, РАН, Минобрнауки России</p>	

Продолжение таблицы

	<p>Магистральные (А-Г) и трансмагистральные (а-б) направления. Разделы исследований по направлениям (А-1, ..., д-9)</p>	<p>Результат исследования / продукция, возможный экономический результат</p>	<p>Ведомства, проводящие исследования по направлению</p>	<p>Международные программы, проводящие исследования по направлению</p>	<p>Примечание</p>
		<p>для решения исследовательских и прогностических задач, включающая глобальную модель океан—атмосфера—криосфера и региональную климатическую модель; современная технология оценки климатических изменений по анамблю климатических состояний на основе совместного использования глобальной и региональной моделей; оценки изменения и изменчивости климата России в XXI веке на основе ансамблевых расчетов; результаты моделирования глобального климата XXI века с учетом обновленных сценариев глобального роста содержания парниковых</p>			

		газов и аэрозоля МГЭИК. Результаты на последующие периоды будут определены в установленном порядке в соответствии с параметрами дальнейшего финансирования / Экономический результат является предметом исследований			
О Б С Л У Ж И В А Н И Е	<p>У. Обслуживание потребности</p> <p>У-1. Научное обеспечение климатической политики РФ. Национальные сообщения РФ, оценочные доклады, информационно-аналитические материалы</p> <p>У-2. Создание российского сегмента глобальной рамочной основы климатического обслуживания</p> <p><i>Специализация и интерпретация погодно-климатической информации для специалистов, включая лиц, принимающих решения, бизнес-</i></p>	<p>Специализированная погодно-климатическая информация, предназначенная для обеспечения заинтересованных организаций, предприятий и учреждений сведениями о климатических ресурсах и параметрах Климата на территории РФ. Климатическая экспертиза хозяйственных проектов. Методики. Рекомендации. Национальные сообщения РФ. Оценочные доклады. Кадастры. Программы обучения специалистов и смежников. Информационные и ситуационные центры,</p>	<p>Росгидромет, РАН, Минобрнауки России, Минприроды России</p> <p>Росгидромет, РАН, Минприроды России</p>	<p>Программа по прикладной метеорологии (AMP), Всемирная служба информации о погоде (WWIS), Информационная система ВМО (WIS), Всемирная программа по климатическим приложениям и услугам (WCASP), Услуги по климатической</p>	<p>Создание информационных и ситуационных центров требует значительных инвестиций, окупаемость которых имеет хорошую перспективу. Нужен анализ исследований, программ, проектов водных ресурсов раследыми НИУ</p>

Продолжение таблицы

		<p>Магистральные (А-Г) и трансмагистральные (а-б) направления. Разделы исследований по направлениям (А-1, ..., д-9)</p>	<p>Результат исследования / продукция, возможный экономический результат</p>	<p>Ведомства, проводящие исследования по направлению</p>	<p>Международные программы, проводящие исследования по направлению</p>	<p>Примечание</p>
		<p>сообщество, широкие слои населения; рекомендации, методики, научно-методическое сопровождение проектов; программы обучения специалистов и смежников</p>	<p>центры быстрого оповещения и предупреждения об опасных погодноклиматических явлениях. Обеспечение гидрометеорологической безопасности и устойчивого развития РФ. В краткосрочной перспективе (2011—2013 гг.) ожидаются следующие результаты: расширенная система специализированных индексов, отражающих влияние климата на хозяйственные системы; методы оценки индексов и представления потребителям, обеспечивающие возможность оптимизации климатообусловленных решений с учетом современных сек-</p>	<p>Росгидромет, РАН, Минприроды России, Минэнерго России</p>	<p>информации и прогнозу (CLIPS)</p>	
<p>у-3. Научное обеспечение интеграции парниковых газов</p> <p>Кадастры антропогенных выбросов и абсорбции парниковых газов; выбросы в отраслях экономики; анализ тенденций и динамики антропогенных выбросов и абсорбции парниковых газов</p>		<p>обеспечивающие возможность оптимизации климатообусловленных решений с учетом современных сек-</p>	<p>Росгидромет, РАН, Минсельхоз России, МЧС России, РАСХН</p>			
<p>у-4. Локальные превентивные воздействия на погоду с целью минимизации негативных последствий погодных явлений</p>						

	<p><i>Осадки, включая град, туман, снежные лавины</i></p>	<p>торальных требований; обновленные климатические нормативы для обоснования инвестиций и использования при проектировании; карты основных специализированных параметров для технических целей (строительства, энергетики, транспорта); уточненные секторально-ориентированные климатические ресурсы и их стоимостные оценки. Будет подготовлен Второй национальный оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории РФ. Результаты на последующие периоды будут определены в установленном порядке в соответствии с параметрами дальнейшего финансирования / Экономический результат является предметом исследований</p>			
--	---	---	--	--	--

Продолжение таблицы

	Магистральные (А-Г) и трансмагистральные (а-б) направления. Разделы исследований по направлениям (А-1, ..., б-9)	Результат исследования / продукция, возможный экономический результат	Ведомства, проводящие исследования по направлению	Международные программы, проводящие исследования по направлению	Примечание
А	б. Арктика	Совокупность результатов всех магистральных и остальных трансмагистральных направлений, связанных с Арктикой / Экономический результат потенциально огромный, однако количественная оценка в настоящее время затруднительна	Росгидромет, Роскосмос, РАН	Всемирная программа исследований климата (WCRP), Комиссия по атмосферным наукам ВМО (CAS), Всемирная программа исследований погоды (WWRP) и ее проекты (THORPEX), Международный арктический научный комитет (IASC), Меж-	Направление связано с российской инициативой проведения Международной полярной декады
Р	б-1. Устойчивая система наблюдений за климатом Арктики				
К	Научно-методическое обеспечение проведения наблюдений в Арктике с различных платформ, включая научнометодическое обеспечение создания специализированной космической наблюдательной системы арктического региона (ИСЗ на высокоэллиптических и приполярных орбитах) и использования полученных наблюдений в погодно-климатических исследованиях Арктики				
И					
К					
А					

<p>8-2. Естественная изменчивость и наблюдаемые антропогенные изменения климата Арктики</p>		<p>Росгидромет, РАН, Минобрнауки России</p>	<p>Дународное исследование изменения Арктики (ISAC)</p>	
<p>8-3. Ожидаемые изменения климата Арктики</p>		<p>Росгидромет, РАН, Минобрнауки России</p>		
<p>8-4. Научные аспекты развития Северного морского пути</p>		<p>Росгидромет, РАН, Минобрнауки России, Минэкономразвития России, Минтранс России</p>		
<p>8-5. Научные аспекты освоения арктического шельфа</p>		<p>Минприроды России, РАН, Минобрнауки России, Минэкономразвития России, Росгидромет</p>		
<p>8-6. Прямые и опосредованные воздействия изменения климата на экосистемы и население Арктики, включая возможную интенсификацию хозяйственной и прочей деятельности в Арктике</p>		<p>Росгидромет, РАН, Минздравсоцразвития России, РАМН, Минрегион России, Минсельхоз России, МЧС России, Минобороны России</p>		

Окончание таблицы

Магистральные (А-Г) и транс-магистральные (а-б) направления. Разделы исследований по направлениям (А-1, ..., Д-9)	Результат исследования / продукция, возможный экономический результат	Ведомства, проводящие исследования по направлению	Международные программы, проводящие исследования по направлению	Примечание
Д-7. Погодно-климатические воздействия на инфраструктуру в Арктике		Росгидромет, Минобрнауки, РАН, МЧС России, Минобороны России, Ростехнадзор		
Д-8. Изменения климата в Арктике и национальная безопасность России		Росгидромет, Минобрнауки, РАН, МЧС России, Минобороны России		
Д-9. Арктика как объект международных отношений в контексте ожидаемых изменений климата		МИД, Росгидромет, Минобрнауки, РАН, Минобороны России		

Примечания:

1. Вопросы наращивания потенциала, включая подготовку и сохранение научных кадров, взаимодействия и управления деятельностью КНИПК, не являются предметом исследований и рассматриваются как отдельные направления деятельности в рамках реализации КНИПК (здесь не представлены).

2. Сроки реализации плана:
 безотлагательно (по утверждению КНИПК) — анализ научно-исследовательских работ, связанных с тематикой КНИПК, проводимых в Российской Федерации; разработка «проблемного уровня» КНИПК — формулирование специфических научных проблем (с обоснованием актуальности и описанием состояния вопроса, описанием необхо-

димых исследований или действий, а также ожидаемых результатов этих исследований и действий) по каждому разделу каждого направления КПНИПК;

2011—2013 гг. — период создания и отладки механизмов многомерной интеграции, экспертизы, обеспечение синергизма ведомственных программ и планов действий в отношении климатической проблемы;

2015 г. — уточнение приоритетов КПНИПК;

2020 г. — окончание запланированных исследований.

Детализация сроков в рамках реализации КПНИПК будет осуществлена на стадии разработки «проблемного уровня» КПНИПК.

Основные положения Рекомендаций Европейского бюро ВОЗ от 10 августа 2010 г. «Природные пожары и аномальная жара в Российской Федерации»

Рекомендации ВОЗ разработаны на основе Руководства ВОЗ по контролю качества воздуха, опубликованного на русском языке в 2005 г., и Рекомендаций планов действий ВОЗ и Европейской комиссии по защите здоровья населения во время жары 2010 г.¹⁹⁶ Особое внимание в этих Рекомендациях обращается на необходимость кондиционирования воздуха в помещениях. Указано, что школы, дошкольные детские учреждения, дома престарелых, больницы и хосписы должны иметь помещения с кондиционированием воздуха для лиц с повышенной уязвимостью. В крупных зданиях общественного назначения, в учебных заведениях и торговых центрах следует устраивать «оазисы» с кондиционированием воздуха и адекватной фильтрацией твердых частиц.

Для лиц с заболеваниями сердечно-сосудистой системы и органов дыхания показано применение респираторов, защищающих от твердых частиц; при использовании масок надо убедиться в том, что она предназначена для задерживания мелкодисперсных частиц (PM_{2,5}) и что она хорошо подогнана и обеспечивает плотное прилегание к коже вокруг рта и носа.¹⁹⁷

Информирование со стороны местных органов здравоохранения. Учреждения общественного здравоохранения должны предоставлять следующие услуги:

- информирование о том, как получить помощь и социальные услуги, о скорой помощи, об имеющихся «оазисах» с чистым прохладным воздухом, о транспорте;
- информирование населения о медико-санитарных последствиях задымления и жары с рекомендациями о мерах защиты;

¹⁹⁶ Heat-health action plans (web site). Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2010 (<http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environmental-health/Climate-change/activities/prevention,-preparedness-and-response/public-health-responses-to-weather-extremes,-particularly-heat-waves/heathealth-action-plans>).

¹⁹⁷ Продаваемые в российских аптеках маски не снабжены описанием, в котором бы указывалось, для каких целей они предназначены и какую фракцию пыли способны задерживать.

- предоставление респираторов наиболее уязвимым группам населения;
- раннее информирование о пожароопасных ситуациях;
- оказание услуг медицинской (в том числе амбулаторной) помощи на местном уровне;
- обеспечение общественных общедоступных мест в качестве «оазисов» с чистым прохладным воздухом.

Проводить медицинскую эвакуацию целых групп населения не рекомендуется.

Долгосрочные рекомендации. Необычная ситуация в Российской Федерации, сложившаяся летом 2010 г., указывает на необходимость эффективного и достоверного мониторинга качества воздуха, особенно для оценки содержания наиболее опасных загрязняющих веществ, таких как мелкодисперсные твердые частицы, а также мониторинга воздействия на здоровье.¹⁹⁸

Приоритетное значение имеют следующие меры:

- заблаговременное обеспечение готовности сообщества и местных противопожарных служб;
- разработка и/или укрепление систем раннего оповещения в отношении пожаров и аномальной жары;
- разработка территориальных или национальных планов действий по защите здоровья от воздействия жары, учитывающих также риск пожаров;
- мониторинг уровней смертности и госпитализации на *ежедневной* основе для оценки воздействия аномальной жары или загрязнения воздуха на здоровье.

Региональное бюро ВОЗ рекомендует, чтобы в каждой стране на национальном или территориальном уровне разрабатывались планы действий по защите здоровья от воздействия жары¹⁹⁹, которые могут обновляться с включением конкретных мер и рекомендаций по защите от пожаров и засухи, а также информации в отношении загрязнения воздуха.

¹⁹⁸ В России содержание указанных частиц в атмосферном воздухе постоянно контролируется только в Москве и Санкт-Петербурге.

¹⁹⁹ Heat-health action plans (web site). Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2010 (<http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environmental-health/Climate-change/activities/prevention,-preparedness-and-response/public-health-responses-to-weather-extremes,-particularly-heat-waves/heathealth-action-plans>).

Эти планы действий включают следующие важнейшие элементы:

- соглашение о головном учреждении (для координации многоцелевого механизма сотрудничества между органами и учреждениями и для руководства ответными мерами при возникновении чрезвычайной ситуации);
- системы достоверного и своевременного оповещения (системы оперативного предупреждения о защите здоровья от жары, включая экстренные оповещения, определение критериев для принятия мер, коммуникацию рисков);
- план информирования населения о воздействии жары на здоровье (какая информация распространяется, кому и когда);
- снижение воздействия жары внутри помещений (средние и краткосрочные стратегии и рекомендации по методам поддержания температуры в помещении на низком уровне во время эпизодов жары);
- специальное оказание помощи уязвимым группам населения;
- обеспечение готовности систем здравоохранения и социальной помощи (обучение и планирование кадров, адекватное медицинское обслуживание и инфраструктура);
- долгосрочное городское планирование (с учетом конструкций зданий и энергетической и транспортной политики, которая в конечном счете должна привести к снижению воздействия жары);
- надзор и оценка в режиме реального времени.

В Европейском бюро ВОЗ имеется информация для различных групп пользователей в форме информационных листов²⁰⁰ по следующим темам:

- рекомендации для населения во время периодов аномальной жары;
- уязвимые группы населения;
- рекомендации для врачей общей практики;
- рекомендации для администрации домов престарелых и инвалидов;

²⁰⁰ Ten information sheets on heat-waves (web site). Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2010 (<http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environmental-health/Climate-change/activities/prevention,-preparedness-and-response/public-health-responses-to-weather-extremes,-particularly-heat-waves/heathealth-action-plans/ten-information-sheets-on-heat-waves>).

- неблагоприятные побочные эффекты лекарственных средств во время жары;
- рекомендации для медицинских работников о питьевом режиме в период аномальной жары;
- основные принципы коммуникации;
- легкие и умеренные клинические формы перегревания организма и оказание помощи при них;
- оказание помощи при тепловом ударе, угрожающем жизни;
- способы охлаждения помещений во время жары.

**ОЦЕНКА МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ
ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА
НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НА ПЕРИОД ДО 2030 г.
И ДАЛЬНЕЙШУЮ ПЕРСПЕКТИВУ**

*Под редакцией
В. М. Катцова, Б. Н. Порфирьева*

Подписано в печать 06.07.2011. Формат 60 × 90 ¹/₁₆. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Печ. л. 15,75. Тираж 300 экз. Заказ № 8276

Изготовлено ООО РИФ «Д'АРТ»
195030, Санкт-Петербург, ул. Химиков, 28

ISBN 978-5-905264-04-7



Федеральная служба
по гидрометеорологии
и мониторингу
окружающей среды

«Оценка макроэкономических последствий
изменений климата на территории
Российской Федерации на период до 2030 г.
и дальнейшую перспективу»