

**Российская академия наук
Институт географии**

**Природно-климатические условия
и социально-географическое
пространство России**

**Редакторы:
А.Н. Золотокрылин
В.В. Виноградова
О.Б. Глезер**

Москва 2018

УДК 551.5(911.6+910.3+332)
ББК 26.237+60.7(2Рос)
П77

Издание подготовлено при финансовой поддержке Российского научного фонда.
Проект № 16-17-10236 «Воздействие изменений климата на жизнедеятельность населения в России
(«местности с особыми климатическими условиями»)

Утверждено к печати
Ученым советом Института географии РАН

Рецензенты:

Доктор географических наук *Н.И. Коронкевич*
Доктор географических наук *В.Р. Битюкова*

Авторский коллектив:

Д.Д. Бокучава, Т.Л. Бородина, В.В. Виноградова, О.Б. Глезер, А.Н. Золотокрылин, И.А. Соколов, Т.Б. Туткова, Е.А. Черенкова, А.В. Ширяева

Природно-климатические условия и социально-географическое пространство России / ред. А.Н. Золотокрылин, В.В. Виноградова, О.Б. Глезер – М.: Институт географии РАН, 2018. – 154 с.: ил. – ISBN 978-5-89658-050-8. DOI: 10.15356/ncsgsrus

Предложены варианты природно-климатического районирования России для жизнедеятельности населения применительно к современному и ожидаемому антропогенному потеплению климата. Специальное внимание уделено дифференциации для жизнедеятельности территорий с особыми климатическими условиями. Региональные последствия потепления рассмотрены с учетом особенностей социально-географического пространства. Потепление не изменило количество зон дискомфорта, хотя в каждой из них сократились площади с наихудшими климатическими условиями. Потепление разнонаправленно влияет на жизнедеятельность. Дискомфортность смягчилась в холодное время года; улучшились условия работы на открытом воздухе; сократилось количество заболеваний, вызванных переохлаждением в условиях экстремально низких температур. Вместе с тем возможно нарастание отрицательных последствий для жизнедеятельности летом в связи с ростом повторяемости экстремальных событий (волны жары, осадки, наводнения, засухи) и деградации многолетней мерзлоты. Установленные особенности социально-географического пространства России в разрезе ее регионов проявляют разную степень зависимости от климатического фактора и по-разному корректируют последствия потепления: смягчают негативные эффекты в одних случаях и усиливают – в других. Для исследователей в области физической и общественной географии, а также для интересующихся вопросами социально-экономического развития страны и ее регионов.

Содержание

Ведение	4
Глава 1. Климатические аномалии и экстремальные события на территории России	7
1.1. Критерии и показатели природно-климатических факторов жизнедеятельности и пути их воздействия на человека	7
1.2. Изменение климата, климатические аномалии и экстремальные события на территории России.....	12
1.3. Интегральная карта экстремальных природно-климатических явлений на территории России для современного климата и середины XXI века	57
Глава 2. Районирование территории России по природным условиям жизни населения	60
2.1. Методика районирования по природным условиям жизни населения и ее уточнение.....	60
2.2. Адаптация карты «Районирование территории Российской Федерации по природным условиям жизни населения» к условиям современного климата.....	65
2.3. Возможные изменения условий жизни населения в середине XXI века по модельным данным	82
Глава 3. Биоклимат и рекреационные ресурсы территорий с особыми климатическими условиями	90
3.1. Оценка биоклимата с использованием универсального индекса теплового комфорта (UTCI) ..	90
3.2. Рекреационные возможности территорий с особыми климатическими условиями. Индексы пригодности погоды для различных видов рекреации	104
Глава 4. Влияние природно-климатических условий на жизнедеятельность населения	112
4.1. Климатические условия в ряду факторов жизнедеятельности населения	112
4.2. Социально-экономические факторы жизнедеятельности населения	113
4.3. Региональные особенности социально-географического пространства России	114
4.4. Районирование как способ сопоставления климатических и социально-экономических условий	122
4.5. Сопряженный пространственный анализ климатических условий и социально-экономической обстановки на территории России	123
4.6. Социально-географическое пространство России и его связь с природно-климатическими условиями	127
Глава 5. Оценка воздействия потепления и социально-экономической обстановки на жизнедеятельность населения в районах с особыми климатическими условиями	129
5.1. Территории с особыми климатическими условиями как составная часть природного районирования территории России для жизнедеятельности населения	129
5.2. Оценка воздействия потепления на дискомфортность природных условий для жизни	131
5.3. Социально-географическое пространство на территориях с особыми климатическими условиями	131
5.4. Транспортная обеспеченность как фактор среды жизнедеятельности населения	134
5.5. Перспективные направления исследований	137
Заключение	142
Литература	145

Введение

Монография обобщает фундаментальные исследования, выполненные в рамках научного проекта РНФ № 16-17-10236 «Воздействие изменений климата на жизнедеятельность населения в России («местности с особыми климатическими условиями»)» в 2016–2018 гг. Содержание исследований – изучение последствий для жизнедеятельности населения России меняющихся климатических условий с учетом трансформации социально-географического пространства.

Тематика, связанная с изменением климата, в настоящее время – одна из наиболее обсуждаемых в мировом политическом, экономическом и социальном дискурсе. Среди ключевых участников процесса реагирования на изменение климата на международном уровне важная роль принадлежит ООН: в 1992 г. в Рио-де-Жанейро была принята Рамочная конвенция ООН об изменении климата (РКИК, UN FCCC), а в дополнение к ней в 1997 г. – Киотский протокол. Основная цель этих документов состоит в выработке комплекса мер по уменьшению концентрации в атмосфере парниковых газов. Большой вклад в изучение проблем изменения климата на глобальном уровне вносит работа созданной в 1988 г. Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК, IPCC). Она анализирует научную информацию об изменении климата, его социально-экономических последствиях и оценивает варианты по их смягчению и адаптации. В России мониторинг и анализ климатических процессов проводится Росгидрометом. Во Втором оценочном докладе Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации (2014) много внимания уделено изучению воздействия изменений климата на природные системы суши, хозяйственные объекты и здоровье населения и мерам адаптации к этим воздействиям.

Большинство научных исследований и в России, и в мире также посвящено проблемам влияния на население меняющихся климатических условий; в качестве примера назовем лишь одну из масштабных публикаций (Piquet, Laczko, 2014). При этом в последние

десятилетия отошло на второй план изучение базовых связей между климатическими условиями и жизнью людей. Вместе с тем этот вопрос требует продолжения исследований, особенно в пространственном аспекте и в пределах России.

Жизнедеятельность человека понимается как совокупность всех форм его активности, которые можно объединить в три составляющих: физиологический способ существования, бытовая и производственная повседневная деятельность, отдых. Очевидно, что все они зависят от тех условий, в которых протекают. Если рассматривать не отдельного человека, а большие группы людей, например, население какого-либо региона, то характер жизнедеятельности определяется, в том числе, природными и социально-экономическими условиями данной территории.

Природные факторы, среди которых ведущим служит климат, сами по себе, без какого-либо участия населения создают проблемы для его проживания. Они в совокупности с социально-экономическими факторами влияют на все стороны жизнедеятельности населения, в том числе на трудовую деятельность, работоспособность, здоровье. Социально-экономические факторы участвуют в формировании социального пространства, которое при географическом подходе понимается как пространственная составляющая социума и включает население, социальную среду его жизнедеятельности и расселение с учетом внутренних территориальных взаимосвязей. Мы будем называть его социально-географическим пространством.

В проекте учитываются не все аспекты жизнедеятельности. За рамками анализа остаются ее экономические характеристики, которые также зависят от климатических условий: финансовые затраты на строительство жилья и инфраструктуры, на создание комфортных условий для жизни и одежду, на поддержание здоровья и проч.

Территория России неоднородна с точки зрения природных условий и социального пространства жизнедеятельности населения. Известны независимые подходы отдельно к дифференциации природно-кли-

матических условий и составляющих социальной обстановки. Например, районы с повышенными природно-климатическими трудностями для жизнедеятельности отмечены в постановлениях Правительства Российской Федерации (Совмина СССР) как «Местности с особыми климатическими условиями». Они охватывают как районы Крайнего Севера с Арктикой и приравненные к ним местности, так и южные районы Восточной Сибири и Дальнего Востока, а также субъекты РФ, где применяются районные коэффициенты.

Интегральная оценка степени затруднения для жизни (районирование территории) в конце XX в. рассматривалась чаще всего как совокупный результат эмпирических исследований воздействия зональных и азональных факторов компонентов природной среды, включая климат («норму»). Влияние составляющих социально-географического пространства учитывалось в районировании лишь с помощью некоторых показателей.

Продолжающееся глобальное потепление и рост экстремальности климата, понимаемой как изменение повторяемости, продолжительности и интенсивности опасных крупных погодно-климатических аномалий, неоднозначно отражаются на разных сторонах жизнедеятельности населения, особенно на его здоровье. Положение усугубляется поляризацией и фрагментацией социально-географического пространства. На территории России последствия потепления могут быть как положительными, так и отрицательными для жизнедеятельности. Медико-биологические исследования последних лет показали результирующее негативное влияние потепления и повышения экстремальности климата (волны жары и холода, экстремальные осадки, наводнения, резкие перепады давления и температуры) на здоровье населения. В последние десятилетия независимо от климата произошли резкие изменения составляющих социально-географического пространства России. На большей части территории страны численность населения уменьшается, а его качество ухудшается. Наблюдаются постарение населения и негативные изменения его половозрастной структуры, низкий уровень рождаемости, высокая смертность, в том числе в трудоспособном возрасте, низкая продолжительность жизни. Социальная среда на разных территориальных уровнях, включающая в себя расселение населения, градостроительную среду, социальную сферу и сферу услуг, в высокой степени поляризована.

Данное исследование опирается на многолетний опыт по природному (эколого-географическому) районированию территории страны для разных целей и задач, связанных с оценкой природных условий жизни человека (населения) и возможностей его деятельности (Назаревский, 1984; Кочуров, 1997; Исаченко, 2001; Антипова, 2011). Подробно этот опыт рассмотрен в монографии «Районирование России по природным условиям жизни населения» (Золотокрылин и др., 2012).

Высокая актуальность проблемы сохраняется с начала социалистической индустриализации в стране и была связана с размахом освоения и интенсивным использованием природных ресурсов северных территорий. В настоящее время актуальность определяется усилением ресурсно-сырьевого освоения арктических и северных районов России, а также влиянием продолжающегося глобального потепления. Острота проблемы возрастает с каждым годом, особенно в районах с особыми климатическими условиями в связи с необходимостью формирования и подтверждения на научной основе системы государственных гарантий и компенсаций населению, работающему и проживающему в этих районах.

Новизна исследования состоит в изучении меняющихся климатических условий, смещении акцента на анализ воздействия экстремальности климата на жизнедеятельность. Из-за сложности адаптации человека к климатическим воздействиям они оказались весьма опасными в целом для жизнедеятельности населения и в итоге изменили интегральное районирование России по природно-климатическим условиям жизни населения.

В монографии предлагается усовершенствованная методика районирования природных условий для жизни в разные климатические эпизоды (потепление в данном случае). Особое значение имеет сопряженность методики с новым подходом к изучению социально-географического пространства России (Бородина, Глезер, 2014), позволяющим интегрировать наиболее важные социально-демографические и климатические условия жизнедеятельности.

Книга содержит пять глав.

Глава 1 «Климатические аномалии и экстремальные события на территории России» посвящена анализу значения для жизнедеятельности населения России меняющихся климатических условий. Основное внимание в главе уделяется анализу распространения на территории России важных для жизнедеятельности населения экстремальных событий

Введение

(волн тепла и холода, суточных сумм осадков, между-суточных перепадов температуры воздуха и атмосферного давления) по данным наблюдений и моделирования на середину XXI в. В главе приводится интегральная карта экстремальных природных явлений на территории России для современного климата и середины XXI в.

Глава 2 «Районирование территории России по природно-климатическим условиям жизни населения». В главе представлено краткое описание уточненной методики районирования территории Российской Федерации по природным условиям жизни. С помощью этой методики проведено районирования территории Российской Федерации по природно-климатическим условиям жизни для современного (1991–2000 и 2001–2010 гг.) и модельного (2046–2055 гг.) климата и построены карты. В главе представлен анализ площадей с разным уровнем дискомфорта для периодов 1961–1990, 2001–2010 и 2046–2055 гг. в целом по стране, по федеральным округам, в Арктической зоне РФ и для районов с особыми климатическими условиями.

Глава 3 «Биоклимат и рекреационные ресурсы территорий с особыми климатическими условиями». В главе представлена оценка биоклиматических условий на территории России с использованием универсального индекса теплового комфорта (UTCI), выраженного как эквивалентная температура окружающей среды (°C), которая оказывает такое же физиологическое воздействие на человека, как и фактическая окружающая среда. Рекреационные возможности территорий с особыми климатическими условиями исследовались с помощью индекса пригодности погоды (WSI) для различных видов отдыха и туризма и универсального индекса теплового комфорта (UTCI).

Глава 4 «Влияние природно-климатических условий на жизнедеятельность населения» посвящена соотношению роли климатических и социально-экономических факторов жизнедеятельности населения. На основе специально отобранных демографических, социальных и экономических показателей, по которым построена серия картограмм, подробно проанализированы региональные (по субъектам РФ) особен-

ности социально-географического пространства страны. Сопоставление природно-климатических условий и демо-социально-экономической обстановки проведено посредством сопряженного пространственного анализа, результатом которого стало типологическое районирование и выделение региональных типов сочетаний. Главу завершает описание макрорегиональных особенностей социально-географического пространства России в контексте влияния природно-климатических условий и обоснование климатически зависимых и климатически нейтральных социально-экономических показателей.

Глава 5 «Оценка воздействия потепления и социально-экономической обстановки на жизнедеятельность населения в районах с особыми климатическими условиями» начинается анализом соответствия местностей с особыми климатическими условиями, утвержденных в нормативных документах, современной ландшафтно-климатической обстановке. Приведены результаты оценки воздействия потепления климата на дискомфортность природных условий для жизни в разные климатические эпизоды. В развитие сюжетов, представленных в четвертой главе, более подробно описаны черты социально-географического пространства на территориях с особыми климатическими условиями. В качестве дополнения к анализу взаимосвязей между природно-климатическими условиями и социально-экономической обстановкой исследована транспортная обеспеченность территорий и населения по субъектам РФ, которая рассматривается как еще один фактор жизнедеятельности. В последнем разделе главы обоснованы перспективные направления исследований влияния природно-климатических условий на жизнедеятельность населения.

Книга написана коллективом авторов – участников научного проекта РНФ. Глава 1: А.Н. Золотокрылин, В.В. Виноградова, Т.Б. Титкова, Е.А. Черенкова, Д.Д. Бокучава; Глава 2: В.В. Виноградова, А.Н. Золотокрылин, И.А. Соколов; Глава 3: В.В. Виноградова; Глава 4: Т.Л. Бородин, О.Б. Глезер; Глава 5: А.Н. Золотокрылин (5.1, 5.2, 5.5 в соавт.), Т.Л. Бородин (5.3, 5.5 в соавт.), А.В. Ширяева (5.4), О.Б. Глезер (5.5 в соавт.).

Глава 1. Климатические аномалии и экстремальные события на территории России

1.1. Критерии и показатели природно-климатических факторов жизнедеятельности и пути их воздействия на человека

Влияния погоды и климата на жизнедеятельность населения значимы и разнообразны. Они ранжируются от ясных угроз экстремумов температуры, осадков и наводнений до воздействий, которые кажутся менее очевидными. Например, погода и климат влияют на живучесть, распределение и поведение комаров, клещей, грызунов, которые переносят инфекционные болезни. Климат и погода могут воздействовать на качество воды и продовольствия различных территорий, которые отражаются на жизнедеятельности и, особенно, на здоровье человека.

Чтобы понять, как изменение климата затрагивает все сферы жизнедеятельности, необходимо выявить пути воздействия (контакт между человеком или населением и одним или более физическим, биологическим, психологическим или химическим стресс-

фактором, в том числе таким, как изменение климата). В этом случае пути воздействия – это механизмы и направления влияния климата, посредством которых разные сферы жизнедеятельности населения подвергаются какому-либо риску (Balbus, et al., 2016).

Рисунок 1.1 иллюстрирует схему путей воздействия. Климатические факторы разными путями могут негативно воздействовать на жизнедеятельность населения. Последствиями воздействия являются возникшие риски для жизнедеятельности. На пути воздействия климата, а также на последствия могут влиять социальные и медико-биологические факторы, которые сами находятся под влиянием климата (правый блок). Окружающая среда, включая антропогенную, также влияет на пути воздействия и последствия для жизнедеятельности (левый блок).

Пути воздействия меняются во времени и различаются в зависимости от местоположения и изменения климата. Они могут затрагивать разные сферы жизнедеятельности. Угрозы разнородных изменений



Рис. 1.1. Пути воздействия изменений климата на жизнедеятельность населения (Balbus, et al., 2016).

Глава 1. Климатические аномалии и экстремальные события на территории России



Рис. 1.2. Пути воздействия изменений климата на жизнедеятельность на примере здоровья человека (Balbus, et al., 2016).

климата могут существовать одновременно, вызывая многокомпонентные или каскадные воздействия на жизнедеятельность. Таким образом, угрозы могут накапливаться во времени, приводя к долгосрочным изменениям в приспособлении населения к окружающей среде.

Конкретизируем пути воздействия изменений климата на жизнедеятельность на примере одной значимой ее стороны – здоровье человека (рис. 1.2). Здесь в качестве климатических факторов рассматриваются рост температуры, экстремальные осадки, экстремальные природные явления. Пути воздействия это – экстремальная жара, плохое качество продовольствия и питьевой воды, изменение переносчиков инфекции, миграции населения. Пути воздействия существуют в контексте других факторов, которые положительно или отрицательно влияют на последствия для здоровья. Справа показаны социальные факторы, а слева – экологические и институциональные.

Из указанных на рис. 1.2 путей воздействия климатических факторов на человека рассмотрим подробнее воздействие экстремальной жары. Тогда климатические факторы – это рост температуры, длительные волны жары (рис. 1.3). Дневной максимум и минимум температуры, среднее, а также совместное действие температуры, влажности, солнечной радиации характеризуют пути воздействия.

Последствия для здоровья – это смертность, заболевания, госпитализация. Целый набор социальных и экологических факторов влияют на пути воздействия и последствия для здоровья (блоки справа и слева).

Климатические факторы и их показатели

Температурный фактор – один из наиболее важных для разных сфер жизнедеятельности, особенно здоровья, работы и отдыха на открытом воздухе, жилищно-коммунальной инфраструктуры. Наблюдаемое увеличение концентрации парниковых газов ведет к увеличению средней и экстремальных температур. Превышение температуры над средними сезонными значениями летом ведет к развитию негативных природных процессов в регионах с многолетней мерзлотой, например, к ускорению ее оттаивания. В результате экстремальное тепло может быть причиной вспышки инфекционных природно-очаговых болезней. Так, экстремально жаркое лето в июне–июле 2016 г. на севере Западной Сибири в районе Обской и Тазовской губ неожиданно вызвало вспышку сибирской язвы в результате оттаивания захоронений погибших от сибирской язвы в 1941 г. оленей (Бардин и др., 2016; <http://www.igras.ru/news/1086>).

Изменчивость атмосферного давления – следующий фактор, влияющий на здоровье населения.

Критерии и показатели природно-климатических факторов и факторов социальной среды



Рис. 1.3. Воздействие экстремальной жары на здоровье человека (Balbus, et al., 2016).

Показатель этого фактора – межсуточные перепады атмосферного давления, которые могут быть как положительными, так и отрицательными. Перепады более 8 гПа опасны для людей с болезнями систем органов кровообращения (Русанов, 1973).

Фактор **экстремальные природные явления** включает: разрушительные весеннее половодье и дождевые наводнения, экстремальные осадки, суровую засуху, лесные пожары, тайфуны, смерчи, цунами, лавины, сели, подвижки ледников. Из всех экстремальных явлений чаще всего наблюдаются разрушительные наводнения.

Далее в этой главе (в разделах 1.2.1–1.2.5) будут рассмотрены основные особенности таких значимых для жизнедеятельности населения климатических факторов, как волны тепла и холода, максимальные значения суточных сумм осадков, а также межсуточные перепады температуры и давления.

В таблице 1.1. приведены факторы и показатели природных условий жизнедеятельности на территории России, которые оцениваются с точки зрения интенсивности, длительности, пространственного масштаба и последствий их воздействия на различные стороны жизни и хозяйственной деятельности человека (в основном оценивается негативное воздействие факторов и показателей).

Температурный фактор (показатели холода: сумма отрицательных температур, продолжительность периода с температурой воздуха ниже $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, продолжительность отопительного периода; показатели тепла: сумма температур выше $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ и продолжительность безморозного периода) оказывает сильное негативное воздействие на все стороны жизни человека. Длительность воздействия составляет 3–9 месяцев (для периода с температурой ниже $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ – дни, недели), а площадь – в той или иной степени вся страна. Выбор показателей отражает длительность, экстремальность и последствия воздействия холода. Адаптация зависит от длительности и интенсивности воздействия и от степени оседлости населения. Показатели тепла отражают недостаток природных ресурсов, свидетельствующий о природной дискомфортности. Недостаток тепловых ресурсов для растительного покрова характеризуется показателем суммы устойчивых суточных температур выше $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Этот показатель оказывает сильное воздействие (негативное при их недостатке и позитивное – при достаточном количестве) на сельское хозяйство, здоровье и возможности рекреации. На другие отрасли экономики и условия жизни воздействие не столь значительно. Длительность воздействия – 2–9 месяцев, масштаб – тысячи километров.

Глава 1. Климатические аномалии и экстремальные события на территории России

Таблица 1.1. Область и интенсивность воздействия факторов и показателей природных условий жизнедеятельности, их последствия, длительность и масштаб (Золотокрылин, Виноградова, 2016)

Факторы и показатели	Область воздействия	Длительность воздействия	Интенсивность и масштаб воздействия	Последствия воздействия	Возможность адаптации
Температурный					
Сумма отрицательных температур	с/х, промышленность, транспорт, строительство,	3–9 месяцев	значительное тысячи кв. км	высокий уровень напряжения биологических систем, обморожения, снижение трудоспособности	адаптация зависит от интенсивности и длительности воздействия, для некоренного населения полная адаптация невозможна
Продолжительность периода с температурой воздуха ниже –30 °С	жилище, здоровье, рекреация	1–150 дней	значительное тысячи кв. км	обморожения, снижение трудоспособности	адаптация зависит от интенсивности и длительности воздействия, для некоренного населения полная адаптация невозможна
Продолжительность отопительного периода		3–9 месяцев	значительное тысячи кв. км	трудоспособности	некоренного населения полная адаптация невозможна
Сумма температур выше +10 °С	с/х, транспорт, строительство, жилище, здоровье, рекреация	3–6 месяцев	значительное на сельское хозяйство тысячи кв. км	возможность выращивания с/х культур	полная компенсация невозможна
Продолжительность безморозного периода		2–9 месяцев	тысячи кв. км		
Междусуточные перепады температуры	с/х, транспорт, строительство, здоровье, рекреация	несколько часов–сутки	значительное на метеозависимых людей тысячи кв. км	смертность и обострение болезней органов кровообращения	возможна адаптация
Волны жары и холода	с/х, промышленность, транспорт, строительство, жилище, здоровье, рекреация	дни–недели	значительное тысячи кв. км	высокий уровень напряжения биологических систем, снижение трудоспособности, обострение сердечно-сосудистых и легочных заболеваний, гипоксия, обморожения	полная адаптация невозможна
Изменчивость атмосферного давления	здоровье, рекреация	несколько часов–сутки	значительное на метеозависимых людей	смертность и обострение болезней органов кровообращения	возможна адаптация
Междусуточные перепады атмосферного давления					

Критерии и показатели природно-климатических факторов и факторов социальной среды

Таблица 1.1. Продолжение.

Факторы и показатели	Область воздействия	Длительность воздействия	Интенсивность и масштаб воздействия	Последствия воздействия	Возможность адаптации
Стихийные явления					
Землетрясения	с/х, промышленность,	минуты	сильное сотни км кв.		адаптация невозможна
Наводнения	транспорт, строительство,	часы–дни	сильное сотни км кв.	серьезные травмы, жертвы,	адаптация невозможна
Тайфуны	жилище, здоровье,	часы–дни	сильное сотни км кв.	разрушения, воздействие на	адаптация невозможна
Цунами	рекреация	часы–дни	сильное сотни км кв.	хозяйственную деятельность и	адаптация невозможна
Лавины		минуты	сильное сотни км кв.	условия проживания	адаптация невозможна
Сели		минуты	сильное сотни км кв.		адаптация невозможна
Ледники	с/х, транспорт, жилище, здоровье, рекреация	круглый год	значительное сотни км кв.	воздействие на хозяйственную деятельность и условия проживания	адаптация возможна
Экстремальные осадки	с/х, транспорт, строительство, здоровье, рекреация	дни	значительное сотни км кв.	осложнение хозяйственной деятельности и условий проживания	полная адаптация не возможна
Засухи	с/х, здоровье, рекреация	дни–недели	значительное тысячи км кв.	осложнение хозяйственной деятельности, развития и неудобство для проживания	возможна коррекция

К температурному фактору могут быть также отнесены волны тепла и волны холода, междусуточные перепады температуры, которые крайне негативно воздействуют почти на все сферы жизнедеятельности. Длительность воздействия составляет от нескольких дней до нескольких недель, а площадь – сотни–тысячи квадратных километров. Адаптация к этим показателям крайне затруднена.

Фактор *изменчивости атмосферного давления* (междусуточные перепады давления) негативно влияет на здоровье и условия рекреации. Длительность воздействия – от нескольких часов до нескольких суток. Этот фактор в основном воздействует на больных и пожилых людей, для которых необходимы меры профилактики и реабилитации.

Для остального населения адаптация возможна. Изучение коренных жителей районов с неблагоприятными природными условиями, в частности северных и высокогорных, показывает, что устойчивость как к холодному стрессу, так и к пониженному атмосферному давлению обеспечивается у них более высоким уровнем напряжения регуляторных систем. Так, при исследовании воздействия холода показано, что одной из основных реакций является повышение давления в малом круге кровообращения (легочный цикл). Такая реакция может быть причиной целого ряда заболеваний и приводит к появлению стойких предпатологических состояний, значительно снижающих трудоспособность человека. У людей изменяется активность одной из важнейших регуляторных систем –

Глава 1. Климатические аномалии и экстремальные события на территории России

эндокринной. В этом случае происходит изменение морфологической структуры ряда органов внутренней секреции (Влияние..., 2001).

Из изложенного выше вытекает важный вывод об общем механизме влияния разных факторов природной среды (холодовой и тепловой стрессы, изменчивость атмосферного давления) на адаптационную способность человека. Но, несмотря на физиологическую общность реакции, следует отдельно определять это влияние для разных районов России и для групп населения, различных по организации и исходному напряжению защитных адаптивных реакций и различных по форме и виду деятельности. В этой связи, большое значение приобретает оценка для территории России изменения проявления таких факторов природной среды, как температурный и атмосферного давления, зависящий от высоты местности.

Особое место в таблице 1.1 занимает фактор *экстремальные природные явления*. Он включает гидрометеорологические, сейсмические, геокриологические стихийные явления. К гидрометеорологическим относятся наводнения, наносящие наибольший ущерб; суровые снежные зимы; экстремальные осадки, вызывающие засухи и наводнения; сильные ветры, шквалы, смерчи; снежные бураны, цунами и т.д. Несмотря на то, что стихийные явления проявляются эпизодически и в разных местах, они ухудшают условия жизнедеятельности, которая приспособлена к среднему климату. Роль стихийных явлений в формировании дискомфорта среды значительно слабее постоянно действующих факторов: температурного и изменения атмосферного давления. Длительность воздействия этих явлений существенно меньше – от минут до нескольких дней, а пространственный масштаб – сотни квадратных километров (см. табл. 1.1). Но по разрушительной силе и ущербу стихийные явления могут существенно превосходить постоянно действующие факторы. Поэтому адаптация к большинству из них невозможна.

Стихийные явления необходимо учитывать при оценке условий жизнедеятельности. Один из способов – это учет риска для общества от стихийных бедствий. Риск означает произведение ущерба на вероятность, т.е. частоту события, приносящего ущерб. В настоящее время пока не существует общепризнанного метода оценки предполагаемого ущерба от различных стихийных явлений в отдельности или их совокупности. Но частоту стихийных явлений можно оценить по разным источникам. Например, частоту разных гидрометеорологических явлений опреде-

ляют по данным гидрометеорологической информации, которая известна за период инструментальных гидрометеорологических наблюдений, в основном за последние сто лет. К сожалению, отдаленные и труднодоступные районы Севера и Востока России остаются недостаточно освещенными. В настоящее время построены карты частоты разных стихийных явлений для территории России (Природные..., 2000; 2001).

Главным критерием оценки условий жизнедеятельности является их соответствие степени благоприятности (неблагоприятности) совокупности природных и социальных факторов, создающих обстановку для существования и развития человека на заданной территории. В этом случае условия жизнедеятельности на территории России можно классифицировать по степени их изменения как наиболее благоприятные, благоприятные, условно благоприятные, условно неблагоприятные, неблагоприятные, очень неблагоприятные, абсолютно неблагоприятные.

1.2. Изменение климата, климатические аномалии и экстремальные события на территории России

1.2.1. Распространение волн тепла и холода для современного климата и в середине XXI века (по модельным прогнозам)

Потепление климата сопровождается возрастанием числа экстремальных климатических событий. Повторяемость волн тепла и дней с экстремально высокой температурой возросла на значительной части территории Европы, Азии и Австралии (Пятый доклад..., 2013). По данным Росгидромета, в последнее десятилетие значительно возросло среднее число опасных гидрометеорологических явлений со значительным экономическим и социальным ущербом (<http://www.meteorf.ru>). В 2006–2010 гг. было зарегистрировано опасных явлений в 2.3 раза больше, чем в 1996–2000 гг. В Пятом докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата подчеркивается, что в будущем, при повышении средних глобальных температур на суше будут чаще наблюдаться экстремально высокие и реже – экстремально низкие температуры. Волны тепла будут наблюдаться чаще и будут более продолжительными (Пятый доклад..., 2013).

Волны тепла (или волны жары) – это крупные и опасные аномалии климата. Поэтому проблема оценки динамики волн тепла очень актуальна как в нашей

Распространение волн тепла и холода

стране, так и в мире. Исследования, проводимые во всем мире показывают, что в настоящее время наблюдается значительный рост экстремальности климата, одним из проявлений которого является увеличение повторяемости и интенсивности волн тепла и холода. Волны тепла оказывают негативное воздействие на человека, его здоровье, различные отрасли хозяйства и природу (Виноградова, 2012; 2014). Избыточные тепловые нагрузки вызывают психологический стресс, влияющий на производительность труда, и могут вызывать рост числа насильственных преступлений (John, Cooper, 2004). Высокие температуры вызывают увеличение конфликтов как на межличностном уровне, так и на уровне общества. Кроме того, высокие температуры оказывают существенное влияние на доходы. Исследование в некоторых округах в США показало, что экономическая продуктивность отдельных дней снижается на 1.7% на каждый градус Цельсия при температуре выше 15° С (59° F) (Hsiang, Deryugina, 2014). Аномально высокие температуры вызывают также пиковые нагрузки на электросети, повреждают железные дороги и автомагистрали. Тепловые волны являются основной причиной смертельных случаев, связанных с погодой. Учитывая глобальное потепление, можно предположить, что в будущем тепловые волны могут увеличиваться по частоте, тяжести, продолжительности и площади (Robinson, 2001).

Волны тепла исследуются с самых разных сторон – от причин и предпосылок возникновения до последствий и прогнозов. Особое внимание уделяется определению критериев волн тепла и установлению уровней опасности (тревоги), которые передаются соответствующим службам (управление, медицина, полиция, энергетика и т.д.).

Значительное число исследований в России и за рубежом посвящено изучению зависимости смертности от температуры воздуха, в частности от волн тепла (Ревич, 2011; Ревич и др., 2013; 2015; Шапошников и др., 2013). Важность этой связи показали события августа 2003 г. в Западной Европе, когда волна жары повлекла за собой свыше 70 тыс. дополнительных случаев смерти (Fouillet et al., 2008). Похожая ситуация возникла на Европейской части России летом 2010 г., когда волна тепла наблюдалась непрерывно в течение более 40 суток. Гипертермия стала мощным стрессом для здоровья населения. Анализ помесечных данных о смертности населения по регионам (по данным Росстата) показал, что дополнительная смертность в июле–августе

2010 г. составила 54 000 случаев. Во время волны жары 2010 г. в Москве произошло резкое увеличение числа случаев смерти – на 11 тыс. дополнительно (по сравнению с июлем–августом 2009 г.) (Ревич, 2011).

Определение критериев экстремальных явлений зависит от выбора пороговых значений. Один из подходов к их выбору связан с определением экстремальных явлений как редких т.е., принадлежащих крайним областям распределения метеорологической величины, вероятности попадания в которые малы; обычно они выбираются как процентилю функции распределения, например, 10, 5, или 1% для экстремальных отрицательных аномалий (и 90, 95, 99% – для положительных). Другой подход основан на критических значениях, которые определяются исходя из порогов неблагоприятного воздействия на природные или технические системы (Robinson, 2001). Например, температура выше 30 °С в течение 5 дней и более для волн тепла (Второй оценочный..., 2014). Но универсального определения «тепловой волны» не существует из-за изменения значений экстремальной температуры в разных географических районах (Виноградова, 2014; Blazejczyk, 2009; Jump et al., 2013). Часто критерий «тепловой волны» определяется количеством последовательных дней с высокими температурами воздуха и скоростью, с которой температура повышается, но оба эти критерия также зависят от географического региона и времени года (Robinson, 2001). В некоторых районах тепловой волной считается длительный период более высокой, чем обычно, температуры, или более короткий период, но с аномально высокими температурами (Danmark får..., 2013; Jump et al., 2013; Porja, 2013).

В последнее время значительное внимание уделяется прогнозной оценке волн тепла в середине и в конце столетия при потеплении климата по модельным сценариям. Большинство зарубежных работ базируется на модельных оценках климата, которые показывают значительный рост волн тепла в середине и в конце этого столетия (Meehl, Tebaldi, 2004).

Далее в разделе дана оценка изменений количества, интенсивности и продолжительности волн тепла на территории России и оценка этого явления как фактора дискомфорта природной среды (Виноградова, 2017). Рассмотрены изменения тепловой нагрузки, и в частности, волн тепла с середины XX в. (1951–1980 гг.) до середины XXI в. (2046–2055 гг.) на территории России по данным метеорологической сети и на основании модельного прогноза.

Глава 1. Климатические аномалии и экстремальные события на территории России

1.2.1.1. Волны тепла в современном климате

Оценка изменения числа случаев, интенсивности и продолжительности волн тепла на территории России для различных периодов с 1951 до 2010 г. проводилась по данным метеорологической сети из архива ВНИИГМИ–МЦД (www.meteo.ru). Были использованы ежедневные данные 531 метеостанции для территории России за летний период (июнь–август).

Рассматривались пороговые значения для определения волн тепла как значения 95-перцентиля распределения максимальной суточной температуры (Виноградова, 2017). Выбор критерия связан с его универсальностью, поскольку в связи со значительной протяженностью территории России с севера на юг выбор критического значения температуры воздуха, определяющей наступление волны тепла вызывает определенные затруднения. Так, для северных районов, как было показано в работах (Виноградова, 2014; Danmark får..., 2012; Jump up..., 2013), под волной тепла понимают период длительностью, по крайней мере, пять последовательных дней, когда максимальная температура превышает 25 °С, а для южных регионов критическое значение максимальной температуры превышает 32 °С.

Известно, что распределение метеорологических элементов, в частности температуры воздуха, в любые месяцы года хорошо описывается функцией нормального распределения (Исаев, 1988; Кобышева, 1971; 1976).

В качестве базовых были выбраны два периода 1951–1980 гг. и 1961–1990 гг., для которых были рассчитаны выборочное среднее x_{cp} и дисперсия σ^2 всех значений летних максимальных температур. Далее из предположения нормальности распределения температур определялись x_α и $x_{1-\alpha}$ – квантили для распределения $N(x; \sigma^2)$ из формулы:

$$x_\alpha = (x_\alpha^0 - x_{cp}) / \sigma,$$

где x_α^0 – соответствующий α -квантиль стандартного нормального распределения. Волной тепла называется значение температуры, превышающее соответствующее значение $x_{1-\alpha}$. Значение α задавалось равным 0.05. Подсчет количества волн тепла для периода 1981–2010 гг. проводился с использованием значения квантилей, найденных по первому базовому периоду 1951–1980 гг. Таким образом сравнивались условия до начала современного потепления климата с условиями во время потепления. А для периодов

1991–2000 гг., 2001–2010 гг., 1991–2010 гг. – по базовому периоду 1961–1990 гг. (т.е. для среднемноголетнего периода, рекомендованного ВМО).

Для каждого периода определялось среднее за период число дней с максимальной температурой, превышающей пороговое значение, соответствующее 95-перцентилу функции распределения; среднее количество волн тепла, продолжительностью три дня и более; максимальное число дней в волне тепла и максимальная температура в волне тепла. Динамика характеристик волн тепла при современном потеплении климата оценивалась по изменению всех перечисленных параметров по сравнению с базовым периодом. Значимость изменений определялась по критерию Стьюдента. Для всех рассчитанных параметров были построены карты различных характеристик волн тепла для условий современного потепления климата и условий до потепления.

В период 1951–1980 гг. летом (июнь–август) на территории России отмечалось в среднем 3–4 дня с максимальными температурами, превышающими пороговое значение. Максимальное количество таких дней (5–6 дней) наблюдалось севернее 60° с.ш. и на побережье Северного Ледовитого океана. При этом на данной территории средняя температура в аномально теплые дни была около 20 °С. С увеличением интенсивности потепления (1981–2010 гг.) число дней с аномально высокими температурами возрастает практически на всей территории России, за исключением юга Западной Сибири, Алтайского края и юга Красноярского края. На рис. 1.4а показано значимое изменение числа дней с высокими температурами воздуха для периода 1981–2010 гг. по сравнению с периодом 1951–1980 гг. (Виноградова, 2017). Рост числа дней с высокими температурами отмечается на большей части территории России. На Европейской территории, на юге Читинской области, в Тыве, на Дальнем Востоке, на Чукотке и Камчатке эти изменения максимальны и в среднем за 30 лет составляют 2–4 дня.

Сокращение числа дней с аномально высокими температурами наблюдалось на Кольском полуострове, на севере Архангельской области, на Таймыре и на юге Западной Сибири.

Анализ полученных результатов позволяет говорить о том, что с 1990-х годов XX в. началось интенсивное увеличение числа дней с аномально высокими температурами. Так, в начале XXI в. (2001–2010 гг.) существенно возрастает число жарких дней по сравнению с предыдущим десятилетием (1991–2000 гг.)

Распространение волн тепла и холода

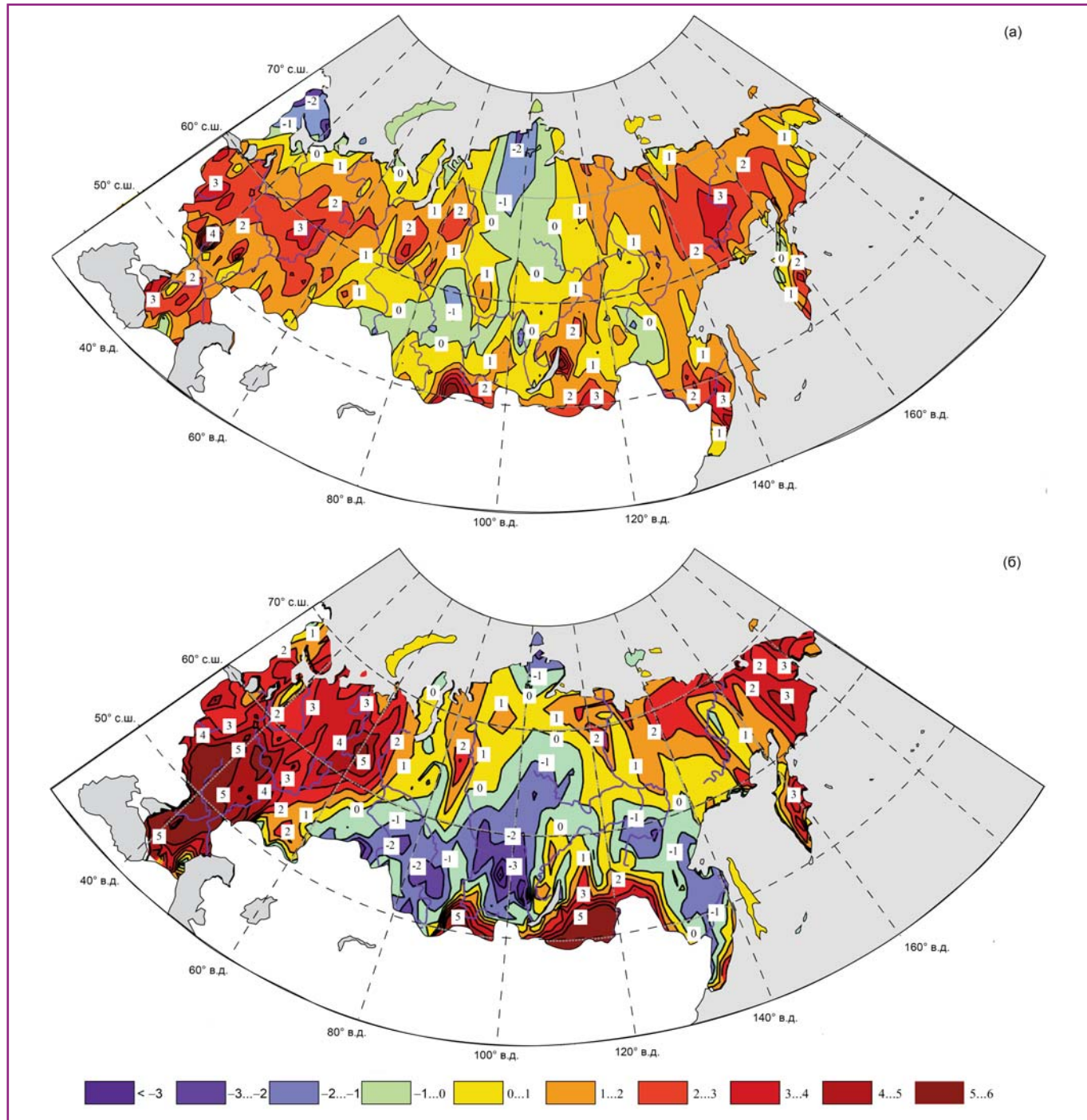


Рис. 1.4. Изменение числа дней с максимальной температурой, превышающей 95% функции распределения в 1981–2010 гг. по сравнению с 1951–1980 гг. (а); в 2001–2010 гг. по сравнению с 1991–2000 гг. (б). Изменения не случайны с вероятностью 95% при значениях больше 0.15 и меньше –0.15 дней.

(рис. 1.4б). Самые значительные изменения (более 5 дней) наблюдаются на Европейской территории России (ЕТР), в Забайкалье, на Чукотке и на Камчатке.

При этом на юге Западной и Восточной Сибири и на Дальнем Востоке, за исключением побережья Приморского края число дней с аномально высокой температурой сокращается на 2–4 дня (рис. 1.4б).

Надо отметить, что при потеплении увеличение числа дней с аномально жаркой погодой проходило

неравномерно, как во времени, так и в пространстве. В конце XX в. рост положительных аномалий температуры отмечался в основном на юге Европейской территории, на юге Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. На севере ЕТР, Западной и Восточной Сибири число таких дней уменьшалось. В начале XXI в. существенный рост количества жарких дней на всей ЕТР во многом связан с летними температурными аномалиями (волнами тепла) 2001, 2002, 2007 и

Глава 1. Климатические аномалии и экстремальные события на территории России

особенно, 2010 г. (Виноградова, 2014). Продолжился рост числа жарких дней в Чукотском АО и в Забайкалье, а в южной части Сибири число таких дней уменьшилось.

Рассматривая приведенные выше особенности, необходимо отметить, что при потеплении климата наблюдалось значимое увеличение количества длительных волн тепла, продолжительностью более трех дней. Наиболее существенное увеличение продолжительности волн тепла отмечалось в тех же регионах, а именно на ЕТР, в Забайкалье и северной части Дальнего Востока, причем наиболее значительный рост наблюдался в начале XXI в.

Максимальная продолжительность волн тепла значимо увеличилась при потеплении (1981–2010 гг.) по сравнению с 1951–1980 гг. во многих регионах России, за исключением Кольского полуострова, северо-запада ЕТР, Таймыра и юга Западной и Центральной Сибири (рис. 1.5). На Европейской территории, южнее 60° с.ш. максимальная продолжительность волны тепла во второй период увеличилась на 10–15 дней, а в Центрально-Черноземных областях – на 20 дней. Основной вклад в эти изменения внесла жара 2010 г. На севере ЕТР рост продол-

жительности волн тепла незначителен – до 5 дней, а на Кольском полуострове максимальные волны тепла стали короче на 5–10 дней (Виноградова, 2017).

На остальной территории России рост продолжительности волн тепла не столь велик. Наибольшие значения отмечаются на севере Якутии, в Чукотском АО и Приморском крае и составляют 4–6 дней.

Важной характеристикой волны тепла является средняя температура, так как только сочетание высокой температуры и большой продолжительности делает волну тепла опасной. До начала потепления (1951–1980 гг.) средняя максимальная температура в волне тепла в южной и центральной части Сибири и в Приморском крае составляла 26–29 °С, на юге ЕТР – до 32 °С, а на остальной территории 22–24 °С.

При потеплении климата (1981–2010 гг.) значимый рост средней максимальной температуры в волне тепла наблюдался на большей части территории. Наиболее значительные изменения (более 5 °С) происходили в центре ЕТР, на Урале и на юге Западной Сибири, в Чукотском АО, на юге Амурской области и Хабаровского края, где рост температуры составил около 5 °С (рис. 1.6а). На севере и в южной части ЕТР (Нижнее Поволжье, Ростовская область, Ставрополь-

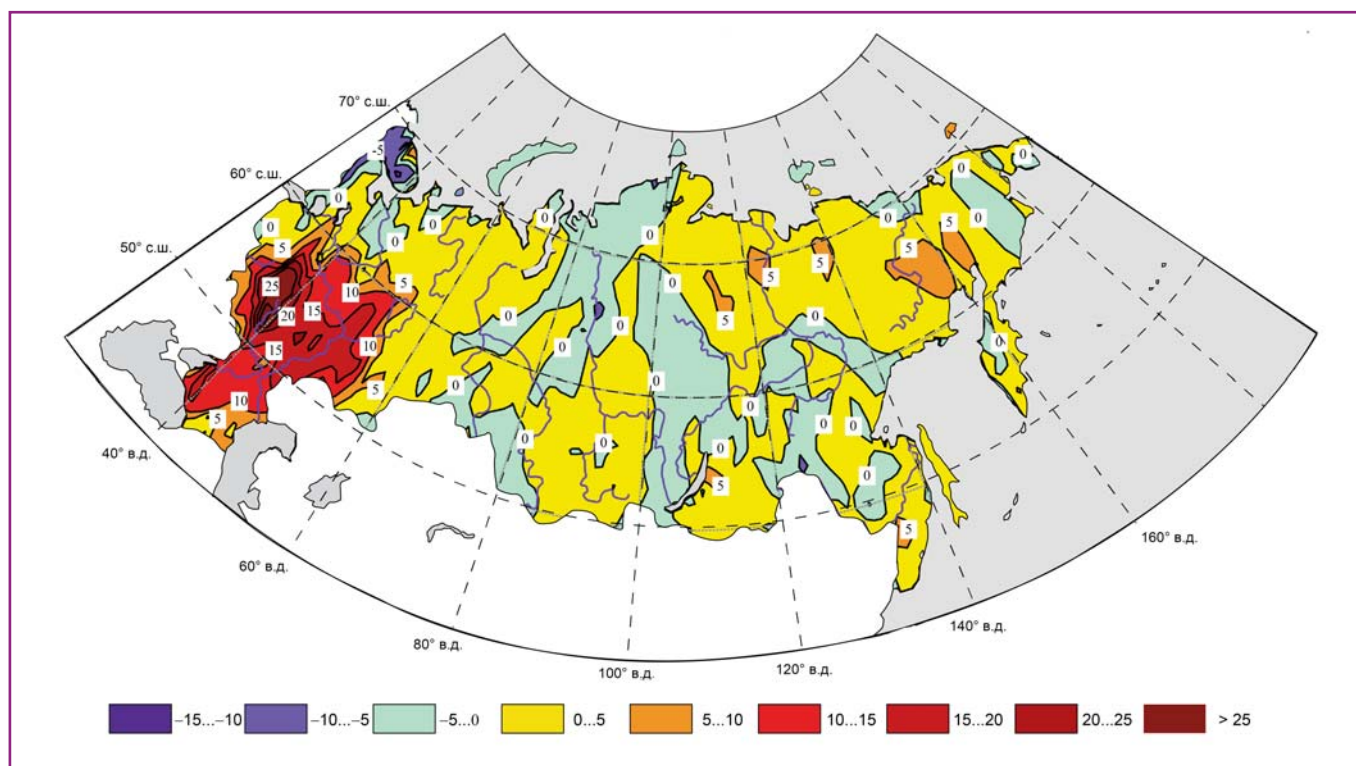


Рис. 1.5. Изменение максимального числа дней с волнами тепла в период 1981–2010 гг. по сравнению с периодом 1951–1980 гг. Изменения не случайны с вероятностью 95% при значениях больше 0.5 и меньше –0.5 дня.

Распространение волн тепла и холода

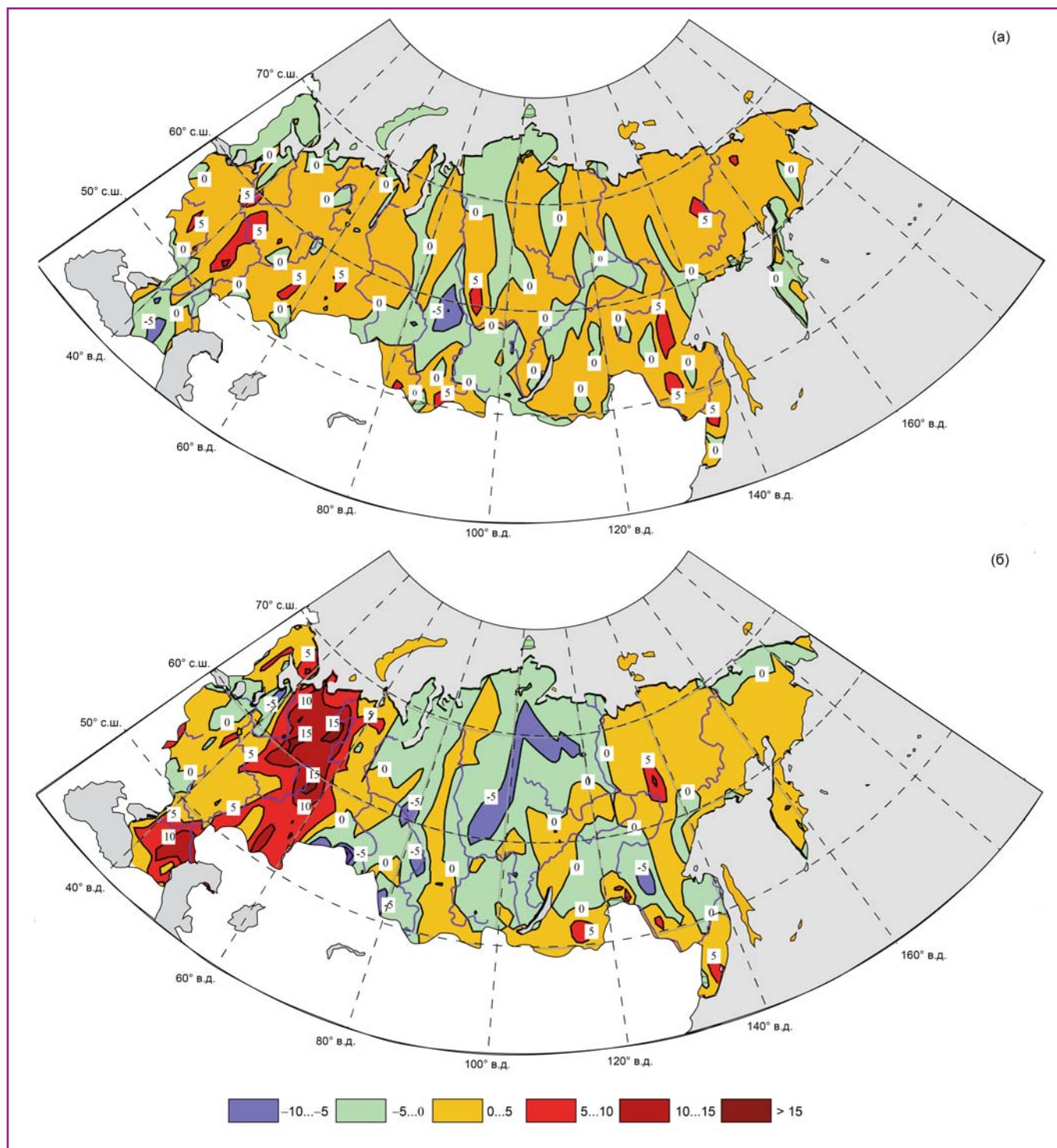


Рис. 1.6. Изменение средней за период максимальной температуры в волне тепла: 1981–2010 гг. по сравнению с 1951–1980 гг. (а); 2001–2010 гг. по сравнению 1991–2000 гг. (б).
Изменения не случайны с вероятностью 95% при значениях больше 0.7 °С и меньше -0.7 °С.

ский край) и на юге Восточной Сибири средняя температура волны тепла понизилась на 5 °С.

В начале XXI в. (2001–2010 гг.) – на пике потепления рост средней максимальной температуры в волне тепла еще усилился, особенно на Европейской территории, где по сравнению с предыдущим десятилетием в восточных и южных районах он достигал 10–15 °С.

На северо-востоке и юге Сибири температура в волне тепла увеличилась на 5 °С, а на остальной территории за Уралом примерно на столько же понизилась (рис. 1.6б).

Таким образом, исследование волн тепла на территории России показало, что увеличение числа дней с аномально жаркой погодой проходило

Глава 1. Климатические аномалии и экстремальные события на территории России

неравномерно, как во времени, так и в пространстве. В конце XX в. рост положительных аномалий температуры отмечался в основном на юге Европейской территории, на юге Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. На севере ЕТР, Западной и Восточной Сибири число таких дней уменьшалось. В начале XXI в. существенный рост количества жарких дней на всей ЕТР во многом связан с летними температурными аномалиями 2001, 2002, 2007 и, особенно, 2010 г. Увеличилось количество волн тепла, продолжительностью более трех дней, а рост температуры в волне тепла составил 4–8 °С. Наиболее существенное увеличение продолжительности волн тепла отмечалось на ЕТР, в Забайкалье и на северо-востоке России. Значительные изменения максимальной температуры происходили в центре ЕТР, на Урале и на юге Западной Сибири и в Чукотском АО.

1.2.1.2. Волны тепла как фактор дискомфорта современного климата. Балльная оценка волн тепла

Очевидно, что волны тепла являются фактором, существенно влияющим на условия жизнедеятельности населения. Поэтому мы попытались установить универсальный для всей территории России критерий воздействия волн тепла на человека и определить неблагоприятные районы по этому фактору и районы, где рост температуры улучшает условия.

Для этого из всех характеристик волн тепла были выбраны три параметра, отражающие их количество, продолжительность и интенсивность (средняя максимальная температура). Значения каждого параметра были разделены на 6 градаций на основе среднего значения параметра и среднеквадратического отклонения, рассчитанных по всем метеостанциям на территории России: $x \pm \sigma$, $x \pm 2\sigma$, $x \pm 3\sigma$ (Исаев, 1988).

Значения градаций и уровень воздействия показателя приведены в таблице 1.2 (Виноградова, 2017).

Критерии для балльной оценки волн тепла как фактора дискомфорта природной среды были установлены следующим образом: из трех параметров волн тепла выбирался максимальный балл, позволяющий учесть наибольший уровень неблагоприятного воздействия, при этом средняя максимальная температура в волне тепла должна быть не ниже 25 °С. Поскольку, даже для северных стран, температура ниже 25 °С не может считаться волной тепла, а только хорошей погодой (Виноградова, 2012; 2014), для северных районов повышение температуры до 25 °С можно считать благоприятным фактором, улучшающим условия жизни. По результатам балльной оценки были построены карты волн тепла как фактора дискомфорта для среднемноголетних условий и периода современного потепления на территории России.

На основании полученного критерия дискомфорта волн тепла было исследовано количество станций, на которых наблюдались волны тепла различной степени неблагоприятности (табл. 1.3).

Анализ полученных результатов показывает, что с началом потепления количество станций, на которых отмечаются волны тепла, возрастает. Причем, если в 1951–1980 гг. волны тепла наблюдались менее, чем на половине станций, и в основном они относились к условно неблагоприятной и неблагоприятной градациям (36 и 11% соответственно), а в экстремально неблагоприятной градации наблюдалось всего 1% станций. Количество станций, для которых в летний период характерны волны тепла, увеличилось на 11% в период потепления 1981–2010 гг. (Виноградова, 2017). Также возросло количество волн тепла неблагоприятных градаций (абсолютно неблагоприятные – 11% станций, экстремально неблагоприятные – 16% станций), в основном за счет увеличения числа дней

Таблица 1.2. Градации волн тепла как фактора дискомфорта природной среды

Градация неблагоприятности	Балл	Число дней с $T_{max} > 95\%$	Количество волн тепла (более 3 дней)	Максимальная температура в волне, °С
Абсолютно неблагоприятная	6	≥ 7.0	≥ 1	≥ 38.0
Экстремально неблагоприятная	5	6.1–6.9	0.8–0.99	33.9–37.9
Неблагоприятная	4	5.1–6.0	0.6–0.79	30.0–33.8
Условно неблагоприятная	3	4.1–5.0	0.4–0.59	25.0–29.9
Благоприятная	1	≤ 4.0	≤ 0.39	≤ 24.9

Таблица 1.3. Число и доля (%) метеостанций на территории России, где наблюдались волны тепла различной дискомфортности*

Градация неблагоприятности	Балл	Период, годы			
		1951–1980	1981–2010	1991–2010	2001–2010
Абсолютно неблагоприятная	6	0 (0%)	56 (11%)	140 (26%)	206 (39%)
Экстремально неблагоприятная	5	7 (1%)	84 (16%)	64 (12%)	53 (10%)
Неблагоприятная	4	57 (11%)	92 (17%)	96 (18%)	69 (13%)
Условно неблагоприятная	3	190 (36%)	81 (15%)	48 (9%)	40 (8%)
Сумма (%)		254 (48%)	313 (59%)	348 (66%)	368 (69%)

*Общее число станций 531.

с высокими температурами, а условно неблагоприятных – сократилось до 15%.

В начале XXI в. (2001–2010 гг.) потепление усиливается, и волны тепла наблюдаются уже на 69% станций, причем особенно сильно возросло количество станций (до 39%), где отмечаются абсолютно неблагоприятные условия.

Построенные с использованием критерия дискомфортности карты волн тепла для среднемноголетних условий и современного потепления позволяют выделить на территории России регионы наиболее подверженные влиянию волн тепла (рис. 1.7).

Сравнение карт показывает существенное увеличение волн тепла на большей части территории России и особенно на северо-востоке страны и в европейской части, где до начала потепления волны тепла практически не наблюдались, за исключением южных районов (рис. 1.7а). Для северных районов волны тепла нельзя однозначно считать неблагоприятным фактором. Для этих территорий умеренное повышение температуры до 25 °С можно считать погодным подарком для человека. Но даже в этих районах волны тепла абсолютно и экстремально неблагоприятных градации, с температурой выше 34 °С могут вызвать состояние стресса у человека. На юге Сибири волны тепла ослабевают и относятся к условно неблагоприятному фактору (рис. 1.7б).

Следовательно, наблюдается нарастание тепловой нагрузки в период современного потепления климата до абсолютно и экстремально неблагоприятных значений в основном за счет увеличения числа дней с температурами, превышающими 95-перцентиль функции распределения максимальной температуры. Эти изменения характерны для районов, расположенных на северо-востоке и в европейской части России.

1.2.1.3. Волны тепла в середине XXI века (по модельным прогнозам)

Изменение количества, интенсивности и продолжительности волн тепла на территории России оценивалось по результатам численных экспериментов на глобальной климатической модели (INMCM4) Института вычислительной математики РАН (Математическое..., 2016; Volodin, 2014; Volodin, et al., 2010). В модель включен интерактивный расчет углеродного цикла, цикла метана, химии атмосферы. Модель включена в проект сравнения совместных моделей атмосферы и океана (CMIP5).

Были использованы результаты расчетов по двум сценариям, согласно которым радиационный форсинг от увеличения концентрации парниковых газов к 2100 г. составит соответственно 8.5 и 4.5 Вт/м². Глобальное потепление по модельным расчетам к концу XXI в., составит 1.9 К для сценария RCP4.5 и 3.4 К для сценария RCP8.5. Это соответствует предположениям об отсутствии ограничения выбросов и умеренному ограничению выбросов (Математическое..., 2016; Volodin, 2014; Volodin, et al., 2010).

Анализировались суточные значения максимальной температуры воздуха за период 2046–2055 гг. с пространственным разрешением 2° × 1.5° по долготе и широте. Ошибка воспроизведения поля максимальной температуры моделью на территории России составляет ± 1–2 К, при этом приземная температура может быть завышена в высоких широтах на 2–4 К (Математическое..., 2016; Volodin et al., 2010). Среднеквадратичная ошибка (норма ошибки) среднегодовой температуры в модели INMCM4 составляет 1.84 К (Математическое..., 2016).

В качестве пороговых значений для определения волн тепла рассматривались значения 95-перцентиль распределения максимальной температуры. Выбор

Глава 1. Климатические аномалии и экстремальные события на территории России

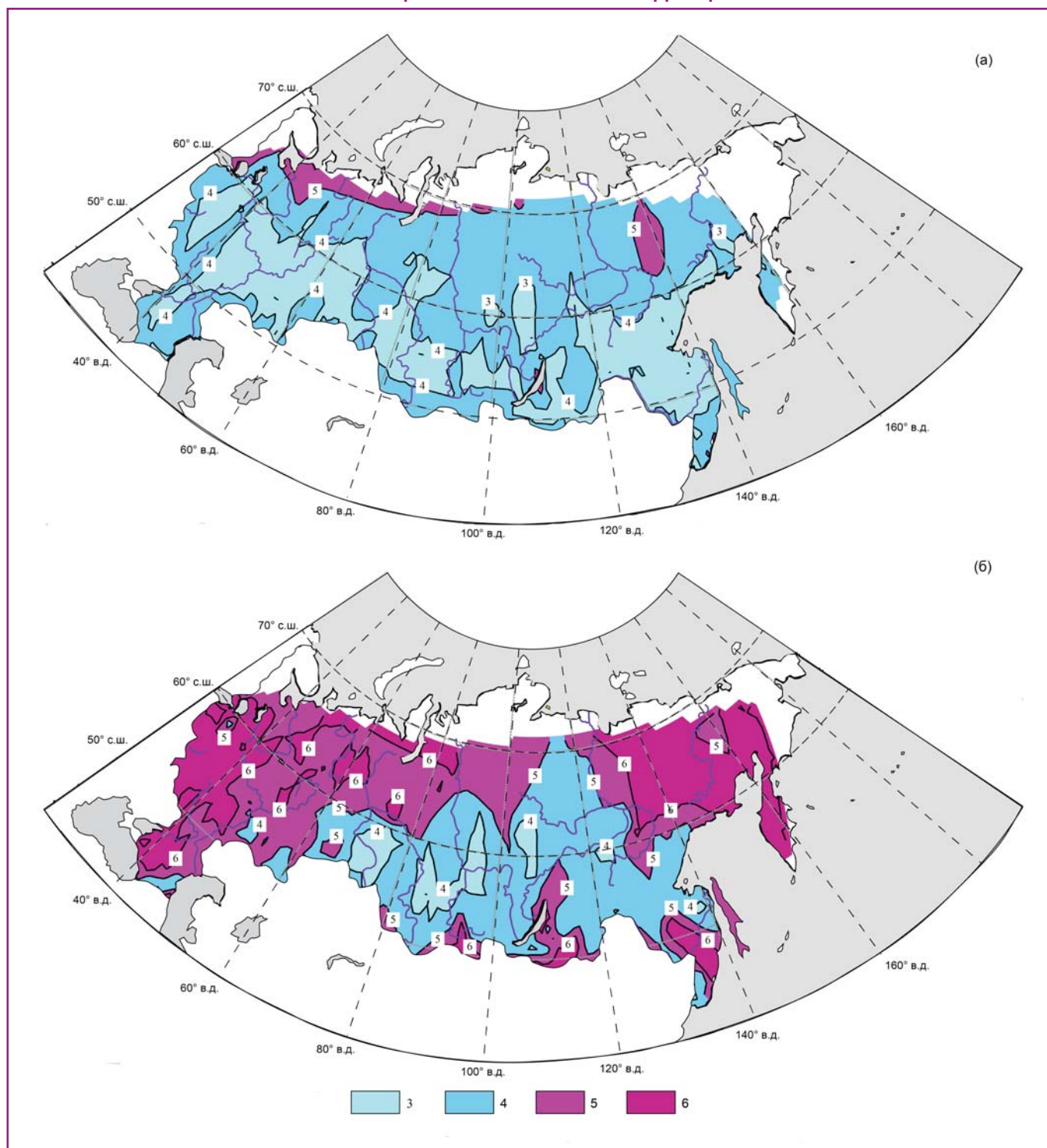


Рис. 1.7. Волны тепла (балл) за период: (а) 1951–1980 гг.; (б) 1981–2010 гг.

критерия связан с его универсальностью для всей территории России. По данному критерию проведена оценка изменения количества, интенсивности и продолжительности волн тепла за летний период (июнь–август) на территории России для «исторического» периода модели с 1980 до 1999 г. и для модельного прогноза на 2046–2055 гг. по двум сценариям.

Изменение всех показателей волн тепла для периода 2046–2055 гг. оценивалось по пороговым

значениям базового – «исторического» периода модели (1980–1999 гг.).

В таблице 1.4 приведены пороговые значения максимальной температуры для различных меридиональных и широтных секторов на территории России, полученных по данным метеорологической сети и по модельным результатам для «исторического» периода.

Пороговые значения максимальной температуры довольно существенно различаются в различных

Распространение волн тепла и холода

Таблица 1.4. Пороговые значения максимальной температуры (°С), соответствующие 95% функции распределения по данным метеостанций и по данным модели

Широтный сектор	Меридиональный сектор									
	30–60° в.д. ЕТР		60–90° в.д. Западная Сибирь		90–120° в.д. Центральная Сибирь		120–150° в.д. Восточная Сибирь		150–180° в.д. Дальний Восток	
	стан- ции	модель	стан- ции	модель	стан- ции	модель	стан- ции	модель	стан- ции	модель
60–80° с.ш. север	24.8	24.0	25.3	26.0	26.2	29.4	27.4	29.9	22.1	27.0
40–60° с.ш. центр и юг	31.7	33.8	31.2	31.9	29.9	30.7	28.7	29.4	20.8	25.4
40–50° с.ш. юг	33.1	39.6	–	–	30.0	–	28.1	30.0	–	–

широтных и меридиональных секторах. При этом даже на Севере (60–80° с.ш.) пороговые значения остаются довольно высокими: от 24 °С на Европейской территории, до 29.9 °С в Восточной Сибири. На юге (40–50° с.ш.) пороговые значения изменяются от 39.6 °С на ЕТР, до 30 °С – в Восточной Сибири. При этом можно отметить, что если на Европейской территории и в Западной Сибири они значительно изменяются с широтой (на 6 °С), то в Восточной Сибири пороговые значения меняются незначительно. Максимальные различия между пороговыми значениями, вычисленными по модельным данным, и аналогичными значениями, вычисленными на основании данных метеорологической сети, сосредоточены на юге ЕТР и на Дальнем Востоке. В этих районах относительная ошибка достигает 20–22% (табл. 1.5). В Центральной и Восточной Сибири относительные ошибки – 3–12%, а на ЕТР (кроме юга) и в Западной Сибири они наименьшие – 2–7%. Практически на

всей территории России модельные значения оказываются выше стационарных, за исключением севера ЕТР, где они ниже (Виноградова, 2017).

Далее для «исторического» периода и двух сценариев для периода 2046–2055 гг. определялось среднее за период число дней с максимальной температурой, превышающей пороговое значение, среднее количество волн тепла, продолжительностью три дня и более, максимальная и средняя максимальная температура в волне тепла. Карты модельных параметров были построены для условий середины XXI в. и конца XX в.

Оценки числа дней с максимальными температурами, превышающими пороговое значение, полученные по результатам моделирования для «исторического» периода, показывают, что на большей части территории России отмечалось в среднем 4–5 таких дней (рис. 1.8а). Максимальное количество аномально жарких дней (6–7) наблюдалось на западной поло-

Таблица 1.5. Относительная ошибка (%) пороговых значений максимальной температуры, рассчитанной по модели NMSM4

Широтный сектор	Меридиональный сектор				
	30–60° в.д. ЕТР	60–90° в.д. Западная Сибирь	90–120° в.д. Центральная Сибирь	120–150° в.д. Восточная Сибирь	150–180° в.д. Дальний Восток
60–80° с.ш. север	3	–3	–12	–9	–22
40–60° с.ш. центр и юг	–7	–2	–3	–3	–22
40–50° с.ш. юг	–20	–	–	–7	–

Глава 1. Климатические аномалии и экстремальные события на территории России

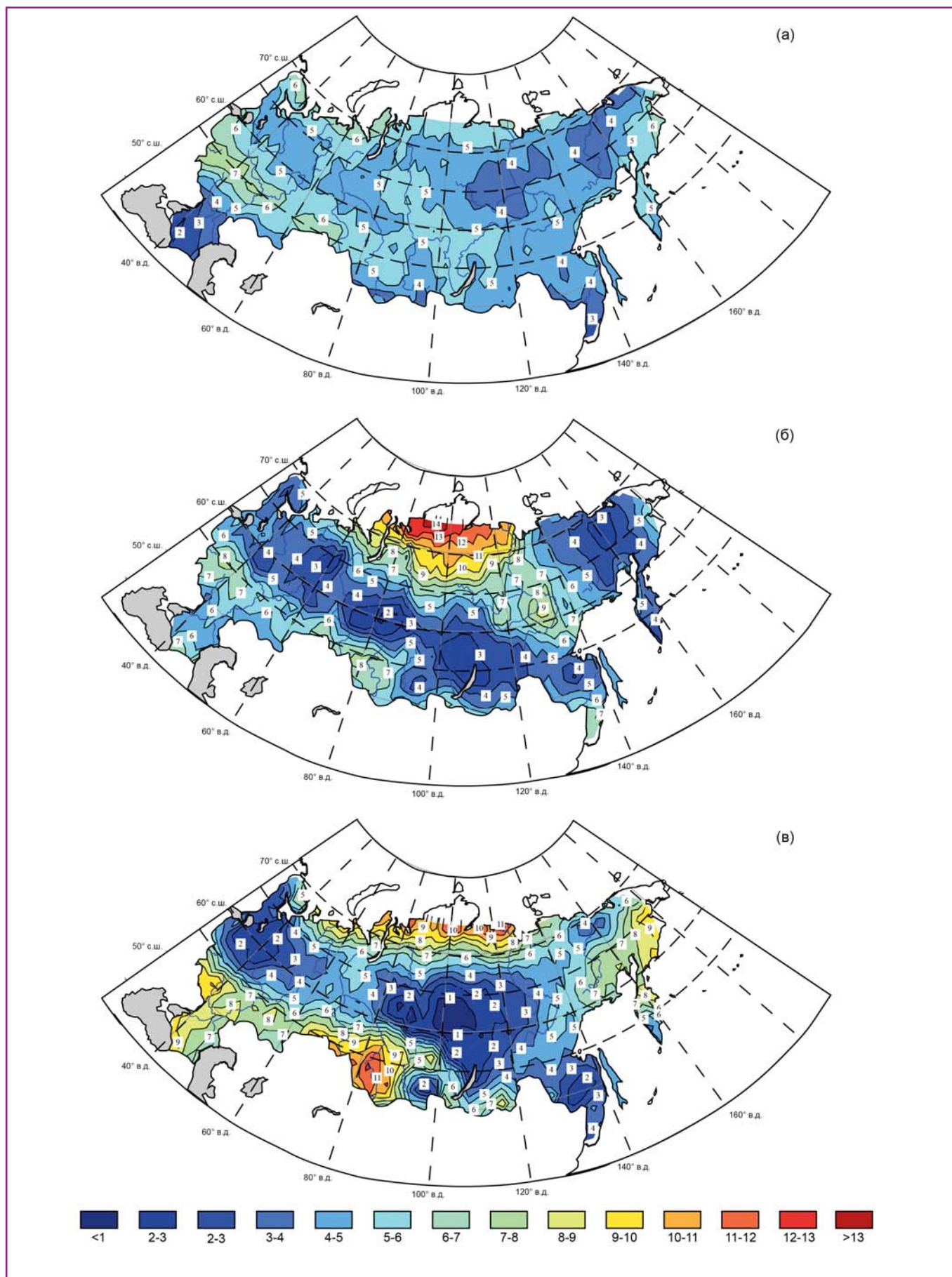


Рис. 1.8. Число дней с максимальной температурой, превышающей 95% функции распределения: 1980–1999 гг., «исторический» период (а); 2046–2055 гг., сценарий RCP4.5 (б); 2046–2055 гг., сценарий RCP8.5 (в).

Распространение волн тепла и холода

вине страны, вдоль 55° с.ш. и на севере: на полуостровах Ямал и Таймыр. Число дней с максимальными температурами, превышающими пороговое значение, составляет 3–4 дня на юге Европейской территории и в Приморском крае, что немного отличается от значений, полученных по данным метеорологической сети (Виноградова, 2017). Это объясняется тем, что для названных регионов пороговые значения, полученные по модельным данным, оказываются выше, чем этот параметр, полученный по станционным данным (табл. 1.4).

На рис. 1.8б и в показано число дней с максимальной температурой, превышающей пороговое значение для модельного прогноза на середину XXI в. (2046–2055 гг.) для двух сценариев. При «мягком» сценарии RCP4.5 ожидается, что число дней с максимальными температурами, превышающими пороговые значения, достигнет 5–7 дней на юге ЕТР и в Западной Сибири, Якутии, а также на севере Чукотки и в Приморском крае. Максимальные изменения ожидаются на Таймыре и Ямале, где число дней с аномально высокими температурами возрастет до 10–12. На остальной территории число таких дней сократится на 2–3.

Расчеты для «жесткого» сценария RCP8.5 показывают более контрастные изменения, при сохранении основных особенностей их локализации, как и для «мягкого» сценария. Число дней с аномально высокой температурой возрастет до 9–14 на Севере, включая север ЕТР. На юге Европейской территории и Западной Сибири число дней с температурой, превышающей пороговое значение, достигнет 9–12, и эта область расширится. На Чукотке, Камчатке и Сахалине будет наблюдаться 7–10 дней с высокими температурами. При этом в центре и на северо-западе ЕТР, в центральных областях Красноярского края и Якутии и на севере Приморского края можно ожидать уменьшения числа дней с максимальной температурой, превышающей пороговое значение. В этих регионах будет всего 1–2 таких дня.

Принимая во внимание приведенные выше особенности изменения максимальных температур, необходимо отметить, что в середине XXI в. (2046–2055 гг.) можно ожидать увеличение продолжительных волн тепла в тех же регионах, а именно для сценария RCP4.5 на Таймыре и Ямале, а для сценария RCP8.5 – на севере и юге территории. На остальной территории количество продолжительных волн тепла практически не изменится.

Важной характеристикой волны тепла является средняя максимальная температура в волне тепла. Для «исторического» периода средняя максимальная температура волны тепла изменялась на ЕТР – от 27 °С на севере до более 40 °С на юге (рис. 1.9а). На востоке страны, в центральной части Сибири она составляла 34–35 °С, а в северной половине Западной Сибири и на Дальнем Востоке – 27–30 °С (табл. 1.4), что довольно хорошо совпадает с данными наблюдений (Виноградова, 2017).

Модельный прогноз на середину XXI в. для двух сценариев показывает изменения средней максимальной температуры в волне тепла на 1–4 °С. При этом, на большей части территории страны изменения незначительны. Для «жесткого» сценария RCP8.5 можно отметить рост средней максимальной температуры на 1–2 °С юге ЕТР, на юге Западной Сибири и на Чукотке, а на юге Восточной Сибири, на Таймыре и на Камчатке – на 2–3 °С. При этом, на северо-западе ЕТР и в центре Красноярского края средняя максимальная температура в волне тепла понизится на 2–4 °С. Таким образом, при «жестком» сценарии RCP8.5 в середине XXI в. на юге страны (южнее 55° с.ш. и западнее 90° в.д.) значительно расширятся территории, где средняя максимальная температура в волне тепла превысит 40 °С (рис. 1.9в). В восточной половине России, за исключением побережий, средняя максимальная температура в волне тепла составит 31–36 °С. И только на северо-западе ЕТР эта температура понизится до 26–28 °С. Для «мягкого» сценария RCP4.5 изменения средней максимальной температуры в волне тепла менее контрастны (рис. 1.9б).

1.2.1.4. Волны тепла как фактор дискомфорта для модельного климата

На основании данных модельных расчетов проведена оценка волн тепла как фактора дискомфорта природной среды по методике, изложенной в предыдущем разделе. Градации показателей устанавливались по расчетам для «исторического» периода (1980–1999 гг.), затем проводилось сравнение результатов прогноза для середины XXI в. с результатами для «исторического» периода. Значения градаций и уровень воздействия показателя приведены в таблице 1.6.

На основе полученного критерия дискомфорта волн тепла, было вычислено количество ячеек со сторонами 2° × 1.5° по долготе и широте, где наблюдались волны тепла с различными баллами дискомфорта (табл. 1.7).

Глава 1. Климатические аномалии и экстремальные события на территории России

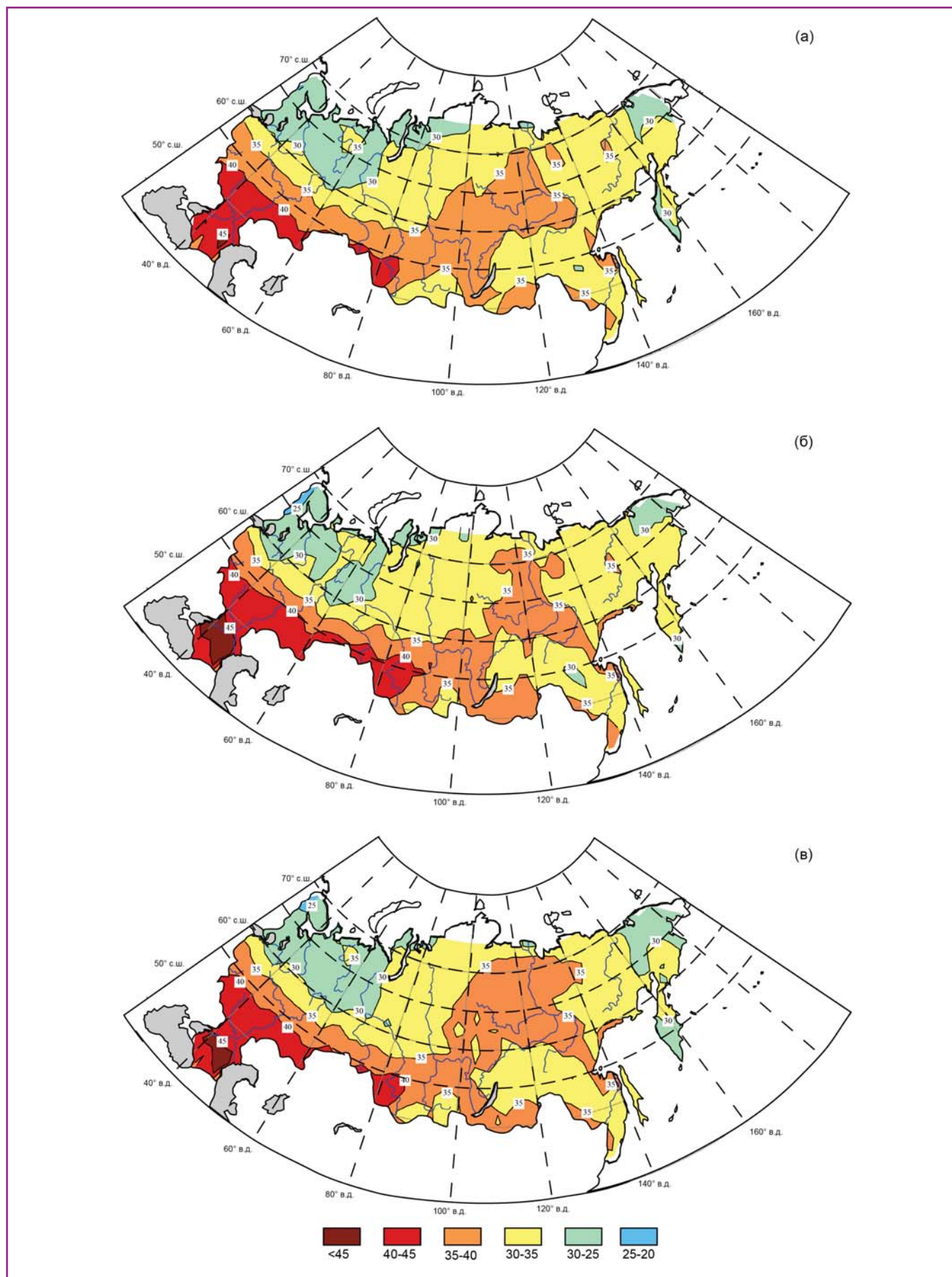


Рис. 1.9. Средняя за период максимальная температура в волне тепла: 1980–1999 гг., «исторический» период (а); 2046–2055 гг., сценарий RCP4.5 (б); 2046–2055 гг., сценарий RCP8.5 (в).

Распространение волн тепла и холода

Сравнение полученных результатов для «исторического» периода и прогноза на середину XXI в. (2046–2055 гг.) показывает увеличение волн тепла, относящихся к абсолютно неблагоприятной градации, в середине века с 3 до 20% для «мягкого» сценария RCP4.5 и до 29% – для «жесткого» сценария RCP8.5. Количество ячеек с очень неблагоприятными волнами тепла возрастает в середине XXI в. с 13 до 17% только для сценария RCP4.5, а для сценария RCP8.5 не меняется. Волны тепла неблагоприятной градации, которые для «исторического» периода (1980–1999 гг.) занимали большую часть территории – 78% ячеек, уменьшаются до 48% и 49% ячеек для сценариев RCP4.5 и RCP8.5, соответственно. Волны тепла условно неблагоприятной градации (самая мягкая) увеличиваются с 8% в конце XX в. до 15% в середине XXI в., только для сценария RCP4.5. При этом для всех периодов количество ячеек, где отмечаются волны тепла, практически не меняется.

Построенные с использованием критерия дискомфорта карты волн тепла для «исторического» периода и модельных прогнозов на середину XXI в. по сценариям RCP4.5 и RCP8.5 позволяют выделить на территории России регионы возможного усиления воздействия волн тепла (рис. 1.10). Модельные рас-

четы для «исторического» периода показывают, что абсолютно неблагоприятные и очень неблагоприятные волны тепла в основном отмечались на юге ЕТР и Западной Сибири (южнее 55° с.ш.), причем южнее 50° с.ш. они были абсолютно неблагоприятным (рис. 1.10а). На остальной территории волны тепла относились к градации неблагоприятные, и только на севере ЕТР, на севере Чукотки и крайнем юге Камчатки отмечались условно неблагоприятные волны тепла.

Сравнение карт для «исторического» периода и модельного прогноза на середину XXI в. по сценарию RCP4.5 свидетельствует о расширении области абсолютно неблагоприятных волн тепла на юге ЕТР и появлении такой области на севере Сибири, от п-ова Ямал до дельты Лены (рис. 1.10б). Еще одна небольшая область абсолютно неблагоприятных волн тепла может возникнуть в центре Якутии. Причем необходимо отметить, что на юге абсолютно неблагоприятные градации волн тепла достигаются за счет роста температуры воздуха, а на севере за счет роста числа дней с температурой, превышающей пороговое значение. При этом области очень неблагоприятных волн тепла расширяются незначительно, в основном на ЕТР и вдоль зоны с абсолютно неблагоприятными

Таблица 1.6. Градации волн тепла, как фактора дискомфорта природной среды по модельным данным

Градация неблагоприятности	Балл	Число дней с $T_{max} > 95\%$	Количество волн тепла (более 3 дней)	Максимальная температура в волне, °С
Абсолютно неблагоприятная	6	≥ 8.0	≥ 1.2	≥ 42.0
Экстремально неблагоприятная	5	7.1–7.9	1.0–1.19	37.1–41.9
Неблагоприятная	4	6.0–7.0	0.7–0.99	30,1–37.0
Условно неблагоприятная	3	5.0–5.9	0.5–0.69	25.0–30.0
Благоприятная	1	≤ 4.9	≤ 0.49	≤ 24.9

Таблица 1.7. Волны тепла, как фактор дискомфорта по модельным сценариям на территории России

Градация неблагоприятности	Балл	Период, годы		
		1980–1999	2046–2055, сценарий RCP4.5	2046–2055, сценарий RCP8.5
Абсолютно неблагоприятная (%)	6	29(3%)	191(20%)	283(29%)
Очень неблагоприятная (%)	5	130(13%)	170(17%)	130(13%)
Неблагоприятная (%)	4	752(76%)	464(48%)	479(49%)
Условно неблагоприятная (%)	3	74(8%)	150(15%)	86(9%)
Сумма ячеек		985	975	978

Общее число ячеек на территории России – 990.

Глава 1. Климатические аномалии и экстремальные события на территории России

волнами тепла на севере Сибири. Область условно неблагоприятных волн тепла (самая мягкая градация) увеличивается на Европейской территории, продвигаясь на север до Кольского полуострова и на восток приблизительно до 85° в.д. Еще одна область с условно неблагоприятными волнами тепла возникает на Чукотке и Камчатке.

Прогноз на середину XXI в. для «жесткого» сценария RCP8.5 показывает распределение балла дискомфорта волн тепла, отличающееся от сценария RCP4.5 (рис. 1.10в). Область абсолютно неблагоприятных значений, отмечавшаяся на юге ЕТР, расширяется до 54° с.ш. и продвигается на восток до 90° в.д. По сравнению со сценарием RCP4.5 уменьшается область абсолютно неблагоприятных волн тепла в районе Таймыра и еще одна область появляется на юге Чукотки и севере Камчатки. При этом сокращается зона с условно неблагоприятными волнами тепла на севере ЕТР, и появляются небольшие зоны условно неблагоприятных волн тепла в Хабаровском крае и на крайнем юге Камчатки.

1.2.1.5. Волны холода

Волна холода – резкое понижение температуры, распространяющееся в определенном направлении и захватывающее с течением времени все большую территорию, связанное с вторжением холодной воздушной массы из высоких широт, а в Европе зимой – также с востока (Хромов, Мамонтова, 1974).

В начале XX в. в словаре Брокгауза и Ефрона (Энциклопедический..., 1903) дано довольно подробное описание этого явления. Впервые волны холода были описаны в конце XIX в. в США М. Вудруфом, который в 1881–1884 гг. изучал их (Lieut, Woodruff, 1884). Потом Т. Рассел продолжил исследования и дал более точное определение этого явления. Волной холода, по Расселу (Russel, 1895), в Северной Америке называют быстрое понижение температуры по меньшей мере на 20 °F. (11 °C), наблюдаемое на площади не менее 50000 кв. миль. Обычно волны холода появляются в районе Скалистых гор и катятся, как волна к юго-востоку, достигая нередко Атлантического океана (Russel, 1895). Чаще всего волны холода наблюдаются в зимние месяцы (с максимумом в декабре).

В Европейской России о существовании волн холода впервые было указано проф. Б.И. Срезневским в 1885 году (Срезневский, 1941), при этом он отмечал их сходство с североамериканскими волнами: «Они также зарождаются на крайнем

северо-западе или, реже, севере – преимущественно в Лапландии; и обнаруживают поступательное, подобное волне, движение на юго-восток. Волны холода перемещаются с северо-запада на юго-восток европейской части России всего в 2–5 дней, со средней скоростью около 700 км в сутки, а средняя продолжительность волны равна 2.7 суток. Наиболее резко выражены и наиболее часто наблюдаются волны холода в зимние месяцы: декабрь–март, но наиболее опасны для растительности поздневесенние и летние волны холода» (Энциклопедический..., 1903). На территории нашей страны волны холода в основном связаны с полярными и ультраполярными вторжениями и приводят к затоку холодных воздушных масс в более низкие широты, осуществляющемуся в тылу циклонов. Обычно волны холода сопровождается сильными и холодными ветрами, связанными с прохождением атмосферных фронтов.

На Европейской территории и в Западной Сибири наибольшая продолжительность волн холода приходится на весну. Повторяемость волн холода в меньшей степени зависит от сезона, но наибольшие значения их среднесезонной суммарной продолжительности и интенсивности наблюдаются зимой (Клещенко, 2010).

Негативные последствия воздействия волн холода на человека, его здоровье, различные отрасли хозяйства и природу очевидны. В частности, волны холода приводят к переохлаждению, требуют большего потребления калорий человеком или животными. Экстремальный зимний холод часто вызывает сбои в работе жилищно-коммунального хозяйства (аварии, прорывы трубопроводов и теплотрасс), а также увеличивает расходы электроэнергии и топлива. Металлы становятся хрупкими на морозе, происходят сбои в работе транспорта. Во время экстремального холода возрастает опасность пожаров, которая усугубляется возможным замерзанием системы водоснабжения. Для сельского хозяйства особенно опасны волны холода, которые приносят неожиданные заморозки в период вегетации и могут погубить растения на ранних и наиболее уязвимых стадиях роста, что приводит к неурожаю.

Тенденции изменения температуры зимнего сезона в контексте глобального потепления не всегда однозначны. Во втором оценочном докладе Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации (Второй оценочный..., 2014) было показано, что за период 1976–2012 гг. зимой скорость потепления заметно

Распространение волн тепла и холода

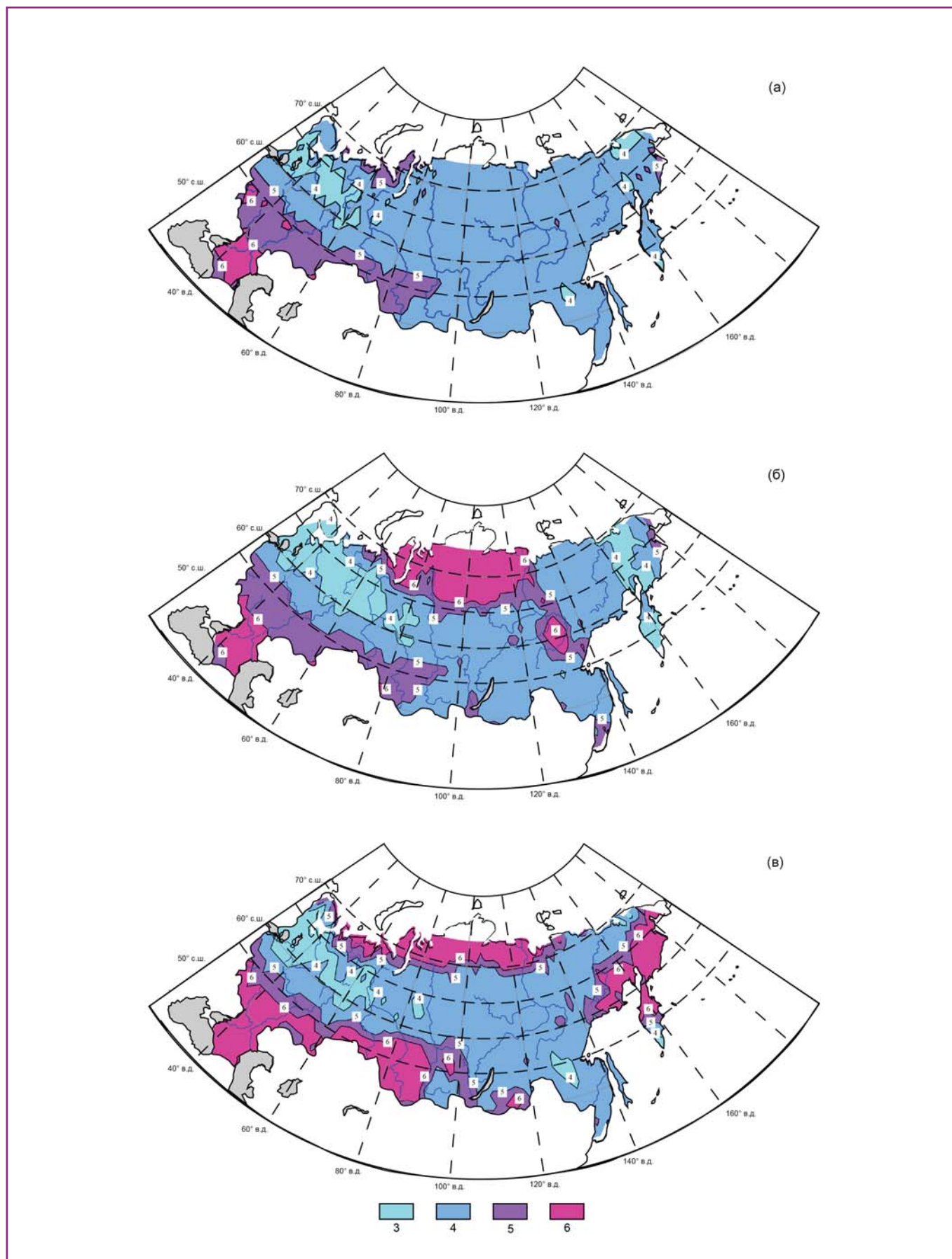


Рис. 1.10. Волны тепла (балл дискомфорта) за период: 1980–1999 гг., «исторический» период (а); 2046–2055 гг., сценарий RCP4.5 (б); 2046–2055 гг., сценарий RCP8.5 (в).

Глава 1. Климатические аномалии и экстремальные события на территории России

снизилась (от 0.35 до 0.18 °С/10 лет). Зимние сезоны стали более холодными на крайнем Северо-Востоке России. Обширная область зимнего похолодания образовалась на юге Западной Сибири после 2008 г. и распространяется на всю азиатскую часть страны (Второй оценочный..., 2014). При этом область интенсивного потепления зимних сезонов располагается на Европейской территории России.

Во Втором оценочном докладе также отмечается, что на востоке европейской части имеется область убывания отрицательных экстремумов минимальных температур, а в восточной части РФ (восточнее 90° в.д.) экстремумы обоих знаков минимальной температуры значительно растут (Второй оценочный..., 2014). В целом, анализ изменений экстремальных температур зимнего сезона с середины 1970-х гг., показывает, что на большей части территории страны повторяемость экстремально холодных эпизодов уменьшается; т.е., как самые холодные, так и наиболее теплые эпизоды становятся теплее.

Значительное число исследований посвящено воздействию экстремальных температур и, в частности, волн холода на здоровье человека (Ревич, Шапошников, 2012; 2016; Ревич и др., 2013). В работе Б.А. Ревича и Д.А. Шапошникова (2016) показано, что в северных городах волны холода (и особенно длинные, более 8 дней) оказывают сильное влияние на уровень смертности населения. От воздействия волн холода в наибольшей степени страдают люди пожилого возраста.

Исследование изменения числа случаев, интенсивности и продолжительности волн холода и экстремально низких температур (ниже –30 °С) на территории России для различных периодов с 1961 до 2010 г. проводилось по данным метеорологической сети из архива ВНИИГМИ–МЦД (www.meteo.ru). Были использованы ежедневные данные 531 метеостанции для территории России за зимний период (декабрь–февраль).

Для определения волн холода используются различные критерии, среди которых: понижение среднесуточной температуры воздуха на определенную величину, отклонение среднесуточной температуры от нормы, изменение температуры воздуха на величину, равную удвоенному среднеквадратическому отклонению (Смирнов, Аликина, 2006), или понижение температуры ниже определенного порога. Например, в работе (Ревич, Шапошников, 2012) волна холода определяется как минимум из девяти последовательных дней со среднесуточной температурой ниже –14.4 °С.

В настоящей работе в качестве пороговых значений для определения волн холода рассматриваются значения, соответствующие 5-перцентилю распределения минимальной суточной температуры. Для выделенных по данному критерию случаев проведена оценка изменения количества, интенсивности и продолжительности волн холода для зимнего периода (декабрь–февраль) на территории России с 1961 до 2010 г.

В качестве базового был выбран период 1961–1990 гг. Оценка волн холода проводилась для 1991–2000 гг., 2001–2010 гг., 1991–2010 гг.

Для каждого периода определялось среднее за период число дней с минимальной температурой, ниже порогового значения, соответствующего 5-перцентилю функции распределения; среднее количество волн холода, продолжительностью три дня и более; максимальное число дней в волне холода и минимальная температура в волне холода. Изменения характеристик волн холода при современном потеплении климата оценивались по изменению всех перечисленных параметров по сравнению с базовым периодом. Значимость изменений определялась по критерию Стьюдента. Для всех рассчитанных параметров были построены карты характеристик волн холода для рассматриваемых периодов (Виноградова, 2018).

Таблица 1.8. Пороговые значения минимальной температуры (°С), соответствующие 5-перцентилю функции распределения

Широтный сектор	Меридиональный сектор				
	30–60° в.д. ЕТР	60–90° в.д. Западная Сибирь	90–120° в.д. Центральная Сибирь	120–150° в.д. Восточная Сибирь	150–180° в.д. Дальний Восток
60–80° с.ш. север	–31	–43	–51	–52	–43
40–60° с.ш. центр и юг	–22	–30	–41	–36	–28
40–50° с.ш. юг	–15	–	–	–28	–

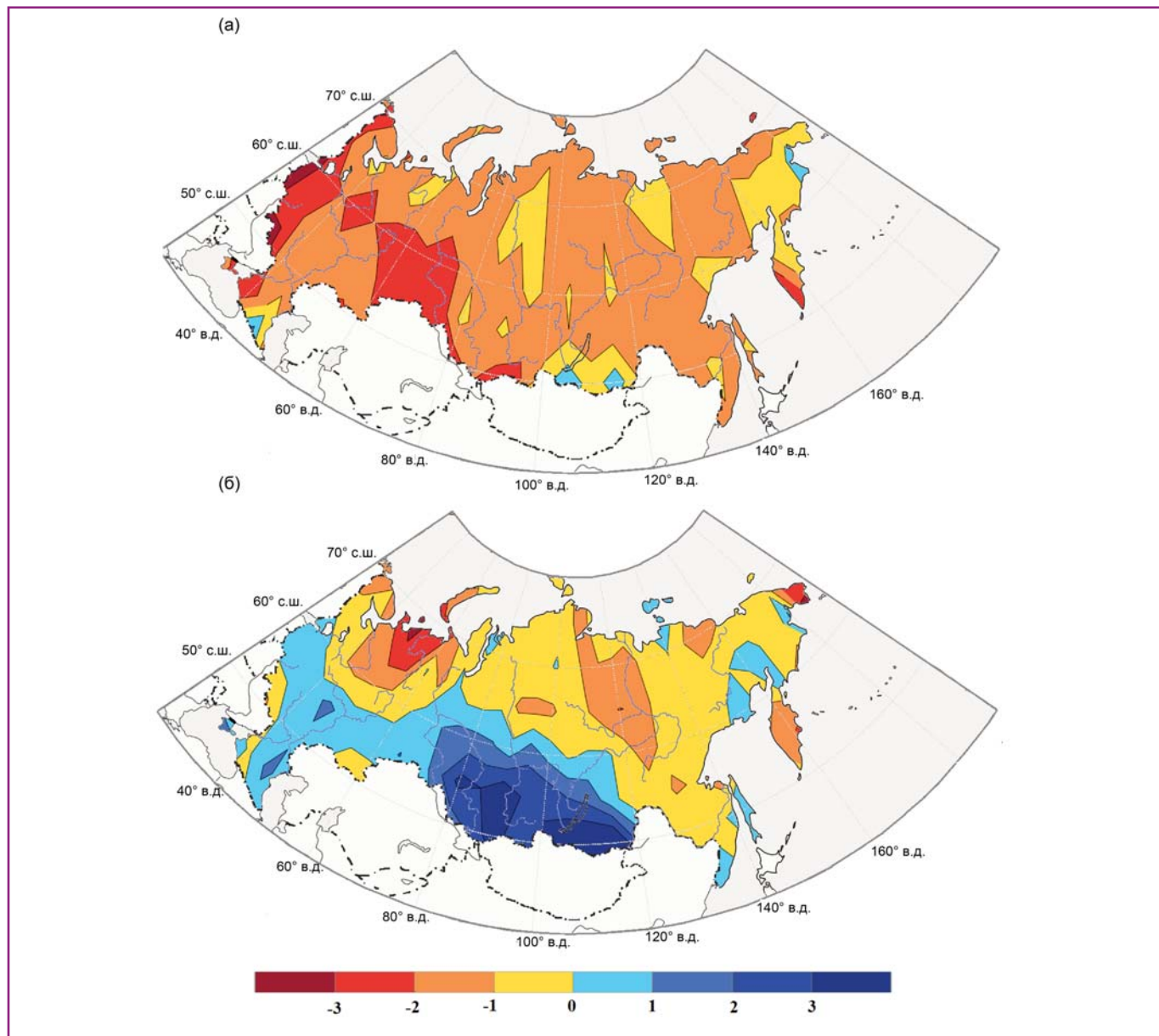


Рис. 1.11. Изменение числа дней с минимальной температурой ниже 5-перцентиля функции распределения в 1991–2010 гг. по сравнению с 1961–1990 гг. (а); в 2001–2010 гг. по сравнению с 1991–2000 гг. (б).

Для периода 1961–1990 гг. зимой (декабрь–февраль) в западной половине территории России (приблизительно до 80° в.д. на севере и до 100° в.д. на юге) отмечалось в среднем 4–5 дней с минимальными температурами ниже порогового значения. В восточной половине страны таких дней меньше – всего 2–3. Это связано, по-видимому, со стационарованием здесь в зимнее время Сибирского антициклона, в котором низкие температуры наблюдаются длительное время. Максимальное количество дней с низкими температурами (6–7 дней) наблюдалось на Северном Кавказе и в Ленинградской области, т.е., в регионах с достаточно мягким климатом. Пороговые значения минимальной температуры, соответствующие 5-перцентилю функции

распределения, приведены в таблице 1.8. На Европейской территории России пороговые значения минимальной температуры составляют –31 °С на севере и около –15 °С на юге, а в Сибири –50 °С и –35...–40 °С соответственно (табл. 1.8). На Дальнем Востоке пороговые значения немного увеличиваются до –43 °С на севере и –28 °С на юге. Таким образом, в районах, где в среднем отмечается не очень много дней с морозами ниже порогового значения, сами пороговые значения соответствуют очень низким температурам. Поэтому волны холода, связанные с арктическими вторжениями, характерны для Европейской территории России и Западной Сибири. Для остальной территории можно говорить об аномальных морозах.

Глава 1. Климатические аномалии и экстремальные события на территории России

При потеплении климата (1991–2010 гг.) число дней с аномально низкими температурами сокращается практически на всей территории России, за исключением крайнего северо-востока. На рис. 1.11а показано значимое изменение числа дней с очень низкими температурами воздуха для периода 1991–2010 гг. по сравнению с периодом 1961–1990 гг. Наибольшее сокращение числа дней с низкими температурами (на 2–3 дня) отмечается на южном Урале, в среднем Поволжье и в западных областях России (Виноградова, 2018).

Однако, в течение этих двадцати лет ситуация менялась. Начиная с 1990-х г. число дней с аномально низкими температурами сокращалось, но в начале XXI в. (2001–2010 гг.) в центральных областях ЕТР и на юге Сибири начинает увеличиваться число холодных дней по сравнению с предыдущим десятилетием (1991–2000 гг.) (рис. 1.11б). При этом самые значительные изменения (более 3 дней) наблюдаются на юге Сибири. На остальной территории России число холодных дней сокращается на 1–2 дня, особенно на севере Европейской территории и в Якутии. На крайнем северо-востоке число аномально холодных дней практически не меняется.

При потеплении наблюдалось уменьшение количества волн холода продолжительностью более трех дней, особенно на Европейской территории, где

таких волн было больше всего в предшествующий период (1961–1990 гг.). Но в начале XXI в. наблюдалось увеличение количества длительных волн холода на юге и в центральных областях ЕТР и на юге Сибири.

Максимальная продолжительность волн холода значительно уменьшилась при потеплении (1991–2010 гг.) по сравнению с 1961–1990 гг. во многих регионах России, за исключением Кольского полуострова, севера ЕТР и центра Сибири (рис. 1.12). На Европейской территории максимальная продолжительность волны холода во второй период уменьшилась в среднем на 5 дней, а в южных областях – на 10 дней. На севере ЕТР, в центре Сибири наблюдался рост продолжительности волн холода на 1–3 дня. На Азиатской территории России отмечается уменьшение максимальной продолжительности волн холода. В Западной Сибири, на Таймыре, в Чукотском АО продолжительность волн холода сократилась на 6–8 дней, а на Алтае и в Саянах – на 10–15 дней. Также необходимо отметить кардинальное изменение ситуации в начале XXI в. На большей части территории России в 2001–2010 гг. максимальная продолжительность волны холода или не изменилась, или увеличилась. В регионах, где наблюдалось уменьшение максимальной продолжительности волн холода (на ЕТР, кроме севера и востока, на юге Сибири, в Забайкалье, в Приморском крае и в Чукотском АО),

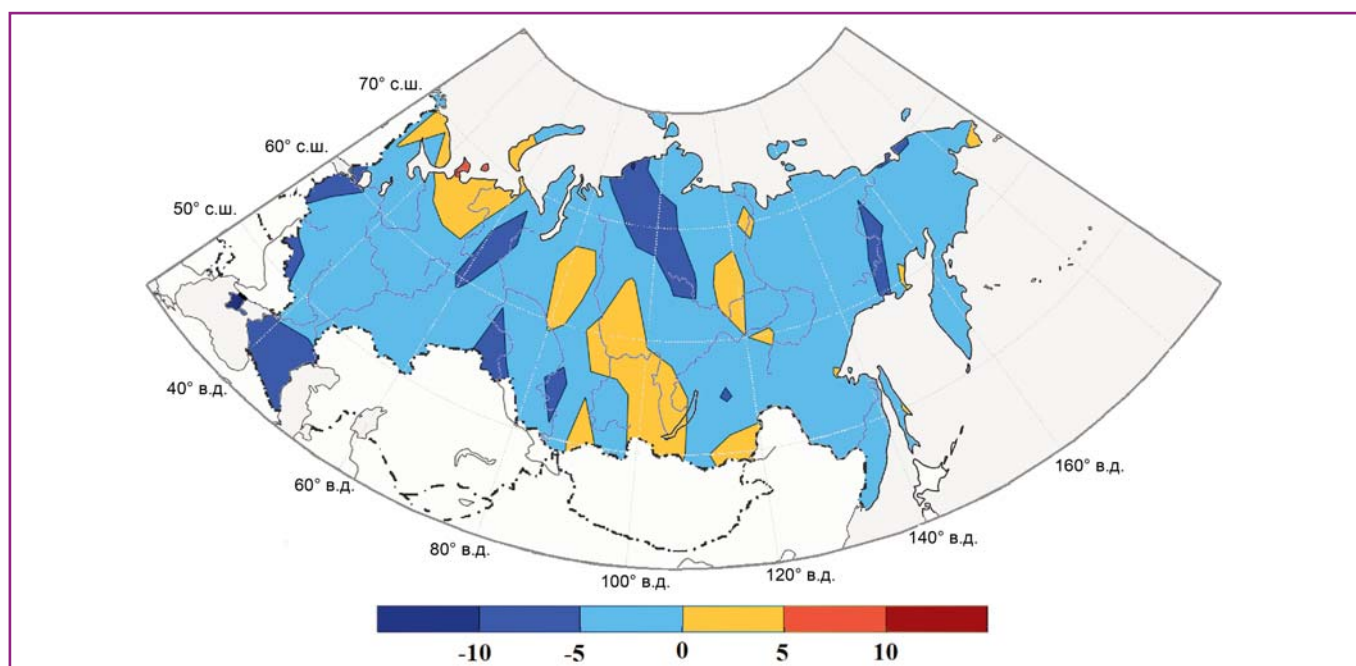


Рис. 1.12. Изменение максимального числа дней с волнами холода в период 1991–2010 гг. по сравнению с периодом 1961–1990 гг.

Распространение волн тепла и холода

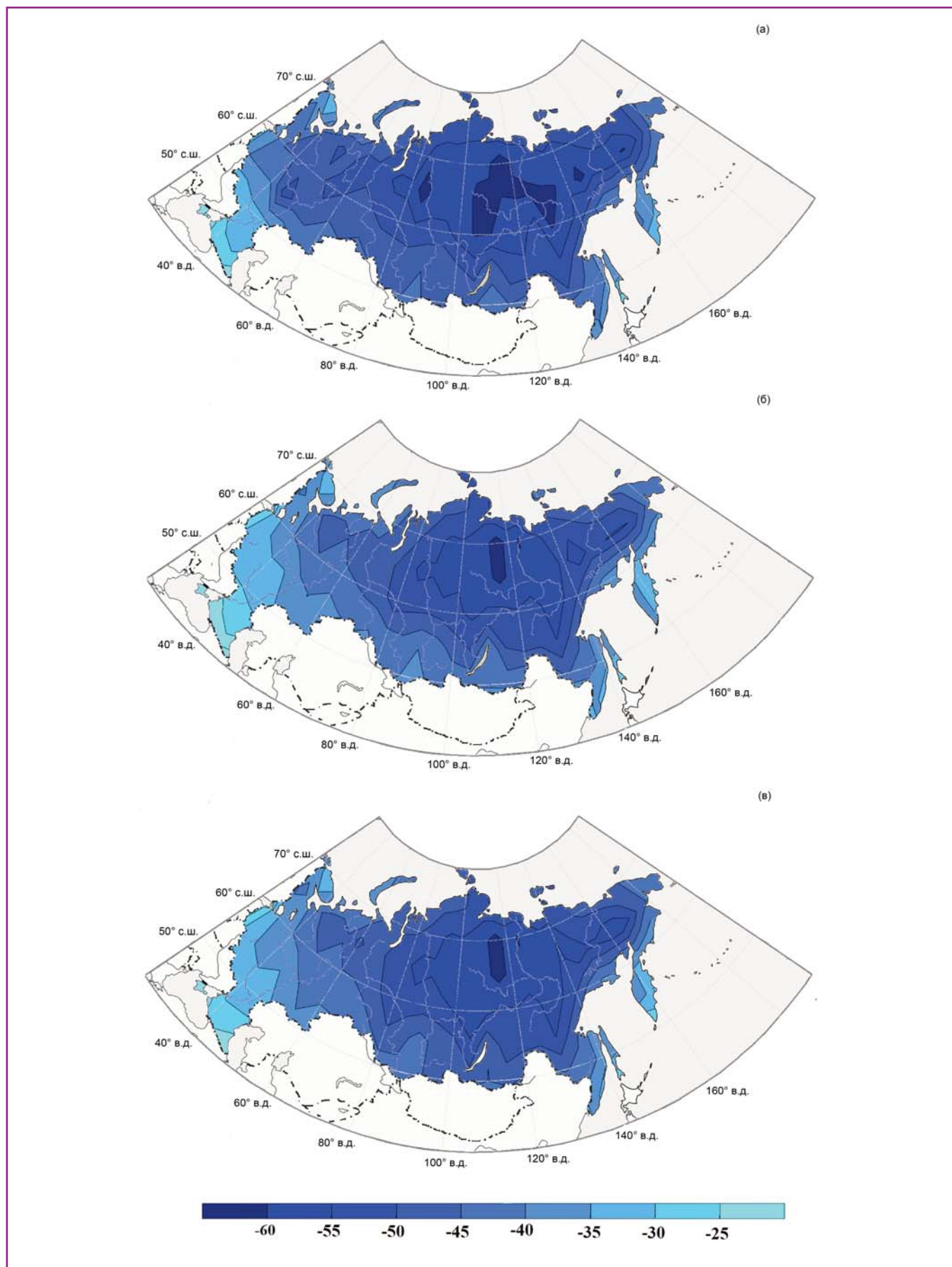


Рис. 1.13. Минимальная температура (°C) в волне холода для среднемноголетних условий 1961–1990 гг. (а); периода 1991–2000 гг. (б); и периода 2001–2010 гг. (в).

Глава 1. Климатические аномалии и экстремальные события на территории России

произошло увеличение этого параметра на 4–6 дней. На севере ЕТР и в центре Сибири длина волн уменьшилась на 5–10 дней (Виноградова, 2018).

Важной характеристикой волны холода является минимальная наблюдавшаяся температура. За период 1961–1990 гг. минимальная температура в волне холода на Европейской территории России составляла от -40 до -45 °С в северных и центральных областях и от -30 до -35 °С – на юге ЕТР (южнее 50° с.ш.) (рис. 1.13а). В центре и на севере Якутии и Красноярского края и в Чукотском АО минимальные температуры опускались до $-55...-60$ °С. На юге Сибири и на Дальнем Востоке минимальные температуры были немного выше от -45 до -50 °С, а в Приморском крае – от -35 до -40 °С.

В последующие десятилетия абсолютные минимальные температуры повышаются, а области с очень низкими температурами значительно сокращаются по площади. Наиболее значительный рост температуры наблюдался в 1991–2000 гг. на Европейской территории России, где в центральных областях он достигал $10-15$ °С, а на севере и юге – $5-7$ °С (рис. 1.13б). В азиатской части рост минимальных температур был меньше и на большей части территории составлял $3-5$ °С, а на севере Якутии он был минимален – $1-2$ °С. В 2001–2010 гг. рост минимальных зимних температур замедляется, по сравнению с предыдущим десятилетием (рис. 1.13в). Минимальные температуры по-прежнему повышаются на севере Европейской территории на $3-5$ °С, а в центре и на юге понижаются на $2-4$ °С. На востоке страны рост минимальной температуры на $4-6$ °С наблюдался только в Якутии, Амурской области, на севере Приморского края и на Чукотке, а на остальной территории минимальная за период температура не менялась или понижалась. Особенно значительное понижение на $6-8$ °С отмечалось на юге Западной Сибири и в Прибайкалье.

В конце XX – начале XXI в. также наблюдался значимый рост средней минимальной температуры в волне холода, особенно в азиатской части России (на $8-10$ °С). На ЕТР и в Западной Сибири рост средней минимальной температуры был не столь значительным и составил $2-4$ °С. В начале XXI в. (2001–2010 гг.) – на пике потепления рост средней минимальной температуры в центре и на северо-востоке Европейской территории немного усилился, а на юге Сибири и в Прибайкалье средние минимальные температуры в волне холода понизились на $8-12$ °С.

1.2.2. Сезонные изменения экстремальных суточных сумм осадков

1.2.2.1. Влияние экстремальных осадков на жизнедеятельность населения

Повторяемость и интенсивность экстремальных осадков является одними из многих факторов, влияющих на жизнедеятельность населения. Экстремальные осадки зимой увеличивают снегонакопление и способствуют возникновению опасного весеннего половодья. Экстремальные осадки в переходные и летний сезоны часто являются причиной катастрофических наводнений на некоторых территориях, увеличивая риски для жизни людей и функционирования производственной и социальной инфраструктуры. Они особенно сильно влияют на инфраструктуру водоснабжения, сточных вод и ливневого дренажа, причем это влияние проявляется сильнее при стареющей инфраструктуре.

Системы водоснабжения и очистки сточных вод во время обильных осадков практически перестают справляться со своими функциями и начинают представлять опасность для окружающей среды и здоровья человека, поскольку становятся значительным источником химического и биологического загрязнения экосистем, водных объектов и почвы вследствие сбросов и перегрузок. Иногда это загрязнение может быть необратимым, а также влиять на окружающие районы.

Часто экстремальные осадки приводят к ранениям и гибели людей, т.е. могут непосредственно воздействовать на здоровье человека. Воздействие на здоровье может происходить и после экстремального события. Человек может быть вовлечен в деятельность, с риском для его здоровья и в период восстановления инфраструктуры и очистки территории после наводнения.

Среднегодовое число разрушительных погодных и климатических явлений в Европе за период с 1998 по 2007 г. увеличилось приблизительно на 65% (ЕЕА, 2008). По данным того же источника, общая сумма убытков, причиненных погодными и климатическими явлениями, возросла с менее чем 7.2 млрд евро за десятилетие в 1980–1989 гг. до 13.7 млрд евро в 1998–2007 гг.

Что касается социальных последствий, то информация, представленная в базе данных о чрезвычайных происшествиях CRED (Центр исследований по эпидемиологии катастроф) (EM-DAT, 2009) показывает, что за последние 20 лет около 40 млн человек

Изменения экстремальных суточных сумм осадков

нуждались в удовлетворении основных потребностей, связанных с выживанием, таких как: безопасное убежище, медицинская помощь, безопасное водоснабжение и санитарно-профилактические мероприятия. Это число приблизительно 5 раз больше, по сравнению с 8 млн человек, которые пострадали за предыдущие два десятилетия (1970–1990 гг.).

Ограниченные данные о наводнениях, полученные в результате нескольких эпидемиологических исследований, показали, что наибольшая смертность связана с утоплением, сердечными приступами, гипотермией, травмами и дорожно-транспортными происшествиями (Meusel et al., 2004).

Сильные ливни часто предшествуют вспышкам болезней, передаваемых через воду (Miettinen et al., 2001), но экстраполировать последствия этих явлений с точки зрения климата не представляется возможным (McMichael et al., 2004).

Целенаправленное исследование влияния экстремальных осадков и наводнений на здоровье населения проводилось в США (USGCRP, 2016). Было доказано, что экстремальные осадки и сток вызывают вспышки болезней, передаваемых через воду (Curriero et al., 2001). Поэтому прогноз долговременных тенденций изменения осадков важен, чтобы оценить ожидаемые риски. Также экстремальные осадки вызывают вспышки болезней вследствие загрязнения поверхностных и грунтовых вод. Запаздывание вспышек составляет около месяца для загрязненных поверхностных вод и двух месяцев для грунтовых вод.

В другой работе (Alderman et al., 2012) представлен детальный обзор статей за 2004–2011 гг., в котором анализируются количественные связи между наводнениями и здоровьем населения в США. Обнаружены кратковременные и долговременные последствия влияния наводнений на здоровье и их зависимость от характеристик наводнений и уязвимости населения. Показано, что долговременные последствия все еще не поддаются полному объяснению. В первый год после наводнения возможно значимое увеличение смертности и возрастание риска вспышки эпидемиологических болезней на территории перемещения населения.

Анализ вспышек распространяющихся через воду болезней в зависимости от частоты, интенсивности и продолжительности экстремальных погодных случаев, связанных с осадками за период 1910–2010 гг., показал, что вспышкам предшествовали обильные осадки и наводнения в 55.2 и 52.9% случаев экстре-

мальной погоды (Cann et al., 2013). Большинство вспышек были вызваны патогенами *Vibrio* spp. (21.6%) и *Leptospira* spp. (12.7%) в результате загрязнения запасов питьевой воды.

Различные аспекты методики выявления экстремальных осадков и возможности их воспроизведения глобальными климатическими моделями обсуждались многими исследователями (Allan, Soden, 2008; Groisman et al., 1999; Leander et al., 2014; Kiktev et al., 2003; Золина, Булыгина, 2016). Исследование изменения экстремальных осадков в условиях глобального потепления, как в глобальном, так и в региональном масштабе, было выполнено в многочисленных работах (Alexander et al., 2006; Frich et al., 2002; Groisman et al., 2005; Klein Tank, Können, 2003; Zolina et al., 2009).

Выявлено, что в целом на территории России с 1966 по 2012 г. наблюдалось усиление интенсивности экстремальных осадков, что увеличило риск возникновения наводнений (Золина, Булыгина, 2016). Все большее количество дней с осадками, превышающими 95-перцентиль зимой, наблюдается на станциях Европейской России и Западной Сибири в период 1977–2006 гг. (Булыгина и др., 2007). Увеличение максимальной за зиму высоты снежного покрова в период 1966–2010 гг. наблюдалось на значительной территории Западной и Восточной Сибири, на побережье Охотского моря и юге Дальнего Востока, в центральных и северо-восточных областях Европейской территории (Bulygina et al., 2011). В последние десятилетия количество средних и сильных снегопадов увеличилось на востоке Европейской России и на западе Сибири и уменьшилось на северо-востоке Сибири (Борзенкова, Шмакин, 2012).

Ниже рассматриваются изменения сезонных характеристик экстремальных осадков на территории России в период современного потепления 1991–2013 гг. по сравнению с климатической нормой 1961–1990 гг., а также их тренды за период 1961–2013 гг., в том числе в регионах повышенной частоты наводнений и болезней, передаваемых через воду. Были проанализированы экстремальные суточные суммы осадков на территории России, выделенные по суточным данным на основе значений 95 перцентили, рассчитанных для каждой метеостанции за сезон в период 1961–1990 гг. (пороговое значение). По данным климатических архивов суточных сумм осадков на 527 метеостанциях России (www.meteo.ru) были рассчитаны следующие сезонные характеристики экстремальных осадков за каждый год в период

Глава 1. Климатические аномалии и экстремальные события на территории России

1961–2013 гг.: (1) среднее значение суточных сумм осадков, превышающих пороговое значение (мм/сутки); (2) повторяемость суточных сумм осадков выше порогового значения. Далее ежегодные характеристики были осреднены в климатические периоды 1961–1990 гг. и 1991–2013 гг. Изменение повторяемости экстремальных суточных сумм осадков были рассчитаны в процентах для их сравнения в разные сезоны. Рассматривались временные ряды с пропусками не более 10%. Оценка значимости изменений повторяемости выполнена с помощью критерия χ^2 Пирсона (Rhoades, Overall, 1982). Дополнительно были оценены климатические тренды тех же характеристик за период 1961–2013 гг. Говоря о коэффициентах линейного тренда, мы имеем в виду временную регрессию. Статистическая значимость трендов была оценена согласно методике, описанной в (Seber, 1977).

Основное внимание уделялось выявлению станций: (1) со значимыми коэффициентами линейного тренда за период 1961–2013; (2) со значимыми изменениями характеристик экстремальных осадков. Весной и летом население России более подвержено болезням, передающимся через воду. Помимо весеннего и летнего сезона были более детально рассмотрены изменения характеристик экстремальных осадков зимой, поскольку весеннее половодье во многом зависит от количества зимних осадков.

Наиболее густонаселенная территория России занимает лишь 1/5 всей площади страны, но на ней проживает более 4/5 населения. При этом основная часть этой территории расположена в Европейской России. Природные условия жизнедеятельности населения в наиболее населенной части являются комфортными (благоприятными) для проживания и подразделяются на три зоны в зависимости от степени комфортности (Золотокрылин и др., 2012). Вся остальная территория, включая и горные ландшафты, заселена крайне слабо или местами вообще не заселена. Здесь расположены четыре наиболее дискомфортные зоны для жизнедеятельности (Золотокрылин и др., 2012).

Природноочаговые заболевания – это инфекционные и гельминтозные болезни, существующие в природных экосистемах в связи со стойкими очагами инфекции и инвазии. К болезням, передаваемых зараженной водой относятся бактериальные инфекции: (1) туляремия (возбудитель болезни – *Francisella tularensis*); (2) лептоспироз (возбудитель болезни – лептоспиры из семейства *Spirochaetaceae*). Особое место занимают паразитарные гельминтозы: (3) ди-

филлоботриоз (возбудителем болезни является паразитический червь лентец из рода *Diphyllobothrium*, промежуточными хозяевами паразита являются пресноводные рачки родов *Cyclops* и *Diaptoms*, и рыбы; (4) описторхоз (возбудителем болезни является паразитический трематод *Opisthorchis felineus*, промежуточными хозяевами паразита являются пресноводный моллюск *Bithinia leachi* и рыбы; (5) клонорхоз (возбудителем болезни является трематод *Clonorchis sinensis*, промежуточными хозяевами паразита являются моллюски); (6) парагонимоз (возбудитель парагонимоза – ленточный сосальщик *Paragonimus westermani*, промежуточными хозяевами паразита являются моллюски, раки). Инфекционные заболевания человека, в том числе трансмиссионные (т.е. передаваемые посредством переносчиков), распространены повсеместно на территории России (Медико-географический..., 2015). Возбудители и переносчики природноочаговых болезней входят в состав природных экосистем, существуют в них независимо от человека и представляют серьезную опасность для здоровья человека. Современные изменения климата приводят к изменению условий их распространения, возрастанию числа факторов риска (Второй оценочный..., 2014). Отметим, что из-за латентного течения заболевания можно только косвенно оценить влияние наблюдаемых экстремумов на частоту указанных болезней. Характеристики изменения экстремальных осадков рассматривались с учетом пространственного распределения повторяемости опасных наводнений на территории России (Национальный..., 2008). Также выбранные характеристики анализировались с использованием информации о пространственном распределении передаваемых через воду природноочаговых болезней на территории России (Национальный..., 2008; Медико-географический..., 2015).

Анализ пространственного распределения повторяемости экстремальных суточных сумм осадков в период 1991–2013 гг. по сравнению с периодом 1961–1990 гг. показал, что повторяемость экстремальных осадков зимой увеличилась на большей части территории России. Число метеостанций со значимыми изменениями повторяемости экстремальных осадков зимой составило 33% от общего числа рассмотренных станций (рис. 1.14а). Рост экстремальных осадков преобладал на территории с наибольшей плотностью населения. Области наиболее однородных изменений экстремальных суточных осадков зимой были выявлены на западе и на востоке России. Статистически значимое увеличение на 20–40% по

Изменения экстремальных суточных сумм осадков

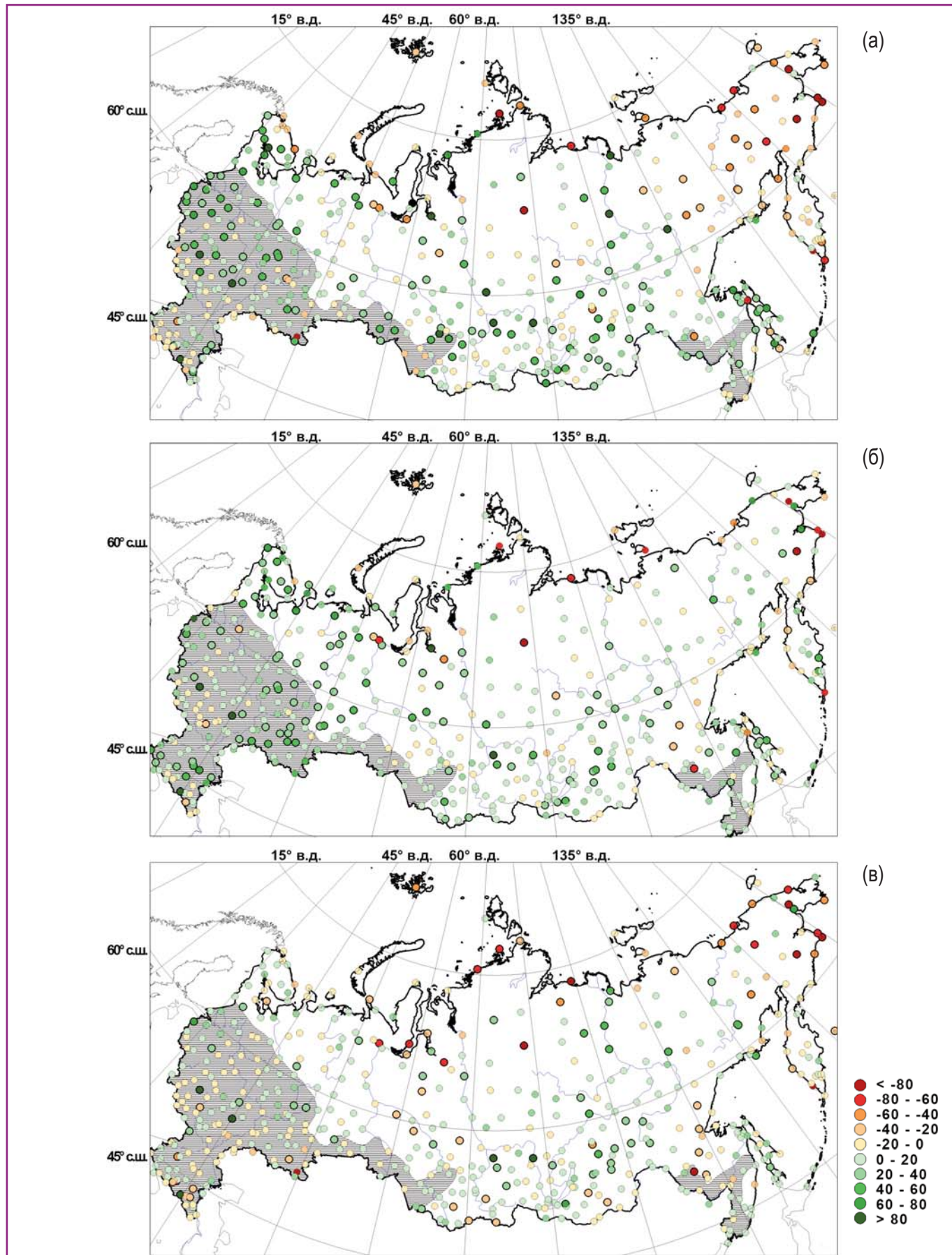


Рис. 1.14. Изменение повторяемости экстремальных суточных сумм осадков (%) зимой (а), весной (б) и летом (в) за период 1991–2013 гг. по сравнению с 1961–1990 гг. Условно благоприятная зона с наибольшей плотностью населения (4/5 населения) России заштрихована (Национальный..., 2008).

Глава 1. Климатические аномалии и экстремальные события на территории России

сравнению с нормой наблюдалось в центре Европейской России. Отметим, что такое же увеличение экстремальных осадков зафиксировали метеостанции, расположенные на берегах крупных сибирских рек Енисей и Лена. Значимое уменьшение повторяемости экстремальных осадков в среднем на 40% наблюдалось на побережье Арктики и северо-востоке России (включая Чукотский полуостров).

Как и зимой, увеличение весенних экстремальных суточных осадков преобладало на территории России в период 1991–2013 гг. по сравнению с 1961–1990 гг. (рис. 1.14б). Число метеостанций со значимыми изменениями повторяемости экстремальных осадков весной составило 31% от общего числа рассмотренных станций. Пространственная структура и значения повторяемости экстремальных осадков зимой и весной хорошо согласованы (рис. 1.14). Особенностью пространственного распределения повторяемости экстремальных осадков весной является смещение области значимого увеличения повторяемости из центра Европейской России в ее восточную часть. При этом наибольший значимый рост на 20–40% наблюдался на востоке Европейской России. Пожалуй, наиболее существенное отличие ситуации зимой и летом в том, что уменьшение повторяемости экстремальных осадков на Северо-Востоке России (включая Чукотский полуостров) зимой в период 1991–2013 гг. сменилось их небольшим ростом весной. Помимо отражения динамики изменений повторяемости экстремальных осадков, полученные результаты указывают, что максимумы водного эквивалента снега на территории России (Bulygina et al., 2011) были достигнуты в период 1991–2010 гг.

Число станций, где наблюдались значимые изменения повторяемости экстремальных осадков летом, уменьшилось до 19% по сравнению с зимним периодом (рис. 1.14с). В отличие от зимы и весны, летом 47% значимых изменений были положительными, а 53% – отрицательными. Вместе с тем, как и зимой, летом положительные изменения повторяемости на наиболее густонаселенных территориях России преобладали на большинстве станций. Однако эти изменения в основном были статистически незначимыми. Число станций со значимыми положительными изменениями повторяемости экстремальных осадков уменьшилось на арктическом побережье и в северо-восточной части России, за исключением Чукотского полуострова.

Таким образом, повторяемость экстремальных суточных осадков в период 1991–2013 гг. по сравне-

нию с 1961–1990 гг. значимо возросла зимой и весной. Это произошло во всех регионах России. Выявленные изменения сказались на росте снеготаяния (Bulygina et al., 2011) и привели к увеличению рисков весенних наводнений в особенности в регионах повышенной повторяемости опасных наводнений. Однако неопределенность сохраняется на территории ЕТР, поскольку повышение зимней температуры привело к уменьшению глубины промерзания почвы и увеличению ее дренирующих свойств. В некоторых районах на западе и на юге ЕТР количество и продолжительность зимних оттепелей, во время которых происходит снеготаяние, возросло в первое десятилетие XXI в. по сравнению с 1961–1990 гг. (Кренке и др., 2012). В свою очередь уменьшение запасов воды в снежном покрове к началу весны приводит к формированию условий для снижения стока весеннего половодья (Второй оценочный..., 2014).

Положительный тренд значимых изменений экстремальных суточных сумм осадков на территории России за период 1961–2013 гг. выявлен на 2/3 метеостанций во все сезоны. Число станций со значимыми положительными коэффициентами тренда изменений экстремальных суточных сумм осадков (зимой 59, весной 65, летом 64, осенью 69%) превышает соответствующее число с отрицательными коэффициентами тренда (зимой 41, весной 35, летом 36, осенью 33%). Для всех сезонов года на большей части территории России наблюдается устойчивая тенденция увеличения изменений экстремальных осадков, не превысившая 0.8 мм/сутки за десятилетие (Zolotokrylin, Cherenkova, 2017).

Как показано на рис. 1.15а, полувековые отрицательные тренды изменений экстремальных осадков зимой отмечались в основном на малонаселенном арктическом побережье страны, включая Чукотский полуостров. Обращает на себя внимание доминирование отрицательных значимых трендов (от –0.2 до –0.5 мм/сутки за десятилетие) на густонаселенной южной половине Европейской России (особенно в бассейне Дона), затрагиваемой весенними паводками смешанного происхождения (снеговыми и дождевыми). Согласно исследованию, выполненному в (Второй оценочный..., 2014), весенний сток Дона снизился до 30% за последние десятилетия. Изменения гидрологического режима реки Дон в основном являются следствием зимнего потепления климата как в этой части Восточно-Европейской равнины, так и во всех ее регионах. Сток р. Дон в апреле в период 1991–2014 гг. уменьшился за счет изъятия из него

Изменения экстремальных суточных сумм осадков

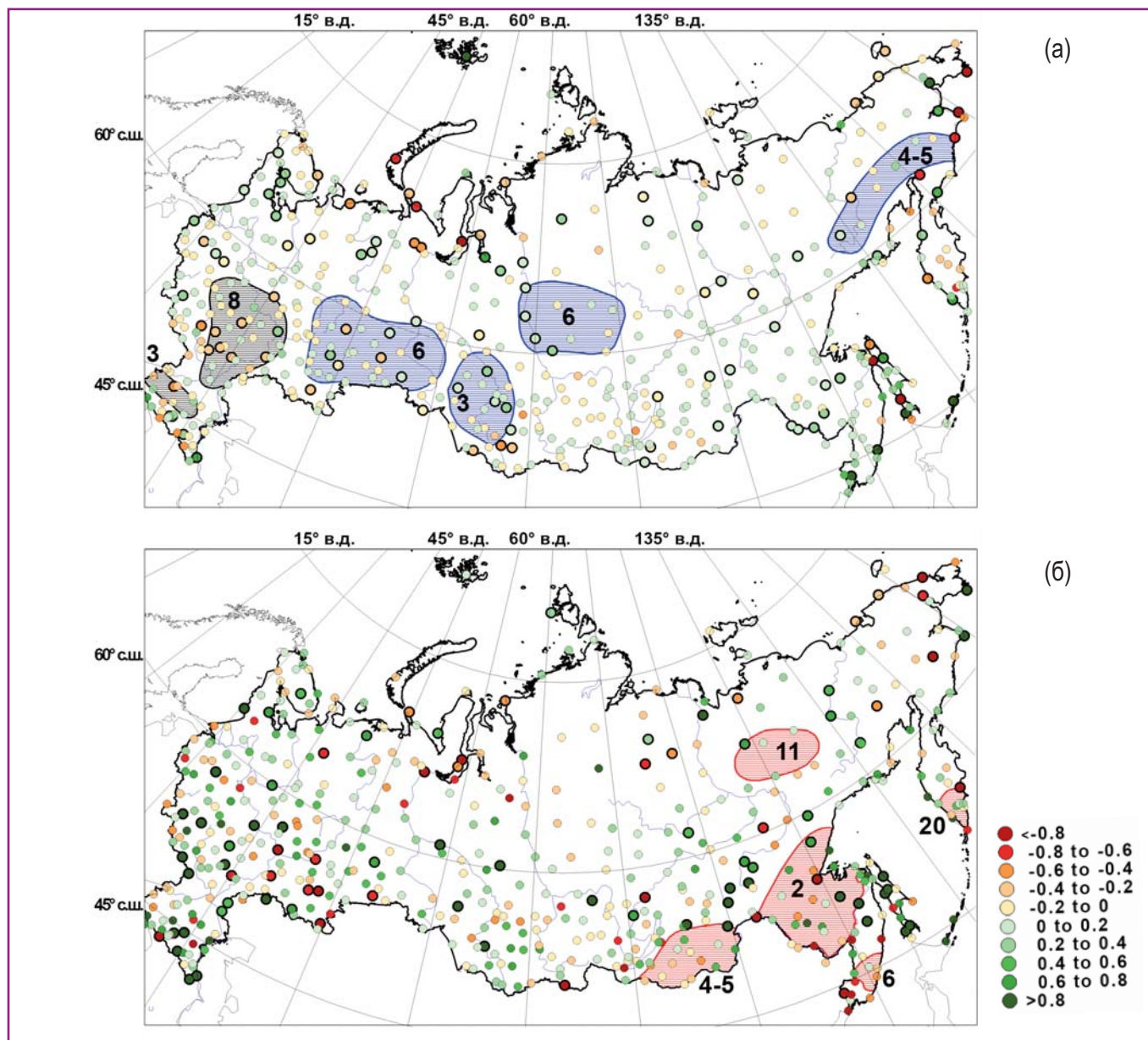


Рис. 1.15. Десятилетние тренды изменений экстремальных суточных сумм осадков зимой (а) и летом (б) в период 1961–2013 гг. (мм/сутки/декада). Области повышенной повторяемости опасных наводнений, имеющих снеговое происхождение (синим цветом), смешанное снеговое и дождевое происхождение (черным цветом). Имеющие дождевое происхождение области повышенной повторяемости опасных наводнений показаны красным цветом (Национальный..., 2008). Цифрами показано число событий/год.

доли талой воды, сформированной во время более частых и более интенсивных зимних оттепелей. Это обусловлено существенным ростом числа дней с положительными температурами воздуха и, в меньшей степени, ростом жидких осадков. В результате, несмотря на рост повторяемости случаев экстремальных осадков весной, наблюдалось уменьшение стока половодья вследствие задержки притока в русло талых вод. Снижение стока вызвано уменьшением запасов воды в снежном покрове к началу весеннего снеготаяния в результате не только снижения осадков, но и увеличения числа и продолжитель-

ности оттепелей зимой. В итоге весенних полноводных паводков на Дону не было почти 16 лет. В другом районе опасных весенних паводков – бассейне реки Кубань – зимой также преобладали отрицательные тренды (см. рис. 1.15а), но они были статистически незначимыми (Zolotokrylin, Cherenkova, 2017).

Зимой в районе опасных паводков снегового происхождения, расположенном на Южном Урале (включая Предуралье и Зауралье), число станций с положительными (0.1–0.2 мм/сутки за десятилетие) и отрицательными (–0.2 мм/сутки за десятилетие) трендами было приблизительно одинаково. Вместе с тем

Глава 1. Климатические аномалии и экстремальные события на территории России

положительные тренды (0.2 мм/сутки за десятилетие) наблюдались в Алтайском крае с частыми опасными паводками на притоках Оби (один раз в 3 года) и в районе среднего течения Енисея (один раз в 6 лет). Самое крупное катастрофическое наводнение за последние полвека в Алтайском крае произошло весной 2014 г. из-за сочетания снеготаяния и обильного выпадения осадков. В результате возрос риск химического и биологического загрязнения воды, предназначенной для потребления человеком, и изменений распределения переносчиков инфекции и грызунов. Нарушались режим поставки воды и ее качество, что в свою очередь повлияло на эффективность процессов обработки воды и на стабильность распределяемой питьевой воды. Повышение мутности поверхностных вод и увеличение количества патогенных микроорганизмов (и их индикаторов) привело к дополнительной нагрузке для водоочистных станций, особенно для объектов по обработке поверхностных вод. Ущерб от разрушительного наводнения на Алтае весной 2014 г. был оценен почти в 5 млрд рублей (<http://territoryengineering.ru/vyzov/navodnenie-v-altajskom-krae/>). Менее разрушительное наводнение повторилось в некоторых районах Алтайского края в 2016 г. (<https://regnum.ru/news/2250147.html>)

Летом количество станций со значимым отрицательным трендом изменений экстремальных суточных сумм осадков в период 1961–2013 гг. сократилось на арктическом побережье, включая Чукотский полуостров, по сравнению с зимой (рис. 1.15б). Количество метеостанций со значимым отрицательным трендом (до –0.6...–1.1 мм/сутки за десятилетие) возросло в юго-восточной части Европейской России (Заволжье и Южное Предуралье). В этом районе выявлено значимое увеличение повторяемости засух в последние десятилетия (Черенкова, 2013). Важно отметить, что в областях наиболее часто повторяющихся дождевых паводков (Приамурье, Забайкалье) доминировали незначимые тренды. Сильные положительные тренды изменений экстремальных осадков (увеличение до 1.5–1.7 мм/сутки за десятилетие) наблюдались в южной части Дальневосточного округа в бассейне реки Амур (см. рис. 1.15б), что свидетельствует о повышении риска наводнений в этом регионе. Летнее наводнение 2013 г., охватившее огромные территории российского Дальнего Востока и северо-востока Китая, стало одним из наиболее масштабных стихийных бедствий последнего десятилетия — по продолжительности, площади распространения, числу пострадавших и экономическому ущербу (527 млрд

рублей) (Данилов-Данильян, Гельфан, 2014). Полученные результаты согласуются с выводами, сделанными в работе (Золина, Булыгина, 2016).

Следует отметить частые сильные наводнения в южной части Приморского края в конце лета – начале осени (см. рис. 1.15б). Большинство из них связано с проходящими над Японским морем в это время тропическими тайфунами. Последнее разрушительное наводнение связано с влиянием тайфунов Lion Rock (в конце августа 2016 г.) и Nam Teun (в начале сентября 2016 г.). По оценке Комиссии Министерства чрезвычайных ситуаций Российской Федерации ущерб от наводнения составил около 500 млн евро на территории нескольких административных районов Приморского края (http://www.mchs.gov.ru/upload/site1/document_file/MUUuMnux6f.pdf). В результате наводнения были затоплены многие населенные пункты, разрушена внутренняя инфраструктура, включая энергетику, транспорт, водоснабжение. Погиб весь урожай и большое количество домашнего скота. Существенно возросли риски для здоровья населения из-за загрязнения питьевой воды патогенами.

Статистически значимые коэффициенты тренда повторяемости изменений экстремальных суточных сумм осадков зимой составили почти 40% от коэффициентов тренда на всех рассмотренных метеостанциях России. Причем 71% из них были положительными. Тенденция увеличения повторяемости экстремальных суточных сумм осадков зимой в период 1961–2013 гг. наблюдалась практически на всей территории России. Исключение составили метеостанции Чукотского полуострова, где наблюдается тенденция уменьшения экстремальных суточных осадков (в среднем от –0.2 до –0.6 мм/сутки за декаду). Число станций с положительными значимыми трендами повторяемости экстремальных осадков (в среднем по территории 0.58 мм/сутки за десятилетие) летом незначительно уменьшилось до 63% на всей территории России (рис. 1.16а). Положительные коэффициенты трендов летом сохранились на большей части Восточной и Западной Сибири, а также в Европейской России.

На рис. 1.16 показана область (под номером 1) лесостепных и лугово-степных экосистем Центрально-Черноземного региона, где были зафиксированы случаи инфекционных бактериальных природноочаговых болезней туляремия и лептоспироз. Как показано на рис. 1.16б, наименьшее число случаев заболеваемости лептоспирозами (менее 1 случая/год) в период 1997–2010 гг. наблюдалось в Курской и Липецкой областях, а также на севере Саратовской области. Среднегодовое число случаев

Изменения экстремальных суточных сумм осадков

заболеваемости в тот же период в Тамбовской области составило 1–5 в год, 5–15 случаев в Белгородской, Воронежской и Пензенской областях. Наибольшая повторяемость лептоспирозов обнаружена на севере и востоке Центрально-Черноземного региона: 15–40 случаев/год в Орловской и Рязанской областях и 40–80 случаев/год в Тульской области и в Республике Мордовия. Отметим, что наибольшее число заболеваний наблюдалось на территории с положительными значимыми трендами повторяемости экстремальных осадков летом в период 1961–2013 гг. Аналогично выводу, сделанному в работе (Сапп et al., 2013) на примере территории США, большинство отмеченных выше случаев заболеваний на территории России были вызваны патогенами *Leptospira* spp. в результате загрязнения питьевой воды.

В подтаежных лесостепных сильно заболоченных равнинных экосистемах Западной Сибири из передаваемых через воду инфекций распространена только туляремия (рис. 1.16а, область под номером 2). Положительный значимый тренд повторяемости осадков (0.4 мм/сутки за десятилетие) в этом районе выявлен только на одной метеостанции, хотя локальные летние дождевые паводки здесь наблюдаются почти ежегодно.

Отрицательные тренды повторяемости экстремальных осадков доминировали в районах часто повторяющихся летних наводнений в Приамурье (до $-0.3...-1.1$ мм/сутки за декаду). Амурские лесные широколиственные экосистемы, расположенные на Дальнем Востоке России (рис. 1.16а, область под номером 3), представляют собой большой очаг паразитарных гельминтозов: (1) дифиллоботриоз; (2) описторхоз; (3) клонорхоз; (4) парагонимоз. Возбудителями этих болезней являются паразитические черви, которые в процессе жизненного цикла сменяют двух или трех хозяев. Окончательный хозяин – человек. Употребление в пищу сырой, малосоленой или слабо проваренной рыбы становится причиной заражения человека. Формирование очагов связано с хорошо прогреваемыми, слабопроточными мелководьями, благоприятными для развития рачков. Поэтому отрицательный тренд повторяемости экстремальных осадков в этом очаге гельминтозов не имеет решающего значения.

Проведенный анализ сезонных характеристик экстремальных осадков в период 1961–2013 гг. показал, что повторяемость экстремальных суточных осадков зимой и весной в период 1991–2013 гг. значимо воз-

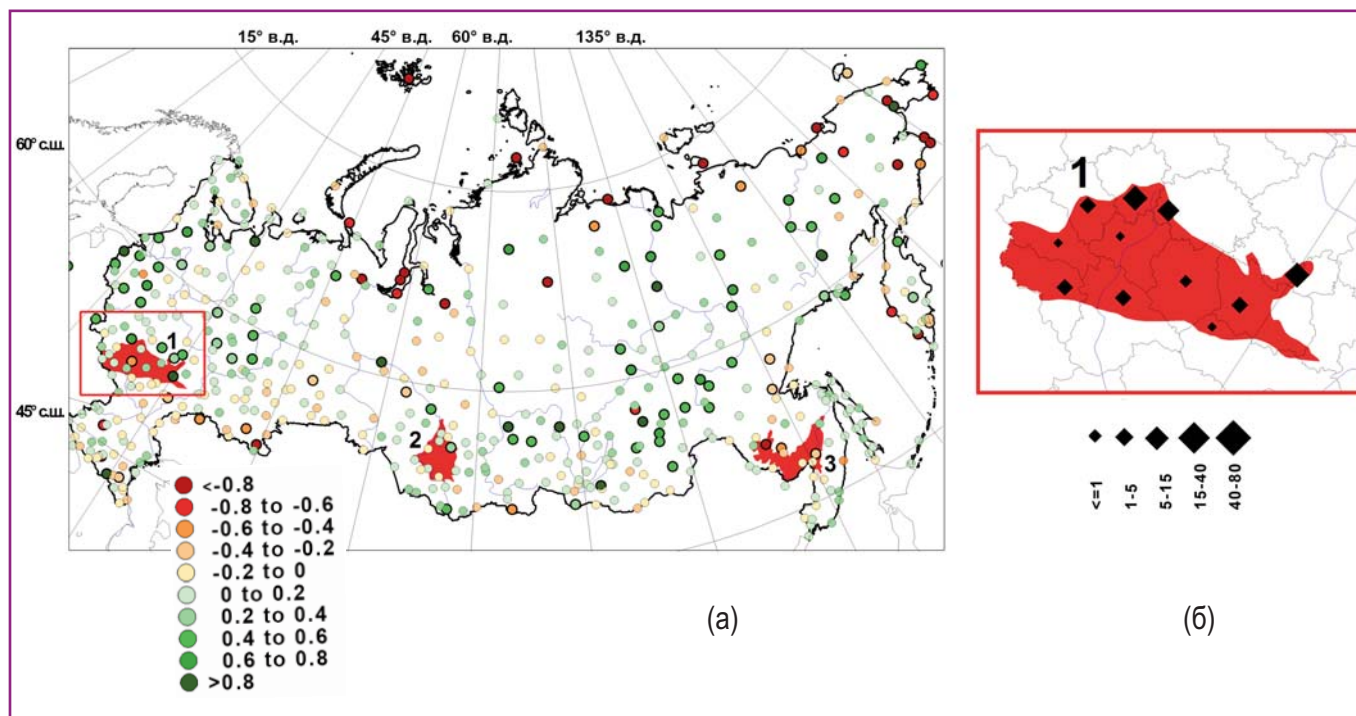


Рис. 1.16. Десятилетние тренды повторяемости изменений экстремальных суточных сумм осадков летом в период 1961–2013 гг. (мм/сутки/декада) (а). Области наблюдения случаев заболеваемости туляремией и лептоспирозом в центре Европейской России (1), на юге Западной Сибири (2) и в бассейне реки Амур на Дальнем Востоке России (3) показаны красным цветом (Национальный..., 2008); среднегодовое число случаев заболеваемости лептоспирозами в Европейской России в период 1997–2010 гг. (Медико-географический..., 2015) показано ромбами (б).

Глава 1. Климатические аномалии и экстремальные события на территории России

росла в среднем на 20–40% по сравнению с климатической нормой 1961–1990 гг. как в малонаселенных, так и в густонаселенных регионах России. Исключение составило побережье Арктики зимой и весной и северо-восток России (включая Чукотский полуостров) зимой, где в период 1991–2013 гг. наблюдалось значимое уменьшение повторяемости экстремальных осадков в среднем на 40%. Выявленные зимой и весной изменения экстремальных суточных осадков в период 1991–2013 гг. по сравнению с климатической нормой сказались на росте снеготазов (Bulygina et al., 2011). Летом положительные статистически незначимые изменения повторяемости экстремальных осадков на наиболее густонаселенной территории России преобладали на большинстве станций.

Значимые положительные тренды изменений экстремальных суточных сумм осадков на территории России за период 1961–2013 гг. обнаружены на 2/3 метеостанций во все сезоны. Для всех сезонов года на большей части территории России в период 1961–2013 гг. наблюдалась устойчивая тенденция увеличения изменений экстремальных суточных осадков (0.8 мм/сутки за десятилетие). Уменьшение экстремальных суточных осадков зимой в южной половине Европейской России в тот же период, привело к снижению стока Дона. Положительные тренды изменений экстремальных суточных осадков зимой наблюдались в Алтайском крае, где часто наблюдаются опасные паводки на притоках Оби и в районе среднего течения Енисея. На фоне выявленных положительных трендов изменения экстремальных суточных осадков повышаются риски возникновения весенних катастрофических наводнений (подобных наводнению в Алтайском крае весной 2014 и 2016 гг.), и увеличиваются риски химического и биологического загрязнения воды. Летом сильные положительные тренды изменений экстремальных осадков наблюдались в южной части Дальневосточного округа в бассейне реки Амур в период 1961–2013 гг., что свидетельствует о повышении риска летних наводнений в регионе. Установлено, что в начале XXI в. на метеостанции Бомнак, расположенной в Верхне-Зейской котловине (Амурская область), после двадцатилетней паузы возобновились случаи экстремальных осадков в период с мая по сентябрь. В период 2001–2013 гг. отмечался статистически значимый на уровне 0.95 положительный тренд осадков, коэффициент тренда составил 15.9 мм/год (Черенкова и др., 2017). Участвовавшие в начале XXI в. катастрофические паводки на р. Амур и

ее притоках привели к ощутимым негативным последствиям для экосистем и жизнедеятельности населения, включая затопления населенных пунктов и сельскохозяйственных угодий, влияние на русла и поймы рек, нарушения инфраструктуры в районах паводка. Подтверждением этому является катастрофическое летнее наводнение 2013 г., охватившее обширные территории Дальнего Востока России и северо-востока Китая и приведшее к огромному экономическому ущербу, а также разрушительное наводнение в конце августа – начале сентября 2016 г. в южных районах Приморского края. Катастрофическое наводнение в 2013 г. на р. Амур возникло вследствие продолжительных осадков высокой интенсивности, выпадавших на всей территории водосбора в течение двух месяцев (Вербицкая и др., 2015). Причиной выпадения интенсивных продолжительных осадков на Дальнем Востоке в 2013 г. явилось длительное атмосферное блокирование зонального переноса в средних широтах, сопровождающееся аномально высокой температурой поверхности западной части Тихого океана (Мохов, 2014). Согласно данным дистанционного зондирования (из архива аномалий суммарного водного эквивалента (кг/м²) пространственного разрешения 1° × 1° гидрологической модели Noach 2.7.1 Global Land Data Assimilation System (GLDAS) эксперимента Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) (Rodell et al., 2004)), влагосодержание территории Амурско-Зейской равнины, накопленное к июлю 2013 г., было повышенным. Наиболее существенное переувлажнение территории отмечено в междуречье Амура и Зеи (Черенкова и др., 2017). В Амурской области наводнением было затоплено 126 населенных пунктов в 15 муниципальных образованиях; затоплению подверглись около 8 тыс. жилых домов с населением 36339 человек (Наводнение-2013, 2014). В период экстремальных многоволновых паводков 2007 и 2013 гг. на одном из крупнейших левобережных притоков р. Амур – Зее – максимальный расход воды за май–сентябрь в урочище Зейские Ворота в 1.5–2 раза превысил среднемноголетнее значение и составил 15200 и 11700 м³/с соответственно (Мандыч, 2014).

Тенденция увеличения повторяемости экстремальных суточных сумм осадков зимой в период 1961–2013 гг. наблюдалась практически на всей территории России. Положительные коэффициенты выявленных зимой трендов сохранились и летом на большей части Восточной и Западной Сибири, а также в Европейской России.

Изменения экстремальных суточных сумм осадков

Наибольшая повторяемость заболеваний лептоспирозами в Центрально-Черноземном регионе связана с положительными значимыми трендами повторяемости экстремальных осадков летом в период 1961–2013 гг. Она является следствием загрязнения источников питьевой воды.

Таким образом, изменения климата неоднозначно влияют на жизнедеятельность населения, связанную с нарушениями инфраструктуры вследствие изменений гидрологического режима рек и рисками загрязнения воды. Усиление водного цикла из-за потепления климата воздействует на частоту и интенсивность наводнений, и это влияние может быть различным. С одной стороны, увеличение интенсивных осадков приводит к увеличению опасности наводнений в районах, где наводнения обычно вызваны интенсивными летними дождями. В подтверждение этому рост осадков и повышенная повторяемость экстремальных осадков в период с мая по сентябрь на Дальнем Востоке в начале текущего столетия свидетельствует о сохранении высоких рисков сезонных наводнений. С другой стороны, теплые зимы с оттепелями и более раннее снеготаяние уменьшают интенсивность весенних пиков снеготаяния. И это подтверждается отсутствием экстремальности типичного для весны непродолжительного и обильного половодья в бассейне р. Дон в последние несколько десятилетий.

1.2.2.2. Модельные оценки экстремальных суточных сумм осадков к середине XXI века

Как было показано в предыдущем разделе, увеличение повторяемости и интенсивности экстремальных осадков является одним из многих факторов, влияющих на жизнедеятельность населения. В свою очередь, на формирование характеристик экстремальных осадков оказывает воздействие как естественная изменчивость климата, так и антропогенное потепление. Все это приводит к неопределенности оценок возможных рисков, связанных с ожидаемыми изменениями характеристик экстремальных осадков.

В связи с этим проведен анализ сезонных изменений характеристик экстремальных суточных сумм осадков на территории России, ожидаемых к середине XXI в. согласно результатам численных экспериментов на глобальных климатических моделях проекта CMIP5, и определены региональные особенности этих изменений в сравнении с результатами, полученными по данным наблюдений во второй половине XX – начале XXI в. (описанными в предыдущем разделе). Используются данные глобальных клима-

тических моделей международного проекта Coupled Model Intercomparison Project, Phase 5 (CMIP5): MPI-ESM, разработанная в Метеорологическом институте Макса Планка (Max Planck Institute for Meteorology, MPI-M), и HadGEM2-ES, разработанная в Центре Гадлея Метеослужбы Великобритании (Met Office Hadley Centre, МОHC). Рассмотрены два сценарных прогноза RCP4.5 и RCP8.5 изменений в период 2041–2060 гг., согласно которым величина радиационного форсинга к концу 2100 г. составит 4.5 и 8.5 Вт/м² соответственно (Rogelj et al., 2012). Суточные суммы осадков (мм/сутки/сезон) выше порогового значения были классифицированы как экстремально большие осадки. Пороговое значение рассчитывалось на основе значений 95% для каждого узла модельной сетки за каждый сезон в «исторический» период 1981–2000 гг. Для сравнения наблюдаемых изменений экстремальных осадков (<http://meteo.ru/>) и данных модельных проекций (<http://catalogue.ceda.ac.uk>) для каждой из 527 метеостанции сети Росгидромета были отобраны узлы сетки моделей в соответствии с реализованным на основе оценки кратчайшего расстояния алгоритмом определения «ближайшего соседа». Рассмотрены изменения повторяемости экстремальных суточных сумм осадков и их интенсивности, осредненные по сезонам за два двадцатилетних климатических периода: 1981–2000 гг. и 2041–2060 гг. Изменения повторяемости (%) за период 2041–2060 гг. были вычислены относительно средней повторяемости в 5 дней (95%) за базовый период 1981–2000 гг. Оценка значимости изменений повторяемости выполнена с помощью критерия χ^2 Пирсона (Rhoades, Overall, 1982).

Как показано на рис. 1.17а, б, зимой согласно модельным данным MPI-ESM к середине XXI в. на большей части территории России ожидается рост повторяемости экстремальных суточных осадков. Наибольшее увеличение повторяемости будет наблюдаться на ЕТР, в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. Сценарий RCP8.5 по сравнению с RCP4.5 для зимнего периода предполагает более широкую территорию значимых изменений на ЕТР и больший рост повторяемости на востоке Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. При этом возможные статистически значимые изменения к середине XXI в. по сравнению с базовым двадцатилетием могут составить от 30 до 75% (по обоим сценариям) на ЕТР; от 30 до 73% (RCP4.5) и от 38 до 62% (RCP8.5) в Забайкалье; от 40 до 63% (RCP4.5) и от 42 до 91% (RCP8.5) на востоке Восточной Сибири; от 47 до 110%

Глава 1. Климатические аномалии и экстремальные события на территории России

(RCP4.5) и от 38 до 97% (RCP8.5) на Чукотском полуострове; от 50 до 81% (RCP8.5) на Камчатке. Вместе с тем, на территории Западной Сибири, на западе Восточной Сибири и в Приморье ожидается статистически незначимое уменьшение повторяемости экстремальных суточных осадков, за редким исключением не превышающее 10% по сравнению с базовым периодом.

Весной в период 2041–2060 гг. по сравнению с 1981–2000 гг. модель MPI-ESM, как и зимой, предполагает увеличение повторяемости экстремальных осадков на большей части территории России (рис. 1.17в, г). Обширные области наибольшего роста повторяемости расположены в Поволжье, на севере и на юго-востоке ЕТР, на юге Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. Отметим, что весной сценарий RCP8.5 по сравнению с RCP4.5 демонстрирует более обширные области значимых изменений повторяемости и ее больший рост. К середине XXI в. статистически значимое увеличение повторяемости экстремальных суточных осадков весной может наблюдаться в Поволжье (от 28 до 68% по сценарию RCP4.5 и от 37 до 71% по сценарию RCP8.5); на севере ЕТР (от 34 до 79% по сценарию RCP8.5) и на юго-востоке ЕТР (от 41 до 56% по сценарию RCP8.5); на Алтае (от 33 до 43% по сценарию RCP8.5); на юге Восточной Сибири (от 24 до 57% по сценарию RCP4.5 и от 30 до 80% по сценарию RCP8.5); на Чукотском полуострове (от 40 до 82% по сценарию RCP4.5 и от 48 до 121% по сценарию RCP8.5), на полуострове Камчатка (от 50 до 61% по сценарию RCP4.5 и от 36 до 122% по сценарию RCP8.5).

Летом в 2041–2060 гг. модель MPI-ESM по сравнению с базовым периодом (рис. 1.17д, е) показывает возможное снижение повторяемости экстремальных суточных осадков на ЕТР южнее 54° с.ш. со значимыми изменениями от 35 до 54% по сценарию RCP4.5 и от 26 до 38% по сценарию RCP8.5. Севернее 54° с.ш. на ЕТР ожидается преобладание роста повторяемости экстремальных суточных осадков (от 26 до 61% по сценарию RCP4.5 и от 31 до 55% по сценарию RCP8.5). Обращает на себя внимание отсутствие обширных областей значимого роста повторяемости экстремумов летом на территории России согласно модельным прогнозам на середину XXI в. На территории Сибири ожидаемый значимый рост повторяемости экстремальных суточных осадков летом не превысит 50% по сценарию RCP4.5 и 60% по сценарию RCP8.5. Сценарий RCP8.5 не продемонстрировал более высокие значения изменений повторяемости

экстремумов осадков в летний сезон по сравнению со сценарием RCP4.5.

Согласно расчетам модели MPI-ESM осенью в период 2041–2060 гг. по сравнению с базовым двадцатилетием на большей части территории России ожидается рост повторяемости экстремальных суточных осадков (рис. 1.17ж, з). Вместе с тем пониженная повторяемость экстремумов осадков предположительно будет наблюдаться в южной половине ЕТР, в Предуралье и Зауралье, на Дальнем Востоке. Эти изменения статистически незначимы. Значимый рост ожидаемой повторяемости экстремумов будет наблюдаться в центре (от 31 до 50% по сценарию RCP4.5) и на севере ЕТР (от 32 до 48% по сценарию RCP4.5 и от 32 до 77% по сценарию RCP8.5); в северной половине Западной Сибири (от 31 до 55% по сценарию RCP4.5 и от 36 до 125% по сценарию RCP8.5) и на ее юго-востоке (от 36 до 45% по сценарию RCP8.5). На Чукотском полуострове повторяемость экстремальных сумм осадков может увеличиться на 40–80% по сценарию RCP4.5 и 37–100% по сценарию RCP8.5, на Камчатке – в среднем на 37%.

Анализ данных модели HadGem зимой, пространственное распределение которых отображено на рис. 1.18а, б, показал, что на территории России в период 2041–2060 гг. по сравнению с 1981–2000 гг. ожидается рост повторяемости экстремальных суточных осадков. При этом зимой модель предполагает наибольшие сезонные изменения. Статистически значимые изменения будут преобладать севернее 56° с.ш. согласно сценарию RCP4.5 и практически на всей территории согласно сценарию RCP8.5. Наиболее существенный рост на ЕТР прогнозируется в центре (от 34 до 70% по обоим сценариям), на юго-востоке (от 48 до 87% по сценарию RCP8.5), на севере (от 32 до 92% по сценарию RCP4.5 и от 36 до 106% по сценарию RCP8.5). Значимый рост повторяемости экстремальных осадков ожидается по сценарию RCP4.5 в северной половине Западно-Сибирской равнины (от 44 до 84%) и по сценарию RCP8.5 на всей территории равнины (от 36 до 111%). Наибольшие возможные изменения на территории Восточной Сибири произойдут по сценарию RCP4.5 в центре и на севере (до 120%), а по сценарию RCP8.5 значимое увеличение (от 33 до 134%) экстремальных осадков охватит всю территорию. Предполагаемый рост повторяемости экстремумов на Чукотском полуострове будет наибольшим и составит от 35 до 210% по сценарию RCP4.5 и от 47 до 356% по сценарию RCP8.5.

Изменения экстремальных суточных сумм осадков

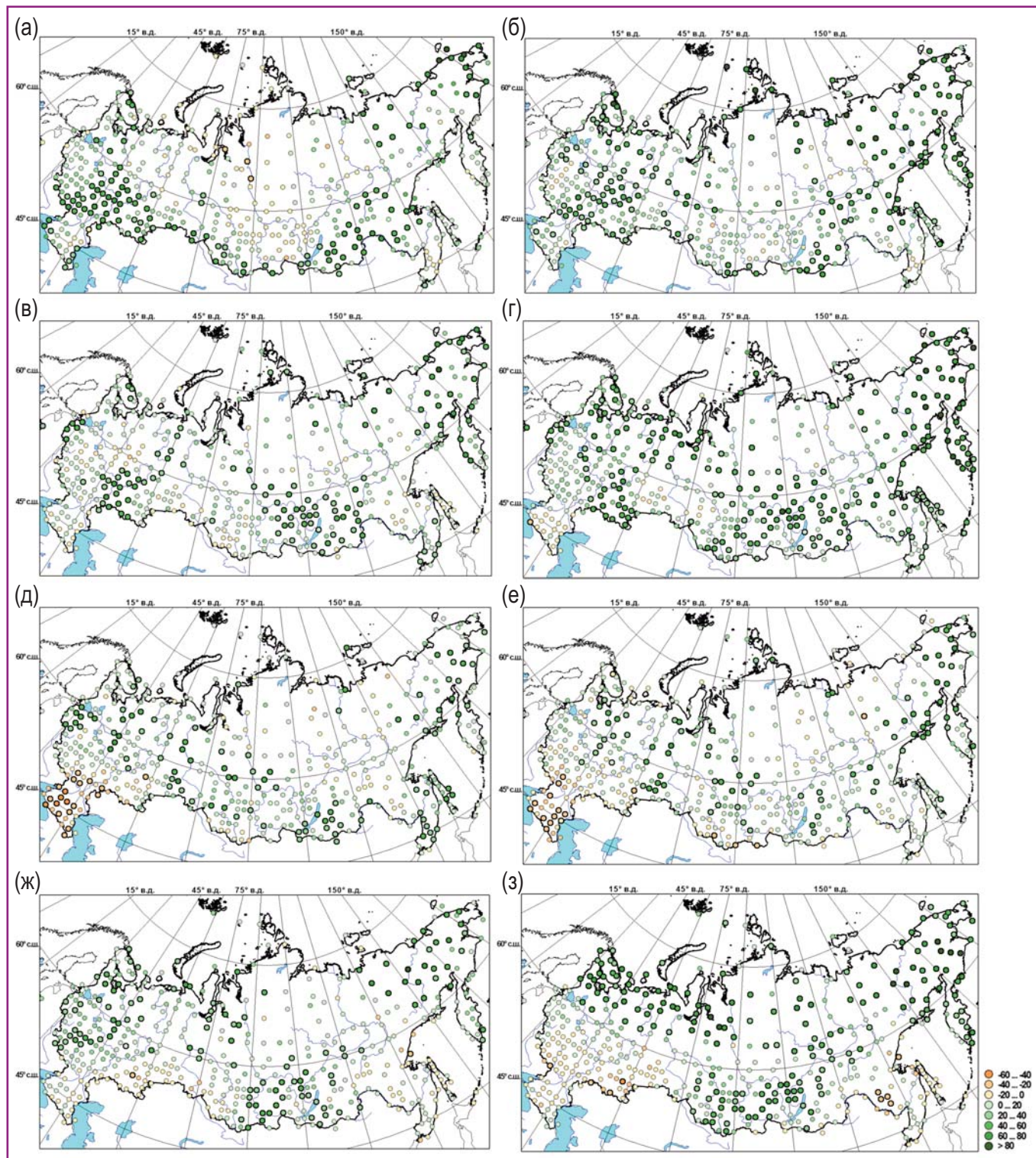


Рис. 1.17. Изменение повторяемости экстремальных суточных сумм осадков (%) зимой (а, б), весной (в, г), летом (д, е) и осенью (ж, з) в период 2041–2060 гг. по сравнению с 1981–2000 гг. согласно сценариям RCP4.5 (рисунки слева) и RCP8.5 (рисунки справа) по данным климатической модели MPI-ESM.

нарию RCP8.5. Необходимо отметить, что зимой сценарий RCP8.5 модели HadGcm продемонстрировал более существенный рост повторяемости экстремальных осадков, чем сценарий RCP4.5. Так, изменения по сценарию RCP8.5 превышают изменения по сценарию RCP4.5 в среднем в три раза на

юго-востоке ЕТР, в 3–3.5 раза на Алтае, в 1.5–2 раза на севере Ненецкого АО.

Весной следует ожидать сохранения зимних тенденций. Исключение составляет центр и юг ЕТР, где преобладающий рост повторяемости будет незначимым (рис. 1.18в, г). При этом темпы

Глава 1. Климатические аномалии и экстремальные события на территории России

роста весной по сравнению с зимой замедлятся, а рост повторяемости экстремальных осадков более 100% ожидается только на Чукотском полуострове.

Как показано на рис. 1.18д, е, летом районы ожидаемого сильного уменьшения повторяемости экстремальных суточных осадков локализованы в основных зернопроизводящих областях России. К середине XXI в. возможно статистически значимое уменьшение повторяемости экстремальных осадков: в Централь-но-Черноземном районе до 54% по сценарию RCP4.5 и до 46% по сценарию RCP8.5; на территории Оренбургской области до 57% по сценарию RCP8.5; на территории Алтайского края до 41% по обоим сценариям.

Как следует из сравнения рис. 1.18в, г, ж, з, пространственное распределение изменений повторяемости экстремальных осадков в целом имеет сходную структуру весной и осенью. Вместе с тем величина изменений повторяемости осенью в отличие от весны не превышает 100%. Обращает на себя внимание, что значимых изменений повторяемости экстремальных суточных осадков на востоке Восточной Сибири и на Чукотском полуострове больше весной, чем осенью.

Анализ данных моделей MPI-ES и HadGem показал, что к середине XXI в. оба рассмотренных сценария прогнозируют рост повторяемости экстремальных суточных осадков практически на всей территории России зимой, весной и осенью и на большей части территории России летом. Ожидаемые изменения по данным MPI-ES в целом соответствует величине изменений по данным наблюдений второй половины XX – начала XXI в. Несколько большие изменения зимой и осенью (в среднем 1.5–2 раза) прогнозируются моделью HadGem.

Согласно данным обеих рассмотренных климатической модели MPI-ES и HadGem зимой к середине XXI в. в центре и на севере ЕТР, а также в Забайкалье продолжится значимый рост повторяемости экстремальных суточных осадков. Значимое увеличение повторяемости ожидается на востоке и в центре (по данным MPI) и на севере (по данным HadGem) Восточной Сибири, а также на Чукотском полуострове согласно обеим модельным проекциям. Наиболее существенный рост предполагается на Чукотском полуострове (по данным HadGem).

Весной в середине XXI в. по данным обеих моделей ожидается, что повторяемость экстре-

мальных суточных осадков в Поволжье, на севере и на юго-востоке ЕТР (только по данным MPI), на юге Восточной Сибири и на Камчатке продолжит увеличиваться теми же темпами, что во второй половине XX – начале XXI в. (Черенкова, 2017). В то же время обе модели предполагают более высокие темпы роста повторяемости экстремальных суточных осадков на Чукотском полуострове весной по сравнению с результатами метеостанций.

Как и по данным наблюдений в период 1961–2013 гг. и по данным MPI-ESM, летом к середине XXI в. ожидается значимое снижение повторяемости экстремальных суточных осадков на ЕТР южнее 54° с.ш. и отсутствие обширных областей значимого роста повторяемости экстремумов на остальной территории. Уменьшение повторяемости экстремальных осадков на юге ЕТР по данным MPI-ESM (сценарий RCP4.5) согласуется с результатами, полученными при оценке изменений средних осадков в период 2041–2060 гг. ансамбля из 31 МОЦАО проекта CMIP5 (Второй оценочный..., 2014). В то же время модель HadGem прогнозирует существенное уменьшение повторяемости экстремальных осадков в районах активной сельскохозяйственной деятельности и ее значимое увеличение на Дальнем Востоке.

В целом пространственное распределение направленности изменений повторяемости экстремальных осадков осенью по данным модельного прогноза MPI-ESM достаточно хорошо согласуется с аналогичными результатами по данным наблюдений, приведенными в предыдущем разделе. Так, к середине XXI в. продолжится значимый рост повторяемости экстремальных суточных осадков в центре ЕТР, в центре и на юге Восточной Сибири. Вместе с тем, разнонаправленные изменения на Чукотском полуострове, наблюдаемые во второй половине XX – начале XXI в., предположительно сменятся повсеместным увеличением повторяемости экстремальных осадков согласно данным MPI-ESM. По данным модели HadGem, осенью на севере ЕТР и на юге Восточной Сибири, как и по данным наблюдений, продолжится значимый рост повторяемости экстремальных осадков.

Ожидаемое к середине XXI в. значимое увеличение повторяемости экстремальных суточных осадков зимой в бассейне Дона (MPI-ESM по сце-

Изменения экстремальных суточных сумм осадков

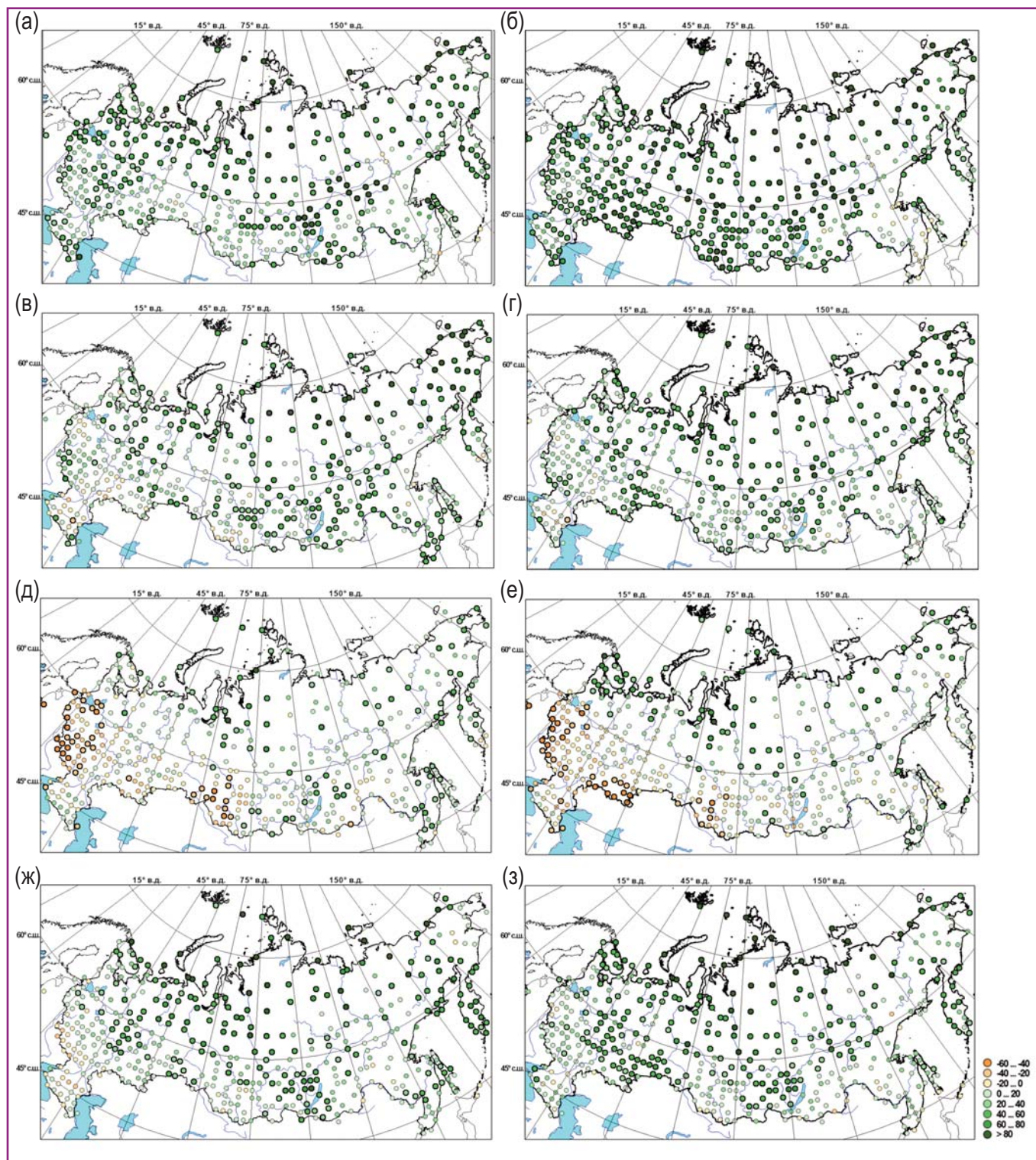


Рис. 1.18. Изменение повторяемости экстремальных суточных сумм осадков (%) зимой (а, б), весной (в, г), летом (д, е) и осенью (ж, з) в период 2041–2060 гг. по сравнению с 1981–2000 гг. согласно сценариям RCP4.5 (рисунки слева) и RCP8.5 (рисунки справа) по данным климатической модели HadGem.

нариям RCP4.5 и RCP8.5 и HadGEM2 по сценарию RCP8.5) и летом в бассейне Амура (MPI-ESM по сценарию RCP4.5 и HadGEM2 по сценариям RCP4.5 и RCP8.5) может негативно сказаться на сезонной паводковой ситуации с неблагоприятными последствиями для жизнедеятельности насе-

ления. Возможное существенное снижение повторяемости экстремальных суточных осадков летом на территории как европейской, так и азиатской части зернового пояса России, может оказать влияние на функционирование зернопроизводящей отрасли.

Глава 1. Климатические аномалии и экстремальные события на территории России

1.2.3. Междусуточные перепады температуры

Важность оценки воздействия междусуточных перепадов температуры на здоровье человека

Глобальные изменения на планете воздействуют на климат, прежде всего, через атмосферную циркуляцию, обеспечивающую обмен воздушными массами и высокую изменчивость режимов погоды. При смене воздушных масс локальные среднесуточные температуры скачкообразно меняются. В результате этого возникают междусуточные перепады температур разного знака, часто воздействующие на здоровье населения. Наиболее сильные и частые междусуточные перепады температур наблюдаются при резких сменах погоды в приполярных районах Евразии (Мироновская и др., 2010). Влияние больших междусуточных перепадов температуры на здоровье, и в частности, на течение сердечно-сосудистых заболеваний и увеличение риска смертности от этих болезней нашли свое подтверждение во многих работах (Ревич и др., 2011; Roger et al., 2012; Козловская и др., 2014; Русанов 1973; Danet et al., 1999; Kloner, 1999). В России Русанов (1973) установил достоверную связь между перепадами температуры разного знака более $4\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{сутки}$ и ростом частоты сердечно-сосудистых катастроф в Екатеринбурге. Выявлена значимая статистическая связь числа госпитализаций больных с

диагнозом острый инфаркт миокарда и междусуточных перепадов температуры воздуха как в сторону ее повышения, так и в сторону снижения летом в Москве в течение 2009–2012 гг. (Ревич и др., 2011). Это указывает на значительное воздействие междусуточных перепадов температуры на здоровье и даже смертность населения. Как правило, вероятность воздействия на здоровье возрастает при перепадах температуры порядка $4\text{--}6\text{ }^{\circ}\text{C}$ и более.

География, частота перепадов температуры и изменение ее по сезонам важны для понимания последствий их воздействия на человека при современном климате и при ожидаемом антропогенном потеплении.

Распределение междусуточных перепадов температуры по территории России

Для оценки частоты междусуточных перепадов температуры и их распределения по территории России были использованы среднесуточные температуры из архива ВНИИГМИ-МЦД (<http://meteo.ru/>) для всей территории России (458 станций) за период 1961–2015 гг. По данным наблюдений, в целом за год и по сезонам определялась частота междусуточных перепадов температуры более $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ и более $6\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Географическое распределение годовой частоты междусуточных перепадов температуры на террито-

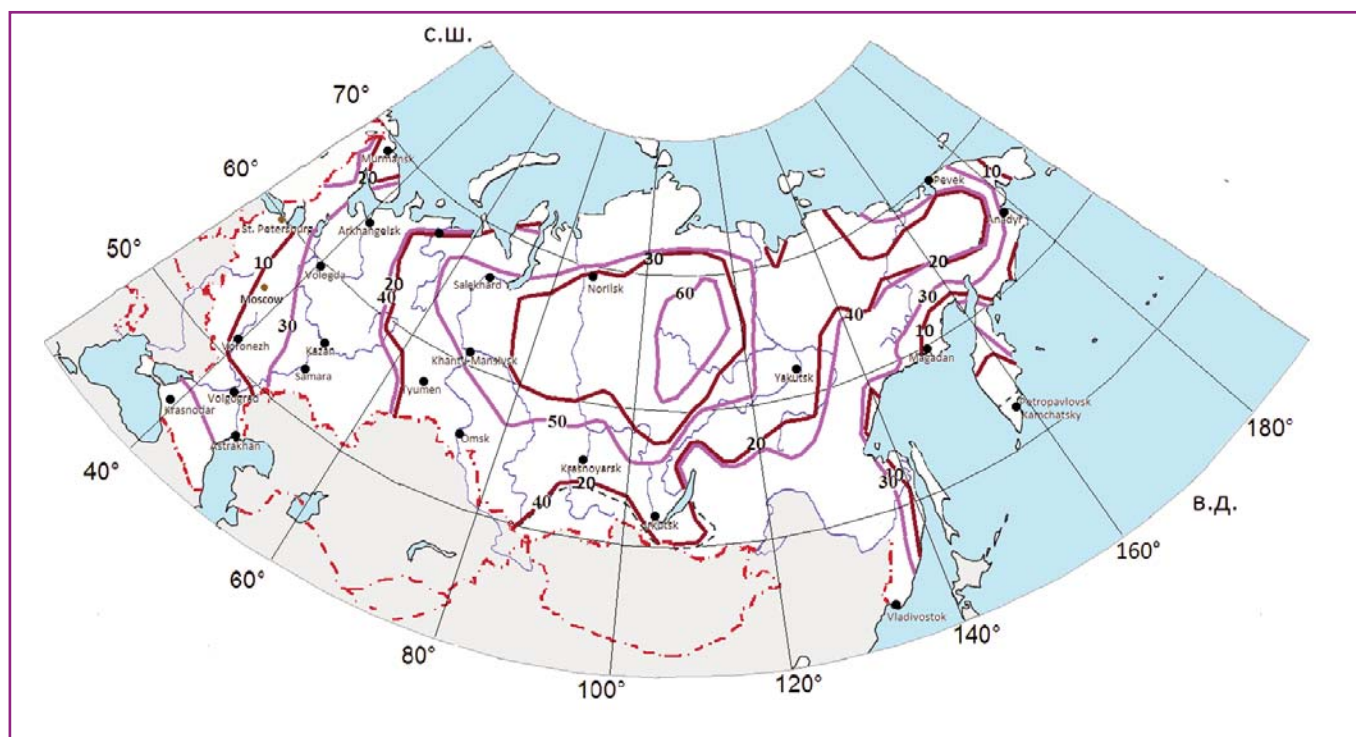


Рис. 1.19. Годовая сумма междусуточных перепадов температуры воздуха в период 1961–2013 гг. (случаев/год): температуры более $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ коричневый, и температуры более $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ фиолетовый.

Междусуточные перепады температуры

рии России представлено на рис. 1.19 (Zolotokrylin et al., 2018). Отметим, что географическое распределение частоты отрицательных перепадов температуры удовлетворительно соответствует распределению положительных. Максимум частоты междусуточных перепадов температуры по абсолютной величине более 4 °С, ограничивается изолинией 60 случаев/год, который расположен в Средней Сибири. Эта частота уменьшается в западном, восточном и южном направлениях до 30 случаев/год. Уменьшение частоты в северном направлении слабее – до 45 случаев/год. Частота междусуточных перепадов температуры более 6 °С примерно в два раза меньше частоты перепадов более 4 °С, и для них характерно сходное географическое распределение.

Анализируются сезонные и годовые частоты перепадов температуры отдельно за периоды 1961–1990 гг. (норма) и 1991–2015 гг. (период интенсивного глобального потепления) на территории России. Изменение среднегодовой частоты перепадов температуры в 1991–2015 гг. по сравнению с 1961–1990 гг. оценивалось отдельно для положительных и отрицательных значений в среднем для 30° меридиональных секторов. По критерию Стьюдента была проведена оценка значимости изменений в 1991–2015 гг. по сравнению со среднемноголетним периодом 1961–1990 гг.

Частоты положительных и отрицательных междусуточных перепадов температуры практически одинаковы на территории (табл. 1.9). Изменение частоты перепадов температуры (± 4 °С) оказалось не значимым. Частота перепадов температуры ± 4 °С больше в 1.5–3 раза, чем перепадов ± 6 °С (в зависимости от

района). Статистические значимые различия между периодами наблюдались для междусуточных перепадов температуры ± 6 °С (изменения значимы в Западной Сибири с вероятностью 0.8), а изменения перепадов температуры ± 4 °С не значимы на всей территории. Таким образом, можно говорить о тенденции снижения годовой частоты только значительных междусуточных перепадов температуры на территории России (Zolotokrylin et al., 2018).

Географическое распределение сезонной частоты значительных междусуточных перепадов температуры на территории России представлено на рис. 1.20. Важно отметить, что максимумы частоты перепадов больше $|6|$ °С наблюдаются во все сезоны южнее арктического климатического пояса. Повышенная частота перепадов температуры отмечается на большей части России зимой, весной и осенью. Частота перепадов температуры максимальна зимой. Повышенная частота перепадов температуры (12–16 случаев/сезон) локализуется в северных районах Западной и Средней Сибири во все сезоны. Также зимой максимальная частота междусуточных перепадов температуры больше $|6|$ °С наблюдается на севере европейской части страны.

Области с повышенными перепадами сокращаются летом. При этом максимальная частота летом отмечается преимущественно в Арктической зоне Российской Федерации, смещаясь к побережью моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря. К территории с минимальными перепадами температуры летом относятся европейская часть России, за исключением ее северо-востока.

Таблица 1.9. Годовые суммы скачков температуры (ΔT) в разные периоды

Период	1961–1990				1991–2015				Разность (1991–2015) и (1961–1990)			
	$\Delta T > +4^\circ\text{C}$	$\Delta T > +6^\circ\text{C}$	$\Delta T < -4^\circ\text{C}$	$\Delta T < -6^\circ\text{C}$	$\Delta T > +4^\circ\text{C}$	$\Delta T > +6^\circ\text{C}$	$\Delta T < -4^\circ\text{C}$	$\Delta T < -6^\circ\text{C}$	$\Delta T > +4^\circ\text{C}$	$\Delta T > +6^\circ\text{C}$	$\Delta T < -4^\circ\text{C}$	$\Delta T < -6^\circ\text{C}$
31°–60° в.д.	29	13	26	14	31	11	28	12	–3	–2	–3	–2
61°–90° в.д.	46	24	43	26	49	22	46	24	–3	–2*	–3	–3*
91°–120° в.д.	43	22	41	25	47	20	44	22	–3	–2	–3	–2
121°–150° в.д.	31	14	29	15	34	12	31	13	–2	–1	–2	–2
> 150° в.д.	32	16	29	14	31	14	28	12	–3	–2	–3	–2

*Изменения значимы с вероятностью 0.8 по критерию Стьюдента.

Глава 1. Климатические аномалии и экстремальные события на территории России

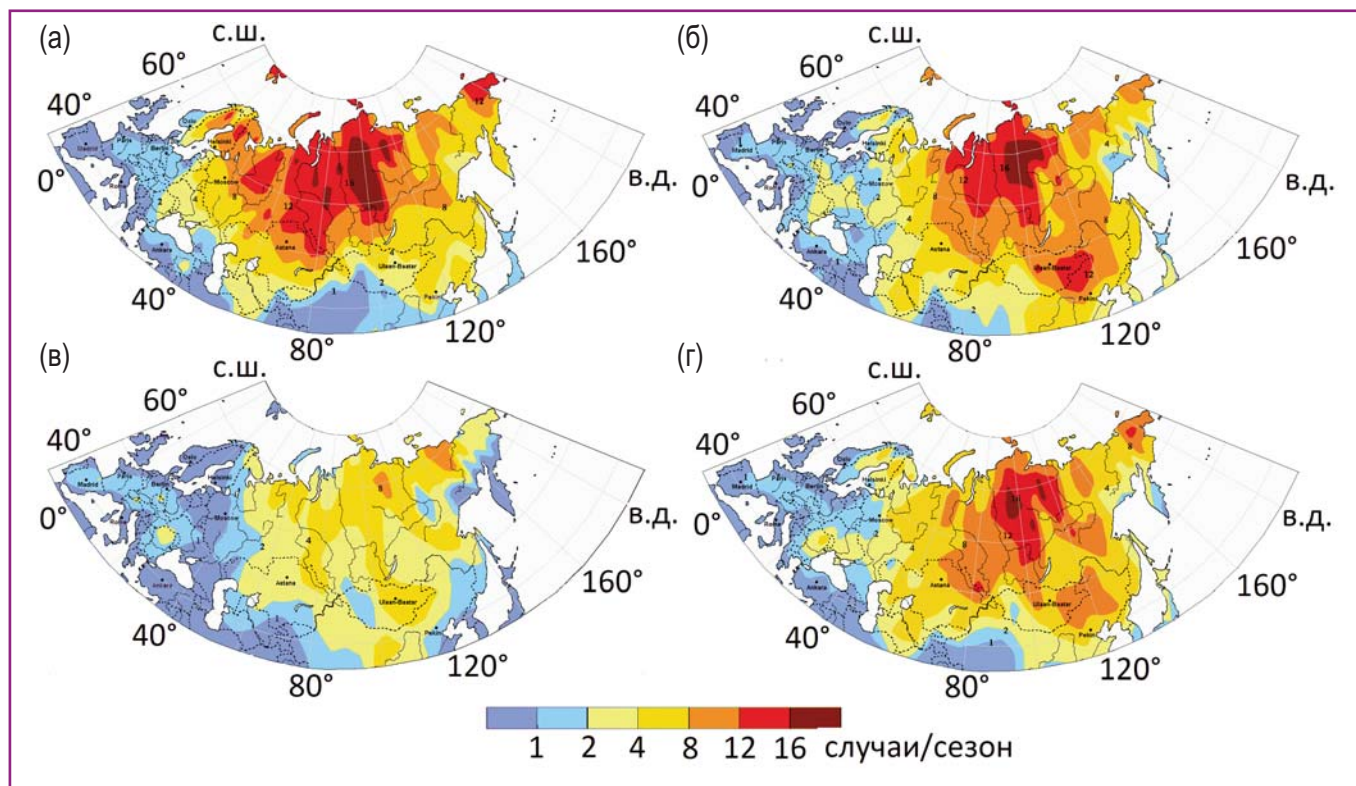


Рис. 1.20. Частота междусуточных перепадов температуры за сезон больше $|6|^\circ\text{C}$ (по модулю) за период 1961–2015 гг. (случай/сезон): зима (а), весна (б), лето (в), осень (г).

Прогноз изменений перепадов междусуточной температуры по моделям CMIP5 к середине XXI в.

Результаты численных экспериментов на трех моделях (HadGEM2, имеющая приблизительное разрешение 2.5° (широта) \times 2° (долгота), MPI-ESM-LR с разрешением $2 \times 2^\circ$, INMCM4 с разрешением $1.5^\circ \times 2^\circ$) из пятой фазы проекта сравнения объединенных моделей CMIP5 (<ftp://ftp.ceda.ac.uk/badc/cmip5/data/cmip5/>) использовались для прогноза изменений значительных междусуточных перепадов температуры к середине XXI в. Базовый период для моделей MPI-ESM-LR и HadGEM2 принимается 1981–2000 гг., а для модели INMCM4 – 1980–1999 гг. Использовались сценарии RCP4.5, «мягкий» и RCP8.5, «жесткий» антропогенного воздействия на климатическую систему.

Оценка качества воспроизведения глобальными климатическими моделями междусуточных перепадов температуры за базовый период проводилась для каждой ячейки. Ошибка (в %) и ее значимость вычислялись по формуле: $\Pi = (X - Y) / Y$, где Π – погрешность модельных данных, X – модельные данные, Y – наблюдаемые данные. Оценка достоверности проводилась для каждой ячейки по критерию Стьюдента с вероятностью 0.8. Для каждой модели определялась площадь в % достоверности воспроизведения перепадов температуры больше 6° по сезонам за базовый период.

На рис. 1.21а для трех моделей представлена оценка площадей с незначимой ошибкой междусуточных перепадов температуры воздуха больше $|6|^\circ$. Летом, из-за низкого числа случаев значительных перепадов междусуточных температур, ошибки минимальны. Зимой, при максимальной частоте больших перепадов, ошибки возрастают. Во все сезоны года пространственное распределение частоты междусуточных перепадов температуры больше 6° лучше всего воспроизводит модель INMCM4, у которой ошибка не значима на 70–80% территории во все сезоны. Результаты немного хуже показывает модель HadGEM2, у которой ошибки незначимы на большей части территории летом и осенью и на примерно 30% – зимой и весной. Меньшую точность дает модель MPI-ESM-LR, которая демонстрирует удовлетворимую сходимость только летом.

Дополнительно для каждой ячейки была рассмотрена корреляция за базовый период перепадов температуры по наблюдаемым и модельным данным (рис. 1.21б). Процент площади со значимой корреляцией между наблюдаемыми и модельными данными для междусуточных перепадов температуры больше 6° для всех моделей не превышает 25%.

Модель INMCM4 показывает наименьшую ошибку значительных междусуточных перепадов температуры по пространству для всех сезонов.

Междусуточные перепады температуры

Для каждой модели по сценариям RCP4.5, RCP8.5 проведена оценка изменения частоты значимых для здоровья человека междусуточных перепадов температуры к середине XXI в. (2041–2060 гг.) по сравнению с базовым периодом отдельно по сезонам и в целом за год (рис. 1.22).

Рассматриваемые модели для заданных сценариев антропогенного потепления показывают уменьшение частоты перепадов на большей части России к середине XXI в. Наибольшее снижение частоты (на 8–12 случаев/год) характерно для сценария RCP8.5. Установленный по данным наблюдений ареал повышенной частоты перепадов с наибольшими значениями более 50 случаев/год в Средней Сибири будет сохраняться в середине XXI в. и по результатам численных экспериментов на моделях MPI-ESM-LR и HadGEM2-ES. В отличие от них модель INMCM4 прогнозирует мозаичное снижение частоты перепадов температуры по территории.

Незначительный рост частоты перепадов (на 4–8 случаев/год) возможен на территории России южнее 50° с.ш. по модели MPI-ESM-LR.

Уменьшение годовой частоты междусуточных перепадов температуры ожидается в большинстве

приполярных континентальных районов Северной Евразии, а ее рост возможен преимущественно на западе и юге России.

Таким образом, ареал с повышенной частотой годовых перепадов температуры (более 50 случаев/год) наблюдается в приполярных и центральных районах Средней Сибири. Частота перепадов сильнее всего уменьшается в западном направлении и меньшей степени в южном и восточном направлениях. Частота положительных и отрицательных междусуточных перепадов температуры практически одинакова на территории. Тенденция снижения годовой частоты значительных междусуточных перепадов температуры наблюдалась на территории России в период 1991–2015 гг. относительно периода 1961–1990 гг. Перепады температуры наблюдаются на большей части территории России зимой (максимум), весной и осенью. Площадь территории с повышенными перепадами сокращается летом: максимум в Арктической зоне, минимум на европейской части России.

Географическое распределение частоты сезонных и годовых междусуточных перепадов температуры удовлетворительно воспроизводится глобальными климатическими моделями MPI-ESM-LR, HadGEM2-ES, INMCM4. Модель INMCM4, выделенная по наименьшей ошибке распределения значительных междусуточных перепадов температуры больше 6°C по пространству для всех сезонов, лучше подходит для оценки междусуточных перепадов температуры.

Ареал повышенной частоты перепадов температуры больше 6°C сохранится и к середине XXI в. при сценариях антропогенного потепления. При этом в Приполярных и центральных районах Средней Сибири ожидается сокращение частоты перепадов примерно на 20%. Одновременно возможно незначительное увеличение частоты в западной и южной части России.

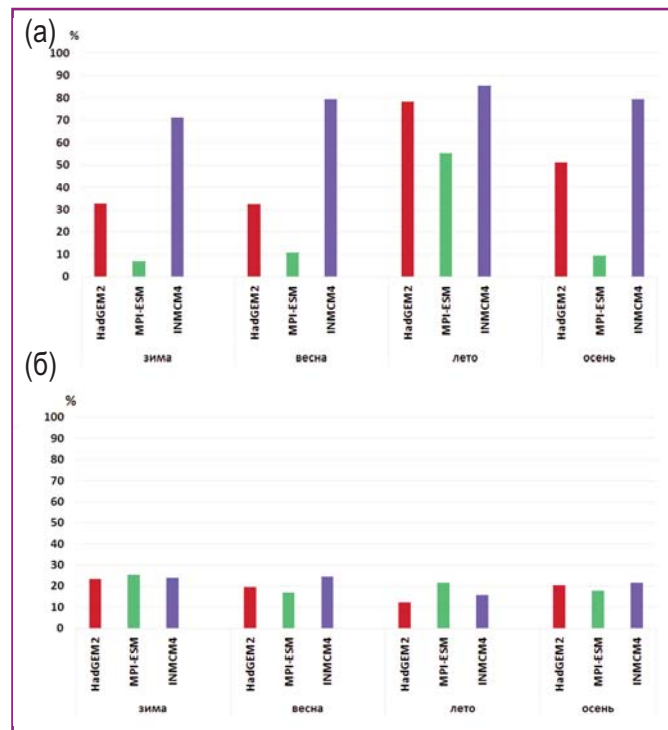


Рис. 1.21. Качество воспроизведения моделями междусуточных перепадов температуры воздуха больше 6°C относительно данных наблюдений за период 1981–2000 гг. (для модели INMCM4 за 1980–1999 гг.) по сезонам: площади с незначимой ошибкой (%) (а), площади со значимой корреляцией (%) наблюдаемых и модельных данных (б).

1.2.4. Междусуточные перепады давления

Резкие изменения атмосферного давления, наряду с температурой, оказывают непосредственное воздействие на здоровье человека. Это воздействие связано не только с аномалиями (отклонение от среднего многолетнего значения) атмосферного давления, но и с их междусуточными перепадами.

Исследования подтверждают влияние величины междусуточных перепадов давления на течение сердечно-сосудистых заболеваний (Русанов, 1973; Danet

Глава 1. Климатические аномалии и экстремальные события на территории России

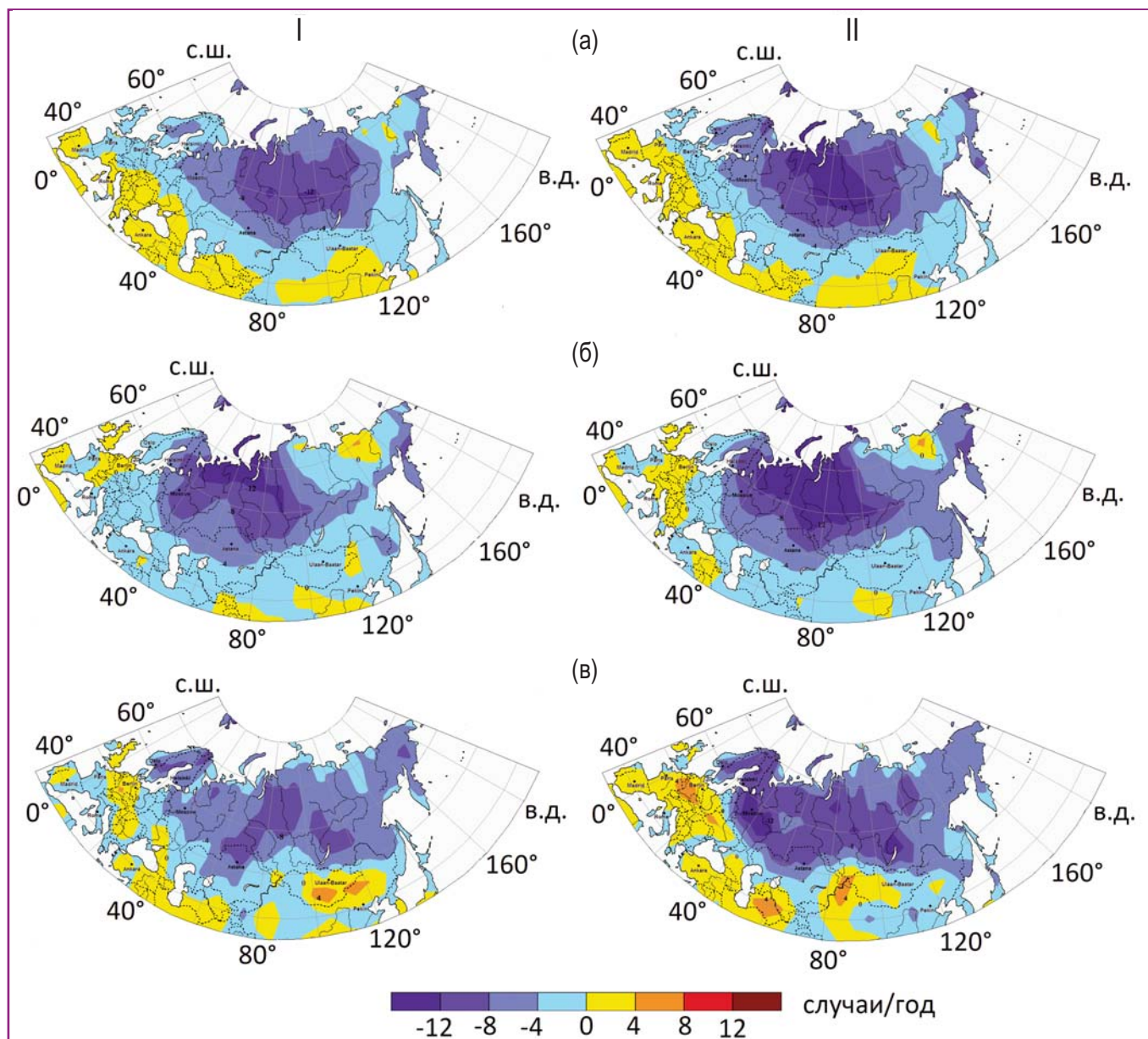


Рис. 1.22. Изменение частоты междусуточных перепадов температуры более $|6|^\circ\text{C}$ в середине XXI века (случаи/год) по сценариям I) RCP4.5, II) RCP8.5: MPI-ESM-LR (а), HadGEM2-ES (б), INMCM4 (в).

et al., 1999; Kloner et al., 1999; Basu, Samet, 2002; Panagiotakos et al., 2004; Hopstock et al., 2011; Wasserman et al., 2014). Выявлена значимая статистическая связь числа госпитализаций в Москве больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями со среднесуточным атмосферным давлением. (Козловская и др., 2014). Eva Plavcová и Jan Kyselý (2014), изучали взаимосвязь между летними/зимними сезонами и положительными/отрицательными изменениями давления в Праге, в течение 16 лет (1994–2009 гг.). Было обнаружено, что резкие отрицательные перепады давления в зимний период вызывали со значительный рост числа госпитализаций и повышение смертности от сердечно-сосудистых заболеваний. Существ-

вуют оценки, что, начиная с середины 1970-х г., приземное давление понизилось на значительной части территории России (Roshydromet, 2014; Balbus et al., 2016).

В данном разделе рассмотрено географическое распределение частоты междусуточных перепадов давления более 8 гПа по сезонам и в целом за год на территории России в условиях современного и модельного климата.

Для анализа приземного давления использовался архив реанализа NCEP/NCAR с пространственным разрешением $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html>) и с временным разрешением 6 часов. Срочные данные по давлению

Междусуточные перепады давления

были приведены к среднесуточным значениям. По данным реанализа рассчитывалась частота междусуточных перепадов давления более 8 гПа по сезонам и в целом за год, как в положительную, так и в отрицательную сторону. Для анализа географического распределения ежегодная частота перепадов давления осреднялась за период 1961–2015 гг.

Пространственное распределение частоты отрицательных межсуточных перепадов приземного давления меньше –8 гПа сходно с распределением положительных сумм больше 8 гПа. Географическое распределение междусуточных перепадов приземного атмосферного давления меньше –8 гПа представлено на (рис. 1.23). Оно имеет широтный характер на европейской части России: наибольшие частоты отмечаются на арктическом побережье (более 40 случаев /год), а наименьшие – на юге территории (менее 10 случаев/год). Частота перепадов давления возрастает до 40 случаев/год в Западной Сибири и затем уменьшается в восточном и южном направлениях до 10–20 случаев/год. Максимальная частота перепадов за год наблюдается в регионах с низкой плотностью населения и суровыми климатическими условиями, в то время как минимальная – с высокой плотностью и мягким климатом (Титкова и др., 2019).

Изменение сезонной и годовой частоты перепадов давления оценивалось в период 1991–2015 гг.

(период интенсивного глобального потепления) по отношению к 1961–1990 гг. (норма). Разности между периодами анализировались отдельно для положительных и отрицательных значений междусуточных перепадов давления в среднем для 30° меридиональных секторов. По критерию Стьюдента была проведена оценка значимости изменений между периодами 1961–1990 и 1991–2015 гг.

Частоты положительных и отрицательных перепадов приземного давления практически одинаковы на территории России (табл. 1.10).

Распределение сезонной частоты сумм перепадов давления на территории России представлено на рис. 1.24. Максимальные частоты перепадов атмосферного давления локализуются в областях прохождения атмосферных фронтов. Зимой они (до 12 случаев/сезон) охватывают север европейской части страны и Западную Сибирь. Также максимальные суммы перепадов атмосферного давления (до 10 случаев/сезон) локализуются на Чукотке и Камчатке, наиболее подверженных влиянию Тихого океана. В переходные сезоны географическое распределение частоты перепадов сходно с зимними значениями. Частота перепадов давления уменьшается летом. Максимальные летние частоты (до 4 случаев/сезон) отмечаются преимущественно в Арктической зоне России.

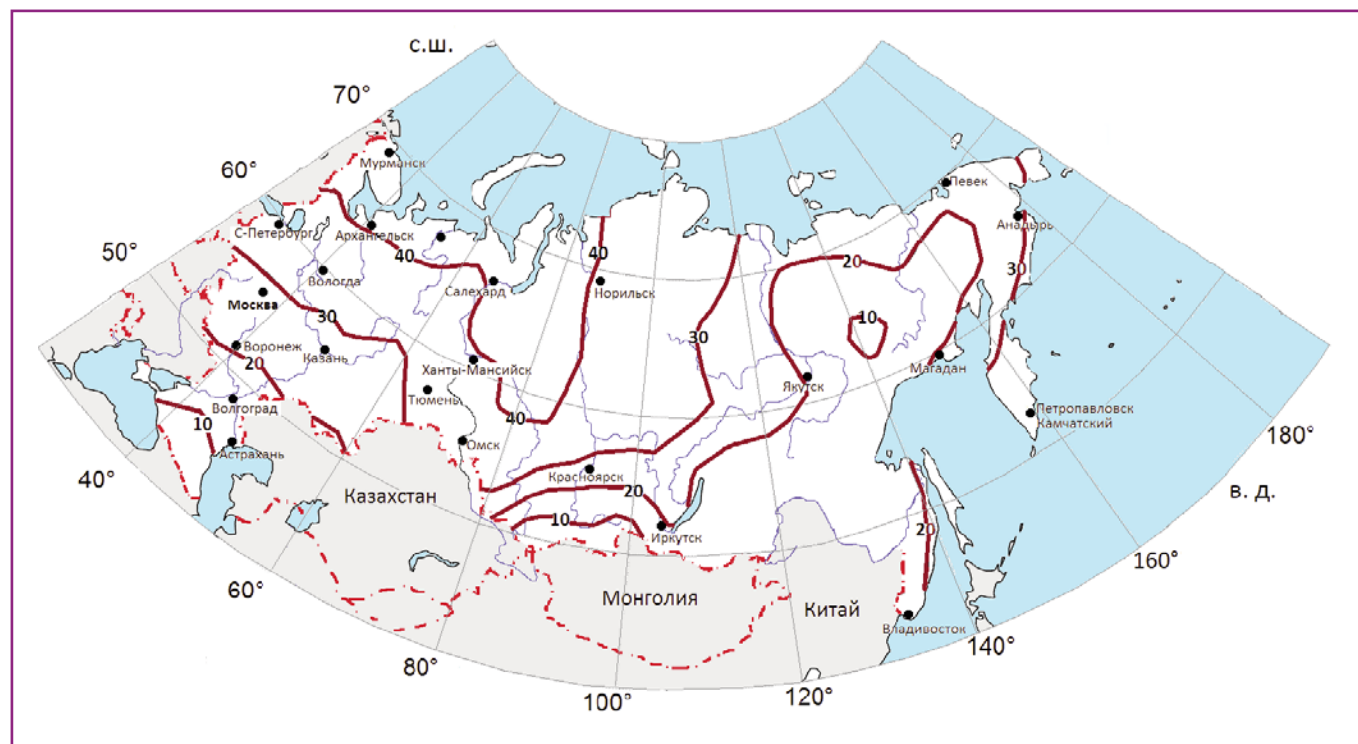


Рис. 1.23. Годовая сумма междусуточных перепадов приземного атмосферного давления меньше –8 гПа за период 1961–2015 гг. (случаев/год).

Глава 1. Климатические аномалии и экстремальные события на территории России

Таблица 1.10. Годовая частота междусуточных перепадов давления (ΔP) в разные периоды

Период	1961–1990		1991–2015		разность (1991–2015) и (1961–1990)	
	$\Delta P > +8$ гПа	$\Delta P < -8$ гПа	$\Delta P > +8$ гПа	$\Delta P < -8$ гПа	$\Delta P > +8$ гПа	$\Delta P < -8$ гПа
31°–60° в.д.	30	29	29	29	–1	0
61°–90° в.д.	31	30	30	29	–1	–1
91°–120° в.д.	25	24	23	22	–2*	–1
121°–150° в.д.	21	22	21	22	0	0
> 150° в.д.	36	37	36	36	0	0

*Изменения значимы с вероятностью 0.8 по критерию Стьюдента.

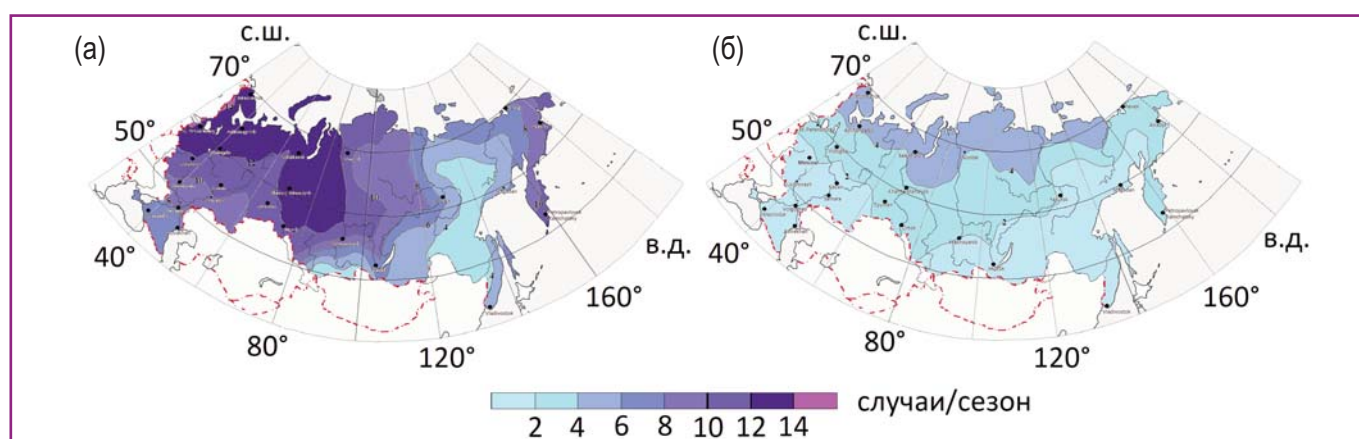


Рис. 1.24. Географическое распределение суммы междусуточных перепадов атмосферного давления больше 8 гПа на территории России по сезонам: зима (а), лето (б). Период 1961–2015 гг.

Прогноз по моделям CMIP5 междусуточных перепадов давления к середине XXI века

Изменения перепадов анализировались по результатам численных экспериментов трех моделей из проекта CMIP5, описанных в предыдущих разделах. Для каждой модели по сценариям RCP4.5, RCP8.5 оценивалось изменение частоты перепадов давления больше 8 гПа к середине XXI в. (2041–2060 гг.) по сравнению с базовым периодом (1981–2000 гг.) отдельно по сезонам и в целом за год.

На рис. 1.25 представлено изменение частоты (в процентах) междусуточных перепадов температуры в среднем за год по трем моделям по сценариям RCP4.5 и RCP8.5.

По модели HadGEM2-ES прогнозируется уменьшение частоты перепадов в целом по сезонам зимой и весной и увеличение летом и осенью. Сценарии RCP4.5 и RCP8.5 показывают разные районы наибольшего изменения перепадов давле-

ния. В целом за год уменьшение перепадов давления на большей территории России зимой и весной компенсируется увеличением летом и осенью по обоим сценариям.

Модель MPI-ESM (сценарии RCP4.5 и RCP8.5) прогнозирует изменение частоты перепадов давления в разных регионах. Общих тенденций по сезонам нет. В целом за год увеличение частоты прослеживается на арктическом побережье, Чукотке и в Забайкалье (RCP4.5), а для более жесткого сценария (RCP8.5) еще и в центральных районах Якутии.

Модель INMCM4 (сценарии RCP4.5 и RCP8.5) прогнозирует изменение частоты перепадов давления. В среднем за год увеличение перепадов прогнозируется в южной части Европейской России и восточнее 140° в.д. (RCP4.5). По сценарию RCP8.5 тенденция увеличения перепадов давления затрагивает большую часть России (кроме Приморского края) и

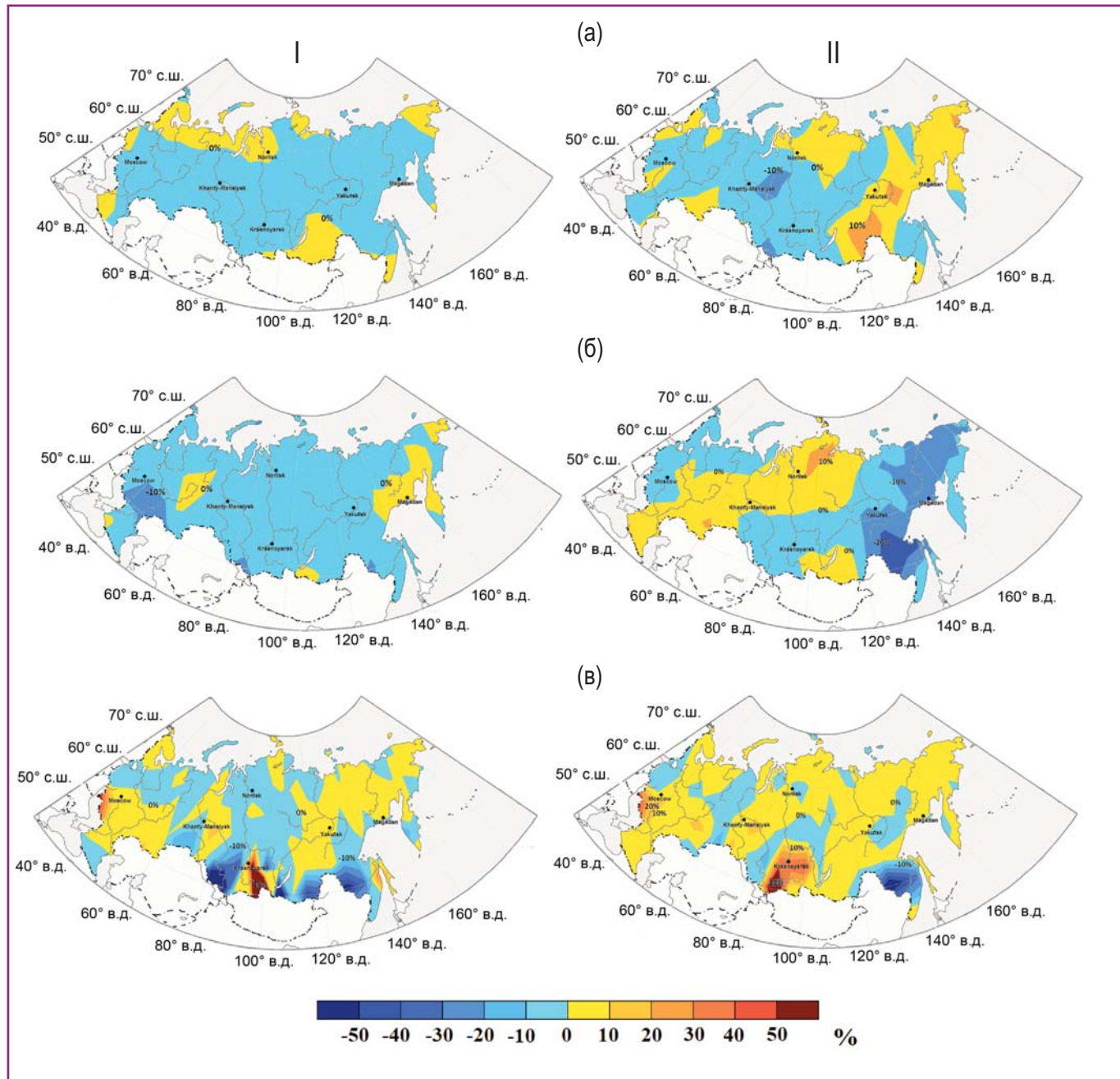


Рис. 1.25. Изменение (%) частоты междусуточных перепадов приземного давления более $|8|$ гПа к середине XXI века (2041–2060 гг.) по сравнению с 1981–2000 гг. в среднем за год по сценариям I) RCP4.5 II) RCP8.5: MPI-ESM-LR (а), HadGEM2-ES (б), INMCM4 (в).

максимальна в европейской части страны и на юге Сибири.

В зимний и переходные сезоны максимальная частота перепадов атмосферного давления отмечаются на севере европейской части, в Западной Сибири, на Чукотке и Камчатке. Летом максимальная частота отмечается преимущественно в Арктической зоне России.

По модели HadGEM2-ES к середине XXI в. (2041–2060 гг.) в целом по сезонам прогнозируется уменьшение частоты больших перепадов давления

зимой и весной и увеличение летом и осенью. В целом за год изменения компенсируются сезонными колебаниями. Модель MPI-ESM за год показывает увеличение частоты больших перепадов давления на арктическом побережье, Чукотке, в Забайкалье и в центральных районах Якутии. По модели INMCM4 тенденция к увеличению частоты перепадов давления затрагивает большую часть России (кроме Приморского края) и она хорошо выражена на европейской территории страны и на юге Сибири.

Глава 1. Климатические аномалии и экстремальные события на территории России

1.2.5. Влияние социальных факторов и межсуточных перепадов температуры и давления на смертность населения от болезней системы кровообращения

Изменение климата является существенной угрозой здоровью людей (Второй оценочный..., 2014; Valbus et al., 2016). Воздействие глобального потепления на частоту перепадов температуры и давления на территории России остается пока мало исследованным. Локальные исследования свидетельствуют о высокой вероятности воздействия межсуточных перепадов на сердечно-сосудистые заболевания (Ощепкова, 2009; Мироновская и др., 2010; Ревич, Малеев, 2011; Roger et al., 2012; Козловская и др., 2014; Русанов, 1973; Danet et al., 1999; Kloner et al., 1999; Basu, Samet, 2002; Panagiotakos et al., 2004; Hopstock et al., 2011; Wasserman et al., 2014; Rocklöv, Forsberg, 2008; Kysely et al., 2009). Но в этих работах недостаточно освещается воздействие перепадов температуры и давления, интегрированных по времени и на территории, особенно в современный период интенсивного глобального потепления. При анализе влияния перепадов на смертность от сердечно-сосудистых заболеваний необходимо рассматривать также социальные показатели: уровень жизни населения и развитие здравоохранения в конкретном регионе.

Государственная статистика годовой смертности на уровне субъектов Российской Федерации открыта для свободного доступа. Принимая это обстоятельство во внимание, ниже используются накопленные суммы межсуточных перепадов температуры и давления за год в предположении их аддитивности к годовому коэффициенту смертности. Это предположение позволяет допустить линейную модель связи между перепадами температуры (давления) и коэффициентом смертности населения в годовом масштабе (Золотокрылин и др., 2018).

Источником информации о годовых стандартизованных коэффициентах смертности населения в трудоспособном возрасте по субъектам Российской Федерации (кратко индекс), показывающем число умерших от болезней системы кровообращения (БСК), послужили данные Федеральной службы Государственной статистики (Росстат) (<http://www.gks.ru/>). Индекс рассчитывается, как отношение числа умерших от указанных заболеваний по текущей оценке к среднегодовой численности населения на 100000 человек в трудоспособном возрасте. В число умерших от БСК входят: умершие от гипертонической болезни с преимуществен-

ным поражением сердца и/или почек, от ишемической болезни сердца, от инфаркта миокарда, от других болезней сердца, от цереброваскулярных болезней. Индекс для 85 субъектов РФ анализировался за период 1995–2015 гг.

Дополнительно использованы статистические ежегодные данные для 85 субъектов РФ, характеризующие уровень жизни населения (среднегодовой доход на человека), уровень развития здравоохранения (количество врачей всех специализаций) за период 1995–2015 гг.

Предварительный анализ временных рядов за период 1995–2015 гг. показал, что ряды социальных переменных в отличие от климатических рядов характеризуются значимым вкладом линейного тренда в дисперсию ряда и незначительной межгодовой изменчивостью. В то же время ряды климатических переменных имеют высокую межгодовую изменчивость на фоне не значимого линейного тренда. Это обстоятельство не позволяет корректно провести факторный анализ пространственно-временных данных климатических и социальных переменных, поскольку вклад социальных переменных будет всегда доминировать в общей вариации коэффициента смертности населения (Золотокрылин и др., 2018).

Чтобы уменьшить искажающее влияние трендов социальных переменных при факторном анализе и тем самым оценить их вклад в результирующую вариацию коэффициента смертности факторный анализ проводился за каждый год, т.е. только для пространственных данных социальных и климатических переменных. Тогда искажающее влияние трендов социальных переменных было минимизировано.

Факторный анализ социальных и климатических переменных на территории за каждый год свидетельствует о доминировании влияния социального фактора (среднедушевого дохода) на смертность населения от БСК. Ранжированное влияние исследуемых факторов на смертность по значениям r -коэффициентов по степени убывания значимости представлено в табл. 1.11. В факторном анализе r -коэффициент показывает, как соответствующая независимая переменная влияет на зависимую переменную – коэффициент смертности населения от БСК. Влияние считается значимым при r -коэффициенте < -0.05 . По результатам факторного анализа за каждый год периода 1995–2015 гг. была вычислена повторяемость (%) числа лет со значимой по r -коэффициенту зависимостью коэффициента смертности населения от БСК за весь период.

Влияние социальных факторов и междусуточных перепадов температуры и давления...

Таблица 1.11. Повторяемость (%) значимости по p -коэффициенту факторного анализа зависимости коэффициента смертности населения (от БСК) от социальных и климатических переменных за период 1995–2015 гг., в среднем за год

№	Год	Число лет	%
1	Среднедушевой доход	21	100
2	$\Delta P < -8$ гПа	16	76
3	Атмосферное давление	9	43
4	Количество врачей	7	33
5	$\Delta P > 8$ гПа	5	20
6	Температура воздуха	4	19
7	$\Delta T < -6$ °С	3	14
8	$\Delta T < -4$ °С	3	14
9	$\Delta T > 6$ °С	3	14
10	$\Delta T > 4$ °С	2	10

Среднедушевой доход по значимости воздействия стоит на первом месте во все годы (100%). Отрицательные перепады давления занимают второе место по значимости (76%). Атмосферное давление по значимости стоит на третьем месте (43%). Четвертое место соответствует социальному фактору – количеству врачей (33%). Ниже по значимости следуют последовательно положительные перепады давления, температура воздуха, отрицательные и положительные перепады температуры. Таким образом, факторный анализ социальных и климатических переменных на территории России выделяет в годовом масштабе ведущее воздействие на смертность населения уровня жизни населения. Второе, по значимости воздействия принадлежит отрицательным перепадам давления, наблюдаемым при циклонических вторжениях. Влияние перепадов давления и сезонного давления превалирует над влиянием сезонной температуры и перепадов температуры.

Результаты факторного анализа сезонных и годовых климатических переменных на территории России без учета социальных переменных представлены в таблице 1.12. Степень точности описания моделью процесса влияния климатических и социальных факторов на коэффициент смертности населения от БСК оценивалась с помощью критерия R -квадрат. Точность принималась удовлетворительной, если R -квадрат менялся от 0.3 до 0.5. Модель считалась значимой и достоверной, если критерий Фишера (F), значительно больше F критического.

Регрессионный и дисперсионный анализ зависимости коэффициента смертности от БСК от сезонных и годовых климатических переменных за период 1995–2015 гг. свидетельствуют об удовлетворительной точности описания моделью (табл. 1.13). По критерию Фишера модель значима и достоверно описывает результирующий параметр во все сезоны.

Таблица 1.12. Факторный анализ зависимости коэффициента смертности от БСК от климатических переменных в среднем за 1995–2015 гг.

Параметр	Зима	Весна	Лето	Осень	Год
R -квадрат	0.35	0.46	0.33	0.38	0.36
F	2.93	7.55	4.28	5.44	4.98
Значимость F	0.00692	0.00001	0.00031	0.00002	0.000065
Значимые переменные	температура $\Delta T < -6$ °С	температура $\Delta T > 6$ °С	температура $\Delta T < -4$ °С	температура $\Delta T > 4$ °С	температура $\Delta T < -4$ °С
$p < 0.05$	давление $\Delta P > 8$ гПа	$\Delta T < -4$ °С $\Delta T < -6$ °С давление	$\Delta T < -6$ °С давление $\Delta P > 8$ гПа	$\Delta T > 6$ °С давление $\Delta P < -8$ гПа	$\Delta T < -6$ °С

Глава 1. Климатические аномалии и экстремальные события на территории России

Исключение из анализа социальных переменных увеличивает значимость влияния на коэффициент смертности температурных переменных по сравнению с давлением. Как видно из табл. 1.12, значимость влияния климатических переменных на смертность населения меняется в зависимости от сезона: зимой – это среднесезонная температура воздуха, отрицательные перепады температуры ($\Delta T < -6^\circ$) и положительные перепады давления ($\Delta P > 8$), характерные для антициклональной погоды. Весной, когда происходит смена зимних процессов на летние, возрастает роль положительных (резкое потепление) и отрицательных (возвраты холодов) перепадов температуры. Летом повышается значимость отрицательных перепадов температуры, положительных перепадов давления и среднего давления. Осенью возрастает значимость положительных перепадов температуры и отрицательных давления. В целом за год на смертность значимо влияют средняя температура и отрицательные перепады температуры.

В то же время исключение социальных переменных из анализа не одинаково проявляется в субъектах РФ с разным уровнем среднедушевых доходов (табл. 1.13).

Корреляция между перепадами температуры (давления) в субъектах с низким душевым доходом положительна во все сезоны. Связь теснее с перепадами дав-

ления, чем температуры. Также более тесная связь наблюдается для положительных перепадов температуры, чем для отрицательных, особенно для сильных перепадов. Таким образом, увеличение количества перепадов температуры (давления) вызывает увеличение смертности населения в этих субъектах, к которым относятся Алтайский край, Ивановская область, Кабардино-Балкарская Республика, Карачаево-Черкесская Республика, Кемеровская область, Кировская область, Республика Алтай, Республика Ингушетия, Республика Калмыкия, Республика Марий Эл, Республика Мордовия, Республика Тыва, Саратовская область, Чувашская Республика. Но как было показано в предыдущих разделах, все эти субъекты расположены вне территорий с наибольшим количеством перепадов температуры (давления).

Повышение уровня среднедушевого дохода в остальных субъектах меняет вначале знак связи коэффициента смертности с температурными перепадами, а при высоком уровне доходов в субъектах – с перепадами атмосферного давления.

Факторный анализ интегрированных в годовом масштабе климатических и социальных переменных показал доминирующее воздействие на коэффициент смертности населения от БСК фактора уровня жизни

Таблица 1.13. Коэффициент корреляции коэффициента смертности от БСК и климатических параметров для субъектов Российской Федерации с низким (до 8000 руб./год), средним (8000–14000 руб./год), высоким (более 14000 руб./год) среднедушевым доходом за период 1995–2015 гг.

Уровень дохода	Параметр сезон	$\Delta T > 4^\circ \text{C}$	$\Delta T < -4^\circ \text{C}$	$\Delta T > 6^\circ \text{C}$	$\Delta T < -6^\circ \text{C}$	$\Delta P > 8 \text{ гПа}$	$\Delta P < -8 \text{ гПа}$
субъекты с низким доходом	весна	0.2	0.1	0.1	0.1	0.6	0.7
	лето	0.3	0.1	0.4	0.1	0.7	0.8
	осень	0.3	0.1	0.3	0.1	0.7	0.8
	зима	0.5	0.4	0.6	0.4	0.7	0.8
	год	0.4	0.2	0.5	0.2	0.7	0.8
субъекты со средним доходом	весна	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2	0	0.1
	лето	-0.1	-0.2	-0.2	-0.2	0.3	0.4
	осень	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	0.3	0.3
	зима	-0.3	-0.2	-0.3	-0.3	0.1	0.1
	год	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	0.3	0.3
субъекты с высоким доходом	весна	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.3	-0.3
	лето	-0.4	-0.4	-0.3	-0.4	-0.2	-0.1
	осень	-0.8	-0.8	-0.9	-0.9	-0.4	-0.5
	зима	-0.6	-0.5	-0.6	-0.5	0.1	-0.2
	год	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.1	-0.1

Жирным выделены коэффициенты значимые с вероятностью 0.8 по критерию Стьюдента

Влияние социальных факторов и междусуточных перепадов температуры и давления...

(среднедушевой доход населения). Далее значимость факторов воздействия последовательно понижается: отрицательные перепады атмосферного давления, среднее сезонное давление, уровень здравоохранения, положительные перепады давления. Значимость температурных переменных наименьшая. От фактора уровень жизни населения так же зависит знак и теснота связи коэффициента смертности и среднесуточных перепадов температуры (давления), что необходимо учитывать при трактовке результатов.

1.3. Интегральная карта экстремальных природно-климатических явлений на территории России для современного климата и середины XXI века

Изменение климата является существенной угрозой для жизнедеятельности населения, и особенно для его здоровья. Увеличение негативной для жизнедеятель-

ности населения экстремальности климата произошло почти на всей территории страны (Второй оценочный..., 2014). Оно проявляется в увеличении числа погодных и климатических аномалий и стихийных явлений. В связи с этим было проведено исследование распространения на территории России значимых для жизнедеятельности населения природно-климатических экстремальных событий за период 1991–2015 гг. Были получены оценки распространения волн тепла и холода (раздел 1.2.1), трендов и повторяемости экстремальных суточных осадков (раздел 1.2.2), резких перепадов температуры и давления (разделы 1.2.3–1.2.5).

Для совместного учета всех неблагоприятных факторов, влияющих на жизнедеятельность населения, была составлена интегральная карта распространения экстремальных природно-климатических явлений на территории России в период интенсивного глобального потепления (рис. 1.26) (Золотокрылин,

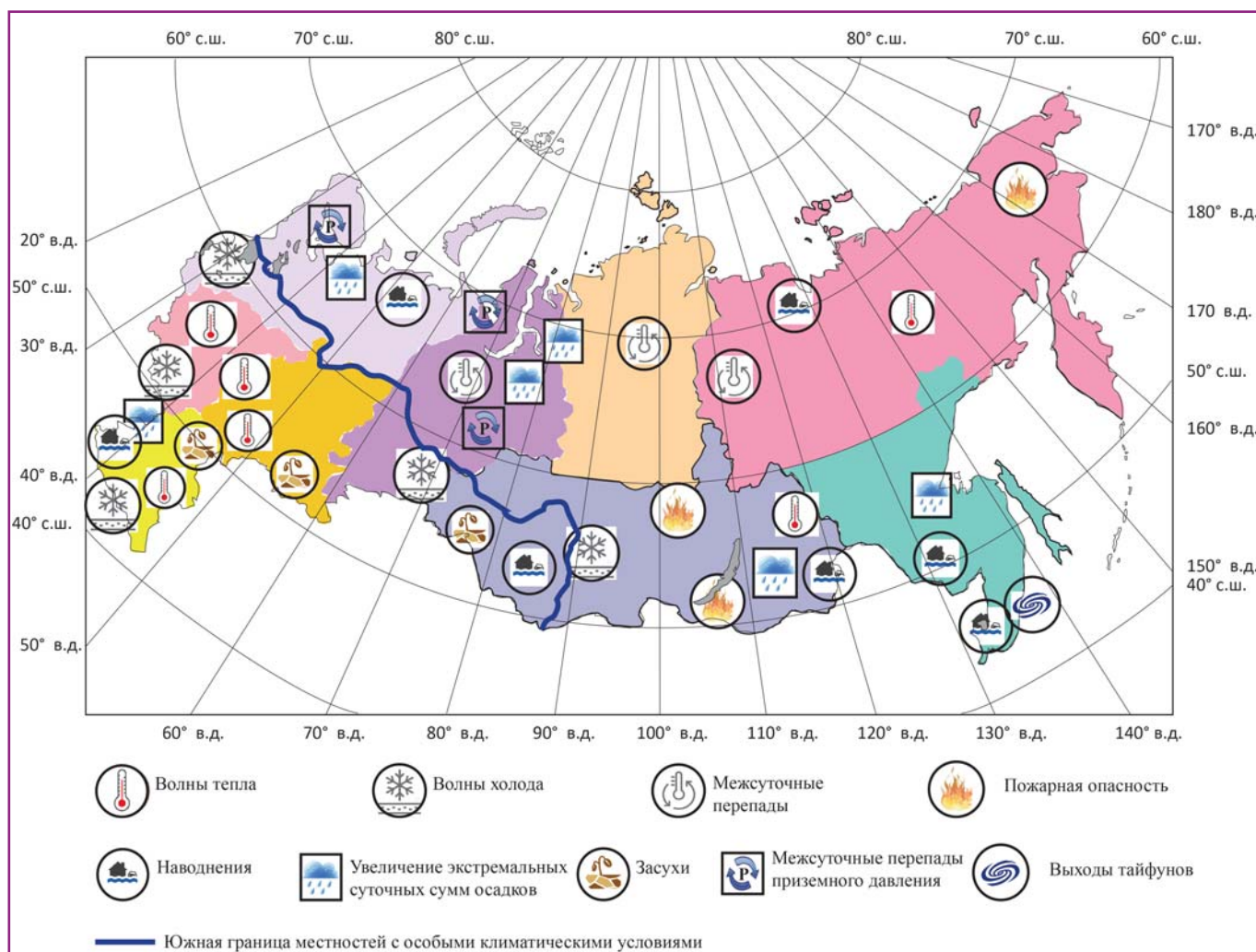


Рис. 1.26. Распространение экстремальных природно-климатических явлений на территории России в период 1991–2013 гг. по сравнению с периодом 1961–1990 гг. Цветом показаны показаны федеральные округа (в Дальневосточном и Сибирском ФО север и юг показаны отдельно).

Глава 1. Климатические аномалии и экстремальные события на территории России

Виноградова, 2016). Это позволило установить факторы неблагоприятного воздействия окружающей среды и особенно меняющегося климата на условия жизнедеятельности населения и определить местности, где это воздействие проявляется особенно интенсивно.

Анализ карты показывает, что увеличение числа волн тепла наблюдалось на Европейской территории России, в Иркутской области и Якутии. Рост числа волн тепла, уменьшение экстремальных суточных сумм осадков увеличило пожарную опасность в лесной зоне Восточной Сибири. Волны холода отмечались на ЕТР, а также на юге Западной и Средней Сибири. Районы распространения максимальных междусуточных перепадов температуры и давления расположены в северной части ЕТР и в Западной Сибири. Нарастание экстремальных суточных сумм осадков отмечалось в Краснодарском крае, на севере ЕТР и Западной Сибири. Разрушительные наводнения произошли в

Краснодарском, Алтайском, Хабаровском и Приморском краях. Суровые засухи участились в Поволжье и Южном Предуралье. Таким образом, увеличение негативной для жизнедеятельности населения экстремальности климата произошло почти на всей территории страны.

Многочисленные оценки изменения климата указывают на продолжающееся глобальное потепление: средняя скорость потепления для суши Северного полушария составляет $+0.328\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ за 1976–2012 гг. и $+0.105\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ за 1901–2012 гг. При этом начало XXI в. оставалось самым теплым 12-летием за период инструментальных наблюдений (Второй оценочный..., 2014). В последние годы на территории России скорость потепления составляла $+0.43\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$, но стали заметнее межсезонные различия. Во все сезоны, кроме зимнего, скорость потепления несколько увеличилась, а зимой, напротив, заметно снизилась. Области наиболее интенсивного потепления это: Европейская тер-

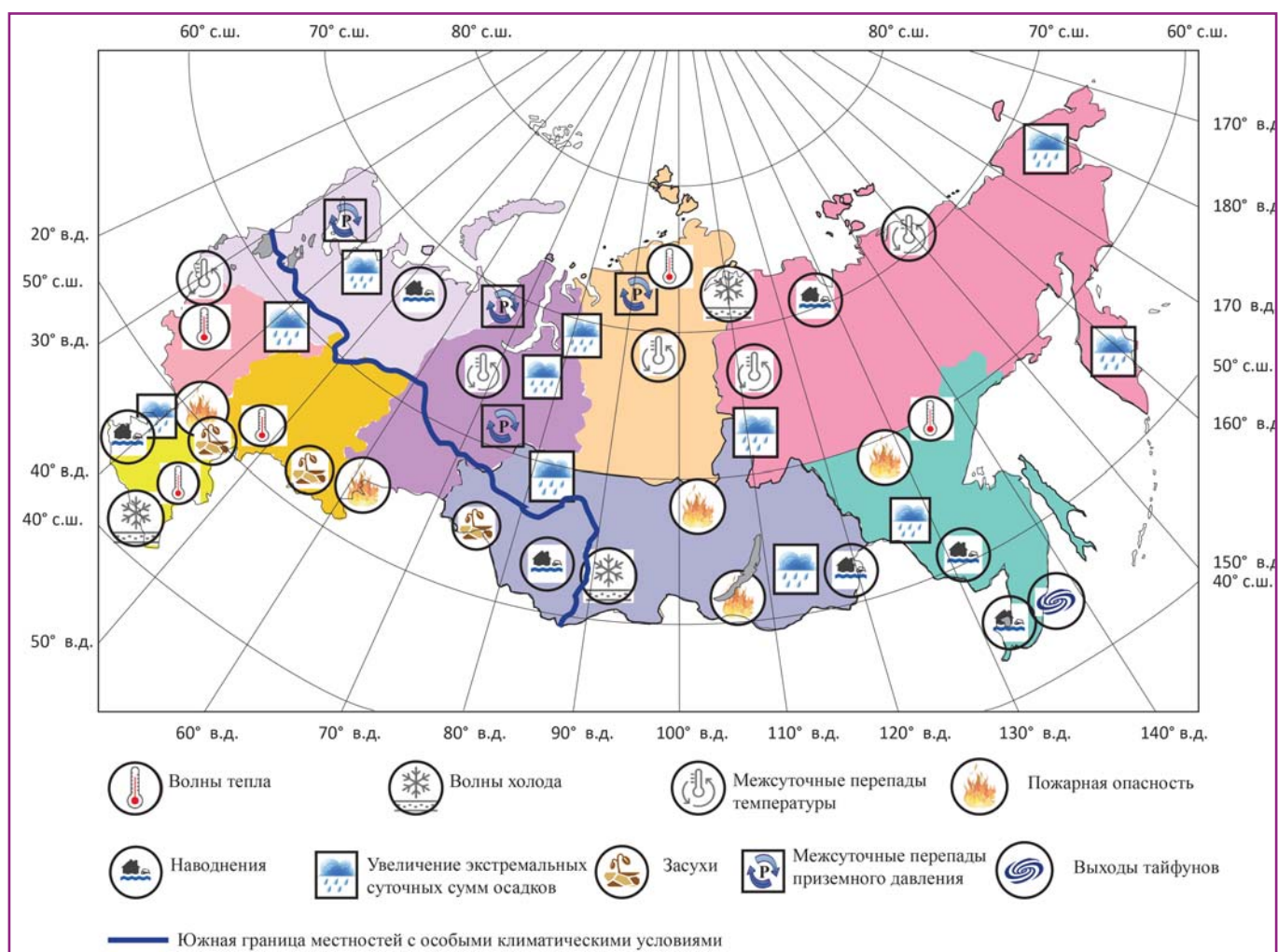


Рис. 1.27. Распространение экстремальных природно-климатических явлений на территории России для периода 2041–2060 гг. по данным МОЦАО проекта СМIP5. Цветом показаны показаны федеральные округа (в Дальневосточном и Сибирском ФО север и юг показаны отдельно).

Интегральная карта экстремальных природных явлений на территории России...

ритория России (ЕТР) – зимой, Сибирь – весной, северо-восток России – весной и осенью. Наблюдается область похолодания зимних сезонов на крайнем северо-востоке России, и сформировалась обширная область похолодания зим на юге Западной Сибири, которая постепенно распространяется на всю Азиатскую территорию России (Второй оценочный..., 2014). Модельные прогнозы для середины и конца XXI в. подтверждают сохранение существующих тенденций.

В связи с этим была проведена оценка распространения значимых для жизнедеятельности населения природно-климатических экстремальных событий для периода 2041–2060 гг. по данным МОЦАО проекта CMIP5. Использовались модели HadGEM2-ES, MPI-ESM-LR и INMCM4 для «мягкого» (RCP4.5) и «жесткого» (RCP8.5) сценариев. Получены оценки распространения волн тепла и холода, трендов и повторяемости экстремальных суточных осадков, резких перепадов температуры и давления. Для периода изменения климата в 2041–2060 гг. составлена интегральная карта распространения экстремальных природных явлений на территории России (рис. 1.27), которая позволила оценить тенденции неблагоприятного воздействия окружающей среды и особенно меняющегося климата на условия жизнедеятельности населения в середине XXI века (2046–2055 гг.) и выделить территории, где это воздействие может проявиться особенно интенсивно.

Анализ карты показывает, что по сравнению с современным климатом можно ожидать увеличение числа волн тепла на юге ЕТР и Западной Сибири и в Якутии. Максимальные изменения ожидаются на Таймыре и Ямале, где число дней с аномально высокими температурами возрастет до 10–12. На остальной территории число таких дней сократится. Для «жесткого» сценария RCP8.5 ожидаются более контрастные изменения при сохранении основных особенностей их локализации.

В середине XXI в. можно ожидать увеличение повторяемости экстремальных суточных осадков зимой в бассейне Дона и летом в бассейне Амура, что негативно скажется на сезонной паводковой ситуации. Также возможно существенное снижение повторяемости экстремальных суточных осадков летом на европейской и азиатской частях зернового пояса России, что повысит вероятность засух в этих районах. Зимой к середине XXI в. продолжится значимый рост повторяемости экстремальных суточных осадков в центре и на севере ЕТР, в Восточной Сибири, в Забайкалье, а также наиболее существенно, на Чукотском полуострове. Весной в середине XXI в. ожидается увеличение повторяемости экстремальных суточных осадков в Поволжье, на севере и юго-востоке ЕТР, на юге Восточной Сибири и на Камчатке с той же скоростью, что во второй половине XX – начале XXI в. Летом ожидается значимое снижение повторяемости экстремальных суточных осадков на ЕТР южнее 54° с.ш. Рост числа волн тепла, уменьшение экстремальных суточных сумм осадков приведет к увеличению пожарной опасности на юге России и в лесной зоне Восточной Сибири.

Ареал повышенной частоты максимальных междусуточных перепадов температуры с наибольшими значениями более 50 случаев/год в Средней Сибири, будет сохраняться и в середине XXI в., но здесь ожидается сокращение частоты перепадов примерно на 20%. Незначительный рост частоты междусуточных перепадов температуры возможен южнее 50° с.ш. В середине XXI века прогнозируется уменьшение числа перепадов давления более 8 гПа зимой и весной и увеличение таких перепадов летом и осенью. Увеличение числа перепадов давления можно ожидать на арктическом побережье, на Чукотке, в Забайкалье и в центральных районах Якутии. Ареалы низких температур сохранятся на северо-востоке европейской и в азиатской части России с максимумом в Якутии. Но в середине XXI в. число таких дней будет уменьшаться на 10–20%.

Глава 2. Районирование территории России по природным условиям жизни населения

2.1. Методика районирования по природным условиям жизни населения и ее уточнение

«Природная дискомфортность» характеризует состояние окружающей среды, оказывающей неблагоприятное воздействие на здоровье человека, его проживание и трудовую деятельность. Она определяется совокупностью физико-географических (орграфических, почвенно-ботанических и др.), климатических, гидрологических условий и разной степенью пригодности территории для заселения. В частности, «климатическая дискомфортность» отражает неблагоприятное воздействие на человека и его деятельность совокупности характеристик климата: температуры и влажности воздуха, скорости ветра, солнечной радиации, включая ультрафиолетовую.

Природная дискомфортность вызывает различные стрессы. Стресс – это состояние напряжения организма, возникающее как защитная реакция в ответ на воздействие различных неблагоприятных факторов, включая природные:

1. Холодовой стресс – возникает при действии низкой температуры воздуха. Он обычно рассматривается совместно с действием ветра и влажности воздуха, которые усиливают стресс.

2. Тепловой стресс – возникает от избытка тепла. Усиливается при высокой влажности воздуха.

3. Горный стресс – физиологическая реакция на пониженное атмосферное давление и пониженное содержание кислорода, часто сопровождаемые высокими уровнями солнечной радиации (избытком ультрафиолетовой радиации), низкой температурой и сильным ветром.

В России и за рубежом существуют разные подходы к районированию территории по природной дискомфортности условий жизни населения, использующие физико-географические, экономико-географические, статистические и комплексные показатели и биоклиматические индексы. Достаточно подробно эти методики изложены в монографии (Золотокрылин и др., 2012). Предложенная там же уточненная методи-

ка районирования территории России по степени влияния природных условий на жизнедеятельность населения, главная особенность которой состоит в том, что природно-климатические условия характеризуются количественной интегральной балльной оценкой (Виноградова и др., 2008; Золотокрылин и др., 2012), используется в настоящей монографии для оценки изменений условий жизни населения на территории России при наблюдаемом в начале XXI в. (2001–2010 гг.) и ожидаемом в середине XXI в. (2046–2055 гг.) потеплении климата.

Интегральная природная дискомфортность оценивалась в узлах градусной сетки по среднему баллу показателей зональных факторов с последующей их коррекцией при помощи азональных факторов.

Районирование территории Российской Федерации по природно-климатическим условиям включало в себя следующие этапы:

- 1) определение факторов природной дискомфортности;
- 2) разделение их на зональные и азональные;
- 3) подбор независимых показателей для каждого фактора;
- 4) построение карт для каждого показателя в абсолютных единицах;
- 5) задание критерия изменения показателя (градации показателя) для перевода их в относительные единицы (баллы);
- 6) вычисление интегрального показателя дискомфортности на основе осреднения баллов выбранных факторов в узлах заданной градусной сети;
- 7) определение градаций интегральных показателей, соответствующих различным зонам дискомфортности;
- 8) построение интегральной карты природной дискомфортности.

Как было показано в (Золотокрылин и др., 2012), среди природных факторов были выделены независимые показатели, которые в наибольшей степени отвечают поставленной цели. К зональным отнесены: астрономический, радиационный, холодовой, мерз-

Методика районирования по природным условиям жизни населения

лотный, тепловой, увлажнения, ветровой, междусуточных колебаний атмосферного давления. К азональным – горный, заболоченность, стихийные явления. Таким образом, для оценки природной дискомфортности использовались 8 зональных факторов с 11 показателями, а также 3 азональных фактора с 6 показателями. т.е. 11 факторов с 17 показателями. Ниже представлены зональные и азональные факторы и их показатели.

Показатели зональных факторов (табл. 2.1)

1. Астрономический (широтный) фактор. Показатель – долгота дня. Отражает специфические условия северных территорий: полярную ночь (день) или короткий (длинный) световой день зимой (летом).

2. Радиационный фактор. Показатель – ультрафиолетовая (УФ) недостаточность/избыточность в месяцах. УФ недостаточность отражает дефицит биологически активной УФ радиации Солнца, приводящий к развитию патологических реакций человека, например, рахита. УФ недостаточность определяется в месяцах. На территории России выделяется обширная зона УФ недостаточности, лежащая севернее 58° с.ш. (Белинский, 1972; Чубарова, 2007; Чубарова, Жданова, 2012). На юге этой зоны УФ недостаточность отмечается в течение 3 месяцев (с середины ноября до середины февраля). За северным полярным кругом она увеличивается до 6–7 месяцев.

УФ избыточность в месяцах отмечается в основном на юге России в горах. УФ радиация в полуденные часы летом по сравнению с равниной на той же широте возрастает на высотах 1000, 1500, 2000 и 2500 м соответственно в 1.3; 1.4; 1.6 и 1.7 раза. Еще сильнее возрастают с высотой месячные суммы УФ радиации. Так, на высоте выше 2500 м УФ радиация увеличивается зимой в 7 раз, а летом в 2 раза (Белинский и др., 1968).

3. Холодовой фактор. Показатели: 1) сумма отрицательных температур воздуха в градусах Цельсия (сумма средних суточных температур за устойчивый период с температурой воздуха ниже 0 °С); 2) продолжительность периода с температурой воздуха ниже –30 °С в днях; 3) продолжительность отопительного периода в днях.

4. Фактор многолетней мерзлоты. Показатель – мощность сезонноталого слоя (СТС) в метрах. Исходный материал – карта «Сезонное промерзание и протаивание грунтов», масштаба 1:30000000, из Национального атласа России (Национальный атлас..., 2008).

В арктических пустынях, моховых и лишайниковых тундрах равнинных территорий мощность СТС не превышает обычно 0.6–0.8 м. В кустарниковых тундрах и лесотундре его мощность возрастает до 1.0–1.2 м. В приокеанических секторах даже в таежных районах и ландшафтах лесов каменной березы и приокеанических лугов мощность СТС не превышает 1.4–1.6 м. Во внутриконтинентальных районах (Средняя Сибирь, Восточная Сибирь) в ландшафтах северной тайги мощность СТС достигает 1.2–1.4 м, а в ландшафтах средней и южной тайги – 2.0 и даже 2.4 м. Наиболее значительные мощности СТС – до 3.0 м и даже более фиксируются в резко континентальном климате забайкальских степей. Необходимо иметь в виду, что вблизи южной границы многолетней мерзлоты, где развиты только ее отдельные острова среди талых грунтов, указанные мощности СТС в значительной степени могут соответствовать (или переходить) в мощности сезонно-мерзлого слоя.

5. Тепловой фактор. Показатели: 1) сумма температур за период с устойчивыми температурами выше 10 °С. Показатель характеризует тепловой режим за сезон активной вегетации. Для полного развития растений определенного вида или сорта сельскохозяйственных культур необходима сумма активных температур за вегетационный сезон, заключающаяся в определенных пределах. Например, для ржи – 1600–1700 °С, яровой пшеницы – 1700–1900 °С; 2) продолжительность безморозного периода в днях.

6. Фактор увлажнения. Показатель – гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК). Гидротермический коэффициент характеризует засуху с точки зрения соотношения тепла и влаги и определяется как:

$$\text{ГТК} = R \cdot 10 / \Sigma t, \quad (2.1)$$

где R – сумма осадков в миллиметрах за период с температурами выше 10 °С, Σt – сумма температур в градусах за то же период. По Селянинову, северная граница степной полосы на всем пространстве ЕТР хорошо совпадает с изолинией ГТК = 1, а северная граница полупустыни – с изолинией ГТК = 0.5. Для Москвы ГТК = 1.4 (Селянинов, 1928). Этот показатель использовался для территорий с недостатком увлажнения – южнее 50° с.ш.

7. Ветровой фактор. Показатель – индекс влажного ветрового охлаждения Хилла в мкал/см² · с (Gregorczyk, 1970). Это показатель климатической дискомфортности, т.е. совместного действия темпе-

Глава 2. Районирование территории РФ по природным условиям жизни населения

ратуры и влажности воздуха, скорости ветра. Влажное ветровое охлаждение (H_w) вычисляется по формуле:

$$H_w = H_d + (0.085 + 0.102v^{0.3}) (61.1 - e)^{0.75}, \quad (2.2)$$

где e – упругость водяного пара, гПа, v – скорость ветра, м/с, H_d – сухое охлаждение, мкал/см² · с.

8. Фактор изменчивость атмосферного давления. Показатель – среднеквадратическое отклонение суточных величин давления. Материалы: архив реанализа NCEP/NCAR (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html>) с пространственным разрешением 2.5° × 2.5° и с временным разрешением 6 часов. Срочные данные были приведены к среднесуточным значениям.

Показатели а зональных факторов (табл. 2.2)

1. Горный фактор. Показатель – абсолютная высота местности в метрах.

2. Фактор заболоченности. Показатель – степень заболоченности территории в процентах. Показатель отражен на электронной среднемасштабной карте площади болот России (Золотокрылин и др., 2002). Материалы для оценки заболоченности в % от площади территории 1° × 1° подготовлены И.П. Ананьевым (Институт географии РАН). Площади болот вычислены по контурам на карте «Леса СССР» (Карта «Леса...», 1990) и уточнены по (Болота..., 1976; Доманитский и др., 1971; Основные..., 1966).

3. Фактор стихийных явлений. Показатели: 1) интенсивность землетрясений в баллах (сейсмичность). Исходный материал: Электронная среднемасштабная карта сейсмического районирования территории России (Природные..., 2000). На карте выделены шесть зон интенсивности землетрясений от 5 до 10 баллов. В каждой зоне существует 10% вероятность превышения (или 90% вероятность не превышения) землетрясений заданной интенсивности в течение 50 лет. Градация зоны землетрясений 10 баллов считается показателем дискомфорта 6 баллов, а градация зоны землетрясений 5 баллов – показателем дискомфорта 1 балл.

2) наводнения (затопление). Исходный материал – электронная среднемасштабная карта районирования территории России по опасности развития наводнений (Природные..., 2001). В ее основу положены данные многолетних наблюдений за уровнями воды. В качестве вспомогательной информации использованы сведения о критических отметках (в метрах),

при превышении которых начинается затопление прибрежных территорий.

В качестве параметров опасности процесса приняты рассчитанные значения повторяемости превышения уровней воды над уровнем начала затопления и площади затопления прибрежных территорий. Установлены следующие критерии, характеризующие степень опасности наводнений: чрезвычайно опасные (затопление прибрежных территорий чаще, чем 1 раз в 2 года, максимальные слои затопления превышают 3 метра, в отдельные годы пойма затопляется более чем на 90%); весьма опасные (затопление 1 раз в 3–5 лет, максимальные слои затопления достигают 2–3 м, прибрежные территории затопляются на 75–90%); опасные (затопление – 1 раз в 5–10 лет, максимальные слои затопления 1.5–2 м, площади затопления – 60–75%); умеренно опасные (затопление 1 раз в 10–12 лет, максимальные слои затопления – 0.7–1.5 м, площади затопления – 40–60%); мало опасные (затопление 1 раз в 12–15 лет, максимальные слои затопления – 0.3–0.7 м, площади затопления – 20–40%); незначительно опасные (затопление 1 раз в 15–20 лет, максимальные слои затопления менее 0.3 м).

Показатели других стихийных бедствий (смерчи, сильные метели) учитываются косвенно через ветровой фактор. Исключение представляют тайфуны (тропические циклоны), захватывающие крайний юг Приморского края, о. Сахалина и Курильских островов, а также последствия океанических землетрясений – цунами на Курильских островах, Камчатке и отчасти на Сахалине (Природные..., 2000).

Методика создания карты «Районирование территории Российской Федерации по природным условиям жизни населения»

Все перечисленные выше показатели были приведены к единой градусной сетке с шагом 2.5° широты и долготы. Такой шаг на широте Полярного круга (67.7° с.ш.) эквивалентен 110 км широты и 275 км долготы, а на 50° с.ш. соответственно 180 км широты и 275 км долготы. Таким образом, показатель в точке характеризует природную дискомфортность на площади около 30000 км² на севере России и около 50000 км² на юге. Территория исследования ограничена 40–82° с.ш. и 30° в.д – 175° з.д. Она несколько превышает территорию России. Были построены карты показателей в абсолютных единицах. Следующий этап – перевод абсолютных единиц в баллы по 6-балльной шкале (см. табл. 2.1 и 2.2).

Методика районирования по природным условиям жизни населения

Таблица 2.1. Зональные факторы природной дискомфортности

Фактор	Астрономический	Радиационный	Холодовой			Мерзлотный	Тепловой		Увлажненность	Ветровой	Изменчивость атм. давления
			A	B	C		D	E			
Показатель	долгота дня в начале января	период с недостатком (избытком)* ультрафиолетовой радиации в году	сумма отрицательных температур воздуха	продолжительность периода с температурой воздуха ниже -30°C	продолжительность отопительного периода	мощность сезонного талого слоя	продолжительность безморозного периода	сумма температур за период с устойчивыми температурами выше $+10^{\circ}\text{C}$	гидротермический коэффициент (Хилла)	индекс влажного ветрового охлаждения (Хилла)	среднеквадратическое отклонение суточных величин давления
Единица измерения	час	месяц	$^{\circ}\text{C}$	день	день	метр	день	$^{\circ}\text{C}$	отн. ед.	мжл/см ² с	гПа
Критерии	Зона	Балл									
Абсолютно неблагоприятная	I	6 0	< -4000	> 120	> 300	0–1.0	< 60	< 400	< 0.3	> 7.0	> 15
Очень неблагоприятная	II	5 0–4	-2801–4000	100–120	270–300	1.1–2.0	60–80	401–800	0.3–0.7	51–70	14–15
Неблагоприятная	III	4 4–5	-1501–2800	40–100	250–270	2.1–3.0	80–100	801–1600	0.7–1.0	41–50	13–14
Условно неблагоприятная	IV	3	-801–1500	2–40	230–250	нет	100–120	1601–2200	1.0–1.5	31–40	11.5–13
Условно благоприятная	V	2	-800–501	1–2	210–230	нет	120–150	2201–3200	> 1.5	21–30	10–11.5
Благоприятная	VI	1	> -500	< 1	< 210	нет	> 150	> 3200	> 1.5	< 20	< 10
*Для высоты 2000–2500 м – 3 балла, 2500–3000 м – 4 балла, 3000–3500 м – 5 баллов, выше 3500 м – 6 баллов.											

Глава 2. Районирование территории РФ по природным условиям жизни населения

Таблица 2.2. Азональные факторы природной дискомфортности

Фактор		Горный		Заболоченность	Стихийные явления				
Обозначение		Аа		Ва	Са	Да	Еа	Фа	
Показатель		абсолютная высота местности		заболоченность территории	сейсмичность	наводнения	тайфуны	цунами	
Единица измерения		метр		%	балл	метр	число случаев в год	число случаев в год	
Критерии	Зона	Балл	влажно	сухо					
Абсолютно неблагоприятная	I	6	> 3000	> 3500	> 60	10	> 3.3	> 5	0.02
Очень неблагоприятная	II	5	2501–3000	3001–3500	41–60	9	2.1–3.2	0–5	0.01
Неблагоприятная	III	4	2001–2500	2501–3000	31–40	8	1.5–2.0	нет	нет
Условно неблагоприятная	IV	3	1501–2000	2001–2500	21–30	7	0.8–1.4	нет	нет
Условно благоприятная	V	2	801–1500	1301–2000	10–20	6	0.3–0.7	нет	нет
Благоприятная	VI	1	< 800	< 1300	< 10	5	< 0.3	нет	нет

Наивысший балл (6) указывает на абсолютно (чрезвычайно) неблагоприятное влияние оцениваемого показателя на жизнедеятельность населения. Наименьший (1 балл) устанавливается для характеристики благоприятного влияния. Оценки 2, 3, 4, 5 характеризуют соответственно условно благоприятное, условно неблагоприятное, неблагоприятное и очень неблагоприятное влияние. Интервалы шкал показателей подбирались так, чтобы границы зон дискомфортности по возможности соответствовали границам природных зон, хотя они могут быть различны в разных меридиональных секторах. Таким образом, в каждой точке показатели оценивались в баллах, на основе которых строились карты показателей.

Для получения интегральной оценки природной дискомфортности в баллах в каждом узле градусной сетки вычислялся средний балл показателей зональных факторов (СБЗП) с последующей поправкой на суммы баллов показателей азональных факторов (СБАП) и их суммирование. При этом вес всех показате-

телей принимается одинаковым. С учетом обозначений показателей в табл. 2.1 СБЗП вычисляется по формуле в баллах:

$$\text{СБЗП} = (A + B + C + D + E + F + G + H + I + J + K) / N, \quad (2.3)$$

где N – число учитываемых показателей зональных факторов дискомфортности в данном узле; A, B, C, D, E, F и т.д. – показатели факторов.

Затем вычисляется СБАП. Эта оценка необходима для корректировки СБЗП с помощью показателей азональных факторов. СБАП вычисляется в каждом узле градусной сетки. Вес слагаемых СБАП принимается равным. С учетом обозначений показателей в табл. 2.2 СБАП вычисляется так:

$$\text{СБАП} = (A_a + B_a + C_a + D_a + E_a + F_a), \quad (2.4)$$

где $A_a, B_a, C_a, D_a, E_a, F_a$ – показатели азональных факторов.

Адаптация карты «Районирование территории Российской Федерации по природным условиям...

Оценка СБАП считается незначимой и далее не учитывается в интегральной оценке, если СБАП менее 8 баллов. В идеальном случае такая сумма возможна при равенстве показателей (2 балла) и в случае отсутствия цунами и тайфунов. Но если какой-нибудь из этих показателей равняется 6 баллам, то к СБЗП прибавляется один балл. Если СБАП варьирует в диапазоне от 8 до 16 баллов, то к СБЗП прибавляется 0.5 балла. Но и в этом случае, если какой-нибудь из показателей равняется 6 баллам, то к СБЗП также прибавляется один балл. И, наконец, если СБАП превышает 16 баллов, то к СБЗП прибавляется один балл.

Очевидно, что оценка СБАП зависит от количества показателей, и принятые в данном случае пороговые значения СПАБ (менее 8, 8–16, более 16 баллов) необходимо менять при расширении или сокращении списка показателей азональных факторов.

В заключение в каждом узле градусной сетки вычисляется интегральная оценка природной дискомфортности в баллах (ИОПД):

$$\text{ИОПД} = \text{СБЗП} + \text{СБАП (балл)}. \quad (2.5)$$

Далее была построена карта интегральной оценки (ИОПД) в баллах (рис. 2.1а).

На основании сопоставлений формальной равномерной шкалы интегральных балльных оценок с картами природной зональности, орографии и иных физико-географических характеристик установлена нелинейная шкала, адекватно отражающая пороговые изменения природно-климатических условий и их влияние на условия проживания и хозяйственной деятельности населения. Границы диапазонов нелинейной шкалы соответствуют следующим градациям интегральной оценки (ИОПД) (табл. 2.3):

Таблица 2.3. Балльная оценка интегральной оценки природной дискомфортности

№	Зона природной дискомфортности	Баллы
I	Абсолютно неблагоприятная	более 5.7
II	Очень неблагоприятная	4.9–5.7
III	Неблагоприятная	4.5–4.9
IV	Условно неблагоприятная	3.6–4.5
V	Условно благоприятная	3.3–3.6
VI	Благоприятная	2.0–3.3
VII	Наиболее благоприятная	менее 2.0

Следующим этапом построения карты районирования по природным условиям жизни населения является уточнение и привязка границ зон и районов дискомфортности к природным рубежам и административному делению.

Таким образом, на основании изложенной выше методики построена «карта Районирование территории Российской Федерации по природным условиям жизни населения» (Виноградова и др., 2008; Золотокрылин и др., 2012, рис. 2.1а), отражающая состояние природной среды России в период 1961–1990 гг. Карта наглядно показывает неблагоприятное (благоприятное) воздействие на здоровье, проживание и трудовую деятельность населения.

На территории России выделены 7 зон природных условий для жизни: I – абсолютно неблагоприятная (более 5.7 баллов); II – очень неблагоприятная (4.9–5.7 баллов); III – неблагоприятная (4.5–4.9 баллов); IV – условно неблагоприятная (3.6–4.5 баллов); V – условно благоприятная (3.3–3.6 баллов); VI – благоприятная (2.0–3.3 балла); VII – наиболее благоприятная (менее 2.0 балла).

2.2. Адаптация карты «Районирование территории Российской Федерации по природным условиям жизни населения» к условиям современного климата

На основании изложенной в предыдущем разделе методики проведена адаптация карты «Районирование территории Российской Федерации по природным условиям жизни населения» к условиям современного климата (2001–2010 гг.) (рис. 2.1б). Использовались данные метеорологической сети (www.meteo.ru) и реанализа (Архив реанализа NCEP/NCAR). На данном этапе анализировались наиболее опасные и быстро меняющиеся климатические факторы: тепловой, холодной и ветровой.

Ниже представлено краткое описание зон природной дискомфортности на карте, построенной для современного климата (2001–2010 гг.).

I – Абсолютно неблагоприятная зона занимает северную часть Азиатской территории России от Таймыра до Чукотки. Включает полуостров Таймыр, где она расширяется до 65°с.ш. в районе плато Путорана, и побережье Северного Ледовитого океана, в основном севернее 70°с.ш. Территория представлена арктическими, отчасти субарктическими ландшафтами. На территории зоны зима проявляет-

Глава 2. Районирование территории РФ по природным условиям жизни населения

как слабо суровая снежная на в Центральной и суровая малоснежная в Восточной Сибири. Лето – очень холодное на всем арктическом побережье. По мере удаления от побережья к югу лето становится более теплым. Во всей зоне избыточно влажно. По медико-географическим показателям оптимальный срок проживания пришлого населения в этой зоне: 1–2 года на равнинах и до 1 года в горных районах. Формирование постоянного населения здесь не рекомендуется.

II – Очень неблагоприятная зона – тундровые и лесотундровые ландшафты в Европейской России, побережья холодных морей и бореальные ландшафты Восточной Сибири с крайне интенсивным природным воздействием на людей, критическим напряжением адаптационных систем переселенцев с тенденцией к декомпенсации. Преобладающая патология в этих районах определяется в основном климатическими условиями – метеострессы, сердечно-сосудистая патология, холодовые полиневрозы, обморожения, травматизм, снижение иммунных свойств организма, расстройство ритмики физиологических функций. Очень неблагоприятные условия для жизни формируются в высокогорьях Алтая, который отличается избытком ультрафиолетовой радиации, сухостью и чрезвычайно высокой сейсмичностью. При тех же, что и в первой зоне, преобладающих патологиях, оптимальный срок жизни здесь несколько больше: на равнинах 2–3 года, а в горах 1–2 года. Зона также непригодна для сплошного и массового заселения.

III – Неблагоприятная зона протягивается узкой полосой от Кольского полуострова до Якутии. Далее она расширяется за счет высоко сейсмичных, с вечной мерзлотой горных систем Восточной Сибири, достигая побережья Охотского моря. В горных районах Тывы и Бурятии неблагоприятная зона расположена вдоль государственной границы. Неблагоприятные условия для жизни сохраняются на западе Камчатки, а также на северных островах Курильской гряды. Территория представлена преимущественно северотаежными и отчасти среднетаежными ландшафтами, а также горно-лесными в средней тайге в Восточной Сибири. Неблагоприятная зона характеризуется слабо суровой снежной зимой в европейской части России, суровой многоснежной зимой в Западной Сибири и очень суровой малоснежной зимой в Восточной Сибири. Холодное лето отмечается в европейской части России и горных районах, за исключением среднетаежных ландшафтов в Западной Сибири, Центральной Якутии, а также в кот-

ловинах Тывы и Бурятии, где оно умеренно теплое. Зона характеризуется интенсивным природным воздействием на здоровье людей, которое проявляется в очень сильном напряжении адаптационных систем организма переселенцев и затрудненной компенсации. По природным условиям территория может быть использована для очагового заселения.

IV – Условно неблагоприятная зона значительно расширяется с запада на восток и прослеживается в среднетаежных ландшафтах равнин европейской части России, в Западной и Восточной Сибири, а также в Забайкалье Приамурье и Приморье. Ее природные условия характерны для большей части Сахалина, южных островов Курильской гряды. Зона отличается умеренно суровой снежной зимой в европейской части России, суровой малоснежной в Сибири и умеренно суровой снежной на Дальнем Востоке, а также недостаточно теплым летом на большей части территории и холодным на Дальнем Востоке. В этой зоне велика вероятность природных стрессов, и необходимы дополнительные вложения для поддержания достойного уровня жизни.

V – Условно благоприятная зона протягивается более узкой полосой на европейской части России, расширяется в южной половине Западной Сибири и Красноярского края. Также эта зона представлена в южной части Приамурья и в западной части Приморья. Для зоны типична умеренно мягкая снежная зима на европейской части, слабо суровая снежная зима в Западной Сибири и слабо суровая малоснежная зима на Дальнем Востоке. Лето преимущественно умеренно теплое. Условно благоприятная зона характеризуется слабым природным воздействием на здоровье человека, с постепенной компенсацией. Здесь возможно постоянное проживание пришлого населения, но затраты на поддержание жизнедеятельности по сравнению со средней полосой Европейской России повышенные.

VI – Благоприятная зона включает среднюю полосу европейской части России и прилегающие к ней черноземные земли. На западе зона расширяется на север до 63–65° с.ш. Природные условия здесь умеренно благоприятны для жизнедеятельности населения. Зима умеренно мягкая, а лето теплое. Экстремальное воздействие природы на жизнедеятельность проявляется довольно редко. Как правило, это очень холодные зимы, сильные засухи, частота которых возрастает в настоящее время.

VII – Наиболее благоприятная зона для жизнедеятельности охватывает южную часть Европейской тер-

— Адаптация карты «Районирование территории Российской Федерации по природным условиям...

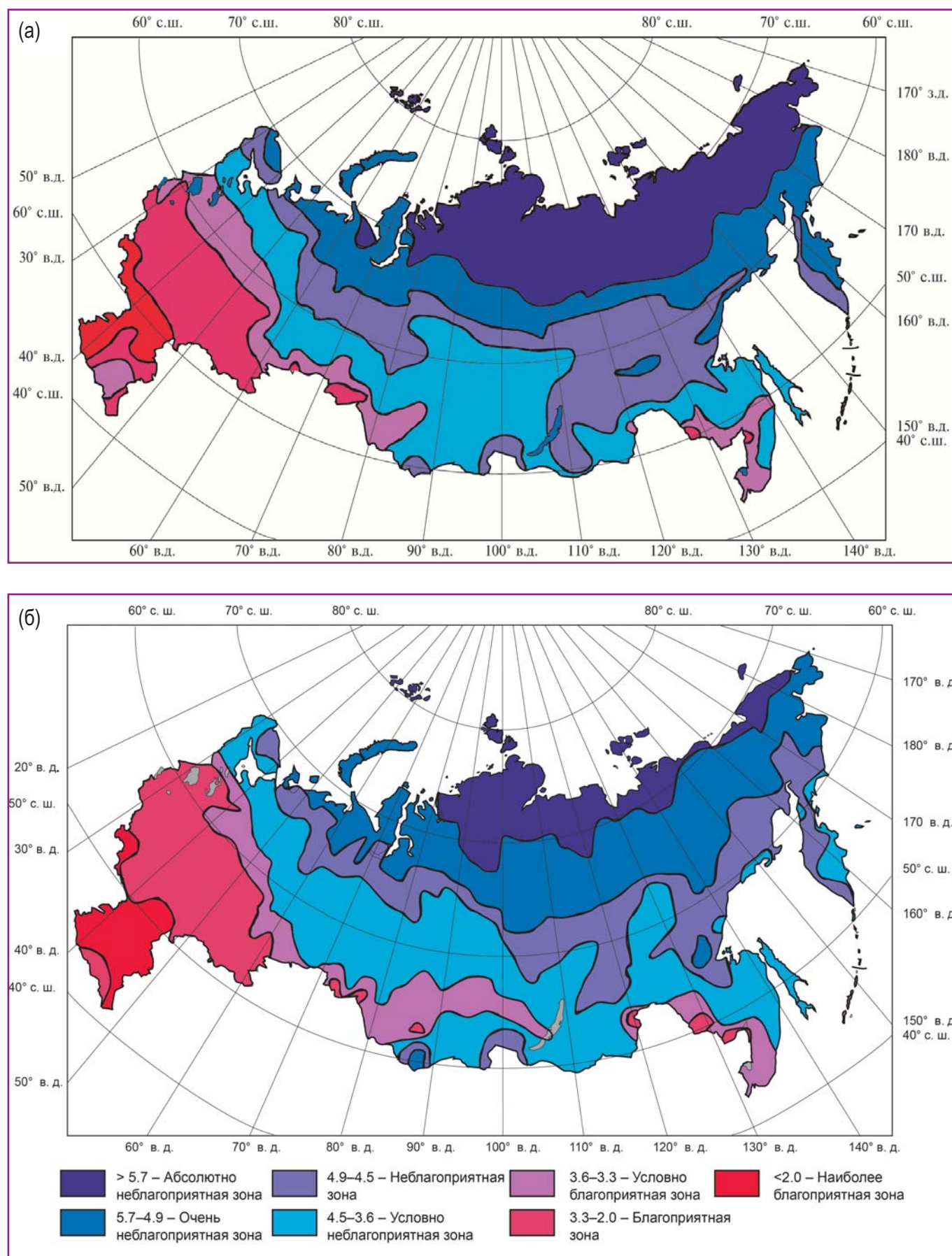


Рис. 2.1. Районирование территории Российской Федерации по природным условиям жизни населения: для среднеголетних условий (1961–1990 гг.) (а); для условий современного климата (2001–2010 гг.) (б).

Глава 2. Районирование территории РФ по природным условиям жизни населения

ритории России, южнее 40° с.ш., за исключением высокогорий Северного Кавказа, которые относятся к условно благоприятной зоне. Эта территория отличается очень мягкой зимой и очень теплым летом. В зоне экстремальное воздействие одного какого-нибудь природного фактора (или очень холодная зима, или очень сильная засуха, или очень сильное наводнение, или землетрясение) на жизнедеятельность населения возможно один раз за 50 лет. Следует отметить, что существует повышенная опасность выхода сильных и разрушительных смерчей с Черного моря на российское побережье Кавказа с частотой один смерч за десятилетие. В настоящее время в этой зоне возрастает опасность экстремальных осадков и наводнений.

Сравнение карты «Районирование территории Российской Федерации по природным условиям жизни населения» для начала XXI в. (2001–2010 гг.) – см. рис. 2.1б с аналогичной картой, построенной для среднемноголетних условий 1961–1990 гг. (см. рис. 2.1а) показывает, что современное потепление климата привело к значительному ослаблению дискомфорта на территории России. Это особенно заметно в северных и арктических районах, где произошло заметное сокращение территорий с абсолютно неблагоприятными условиями, в основном за счет расширения очень неблагоприятных территорий (более мягкая градация дискомфорта). Южная граница неблагоприятных территорий смещается к северу, особенно в Западной и Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. За счет этого расширяется условно неблагоприятная зона в Западной Сибири и на юге Восточной Сибири. В европейской части России расширяется и продвигается в более северные районы

благоприятная зона (приблизительно до 60° широты). В конце XX в. улучшение природно-климатических условий жизни происходило на Дальнем Востоке и на юге Сибири. В начале XXI в. основное ослабление дискомфорта наблюдалось в центральной части Европейской России, а на ее юге условия практически не изменились.

В табл. 2.4 показаны площади (% от территории России) зон дискомфорта для среднемноголетних условий, для конца XX и начала XXI вв. Площади вычислялись как отношение количества ячеек со значениями балла дискомфорта, соответствующего определенной градации, к общему количеству ячеек на территории России (%).

Наблюдается устойчивое сокращение абсолютно неблагоприятной зоны за счет расширения менее неблагоприятных зон. Например, расширение очень неблагоприятной зоны в 1991–2000 гг. до 23%, по сравнению с 21% в 1961–1990 гг. за счет сокращения абсолютно неблагоприятной зоны и ее последующее сокращение в 2001–2010 гг. до 21% за счет перехода части территорий в более мягкую, неблагоприятную градацию. Площадь абсолютно неблагоприятной зоны к началу нынешнего столетия сокращается на 8 процентных пунктов (п. п.), а площадь условно неблагоприятной зоны увеличивается на 8 п. п. Площадь неблагоприятной зоны уменьшается на 5 п. п., а благоприятная зона немного расширяется – на 3 п. п., причем в основном, в начале XXI в.

2.2.1. Изменения для современного климата

Многочисленные оценки изменения климата указывают на продолжающееся глобальное потепление: средняя скорость потепления для суши Северного

Таблица 2.4. Площадь зон дискомфорта (% от территории России) для среднемноголетних условий (1961–1990 гг.), для конца XX (1991–2000 гг.) и начала XXI (2001–2010 гг.) века.

Зона природной дискомфорта	Балл	Период, годы		
		1961–1990	1991–2000	2001–2010
Абсолютно неблагоприятная	> 5.7	23	18	15
Очень неблагоприятная	5.7–4.9	21	23	21
Неблагоприятная	4.9–4.5	19	13	14
Условно неблагоприятная	4.5–3.6	22	30	30
Условно благоприятная	3.6–3.3	6	5	6
Благоприятная	2.0–3.3	7	8	10
Наиболее благоприятная	< 2.0	2	2	2

— Адаптация карты «Районирование территории Российской Федерации по природным условиям...

полушария составляет $+0.105\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет за 1901–2012 гг. Начало XXI в. оказалось самым теплым 12-летием за период инструментальных наблюдений (Второй оценочный..., 2014). Области наиболее интенсивного потепления это: Европейская территория России – зимой, Сибирь – весной, северо-восток России – весной и осенью. Наблюдается область похолодания зимних сезонов на крайнем северо-востоке России и сформировалась обширная область похолодания зим на юге Западной Сибири, которая постепенно распространяется на всю азиатскую территорию России (Второй оценочный..., 2014). В Москве за период 1954–2013 гг. наблюдался значимый положительный линейный тренд температуры воздуха – $0.04\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{год}$, а за период 1976–2012 гг. он увеличился до $0.07\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{год}$. В Центральных областях России линейный тренд составил $0.06\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{год}$, а в целом в России – $0.04\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{год}$ (Чубарова и др., 2014).

Модельные прогнозы для середины и конца XXI в. подтверждают сохранение существующих тенденций. В частности, в (Эколого-географические..., 2011) показано, что на Европейской территории России и в Западной Сибири потепление климата сохранится. Особенно заметно оно будет в осенне-зимний период, причем зимой рост температуры будет максимальным, и он затронет весь север этих регионов.

Последствия потепления ожидаются как положительными, так и отрицательными для жизнедеятельности населения и инфраструктуры различных регионов России. При этом устойчивое развитие многих регионов лимитируется неблагоприятными факторами природной среды. Эти территории могут быть отнесены к местностям с особыми климатическими условиями, где природно-климатическая дискомфортность определяет во многом стратегию их развития.

Анализ наиболее быстро меняющихся теплового и холодного климатических факторов позволяет оценить их вклад в изменение суммарного балла дискомфорта при современном потеплении климата. Изменения площадей территорий с различными градациями дискомфорта суммы отрицательных температур воздуха, периода с температурой воздуха ниже $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, продолжительности отопительного периода, продолжительности безморозного периода, суммы температур за период с устойчивыми температурами выше $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ показаны на рисунке 2.2.

В начале XXI в. наблюдается уменьшение суммы отрицательных температур по сравнению со среднепогодными условиями (рис. 2.2а). Территории с абсолютно неблагоприятными условиями по

этому показателю сокращаются особенно значительно – на 10 п. п. При этом на 2–9 п. п. увеличиваются площади территорий с более мягкими градациями – неблагоприятные и условно неблагоприятные. Изменения особенно заметны на побережье Дальнего Востока, на юге Сибири и на Европейском Севере.

Наиболее существенно уменьшается число дней с температурой воздуха ниже $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Площадь территорий с абсолютно неблагоприятными условиями по этому показателю в 1990-е годы сокращается на 7 п. п., по сравнению со среднепогодными условиями, а в 2000-е – уменьшается еще на 9 п. п., т.е. эти территории в России практически исчезают (рис. 2.2б). Очень неблагоприятная зона тоже сокращается с 11% в 1961–1990 гг. до 2% в 2001–2010 гг., при небольшом увеличении (на 3 п. п.) в 1990-е годы. Площади, занимаемые территориями с более благоприятными градациями (от неблагоприятной до условно благоприятной) за тот же период увеличиваются на 1–6 п. п. Очень существенно, на 13 п. п. расширяется благоприятная зона, особенно на Европейской территории и на юге Приморского края.

Меньше всего в начале XXI в. изменилась продолжительность отопительного периода. Площади территорий с различным уровнем дискомфорта по этому показателю изменяются на 1–3 п. п. (рис. 2.2в). Но на Европейской территории и на юге Западной Сибири наблюдается сокращение отопительного периода.

На рисунке 2.2 г показано изменение суммы активных температур выше $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ в конце XX – начале XXI в. по сравнению со среднепогодным периодом (1961–1990 гг.). Наблюдается рост показателя в северных регионах и значительное сокращение площади территорий, неблагоприятных по этому показателю. Так, площадь абсолютно неблагоприятных территорий сократилась на 19 п. п., а площади условно неблагоприятных и условно благоприятных территорий увеличились на 11 и 6 п. п., соответственно. Изменения особенно заметны в Арктике, на Дальнем Востоке и на Европейской территории.

Аналогичные изменения отмечаются для показателя продолжительность безморозного периода. Так, в 2000 годы абсолютно неблагоприятные по этому показателю территории сокращаются особенно значительно – на 28 п. п. (рис. 2.2д). При этом неблагоприятные, условно неблагоприятные и условно благоприятные территории увеличиваются на 8, 12 и 5 п. п., соответственно. Основные изменения (сокращение

Глава 2. Районирование территории РФ по природным условиям жизни населения

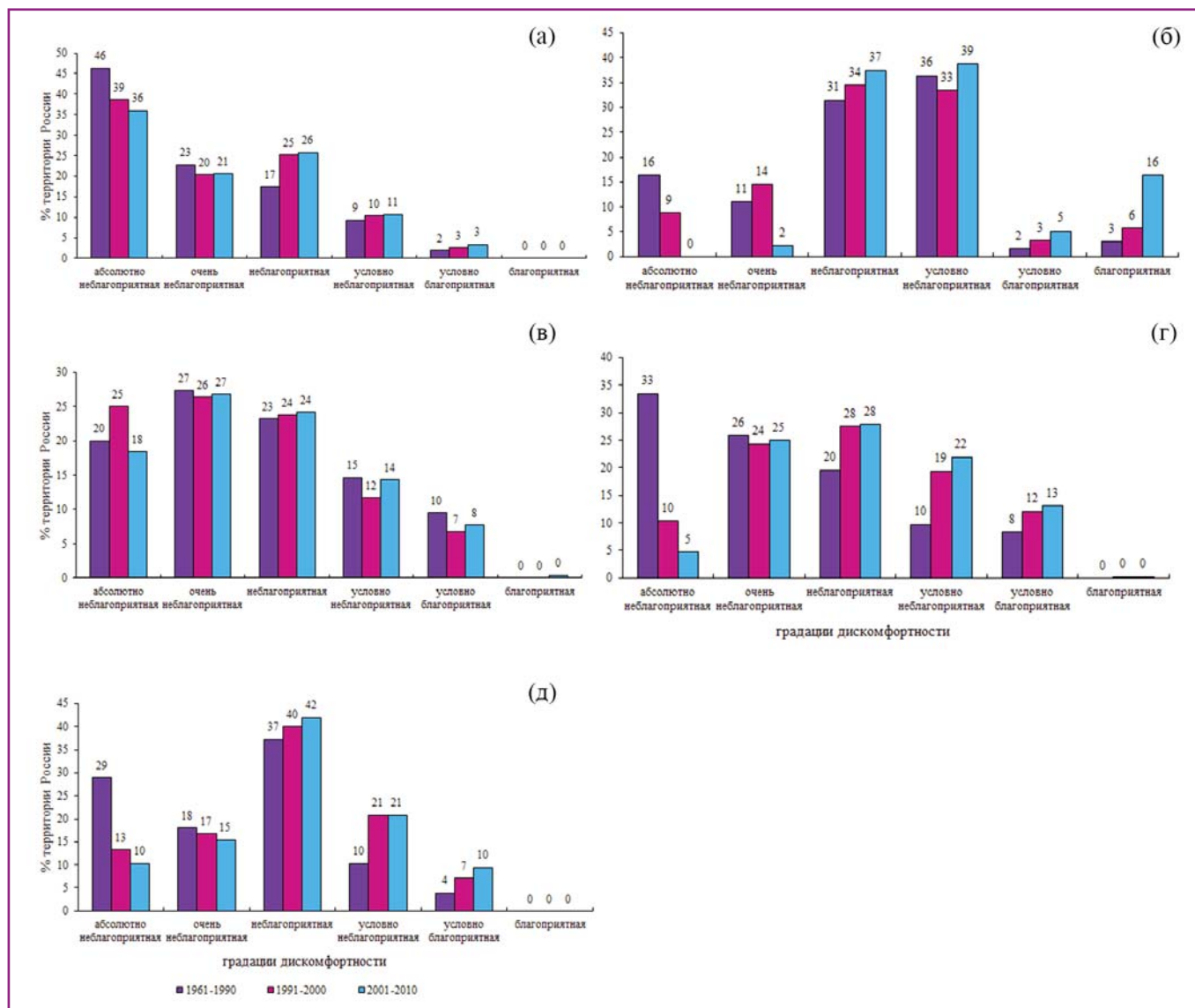


Рис. 2.2. Изменения площадей территорий с различными градациями дискомфорта холодного – сумма отрицательных температур (а), продолжительность периода с температурой воздуха ниже $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (б), продолжительность отопительного периода (в) и теплового – продолжительность безморозного периода (г), сумма температур за период с устойчивыми температурами выше $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (д) факторов среднемноголетних условий (1961–1990 гг.), конца XX (1991–2000 гг.) и начала XXI (2001–2010 гг.) вв.

абсолютно неблагоприятной зоны) происходят в Арктике, Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. На Европейской территории и на юге Западной Сибири расширяются условно неблагоприятные и условно благоприятные территории.

Таким образом, тепловой и холодный факторы вносят значительный вклад в изменение суммарного балла дискомфорта при современном потеплении климата. Основные изменения связаны с уменьшением суммы отрицательных температур, в основном за счет уменьшения числа дней с очень низкими температурами, и с ростом суммы активных температур, а также увеличением безморозного периода.

2.2.2. Изменения природных условий жизни населения для районов с особыми климатическими условиями и федеральных округов

Россия с точки зрения природно-климатических условий неоднородна для жизнедеятельности населения. Территория с повышенными трудностями для жизнедеятельности определена Постановлениями Правительства Российской Федерации (Совмина СССР) как «Местности с особыми климатическими условиями». Она охватывает как районы Крайнего Севера с Арктикой и приравненных к ним местностей, так и южные районы Восточной Сибири и Дальнего Востока (рис. 2.3).

— Адаптация карты «Районирование территории Российской Федерации по природным условиям...

Продолжающееся глобальное потепление и рост экстремальности климата наиболее ярко проявляются в Арктической зоне, воздействуя при этом практически на все компоненты природной среды. Поэтому здесь на основании методики, изложенной в предыдущем разделе, более подробно рассматриваются изменения природных условий жизнедеятельности населения в Арктической зоне, где природа более чувствительна к изменениям климата.

Арктическая зона Российской Федерации

Понятие Арктическая зона Российской Федерации (АЗРФ) закреплено в документе «Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года», утвержденном Президентом РФ 20 февраля 2013 г. (<http://static.government.ru/media/files/2RpSA3sctElhAGn4RN9dHrtzk0A3wZm8.pdf>). Территория АЗРФ определена в Приложении к Указу Президента Российской Федерации от 2 мая 2014 г. № 296 «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации». Сразу же поднятый вопрос о расширении Арктической зоны РФ за счет нескольких

муниципалитетов Карелии, Якутии и Архангельской области еще не был решен окончательно в 2018 г.

Стратегия направлена на решение основных задач государственной политики Российской Федерации в Арктике, осуществляемых в рамках стратегического планирования социально-экономического развития АЗРФ и обеспечения национальной безопасности России. Вклад географической науки в подготовку этого документа состоит в разработке предложений об уточнении географических границ АЗРФ, в том числе ее южной границы, с перечнем и статусом муниципальных образований, входящих в пределы указанной зоны (НИР: Разработка, 2009).

Глобальное потепление и рост экстремальности климата наиболее ярко проявляются в АЗРФ, воздействуя при этом практически на все компоненты природной среды. Здесь, начиная с 1976 г., отмечается наибольшее в стране повышение среднегодовой температуры (более 0.5 °/10 лет) (Второй оценочный..., 2014). Максимальные коэффициенты трендов повышения среднегодовой температуры 0.8–0.9 °С/10 лет наблюдались на Таймыре. Коэффициент 0.7 °С/10 лет отмечался на побережье Восточно-Сибирского моря.



Рис. 2.3. Местности с особыми климатическими условиями в соответствии с Постановлениями Правительства Российской Федерации (Совмина СССР).

1 – Сухопутные территории арктической зоны РФ, 2 – Районы Крайнего Севера, 3 – Местности, приравненные к районам Крайнего Севера, 4 – Южные районы Восточной Сибири и Дальнего Востока, 5 – Субъекты РФ, где применяются только районные коэффициенты, 6 – Субъекты РФ не включенные в Местности с особыми климатическими условиями.

Глава 2. Районирование территории РФ по природным условиям жизни населения

Полуострова Таймыр и Кольский отличались наибольшими скоростями потепления зимой. Напротив, в восточной части АЗРФ зимой происходило похолодание. Скорость летнего потепления составляла 0.8–1.0 °С/10 лет на большей части АЗРФ, за исключением Кольского полуострова. Изменение средней сезонной температуры приземного воздуха в периоды 2041–2060 гг. по отношению к концу XX в. по оценкам ансамбля из 31 модели CMIP5 для сценария RCP4.5 в АЗРФ зимой составит 3–4 °С и будет заметно превышать летнее потепление (Второй оценочный..., 2014).

Существенной особенностью ландшафтов арктических пустынь является широкое распространение современного оледенения. Ледниками покрыто около 30% площади всех островов Северного Ледовитого океана в АЗРФ (Второй оценочный..., 2014). Современное оледенение в арктической тундре развито значительно слабее, чем на островах арктических пустынь. Деграция оледенения арктических островов и горного оледенения в АЗРФ стала доминирующей тенденцией. Например, оценки объемов льда в ледниках Земли Франца-Иосифа (ЗФИ) в 1952 и 2001 г. показывают их сокращение в среднем на 3.33% (Глазовский и др., 2006). При этом, айсберги составляют заметную долю сокращения объемов ледников по сравнению с тальми водами. Если брать в целом все ледники Земли Франца-Иосифа, то за период 2003–2009 гг. их высота в среднем снизилась на 0.5–0.6 м (Глазовский и др., 2006). В то же время поверхность привершинных частей ряда куполов повышается.

В АЗРФ оледенение сокращается устойчивее всего в ее западной и центральной частях, находящихся под влиянием Атлантики. Ледники Кольского полуострова и Ямала исчезли еще несколько десятилетий назад (Второй оценочный..., 2014). Ледники Полярного Урала и Таймыра уже потеряли четверть своей площади после 1960 г. Растаяли ледники гор Путорана вблизи Норильска. Ледники в горах Сунтар-Хаята, хребта Черского и на Меньпильгинском хребте после 1960-х годов также резко сократились (Второй оценочный..., 2014).

Потепление вызвало значимые изменения продолжительности залегания снежного покрова, которая в европейской части и в Западной Сибири сокращается в результате уменьшения твердых осадков. Незначительное увеличение продолжительности залегания снежного покрова отмечается на Дальнем Востоке и связано с увеличением количества твердых осадков (Титкова, Виноградова, 2017).

Режимные наблюдения вдоль Западно-Сибирского геокриологического трансекта (от Земли Франца-Иосифа до г. Надым) показали, что в большинстве криогенных ландшафтов за последние 35–40 лет произошло повышение температуры многолетнемерзлых пород (ММП) (Дроздов и др., 2011). На территории от подзоны типичной тундры до подзоны лесотундры повышение температуры грунтов составило 1.5–2.5 °С. Но в то же время в арктической тундре температура ММП остается стабильной. На ряде площадок, где измерения глубины протаивания ведутся более 30 лет, наблюдаются колебания изменений сезонноталого слоя, но тренд изменения глубины протаивания практически равен нулю (Малкова, 2011). С потеплением связано также усиление деструктивных криогенных процессов на льдистых берегах арктических морей (Григорьев и др., 2006).

Хозяйственные объекты, транспортная и трубопроводная инфраструктура, расположенные на многолетней мерзлоте в АЗРФ, испытывают преимущественно негативное воздействие современного потепления. Но положительным откликом на потепление является уменьшение протяженности и толщины арктических морских льдов, что позволяет сохранить контроль России над плаванием судов в пределах экономической зоны при условии сохранения и развития отечественного ледокольного флота (Второй оценочный..., 2014).

В АЗРФ проживает и работает довольно многочисленное население – более 1600 тыс. человек, но плотность населения в этих регионах очень мала, и в большинстве субъектов в последние десятилетия отмечается убыль населения, как за счет отрицательного естественного прироста, так и за счет миграционного оттока. В некоторых субъектах (Ненецкий, Ямало-Ненецкий и Чукотский АО) естественный прирост населения в последние годы положительный, но наблюдается миграционный отток. Очевидно, что на сокращение населения АЗРФ оказывают влияние не столько климатические условия, сколько социально-экономическая ситуация, определяемая недостаточным финансированием. Поэтому на фоне потепления улучшение социально-экономической ситуации и финансирования может создать условия для прекращения оттока населения и развития этих территорий.

Согласно районированию территории России по природным условиям жизнедеятельности населения в климатический период 1961–1990 гг. большая часть АЗРФ в ее административных границах характеризуется абсолютно неблагоприятными (арктические и

— Адаптация карты «Районирование территории Российской Федерации по природным условиям...

отчасти тундровые ландшафты) и очень неблагоприятными условиями (тундровые, лесотундровые и отчасти северотаежные ландшафты) (Золотокрылин и др., 2012). Природные условия обитания в арктических ландшафтах оцениваются как экстремальные, а основной фактор природного дискомфорта определяется экстремально низкой теплообеспеченностью. Здесь наблюдается очень суровая и длительная зима с сильными продолжительными ветрами и метелями и холодное лето. Арктические ландшафты отличаются наиболее продолжительным периодом ультрафиолетовой недостаточности (до 5 мес.) и наименьшей повторяемостью благоприятных для организма человека погод. Это специфический арктический тип среды, где пришлому населению непросто приспособиться к жизни и деятельности. Эмоциональное состояние человека, долго живущего здесь, нуждается в реабилитации по истечении определенного периода. По медико-географическим показателям оптимальный срок проживания пришлого населения в этих условиях 1–2 года. Формирование постоянного населения здесь не рекомендуется.

Для тундровых и лесотундровых ландшафтов свойственны значительный недостаток тепла и избыток влаги. Здесь меньшая продолжительность периода ультрафиолетовой недостаточности (3–5 мес.) и большая повторяемость (до 20%) благоприятных для человека погод. Но в тундре и лесотундре сохраняется крайне интенсивное воздействие на здоровье человека, с критическим напряжением адаптационных систем переселенцев, с тенденцией к декомпенсации. При тех же преобладающих патологиях, что и в арктических ландшафтах, оптимальный срок жизни здесь несколько больше: на равнинах 2–3 года, а в горах 1–2 года. Зона также непригодна для сплошного и массового заселения, исключая коренное население (Золотокрылин и др., 2012).

В АЗРФ также входят северные части неблагоприятной зоны, расположенные на территории северотаежных ландшафтов. Адаптация пришлого населения здесь протекает с сильным напряжением адаптационных систем организма с постепенной компенсацией, а для пожилых людей и больных-хроников – очень сложно и часто заканчивается декомпенсацией. Набор преобладающих патологий практически тот же, что и в более северных зонах, но они здесь выражены несколько слабее. По природным условиям территория может быть использована для очагового заселения.

Положение АЗРФ на территории России показано на рис. 2.3. По нашим оценкам, ее площадь равняет-

ся 3550 тыс. км², что составляет около 21% от всей территории России. Дифференциация АЗРФ по степени климатической дискомфортности осуществлялась на основании карты «Районирование территории Российской Федерации по природным условиям жизни населения» М 1 : 30 млн, которая была подготовлена в лаборатории климатологии Института географии РАН (Золотокрылин и др., 2012; Виноградова, Золотокрылин, 2014). На карте представлено распределение на территории России интегральной балльной оценки степени природной дискомфортности для жизнедеятельности.

Построение карт и измерение площадей проводилось с использованием геоинформационных пакетов ArcGIS и QGIS. Ошибка измерения площадей с учетом математической основы и генерализации данных для Дальневосточного ФО составляет 0.22%, Сибирского ФО – 0.72%, Уральского и Северо-Западного округов – 4.6 и 1.08%, соответственно. Таким образом, средняя ошибка – меньше 1%, а максимальная (в УФО) не превышает 4.6%.

Изменении площадей территорий с разной степенью дискомфортности от периода 1961–1990 гг. к периоду современного потепления 2001–2010 гг. в АЗРФ демонстрирует табл. 2.5. Ослабление климатической дискомфортности в результате потепления характерно прежде всего для западной части АЗРФ, прилегающей к Баренцеву морю, а также для Ямало-Ненецкого автономного округа и Туруханского района Красноярского края. Климатическая дискомфортность ослабла также в южной части Чукотского автономного округа. Ослабление дискомфортности в этих районах вызвано увеличением повторяемости циклонов зимой и ее уменьшением в переходные сезоны, а особенно летом (Второй оценочный..., 2014). Также на данной территории отмечается уменьшение сильных ветров, которое в основном связано с уменьшением повторяемости глубоких циклонов (Брызгин, Дементьев, 1996). Летом происходит углубление барической ложбины на Арктическом фронте и усиление интенсивности циклонической деятельности над западными районами Баренцева моря, что вызывает смещение зоны наиболее частого прохождения циклонов на Арктическом фронте к северу на 2° широты (Титкова и др., 2014).

Большая часть АЗРФ – это территории с абсолютно неблагоприятными и очень неблагоприятными условиями. Для среднемноголетних условий (1961–1990 гг.) они суммарно занимают 89% АЗРФ, для периода 1991–2000 гг. – 86%, а для современного

Глава 2. Районирование территории РФ по природным условиям жизни населения

периода 2001–2010 гг. – уже 75%. Ослабление дискомфорта происходило неравномерно. Так, в 1990-е годы наблюдалось уменьшение площади абсолютно неблагоприятных территорий (на 10 п. п.), в основном за счет расширения (на 7 п. п.) очень неблагоприятных территорий (более мягкая градация дискомфорта) (см. табл. 2.5). В начале XXI в. происходит дальнейшее сокращение площади территорий с абсолютно неблагоприятными условиями (на 14 п. п.) и расширение очень неблагоприятных территорий (на 3 п. п.), а неблагоприятных (более мягкая градация дискомфорта) территорий – на 9%. Но и в этот период АЗРФ характеризуется преимущественно абсолютно неблагоприятными (41%) и очень неблагоприятными (34%) условиями. Таким образом, в начале XXI в. произошло сокращение почти в 1.6 раза абсолютно неблагопри-

ятных территорий по сравнению с периодом 1961–1990 гг. В то же время наблюдалось увеличение в 1.4 раза площади территории с очень неблагоприятными условиями (более мягкая градация дискомфорта) и в 1.8 раза площади с неблагоприятными условиями (более мягкая градация дискомфорта по сравнению с очень неблагоприятной). Площади территорий с неблагоприятными условиями при современном потеплении достигают 17% территории АЗРФ, по сравнению с 7% в 1961–1990 гг. В результате ослабления климатического дискомфорта в АЗРФ до 8% расширились условно неблагоприятные территории. Таким образом, при потеплении климата в АЗРФ площадь территорий с абсолютно неблагоприятными условиями сократилась на 857 тыс. км² или на 24%. При этом площадь очень неблагоприятных и неблаго-

Таблица 2.5. Площади зон дискомфорта в Арктической зоне Российской Федерации при современном модельном потеплении климата

Период	Зона дискомфорта							
	Абсолютно неблагоприятная		Очень неблагоприятная		Неблагоприятная		Условно неблагоприятная	
	тыс. км ²	%	тыс. км ²	%	тыс. км ²	%	тыс. км ²	%
1961–1990	2293	65	840	24	256	7	155	4
1991–2000	1938	55	1095	31	325	9	191	5
2001–2010	1436	41	1214	34	600	17	276	8
модель INMCM4 2046–2055, сценарий RCP4.5	1541	44	1221	34	498	14	282	8
модель MRI 2 046–2055, сценарий RCP4.5	1074	30	1889	53	370	10	217	6
модель HAD 2046–2055, сценарий RCP4.5	269	8	1673	47	779	22	753	21
модель INMCM4 2046–2055, сценарий RCP8.5	1057	30	1482	42	687	19	317	9
модель MRI 2046–2055, сценарий RCP8.5	573	16	1838	52	611	17	528	15
модель HAD 2046–2055, сценарий RCP8.5	160	5	1639	46	600	17	1026	29

— Адаптация карты «Районирование территории Российской Федерации по природным условиям...

приятных территорий увеличилась на 10 п. п. каждая, а условно неблагоприятных – на 4 п. п..

Однако потепление климата в АЗРФ в конце XX – начале XXI в. было неоднородно не только в пространстве, но и во времени. Скорость сокращения абсолютно неблагоприятных территорий нарастала. Так, в конце XX в. она составляла 33.5 тыс. км²/год, а в начале XXI в. – уже 85.7 тыс. км²/год (если предположить равномерность изменений в пределах каждого периода). Расширение территорий с более мягкими градациями дискомфорта – очень неблагоприятных и неблагоприятных также ускорилось с 25.5 тыс. км²/год в конце XX до 37.4 тыс. км²/год в начале XXI в. – для очень неблагоприятных территорий и с 6.9 тыс. км²/год до 34.4 тыс. км²/год – для неблагоприятных территорий (т.е. почти в 5 раз).

Таким образом, современное потепление климата за период 1991–2010 гг. привело к значительному ослаблению климатического дискомфорта в Арктической зоне Российской Федерации. Оно выразилось в сокращении площадей с абсолютно неблагоприятными условиями для жизнедеятельности населения и формированием на их месте условий с более слабой дискомфортом. Абсолютно неблагоприятные условия для жизнедеятельности населения сохранились только в наименее заселенной, центральной и отчасти восточной частях Арктической зоны. Изменения связаны с уменьшением суммы отрицательных температур и числа дней с очень низкими температурами, а также с ростом суммы активных температур и увеличением безморозного периода. Районы Арктической зоны Российской Федерации, где наблюдалось наибольшее ослабление климатического дискомфорта – это муниципальные образования, выходящие к Баренцеву морю и западной части Карского моря с населением около 1.4 млн человек (88% от численности населения АЗРФ), а также к Тихому океану (южная часть Чукотского автономного округа).

Изменения климатического фактора природных условий жизни населения для районов с особыми климатическими условиями

Как было сказано выше, территория России с точки зрения природных трудностей для жизнедеятельности населения, в которых климат играет главную роль, представляется неоднородной. Местности с особыми климатическими условиями в соответствии с принятыми Стратегиями развития Российской Федерации и государственными программами вклю-

чают: (1) сухопутную часть Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ), (2) не вошедшие в АЗРФ районы Крайнего Севера, (3) местности, приравненные к районам Крайнего Севера, (4) южные районы Восточной Сибири и Дальнего Востока, (5) субъекты РФ, где применяются только районные коэффициенты. Они располагаются на территории трех федеральных округов (Дальневосточного, Сибирского, Уральского) и частично в Северо-Западном и Приволжском. По нашей оценке, площадь районов с особыми климатическими условиями составляет 88% от всей территории России (см. рис. 2.3).

Продолжающееся глобальное потепление и рост экстремальности климата целиком затрагивают все районы с особыми климатическими условиями, воздействуя при этом на разные стороны жизнедеятельности населения (проживание и трудовую деятельность, здоровье, работоспособность, отдых). Как было сказано ранее, начиная с 1976 г., на этих территориях в целом за год и во все сезоны, кроме зимы, локальные оценки трендов температуры положительны (Второй оценочный..., 2014). Вместе с тем для зимних сезонов на юге Западной Сибири отмечается тенденция к похолоданию, которая постепенно распространяется в восточном направлении (Второй оценочный..., 2014).

Площадь районов с особыми климатическими условиями равняется 15041 тыс. км² (табл. 2.6). Из них 24% занимают сухопутные территории АЗРФ, 35% – районы Крайнего Севера, 20% – местности, приравненные к районам Крайнего Севера, 10% – южные районы Восточной Сибири и Дальнего Востока и 11% – субъекты РФ с районными коэффициентами.

Изменения площадей с разной степенью трудности в период 2001–2010 гг. по сравнению с климатической нормой 1961–1990 гг. во всех районах с особыми климатическими условиями представлены в таблице 2.7. Ослабление климатической дискомфортности характерно прежде всего для западной части АЗРФ, прилегающей к Баренцеву морю, а также для южной части Ямало-Ненецкого автономного округа и Туруханского района Красноярского края. Климатическая дискомфортность ослабла также в южной части Чукотского автономного округа (рис. 2.16).

В районах Крайнего Севера (без арктической зоны) площадь с абсолютно неблагоприятными условиями на начало века сократилась в 9 раз и в настоящее время занимает всего 4% территории по сравнению с 33% в первый период (см. табл. 2.7). Одновременно увеличились в 1.2 и 1.6 раза, соответственно, площа-

Глава 2. Районирование территории РФ по природным условиям жизни населения

ди очень неблагоприятных (38%) и неблагоприятных (40%) территорий. Также возросла в 1.8 раза площадь условно неблагоприятных территорий. Они составляют теперь 18%. Таким образом, наибольшее (29 п. п.) сокращение территории с абсолютно неблагоприятными условиями отмечается в районах Крайнего Севера. Это произошло в основном за счет расширения очень неблагоприятных территорий (более мягкая градация дискомфорта). Южная граница неблагоприятных территорий сместилась к северу, особенно в Западной и Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. За счет этого расширилась условно неблагоприятная зона в Западной Сибири и на юге Восточной Сибири.

Для местностей, приравненной к районам Крайнего Севера, неблагоприятные территории сократились на 28 п. п. и перешли в основном в градацию условно неблагоприятных (24 п. п.) и в незначительной степени условно благоприятных (4 п. п.). Основные изменения происходили на севере Европейской территории, в Западной и Восточной Сибири.

В южных районах Восточной Сибири и Дальнего Востока изменения неблагоприятных, условно неблагоприятных условий на преимущественно условно благоприятные произошли на 21% территории.

В субъектах РФ, где применяются только районные коэффициенты, в 2001–2010 гг. на Алтае впервые проявилась небольшая площадь (около 2%) с очень неблагоприятными условиями. Ее возникновение следует рассматривать как проявление экстремальности зимнего климата. В результате потепления на 11% территории условно неблагоприятные условия сменились благоприятными (табл. 2.7).

Таким образом, в результате потепления 1991–2010 гг. в районах Крайнего Севера, включая АЗРФ, произошло значительное сокращение территории с абсолютно неблагоприятными условиями. В местностях, приравненных к районам Крайнего Севера – территориях с неблагоприятными условиями. В

Южных районах Восточной Сибири и Дальнего Востока – территориях с неблагоприятными и условно неблагоприятными условиями. В субъектах, где применяются только районные коэффициенты – территориях с условно неблагоприятными условиями.

Изменения природных условий жизни населения на территориях федеральных округов Российской Федерации

Дополнительно было проведено сравнение площадей зон дискомфорта по федеральным округам для среднемноголетних условий (1961–1990 гг.) и для потепления начала XXI в. (2001–2010 гг.).

Три неблагоприятные зоны (абсолютно неблагоприятная, очень неблагоприятная и неблагоприятная) занимали значительные площади в восточных федеральных округах (Виноградова, Золотокрылин, 2014) в период 1961–1990 гг.: Дальневосточном, Сибирском и Уральском (табл. 2.8). В Дальневосточном и Сибирском ФО абсолютно неблагоприятная зона охватывала 45 и 20% площади округа, соответственно. В Уральском ФО она составляла только 6%. Очень неблагоприятная и неблагоприятная зоны также занимали значительные площади в Дальневосточном и Уральском ФО – по 20 и 30% соответственно, а в Сибирском ФО 10 и 20%. Самой «благоприятной» для этих округов являлась условно благоприятная зона, которая занимала от 10% площади в Дальневосточном до 44% – в Сибирском ФО.

Значительные площади (30 и 22% соответственно) занимали в Северо-Западном ФО условно неблагоприятная и условно благоприятная зоны. На Европейской территории России, за исключением Северо-Западного ФО в 1961–1990 гг. максимальные площади занимали благоприятные зоны. Так в Центральном и Приволжском ФО территории с благоприятными условиями составляли 70–80%, и около 30% – в Южном Федеральном округе. Территории с наиболее благоприятными условиями были сосредото-

Таблица 2.6. Площади местностей с особыми климатическими условиями

Зона	Площадь, тыс. км ²	Площадь, %
Сухопутные территории Арктической зоны РФ	3550	24
Районы Крайнего Севера	5194	35
Местности, приравненные к районам Крайнего Севера	2937	20
Южные районы Восточной Сибири и Дальнего Востока	1491	10
Субъекты РФ, где применяются только районные коэффициенты	1869	11
Все зоны	15041	100

— Адаптация карты «Районирование территории Российской Федерации по природным условиям...

точены в Центральном и Южном ФО и составляли 20% и 68% от площади округа, соответственно.

В период 2001–2010 гг. происходит значительное сокращение неблагоприятных зон и перераспределение дискомфорта, особенно, на севере и востоке России. Так, в Дальневосточном ФО абсолютно неблагоприятная зона сокращается на 33 п. п., за счет расширения очень неблагоприятной, неблагоприятной и условно неблагоприятной зон (рис. 2.4). На Европейской территории России значительные площади по-прежнему относятся к благоприятным зонам. При этом в Центральном ФО благоприятная зона теперь занимает уже 90% округа за счет исчезновения условно благоприятной зоны и сокращения очень бла-

гоприятной зоны. В Приволжском ФО изменения были минимальными, а в Южном и Северо-Кавказском ФО наблюдается расширение наиболее благоприятных территорий до 90% и 60%, соответственно. В Северо-Западном ФО наблюдалось значительное расширение (до 24%) площади благоприятной зоны, за счет сокращения более неблагоприятных зон (рис. 2.5).

Таким образом, значимое ослабление климатического дискомфорта в районах с «особыми климатическими условиями» наблюдалось в период потепления в 1991–2010 гг. Оно выразилось в наибольшем сокращении площадей с абсолютно неблагоприятными, очень неблагоприятными и неблагоприятными условиями для жизнедеятельности населения и формиро-

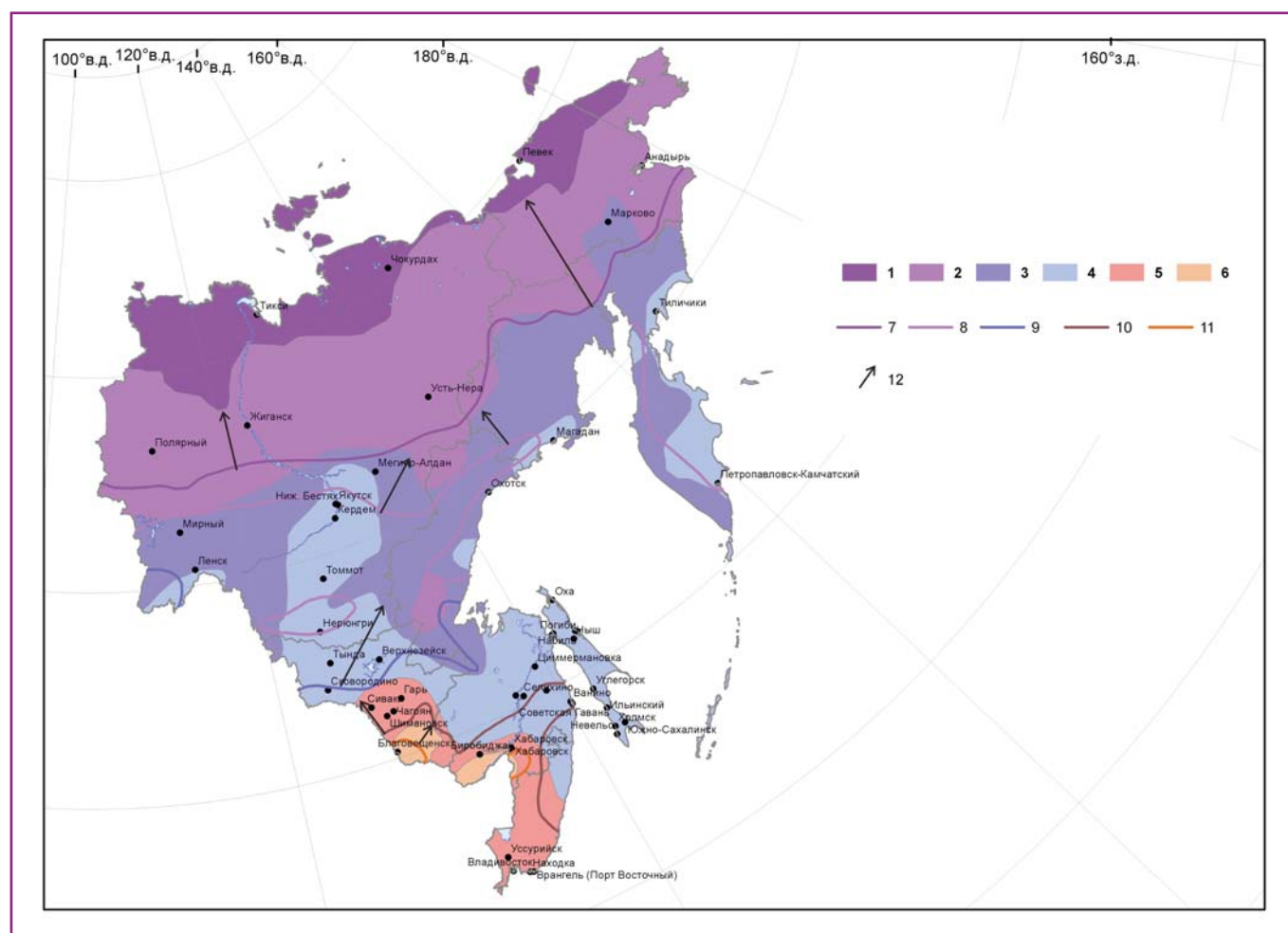


Рис. 2.4. Районирование территории Российской Федерации по природным условиям жизни населения. Дальневосточный Федеральный округ: 2001–2010 гг. по сравнению со среднемноголетними условиями 1961–1990 гг.: 1 – абсолютно неблагоприятная зона (2001–2010 гг.); 2 – очень неблагоприятная зона (2001–2010 гг.); 3 – неблагоприятная (2001–2010 гг.); 4 – условно неблагоприятная зона (2001–2010 гг.); 5 – условно благоприятная зона (2001–2010 гг.); 6 – благоприятная зона (2001–2010 гг.); 7 – южная граница абсолютно неблагоприятной зоны (1961–1990 гг.); 8 – южная граница очень неблагоприятной зоны (1961–1990 гг.); 9 – южная граница неблагоприятной зоны (1961–1990 гг.); 10 – южная граница условно неблагоприятной зоны (1961–1990 гг.); 11 – южная граница условно благоприятной зоны (1961–1990 гг.); 12 – смещение границы.

Таблица 2.7. Изменения площадей с разной степенью трудности при потеплении климата в районах с особыми климатическими условиями

Зона	Площадь				Разность													
	1961–1990		2001–2010		2046–2055, RCP4.5		2046–2055, RCP8.5		II–I		III–II		III–I		IV–II		IV–I	
	Тыс. км ²	%	Тыс. км ²	%	Тыс. км ²	%	Тыс. км ²	%	Тыс. км ²	п. п.	Тыс. км ²	п. п.	Тыс. км ²	п. п.	Тыс. км ²	п. п.	Тыс. км ²	п. п.
Сухопутные территории Арктической зоны РФ																		
Абсолютно неблагоприятная	2293	65	1436	41	1057	30	1541	44	–857	–24	–379	–11	–1236	–35	105	3	–752	–21
Очень неблагоприятная	840	24	1214	34	1482	42	1221	34	374	10	268	8	642	18	7	0	381	10
Неблагоприятная	256	7	600	17	687	19	498	14	344	10	87	2	431	12	–256	–7	242	7
Условно неблагоприятная	155	4	276	8	317	9	282	8	121	4	41	1	162	5	6	4	127	4
Районы Крайнего Севера																		
Абсолютно неблагоприятная	1701	33	187	4	226	4	338	7	–1514	–29	79	0	–1475	–29	151	3	–1363	–26
Очень неблагоприятная	1646	32	1996	38	1588	31	1651	32	350	6	–408	–7	–58	–1	–345	–6	5	0
Неблагоприятная	1320	25	2077	40	1451	28	1594	31	757	15	–626	–12	131	3	–483	–9	274	6
Условно неблагоприятная	527	10	931	18	1928	37	1610	31	404	8	997	19	1401	27	679	13	1083	21
Местности, приравненные к районам Крайнего Севера																		
Очень неблагоприятная	31	1	36	1	26	1	16	1	5	0	–10	0	–5	0	–20	0	–15	0
Неблагоприятная	1196	41	374	13	266	9	342	12	–882	–28	–108	–4	–930	–32	–32	–1	–854	–29

Адаптация карты «Районирование территории Российской Федерации по природным условиям...

Таблица 2.7. Продолжение

Зона	Площадь								Разность									
	1961–1990		2001–2010		2046–2055, RCP4.5		2046–2055, RCP8.5		II–I		III–II		III–I		IV–II		IV–I	
	Тыс. км ²	%	Тыс. км ²	%	Тыс. км ²	%	Тыс. км ²	%	Тыс. км ²	п. п.	Тыс. км ²	п. п.	Тыс. км ²	п. п.	Тыс. км ²	п. п.	Тыс. км ²	п. п.
	I		II		III		IV											
Условно неблагоприятная	1524	52	2164	76	2564	87	2428	82	640	24	400	11	1040	35	264	6	904	30
Условно благоприятная	186	6	284	10	102	3	169	6	98	4	-182	-7	-84	-3	-115	-4	-17	0
Южные районы Восточной Сибири и Дальнего Востока																		
Неблагоприятная	226	15	40	3	-	-	-	-	-186	-12	-40	-3	-226	-15	-40	-3	-226	-15
Условно неблагоприятная	995	67	850	58	1133	77	1328	90	-145	-9	283	19	138	10	478	32	333	23
Условно благоприятная	245	16	542	37	320	22	136	9	297	21	-222	-15	75	6	-406	-28	-109	-7
Благоприятная	26	2	39	3	19	1	8	1	13	1	-20	-2	-7	-1	-31	-2	-18	-1
Субъекты РФ, где применяются только районные коэффициенты																		
Очень неблагоприятная	19	1	38	2	6	0	7	0	19	1	-32	-2	-13	-1	-31	-2	-12	-1
Неблагоприятная	-	-	-	-	12	1	-	-	-	-	12	1	12	1	106	5	-101	-6
Условно неблагоприятная	723	39	516	28	742	40	622	33	-207	-11	226	12	19	1	106	5	-101	-6
Условно благоприятная	712	38	734	39	618	33	732	39	22	1	-116	-6	-94	-5	-2	0	20	1
Благоприятная	396	21	580	31	490	26	497	27	184	10	-90	-5	94	5	-83	-4	101	6

Глава 2. Районирование территории РФ по природным условиям жизни населения

Таблица 2.8. Изменения площадей с разной степенью трудности при потеплении климата на территориях федеральных округов Российской Федерации

Зона	Площадь						Разность												
	1961–1990		2001–2010		2046–2055, RCP4.5 III		2046–2055, RCP8.5 IV		II–I		III–II		IV–II		IV–I				
	Тыс. км ²	%	Тыс. км ²	%	Тыс. км ²	%	Тыс. км ²	%	Тыс. км ²	П. П.	Тыс. км ²	П. П.	Тыс. км ²	П. П.	Тыс. км ²	П. П.			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	III–I	IV–I	III–II	IV–II	III–I	IV–II	III–I	IV–I			
Дальневосточный федеральный округ																			
Абсолютно неблагоприятна	2743	45	744	12	926	15	1243	20	–	–1999	–33	182	3	–1817	–30	499	8	–1500	–25
Очень неблагоприятная	1237	20	2225	36	1707	28	1695	28	988	16	–518	–8	470	8	–530	–8	458	8	
Неблагоприятная	1217	20	1608	26	1171	19	1251	20	391	6	–437	–7	–46	–1	–357	–6	34	0	
Условно неблагоприятная	635	10	1218	20	2337	38	1959	32	583	10	1119	18	1702	28	741	12	1324	22	
Условно благоприятная	296	5	295	5	14	0	–	–	–1	0	–281	–5	–282	–5	–295	–5	–296	–5	
Благоприятная	25	0	64	1	–	–	8	0	39	1	–64	–1	–25	0	–56	–1	–17	0	
Благоприятная	1025	20	695	14	358	7	640	13	–330	–6	–337	–7	–667	–13	–55	–1	–385	–7	
Сибирский федеральный округ																			
Абсолютно неблагоприятная	494	10	627	12	874	17	605	12	133	2	247	5	380	7	–22	0	111	2	
Очень неблагоприятная	1043	20	647	13	346	7	425	8	–396	–7	–301	–6	–697	–13	–222	–5	–618	–12	
Неблагоприятная	2231	44	2286	45	2678	52	2792	55	55	1	392	7	447	8	506	10	561	11	
Условно неблагоприятная	267	5	795	16	721	14	569	11	528	11	–74	–2	454	9	–226	–5	302	6	
Условно благоприятная	47	1	57	1	132	3	76	1	10	0	75	2	85	2	19	0	29	0	
Благоприятная	97	6	–	–	–	–	2	0	–97	–6	0	0	–97	–6	2	0	–95	–6	
Уральский федеральный округ																			
Абсолютно неблагоприятная	529	30	321	19	357	21	403	23	–208	–11	36	2	–172	–9	82	4	–126	–7	
Очень неблагоприятная	492	28	395	23	535	31	494	28	–97	–5	140	8	43	3	99	5	2	0	
Неблагоприятная	464	27	822	47	750	43	731	42	358	20	–72	–4	286	16	–91	–5	267	15	
Условно неблагоприятная																			

Адаптация карты «Районирование территории Российской Федерации по природным условиям...

Условно благоприятная	133	8	138	8	36	2	48	3	5	0	-102	-6	-97	-6	-90	-5	-85	-5
Благоприятная	19	1	57	3	55	3	56	3	38	2	-2	0	36	2	-1	0	37	2
Абсолютно неблагоприятная	128	8	16	1	-	-	-	-	-112	-7	-16	-1	-128	-8	-16	-1	-128	-8
Очень неблагоприятная	278	17	239	14	164	10	193	12	-39	-3	-75	-4	-114	-7	-46	-2	-85	-5
Неблагоприятная	261	16	260	16	367	22	277	17	-1	0	107	6	106	6	17	1	16	1
Условно неблагоприятная	510	30	504	30	765	46	690	41	-6	0	261	16	255	16	186	11	180	11
Условно благоприятная	379	22	245	15	158	9	429	26	-134	-7	-87	-6	-221	-13	184	11	50	4
Благоприятная	122	7	404	24	215	13	79	5	282	17	-189	-11	93	6	-325	-19	-43	-2
Благоприятная	25	4	-	-	31	5	30	5	-25	-4	31	5	6	1	30	5	5	1
Условно благоприятная	499	76	585	90	619	95	621	95	86	14	34	5	120	19	36	5	122	19
Наиболее благоприятная	127	20	67	10	-	-	-	-	-60	-10	-67	-10	-127	-20	-67	-10	-127	-20
Условно неблагоприятная	86	8	81	8	152	15	99	9	-5	0	71	7	66	7	18	1	13	1
Условно благоприятная	162	16	115	11	145	14	145	14	-47	-5	30	3	-17	-2	30	3	-17	-2
Благоприятная	780	75	814	78	743	71	796	77	34	3	-71	-7	-37	-4	-18	-1	16	2
Наиболее благоприятная	9	1	29	3	-	-	-	-	20	2	-29	-3	-9	-1	-29	-3	-9	-1
Условно благоприятная	77	45	68	40	-	-	-	-	-9	-5	-68	-40	-77	-45	-68	-40	-77	-45
Благоприятная	87	51	-	-	163	96	162	95	-87	-51	163	96	76	45	162	95	75	44
Наиболее благоприятная	7	4	103	60	7	4	9	5	96	56	-96	-56	0	0	-94	-55	2	1
Условно благоприятная	22	5	-	-	-	-	-	-	-22	-5	0	0	-22	-5	0	0	-22	-5
Благоприятная	120	27	6	1	172	39	228	51	-114	-26	166	38	52	12	222	50	108	24
Наиболее благоприятная	302	68	440	99	273	61	217	49	138	31	-167	-38	-29	-7	-223	-50	-85	-19

Глава 2. Районирование территории РФ по природным условиям жизни населения

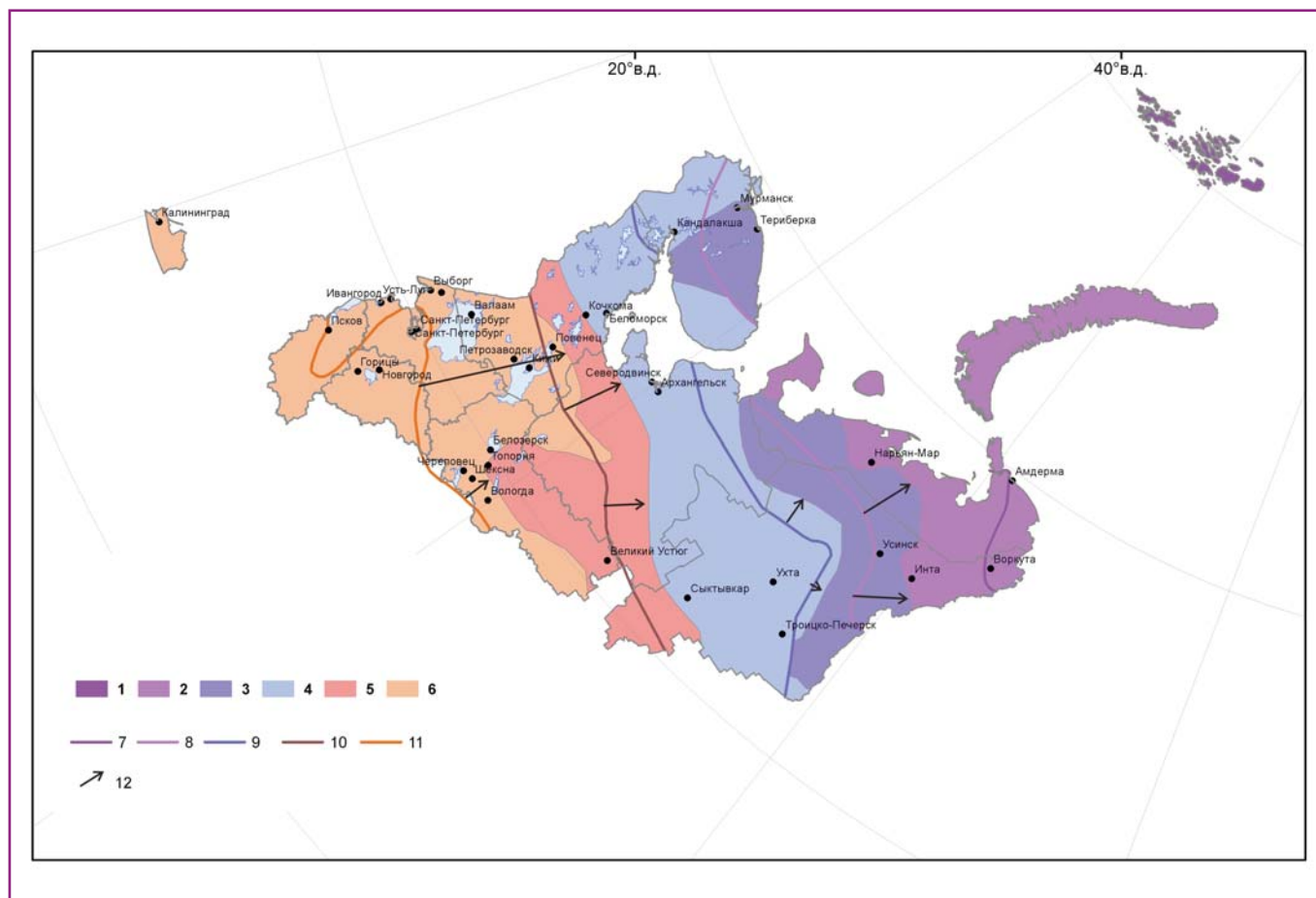


Рис. 2.5. Районирование территории Российской Федерации по природным условиям жизни населения. Северо-Западный Федеральный округ: 2001–2010 гг. по сравнению со среднемноголетними условиями 1961–1990 гг. 1 – абсолютно неблагоприятная зона (2001–2010 гг.); 2 – очень неблагоприятная зона (2001–2010 гг.); 3 – неблагоприятная (2001–2010 гг.); 4 – условно неблагоприятная зона (2001–2010 гг.); 5 – условно благоприятная зона (2001–2010 гг.); 6 – благоприятная зона (2001–2010 гг.); 7 – южная граница абсолютно неблагоприятной зоны (1961–1990 гг.); 8 – южная граница очень неблагоприятной зоны (1961–1990 гг.); 9 – южная граница неблагоприятной зоны (1961–1990 гг.); 10 – южная граница условно неблагоприятной зоны (1961–1990 гг.); 11 – южная граница условно благоприятной зоны (1961–1990 гг.); 12 – смещение границы.

ванием на их месте условий с более слабой дискомфортностью. Одновременно продолжалось расширение благоприятных и очень благоприятных территорий в Федеральных округах южной половины Европейской территории России. Ослабление дискомфорта при современном потеплении климата происходило в основном в Дальневосточном, Сибирском, Уральском федеральных округах. На Европейской территории, и особенно на юге, наблюдалось значительное расширение благоприятных зон.

2.3. Возможные изменения условий жизни населения в середине XXI века по модельным данным

Карта «Районирование территории Российской Федерации по природным условиям жизни населе-

ния», созданная для средних климатических условий (период 1961–1990 гг.) была также адаптирована для модельных изменений климата в середине XXI в. (2046–2055 гг.). В качестве исходных данных для оценки возможных изменений условий жизни населения в середине XXI в. использовались результаты численных экспериментов на глобальных климатических моделях Института вычислительной математики РАН (INMCM4) с разрешением $1.5^\circ \times 2^\circ$ (Volodin, 2014; Volodin et al., 2010), Метеорологического Центра Хэдли HadGEM2-ES, имеющей разрешение 2.5° (широта) $\times 2^\circ$ (долгота), Института метеорологии им. Макса Планка MPI-ESM-LR с разрешением $2^\circ \times 2^\circ$ (<ftp://ftp.ceda.ac.uk/badc/cmip5/data/cmip5/output1>). Были использованы суточные значения температуры и влажности воздуха, скорости ветра за период 2046–

Возможные изменения условий жизни населения в середине XXI века по модельным данным

2055 гг. При адаптации карты «Районирование территории Российской Федерации по природным условиям жизни населения» для модельных условий анализировались наиболее быстро меняющиеся климатические факторы: термический и ветровой для базового периода и середины XXI в.

Оценка качества воспроизведения баллов дискомфорта, рассчитанных по данным моделей для базового климата (1990–1999 гг.), была получена при помощи сравнения с расчетами по данным метеостанций. Средняя ошибка расчета интегрального балла дискомфорта по модельным данным составила 4–8% для модели INMCM4, 2–6% для модели HadGEM2-ES и 2–5% для модели MPI-ESM-LR. Максимальные ошибки составляют, соответственно 60, 43 и 44% и отмечаются на юге Европейской России. При этом на большей части территории России интегральный балл дискомфорта, рассчитанный по данным модели INMCM4 и MPI-ESM-LR – выше, а по данным модели HadGEM2-ES – ниже, чем полученный по данным метеорологической сети. Но, в целом, модели дают хорошие результаты расчета интегрального балла дискомфорта и могут быть использованы для прогноза будущих изменений условий дискомфорта на территории России.

Карты следующих зональных показателей были построены с шагом $2.5^\circ \times 2.5^\circ$: сумма отрицательных температур воздуха, продолжительность периода с температурой воздуха ниже -30°C , продолжительность отопительного периода, продолжительность безморозного периода, сумма температур за период с устойчивыми температурами выше $+10^\circ\text{C}$, индекс влажного ветрового охлаждения Хилла для начала и середины XXI в. Затем были построены карты интегральной балльной оценки природной дискомфорта для середины XXI в. (2046–2055 гг.) по двум сценариям (RCP4.5, RCP8.5) На рис. 2.6 представлены такие карты по данным модели Института вычислительной математики РАН (INMCM4).

Изменения трех показателей холодного фактора (сумма отрицательных температур воздуха, число дней с температурой воздуха ниже -30°C и продолжительность отопительного периода) позволяет говорить об уменьшении экстремально низких температур и суммы отрицательных температур при модельном потеплении климата и небольшом уменьшении продолжительности отопительного периода. При этом, сокращение числа дней с температурой воздуха ниже -30°C при современном потеплении (2001–2010 гг.) уже превышает значения, полученные по обоим сце-

нариям, особенно на ЕТР и в Центральной и Восточной Сибири.

Оба показателя теплового фактора (сумма температур за период с устойчивыми температурами выше $+10^\circ\text{C}$ и продолжительность безморозного периода) возрастают в середине XXI в. (2046–2055 гг.) для обоих сценариев, причем для сценария RCP8.5 – более существенно. Улучшение условий особенно заметно на юге Восточной Сибири и в европейской части России.

Ветровой фактор (индекс влажного ветрового охлаждения Хилла) существенно возрастает по модельным прогнозам, что скорее всего говорит о завышении скорости ветра моделью.

Сравнение карт для современного потепления климата (2001–2010 гг.) (рис. 2.16) и для модельных сценариев (2046–2055 гг.) (рис. 2.6) показывает, что значения суммарного балла дискомфорта в начале XXI в. мало отличается от значений, рассчитанных по модельным сценариям для середины XXI в. Но по сравнению со среднемноголетними условиями (1961–1990 гг.) ослабление дискомфорта по модельным прогнозам на территории России довольно значительно.

В середине XXI в. наблюдается сокращение территорий с абсолютно неблагоприятными условиями в северных, включая арктические, районах и расширение очень неблагоприятных (более слабая градация дискомфорта) территорий. На юге Западной и Восточной Сибири расширяется условно неблагоприятная зона. А на европейской части России все модели показывают продвижение на север благоприятной зоны.

Основные отличия современных условий от модельного прогноза для моделей INMCM4 и MPI-ESM-LR отмечаются на Дальнем Востоке, где по модельным расчетам условия оказываются немного хуже, и на юге ЕТР, где площадь наиболее благоприятной зоны оказывается меньше, чем в начале XXI в. По результатам модели HadGEM2-ES возможно очень значительное сокращение абсолютно неблагоприятной зоны и значительное расширение благоприятной зоны, особенно на европейской территории и на юге западной Сибири.

Уменьшение площади абсолютно неблагоприятных территорий составляет 7 для моделей INMCM4 и MPI-ESM-LR и 17 п. п. для модели HadGEM2-ES, по сравнению со среднемноголетними условиями (1961–1990 гг.) для сценария RCP4.5 и 11, 13 и 19 п. п., для сценария RCP8.5 и соответствующих моделей. Более жесткий сценарий RCP8.5 по сравнению с современ-

Глава 2. Районирование территории РФ по природным условиям жизни населения

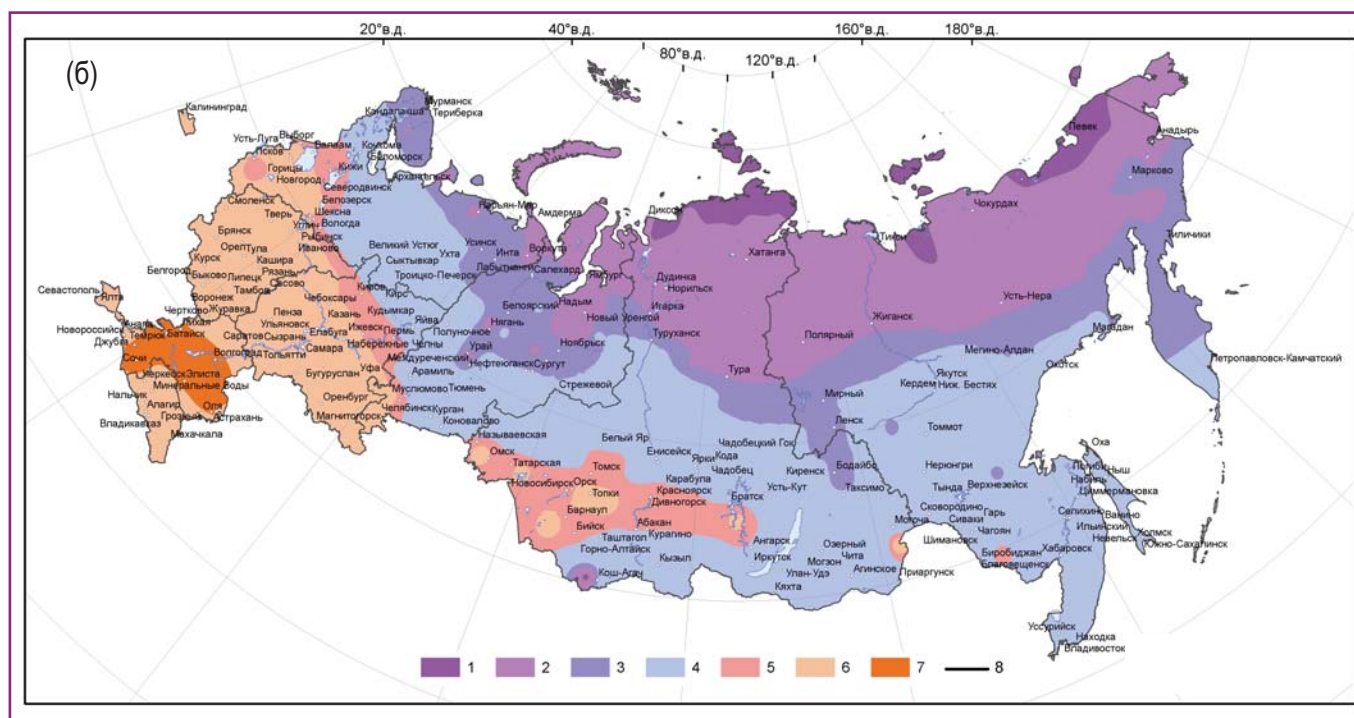
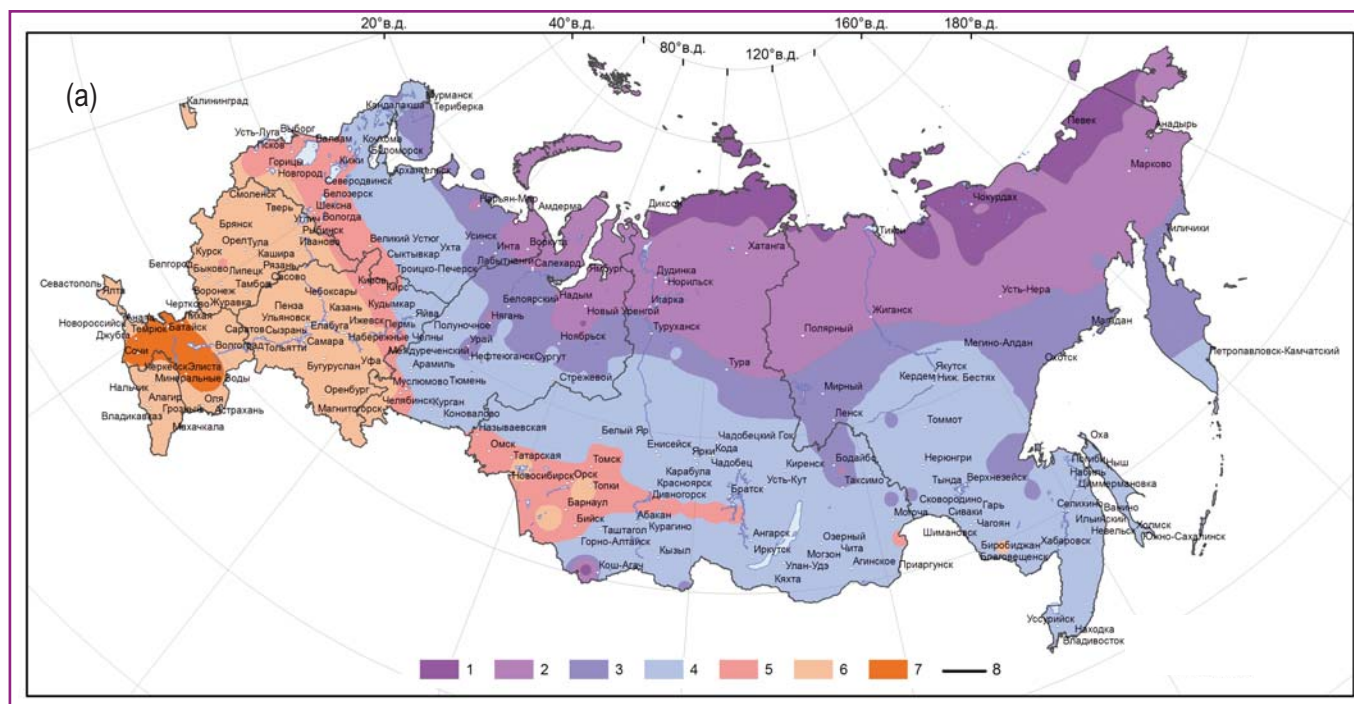


Рис. 2.6. Районирование территории Российской Федерации по природным условиям жизни населения для сценария RCP4.5 (а) и RCP8.5 (б) глобальной климатической модели (INMCM4) Института вычислительной математики (2046–2055 гг.). 1 – абсолютно неблагоприятная зона; 2 – очень неблагоприятная зона; 3 – неблагоприятная; 4 – условно неблагоприятная зона; 5 – условно благоприятная зона; 6 – благоприятная зона; 7 – наиболее благоприятная зона; 8 – границы федеральных округов.

ным климатом (2001–2010 гг.), показывает уменьшение площади абсолютно неблагоприятных территорий на 3–5 для моделей INMCM4 и MPI-ESM-LR и 11 п. п. для модели HadGEM2-ES. Площади очень неблагоприятных территорий увеличиваются по сравнению с современным климатом на 2–5 п. п. для моделей

INMCM4 и MPI-ESM-LR и не меняются для модели HadGEM2-ES. Площади неблагоприятных, условно неблагоприятных и условно благоприятных территорий по сравнению с современным климатом изменяются на 1–5 для моделей INMCM4 и MPI-ESM-LR и на 3–6 п. п. для модели HadGEM2-ES. Суммарный

Возможные изменения условий жизни населения в середине XXI века по модельным данным

балл дискомфорта, рассчитанный по результатам модели HadGEM2-ES показывает значительное расширение благоприятной зоны – на 9 для сценария RCP4.5, и на 13 п. п. для сценария RCP8.5. В целом, модели INMCM4 и MPI-ESM-LR для обоих сценариев показывают картину мало отличающуюся от современных условий. Основные изменения суммарного бала дискомфорта в сторону улучшения условий показывает модель HadGEM2-ES. Изменения суммарного бала дискомфорта в значительной степени будут обусловлены термическим фактором. Изменения связаны с уменьшением суммы отрицательных температур и числа дней с очень низкими температурами, а также с ростом суммы активных температур и увеличением безморозного периода.

Возможные изменения условий жизни населения в середине XXI века по модельным данным в Арктической зоне Российской Федерации

Площади зон дискомфорта при современном климате и модельном (2046–2055 гг.) потеплении в АЗРФ представлены на рисунке 2.7. По данным моделей, ожидаемое потепление в период 2046–2055 гг. («мягкий» антропогенный сценарий RCP4.5) будет сравнимо с потеплением для периода 2001–2010 гг., а более «жесткий» сценарий RCP8.5 показывает наибольшее сокращение площади абсолютно неблагоприятных территорий за счет расширения очень неблагоприятных и неблагоприятных (более мягкие градации дискомфорта) (табл. 2.5, рис. 2.7). Таким образом, модельное потепление может привести к значимому сокращению площадей с наиболее дискомфортными условиями и заменой их менее дискомфортными.

Основные отличия модельного потепления связаны с локализацией будущих изменений. В отличие от современного потепления, в середине XXI в. можно ожидать сокращение площади абсолютно неблагоприятных территорий на севере Красноярского края и небольшое расширение этих территорий (по сравнению с современным климатом) на севере Якутии и Чукотского АО (рис. 2.8, 2.9).

В середине XXI в. в АЗРФ площадь территорий с абсолютно неблагоприятными условиями возможно уменьшится от 21 п. п. (модель INMCM4) до 57 п. п. (модель HadGEM2-ES) по сравнению с периодом 1961–1990 гг. При этом увеличатся площади очень неблагоприятных, неблагоприятных и условно неблагоприятных территорий на 10–23, 7–15 и 4–17 п. п., по соответствующим моделям (см. табл. 2.5). Из

сравнения площадей в периоды 2001–2010 гг. и 2045–2055 гг. видно, что при ожидаемом потеплении площади территорий с абсолютно неблагоприятными условиями могут увеличиться всего на 3 п. п. для модели INMCM4 и уменьшится на 11 и 33 п. п. для моделей MPI-ESM-LR и HadGEM2-ES соответственно. При этом площадь неблагоприятных территорий может сократиться на 3–7 п. п. по моделям INMCM4 и MPI-ESM-LR и увеличиться на 5 п. п. по модели HadGEM2-ES. Таким образом, при «мягком» сценарии потепления изменения площадей с разной степенью дискомфорта в АЗРФ по сравнению с современными условиями ожидаются не очень большими по моделям INMCM4 и MPI-ESM-LR и значительными по модели HadGEM2-ES.

При более «жестком» сценарии RCP8.5 изменения площадей неблагоприятных территорий больше. Так, площади абсолютно неблагоприятных территорий при реализации этого сценария могут сократиться на 35–60 п. п., по сравнению с периодом 1961–1990 гг. и на 11–36 п. п., по сравнению с периодом 2001–2010 гг. (см. табл. 2.5). При этом ожидается расширение очень неблагоприятных (более мягкая градация дискомфорта) территорий на 18–22 и 8–12 п. п., неблагоприятных – на 12–10 и 2–0 п. п. и относительно неблагоприятных – на 5–24 и 1–21 п. п., соответственно для тех же периодов и моделей.

В середине XXI в. скорости изменения площадей территорий с различным уровнем дискомфорта в АЗРФ замедляются по сравнению с концом XX в. Скорость сокращения абсолютно неблагоприятных территорий для сценария RCP8.5 вероятно уменьшится до 9.5 тыс. км²/год (при равномерности изменений) по модели INMCM4, до 21.6 тыс. км²/год и 31.9 тыс. км²/год по моделям MPI-ESM-LR и HadGEM2-ES, соответственно. Для сценария RCP4.5 площадь абсолютно неблагоприятных территорий стала немного увеличиваться со скоростью 2.6 тыс. км²/год для модели INMCM4, но для моделей MPI-ESM-LR и MPI-ESM-LR площадь этой зоны будет уменьшаться со скоростью 9.1 и 29.2 тыс. км²/год. Расширение территорий с более мягкими градациями дискомфорта – очень неблагоприятных и неблагоприятных также замедлилась для сценария RCP8.5 до 6.7 тыс. км²/год и 2.1 тыс. км²/год для модели INMCM4, 15.6 тыс. км²/год и 0.3 тыс. км²/год для модели MPI-ESM-LR и 10.6 тыс. км²/год и 0 тыс. км²/год для модели HadGEM2-ES соответственно.

На рис. 2.8 и 2.9 представлено смещение южных границ абсолютно неблагоприятной и очень неблагопри-

Глава 2. Районирование территории РФ по природным условиям жизни населения

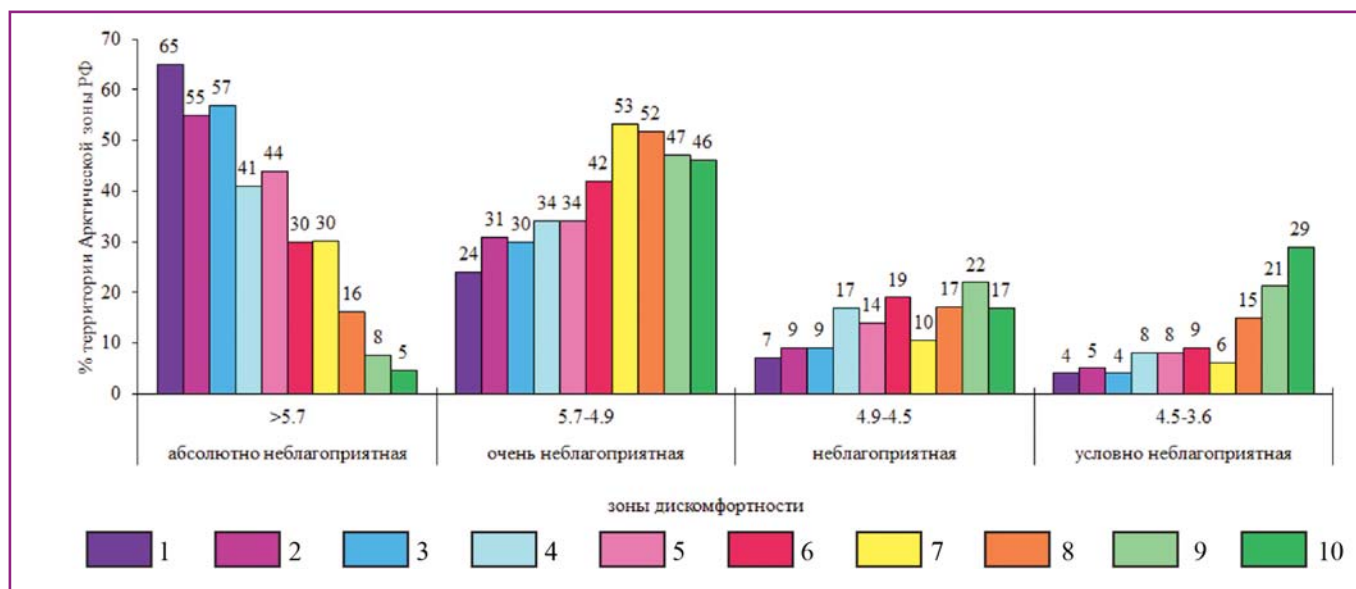


Рис. 2.7. Площади зон дискомфорта при современном и модельном потеплении климата в Арктической зоне РФ.

1 – период 1961–1990 гг.; 2 – период 1991–2000 гг.; 3 – период 1990–1999 гг. (модель); 4 – период 2001–2010 гг.; 5 – период 2046–2055 гг., модель INMCM4 сценарий RCP4.5; 6 – период 2046–2055 гг., модель INMCM4 сценарий RCP8.5; 7 – период 2046–2055 гг., модель MPI-ESM-LR сценарий RCP4.5; 8 – период 2046–2055 гг., модель MPI-ESM-LR сценарий RCP8.5; 9 – период 2046–2055 гг., модель HadGEM2-ES сценарий RCP4.5; 10 – период 2046–2055 гг., модель HadGEM2-ES сценарий RCP8.5.

ятной зон в АЗРФ и на прилегающих территориях для рассматриваемых периодов и моделей по сценарию RCP8.5. Южная граница абсолютно неблагоприятной зоны оказалась очень чувствительной к потеплению, и ее смещение в северном направлении было максимальным. Ослабление дискомфорта до очень неблагоприятной градации и отступление южной границы абсолютно неблагоприятной зоны происходило в западном секторе АЗРФ почти до полуострова Таймыр для всех моделей. Здесь проживает большая часть населения Арктической зоны – около 1.4 млн человек. Смещение границы имело меридиональный характер, что может быть объяснено влиянием Атлантики. Восточнее р. Енисей ослабление дискомфорта было преимущественно зональным. При этом наибольшее ослабление дискомфорта и максимальное смещение границы показывает модель HadGEM2-ES, согласно которой абсолютно неблагоприятная зона практически исчезает на материковой части Арктической зоны.

Граница очень неблагоприятной зоны оказалась менее чувствительной к потеплению вследствие его меньшей интенсивности в этих широтах. При этом основные изменения также наблюдались на севере европейской части России и на севере Западной Сибири, где южная граница очень неблагоприятной зоны отступила в северо-восточном направлении для

всех моделей. При этом в Мурманской области очень неблагоприятная зона в начале XXI в. вообще исчезла. На юге Чукотского АО граница очень неблагоприятной зоны в начале текущего столетия также сместилась к северу. Но повсеместно смещение границы было менее значительным. Максимальные изменения также показывает модель HadGEM2-ES, особенно в западной части Арктической зоны.

Таким образом, последствия потепления в Арктической зоне Российской Федерации для периода 2046–2055 гг., полученные по результатам численных экспериментов на глобальной климатической модели (INMCM4) Института вычислительной математики и модели Института метеорологии им. Макса Планка MPI-ESM-LR для «мягкого» сценария RCP4.5, могут оказаться сопоставимыми с изменениями, уже произошедшими в современный период (1991–2010 гг.). Максимальные изменения в Арктической зоне для середины XXI в. возможны по модели Метеорологического Центра Хэдли HadGEM2-ES.

Возможные изменения природных условий жизни населения для районов с особыми климатическими условиями по модельным прогнозам

Ожидаемое потепление для периода 2046–2055 гг. на основании расчетов по глобальной климатической

Возможные изменения условий жизни населения в середине XXI века по модельным данным

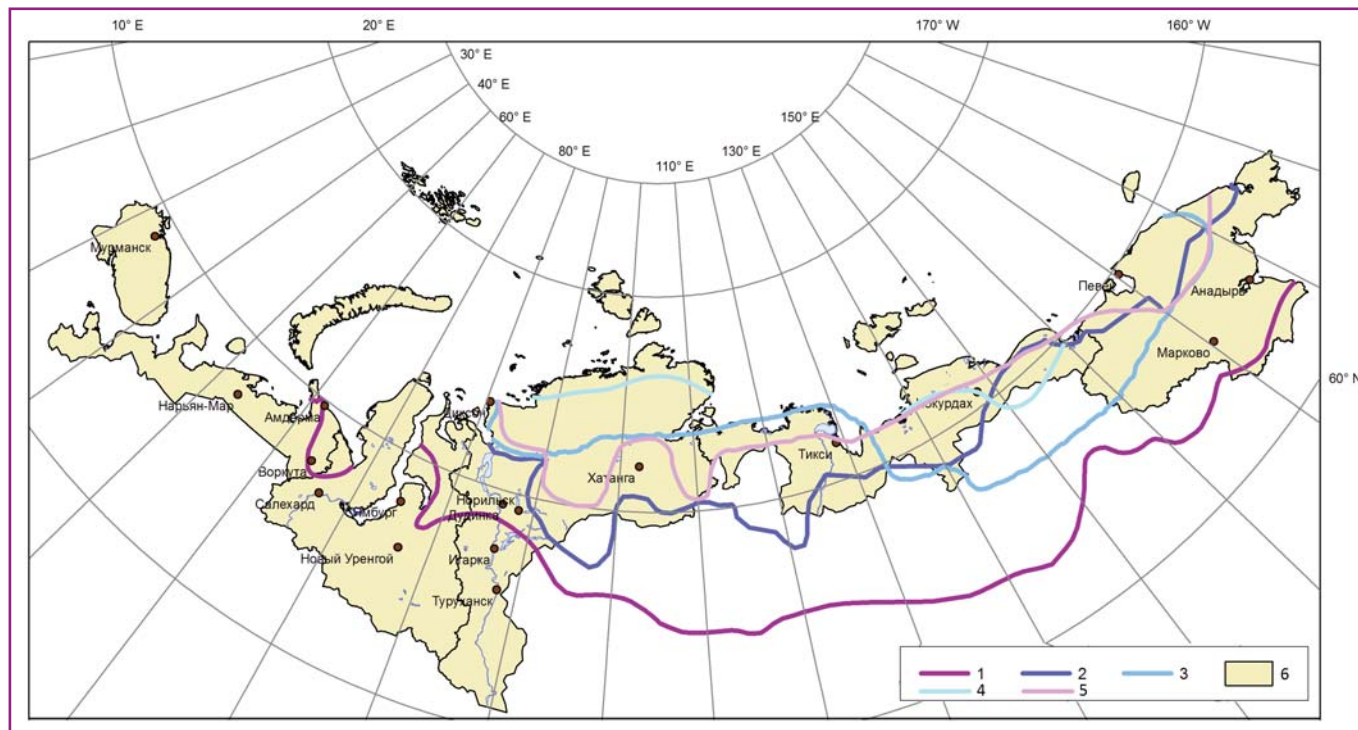


Рис. 2.8. Южная граница абсолютно неблагоприятной зоны на карте «Районирование территории Российской Федерации по природным условиям жизни населения». 1 – для среднееголетних условий (1961–1990 гг.), 2 – для начала XXI века (2001–2010 гг.), 3 – для сценария RCP8.5 (2046–2055 гг.) модель INMCM4, 4 – для сценария RCP8.5 (2046–2055 гг.) модель HadGEM2-ES, 5 – для сценария RCP8.5 (2046–2055 гг.) модель MPI-ESM-LR, 6 – территория Арктической зоны Российской Федерации.

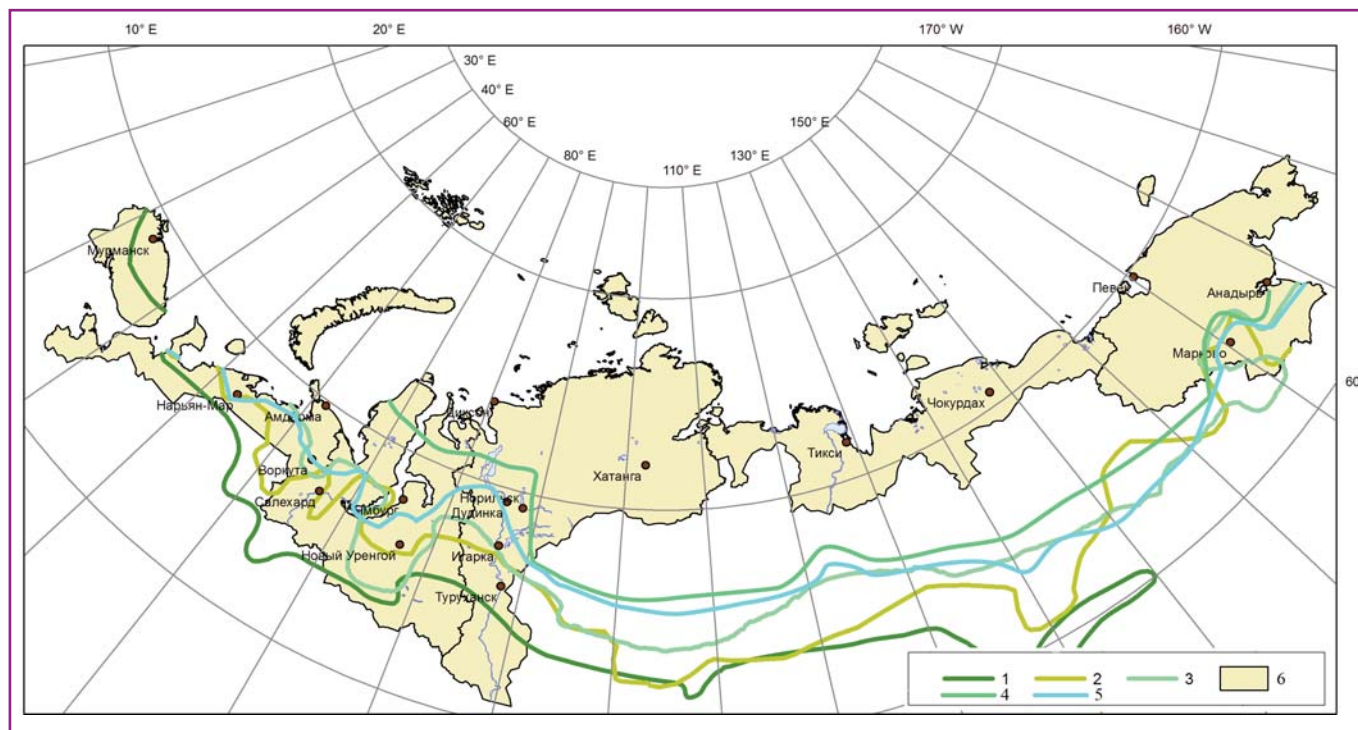


Рис. 2.9. Южная граница очень неблагоприятной зоны на карте «Районирование территории Российской Федерации по природным условиям жизни населения». 1 – для среднееголетних условий (1961–1990 гг.), 2 – для начала XXI века (2001–2010 гг.), 3 – для сценария RCP8.5 (2046–2055 гг.) модель INMCM4, 4 – для сценария RCP8.5 (2046–2055 гг.) модель HadGEM2-ES, 5 – для сценария RCP8.5 (2046–2055 гг.) модель MPI-ESM-LR, 6 – территория Арктической зоны Российской Федерации.

Глава 2. Районирование территории РФ по природным условиям жизни населения

модели (INMCM4) Института вычислительной математики («мягкий» антропогенный сценарий RCP4.5) оказалось незначительным по сравнению с потеплением в период 2001–2010 гг. Поэтому ниже обсуждаются последствия ожидаемого потепления для периода 2046–2055 гг. по более «жесткому» сценарию RCP8.5 для этой же модели (см. табл. 2.7).

При модельном потеплении климата в АЗРФ площадь территорий с абсолютно неблагоприятными условиями уменьшится на 21 п. п., по сравнению с периодом 1961–1990 гг. При этом увеличатся площади очень неблагоприятных, неблагоприятных и условно неблагоприятных территорий на 10, 7 и 4 п. п., соответственно. В результате потепления изменения площадей с разной степенью дискомфорта условий в АЗРФ ожидаются минимальными, по сравнению с современными условиями 2001–2010 гг. В середине XXI в. ожидается сокращение площади абсолютно неблагоприятных территорий на севере Красноярского края и небольшое расширение этих территорий (по сравнению с современным климатом) на севере Якутии и Чукотского АО.

В районах Крайнего Севера произойдет уменьшение площади абсолютно неблагоприятных территорий на 26 п. п. по отношению к периоду 1961–1990 гг. за счет расширения неблагоприятных и условно неблагоприятных территорий на 6 и 21 п. п., соответственно. Эти изменения затронут в основном азиатскую часть страны. Но изменения площадей в период 2045–2055 гг. по сравнению с периодом 2001–2010 гг. будут также минимальными: сокращение на 6 и 9 п. п. очень неблагоприятных и неблагоприятных территорий при расширении территорий с абсолютно неблагоприятными условиями и относительно неблагоприятными условиями соответственно на 3 и 13 п. п..

В местностях, приравненных к районам Крайнего Севера, влияние ожидаемого потепления на изменение площадей с разной степенью трудности для проживания будет также минимальным по сравнению с периодом 2001–2010 гг. По сравнению с периодом 1961–1990 гг. возможно сокращение неблагоприятных территорий на 29 п. п. и увеличение площади условно неблагоприятных территорий на 30 п. п.

В Южных районах Восточной Сибири и Дальнего Востока по модельному прогнозу ожидается исчезновение неблагоприятной зоны, как это уже произошло в начале XXI в. Очень существенно (до 90% территории) может увеличиться площадь условно неблагоприятных территорий, что на 32 п. п. больше, чем за период 2001–2010 гг. При этом площади условно бла-

гоприятной и благоприятной зоны суммарно уменьшатся на 8 п. п., по сравнению с периодом 1961–1990 гг. и на 30 п. п., по сравнению с периодом 2001–2010 гг.

В субъектах РФ, где применяются только районные коэффициенты, в середине XXI в. (2046–2055 гг.) возможны минимальные изменения площадей по сравнению с периодами 1961–1990 и 2001–2010 гг. Но можно отметить исчезновение очень неблагоприятной зоны, небольшое сокращение условно неблагоприятной зоны и незначительное расширение благоприятной зоны (разница 5 и 4 п. п.).

Таким образом, при ожидаемом антропогенном потеплении маловероятно дальнейшее сокращение наихудших условий обитания в каждом из рассмотренных районов. Ослабление климатической дискомфорта на территории России в результате прогнозного потепления к середине XXI в. может оказаться не столь значительным.

Возможные изменения условий жизни населения для федеральных округов по модельным прогнозам

Оценки площадей различных зон дискомфорта в федеральных округах в период 2046–2055 гг. представлены в табл. 2.8. При осуществлении модельного сценария в середине XXI в. можно ожидать сокращение площади территорий с абсолютно неблагоприятными условиями в Дальневосточном ФО на 25 п. п., а в Сибирском и Уральском ФО – на 7 и 6 п. п. по сравнению с периодом 1961–1990 гг. В Дальневосточном ФО площади абсолютно неблагоприятной и очень неблагоприятной зоны составят 20 и 28% от территории округа, в отличие от 12 и 36% для современных условий (2001–2010 гг.). Как результат модельного потепления, вероятно расширение очень неблагоприятной зоны. На юге Дальневосточного ФО можно ожидать существенное улучшение природно-климатических условий и двукратное расширение условно неблагоприятной зоны на 22 п. п., по сравнению со средним климатом и на 12 п. п., по сравнению с современным климатом. По сравнению со средне-многолетними условиями в Сибирском и Уральском ФО возможно значительное увеличение площади условно неблагоприятной зоны на 11 и 15 п. п., соответственно за счет сокращения более неблагоприятных зон.

На европейской части России при модельном потеплении климата в Северо-Западном ФО можно ожидать увеличение площади условно неблагоприятной зоны на 11 п. п., за счет сокращения очень



Возможные изменения условий жизни населения в середине XXI века по модельным данным

неблагоприятной зоны на 5 п. п. и исчезновения абсолютно неблагоприятной зоны, которая во второй половине XX в. занимала 8% территории округа. В Центральном ФО площадь территории с благоприятными условиями увеличится на 19 п. п., по сравнению со среднемноголетними условиями за счет сокращения территорий с наиболее благоприятными условиями. В Приволжском ФО изменения не превышают 1–2 п. п. В Южном ФО благоприятная зона будет занимать более 50% территории, за счет

сокращения условно благоприятных и наиболее благоприятных территорий. В Северо-Кавказском ФО благоприятная зона увеличится в два раза за счет сокращения условно благоприятной зоны.

Сравнение условий дискомфорта в периоды 2001–2010 гг. и 2046–2055 гг. по модельному прогнозу показывает, что в дальнейшем изменения будут не столь значительны. В большинстве федеральных округов они будут порядка 10 п. п., что может свидетельствовать о замедлении потепления.



Глава 3. Биоклимат и рекреационные ресурсы территорий с особыми климатическими условиями

3.1. Оценка биоклимата с использованием универсального индекса теплового комфорта (UTCI)

3.1.1. Универсальный индекс теплового комфорта (UTCI)

Как было показано в предыдущих главах, на территориях с особыми климатическими условиями во все сезоны, кроме зимнего, скорость потепления несколько увеличилась, а зимой, напротив, заметно уменьшилась. (Второй оценочный..., 2014). Модельные прогнозы для середины и конца XXI века подтверждают сохранение существующих тенденций на этих территориях (Второй оценочный..., 2014). Воздействие потепления на устойчивое развитие лимитируется неблагоприятными факторами природной среды и, в частности, холодным стрессом. Согласно карте «Местности с особыми климатическими условиями» (рис. 2.3), особые климатические условия наблюдаются на 88% территории страны (Виноградова, Золотокрылин, 2014; Золотокрылин и др., 2012).

Для этих территорий возрастает актуальность оценки биоклиматических условий, показывающих непосредственное и комплексное воздействие основных климатических показателей (температуры и влажности воздуха, солнечной радиации, скорости ветра) на человека.

Оценка термического воздействия окружающей среды на человека является одной из основных проблем в биоклиматических исследованиях. К настоящему времени для ее решения было разработано более 100 простых биоклиматических индексов. Первые широко используемые индексы были основаны на простой двухпараметрической комбинации температуры и влажности воздуха для «теплых» индексов, температуры воздуха и скорости ветра для «холодных» индексов (Błażejczyk et al., 2012). Тем не менее, большинство этих индексов слабо отражали фактическое воздействие термических условий на человека.

Индексы, полученные на основе моделей теплового баланса человека, дают лучшее представление о воздействии окружающей среды, чем простые индексы. Многоузловые модели теплового баланса человека позволяют полностью учитывать передачу и обмен тепла как внутри человеческого тела, так и между поверхностью тела и окружающим воздушным слоем. Одним из таких индексов является универсальный индекс теплового комфорта (UTCI), который основан на многоузловой модели Fiala теплового баланса человека (Fiala et al., 2012). Этот индекс используется в настоящей работе для оценки биоклимата на территории России. Инициированный Комиссией Международного общества биометеорологии и разработанный при поддержке Европейского союза, UTCI направлен на оценку термических условий окружающей среды и применяется в основных областях биометеорологии человека (Błażejczyk et al., 2010; 2012; 2013; Bröde et al., 2012; Fiala et al., 2012; Jendritzky et al., 2009). Индекс UTCI можно охарактеризовать как эквивалентную температуру окружающей среды ($^{\circ}\text{C}$), которая оказывает такое же физиологическое воздействие на человека, как и фактическая окружающая среда (Błażejczyk et al., 2013). Смещение, или отклонение UTCI от температуры воздуха (T_a), зависит от фактических значений температуры воздуха, средней лучистой температуры (T_{mrt}), скорости ветра (v_a) и влажности, выраженной как давление водяного пара (e) или относительная влажность (RH). Это можно записать таким образом (Błażejczyk et al., 2012):

$$\text{UTCI} = f(T_a; T_{\text{mrt}}; v_a; e) = T_a + \Delta(T_a; T_{\text{mrt}}; v_a; e) \quad (3.1)$$

Концепции создания индекса включала в себя (1) определение эталонной среды с относительной влажностью 50% (давление водяного пара 20 гПа), со спокойным воздухом и радиационной температурой, равной температуре воздуха, и (2) представления многовариантной модели с разным временем экспозиции. Это было достигнуто с помощью анализа

Оценка биоклимата с использованием универсального индекса теплового комфорта (UTCI)

основных компонентов, показывающих, что линейная комбинация 7 физиологических параметров (сердечная, средняя и лицевая температура кожи, производство пота, влажность кожи, кожный кровоток, дрожь) после 30 и 120 мин. экспозиции составляли две трети от общего изменения в многомерном динамическом физиологическом отклике. Создание индекса было завершено шкалой, классифицирующей эквивалентные значения температуры UTCI с точки зрения теплового напряжения, путем предоставления упрощенных процедур для быстрого, но достаточно точного расчета. Анализ чувствительности UTCI к влажности, излучению и скорости ветра показал его адекватные реакции как в жару, так и на холоде, что подтвердило универсальность применения UTCI в основных областях исследований биометеорологии человека (Błażejczyk et al., 2013).

Расчет физиологической реакции на метеорологические условия был основан на многоузловой модели терморегуляции человека (Fiala et al., 2001), дополненной моделью одежды. Пассивная система многоузловой модели состоит из 12 элементов тела и включает 187 узлов ткани в общей сложности. Активная система предсказывает реакцию терморегуляции в центральной нервной системе. Статические модели теплоизоляции одежды приспособлены к температуре окружающей среды с учетом сезонных привычек адаптации одежды европейцев, которые, в частности, влияют на восприятие человеком климата на открытом воздухе. На теплоизоляцию одежды и испарение с поверхности тела в большой степени влияют изменения скорости ветра и движения самого человека. Результирующая статическая изоляция одежды зависит от скорости ходьбы и скорости ветра в фактической среде, в которой человек подвергается воздействию. Аналогичный подход был применен для испарительного сопротивления одежды. Корректировка теплоизоляции одеждой является поведенческой реакцией на изменение климатических условий. Общая теплоизоляция одежды (I_{cl}) представляет собой функцию температуры окружающего воздуха. При создании этого индекса использовались современные модели теплоизоляции одежды (Błażejczyk K. et al., 2012). Неметеорологические параметры были установлены так: скорость обмена веществ 135 Вт м^{-2} и скорости ходьбы от 1.1 м с^{-1} . Для метеорологических параметров: лучистая температура равна температуре окружающей среды и скорость ветра на 10 м над землей – 0.5 м с^{-1} , давление водяного пара (e), соответствующее относительной влажности 50%, а

при высокой температуре воздуха ($> 29 \text{ °C}$) постоянно и равно 20 гПа.

Оценочная шкала индекса UTCI основана на различных комбинациях температуры прямой кишки и кожи, потоотделения, озноба и т.д. Кроме того, средний ответ на UTCI находится в хорошем согласии со значениями, полученными для стандартных условий. Таким образом, оценочная шкала относится к температуре на основе физиологического напряжения (Błażejczyk et al., 2012).

Индекс UTCI рассчитывается как полиномиальная функция уравнения регрессии 6-го порядка и классифицируется с точки зрения теплового стресса человека следующим образом (Табл. 3.1).

UTCI может применяться в ключевых областях биометеорологии человека, таких как ежедневное прогнозирование и предупреждения, городское и региональное планирование, экологическая эпидемиология и исследования воздействия климата, он также применим во всех климатических поясах (Pappenberger et al., 2015). В работе (Di Napoli et al., 2018) с помощью индекса UTCI анализируется тепловая биоклиматическая изменчивость Европы и показана связь этой изменчивости со здоровьем человека, а также потенциал использования связи между UTCI и смертностью при разработке систем раннего предупреждения, основанных на воздействии тепловых волн на здоровье человека (Di Napoli et al., 2018).

Для этого исследования UTCI не был рассчитан путем решения оригинальной многоузловой модели Fiala, поскольку это было бы чрезмерно вычислительно трудоемким. Вместо этого была принята более быстрая процедура расчета, называемая оперативной процедурой (Bröde et al., 2012). Операционная процедура вычисляет смещение между UTCI и T_a через полиномиальное уравнение шестого порядка для параметров окружающей среды T_a ; T_{mrt} ; v_a ; RH . Процедура аппроксимирует модель UTCI-Fiala в средней среднеквадратичной ошибкой 1.1 °C (Bröde et al., 2012).

При помощи индекса UTCI проведена оценка биоклиматических условий на территории России в условиях меняющегося климата. Расчет среднемесячных, сезонных и суточных значений индекса UTCI для 512 метеорологических станций производился при помощи программного пакета BioKlima 2.6 (www.igipz.pan.pl/geoekoklimat/blaz/bioklima.htm). Биоклиматические условия теплового комфорта исследовались для среднемноголетнего периода

Глава 3. Биоклимат и рекреационные ресурсы территорий с особыми климатическими условиями

Таблица 3.1. Классификация индекса UTCI с точки зрения теплового стресса человека (Błażejczyk et al., 2013)

Диапазон UTCI (°C)	Категория стресса	Физиологические реакции
выше +46	крайний тепловой стресс	Увеличение градиента ректальной температуры (T_{re}). Резкое снижение общей чистой потери тепла. Резкое увеличение интенсивности потоотделения > 650 г/ч.
от +38 до +46	очень сильный тепловой стресс	Градиент температуры к коже < 1 °K (за 30 мин.). Увеличение T_{re} за 30 мин.
+32 до +38	сильный тепловой стресс	Динамическое тепловое ощущение (DTS) за 120 мин. $> +2$. Усредненная скорость потоотделения > 200 г/ч. Увеличение T_{re} за 120 мин. Скрытые тепловые потери > 40 Вт за 30 мин. Мгновенное изменение температуры кожи > 0 °K/мин.
+26 до +32	умеренный тепловой стресс	Изменение градиентов скорости потоотделения, T_{re} и температуры кожи: средней (T_{skm}), лица (T_{skfc}), рук (T_{skhn}). Появление потоотделения через 30 мин. Резкое увеличение влажности кожи.
+9 до +26	нет теплового стресса	Средняя скорость потоотделения > 100 г/час. DTS за 120 мин. < 1 . DTS от -0.5 до 0.5 (среднее значение). Средние скрытые потери тепла > 40 Вт.
+9 до 0	легкий холодовой стресс	Плато во временном градиенте T_{re} . DTS за 120 мин. < -1 . Локальный минимум T_{skhn} (используйте перчатки).
0 до -13	умеренный холодовой стресс	DTS за 120 мин. < -2 . Кожный кровоток при 120 мин. меньше, чем при 30 минутах (сужение сосудов). Среднемесячная $T_{skfc} < 15$ °C (боль). Снижение T_{skhn} . Градиент $T_{re} < 0$ °K/ч. За 30 мин. температура кожи лица $T_{skfc} < 15$ °C (боль). Градиент < -1 °K/ч (для сравнения).
-13 до -27	сильный холодовой стресс	Средняя $T_{skfc} < 7$ °C (онемение). Градиент $T_{re} < -0.1$ °K/ч. T_{re} уменьшается от 30 до 120 мин.
-27 до -40	очень сильный холодовой стресс	Увеличение градиента температуры в теле. За 120 мин. $T_{skfc} < 0$ °C (обморожение). Более резкое снижение T_{re} . Ха 30 мин. $T_{skfc} < 7$ °C (онемение). Появление дрожи. Градиент $T_{re} < -0.2$ °K/ч. Средняя $T_{skfc} < 0$ °C (обморожение). За 120 мин. $T_{skfc} < -5$ °C (высокий риск обморожения).
ниже -40	экстремальный холодовой стресс	Градиент $T_{re} < -0.3$ °K/ч. За 30 мин. $T_{skfc} < 0$ °C (обморожение).

Диапазон значений UTCI от +18 до +26 °C может считаться «зоной теплового комфорта».

(1961–1990 гг.) и для периода современного потепления климата (2001–2015 гг.), затем были построены соответствующие карты. Дополнительно оценивалась длительность воздействия термических условий различных градаций на человека в условиях меняющегося климата, в

частности оценивалась длительность самых холодных (экстремальный холодовой стресс, очень сильный холодовой стресс, сильный холодовой стресс), холодных (умеренный и слабый холодовой стресс) условий и условий отсутствия холодowego стресса.

Оценка биоклимата с использованием универсального индекса теплового комфорта (UTCI)

3.1.2. Сезонные и межгодовые изменения универсального индекса теплового комфорта (UTCI) для современного климата на территории России

Универсальный индекс теплового комфорта (UTCI) был использован для оценки биоклиматических условий на территории России с точки зрения теплоощущения человека в различные сезоны. Карты, построенные для среднесезонных условий (1961–1990 гг.) и зимнего сезона (декабрь–февраль) показывают, что на всей территории России в этот период наблюдался холодовой стресс различных градаций (рис. 3.1а). Это хорошо согласуется с данными, приведенными в работе (Parrenberger et al., 2015). На очень значительной территории преобладал экстремальный холодовой стресс. Эта зона занимала север и северо-восток страны от севера Архангельской области до Чукотки, значительно расширяясь на юг (приблизительно до 60° с.ш.) в Якутии. Очень сильный холодовой стресс отмечался на Кольском полуострове, в Поволжье, на Урале и на Азиатской части страны, кроме юга Приморского края. На большей части европейской территории и на юге Приморского края зимние условия по индексу UTCI характеризовались как сильный холодовой стресс. Умеренный холодовой стресс наблюдался только на самом юге европейской территории, а именно на побережье Черного, Азовского, Каспийского морей и в Предкавказье (рис. 3.1а).

В начале XXI в. (2001–2010 гг.) при потеплении климата холодовой стресс немного ослабевает, особенно на европейской территории (рис. 3.1б). Практически на всей территории, за исключением севера Кольского полуострова и побережья Белого и Баренцева морей зимой наблюдается сильный холодовой стресс, а зона умеренного холодowego стресса подвигается севернее 45° с.ш. На азиатской территории в северной половине преобладает экстремальный холодовой стресс, а на остальной территории – очень сильный холодовой стресс. Причем области, где отмечается экстремальный холодовой стресс немного сокращаются, а области с очень сильным холодowym стрессом, соответственно, расширяются (рис. 3.1б).

В переходные сезоны (весной и осенью) для среднесезонных условий в Арктической зоне остаются условия очень сильного холодowego стресса, на остальной территории сильного и умеренного холодowego стресса, а южнее 50° с.ш. – слабого холодowego стресса. При современном потеплении климата

расширяются и продвигаются к северу более благоприятные условия.

Летом (июнь–август) универсальный индекс теплового комфорта (UTCI) представлен тремя градациями теплоощущения: от умеренного холодowego стресса на Арктических островах и на побережье Северного Ледовитого океана до градации нет теплового стресса, которая включает в себя и зону комфорта (от +18 до +26 °С) (рис. 3.2а). На большей части территории России преобладали условия отсутствия теплового стресса. На юге европейской территории (южнее 50° с.ш.) наблюдались комфортные условия, а севернее 65° с.ш. и на Камчатке, Чукотке и на побережье Охотского моря – условия слабого холодowego стресса. При современном потеплении климата индекс теплового комфорта (UTCI) увеличивается и условия становятся более благоприятными. Районы, где преобладали условия умеренного и слабого холодowego стресса сокращаются, а зона комфорта на европейской территории продвигается на 2–3° на север. Эта зона также появляется на юге Амурской области и юго-западе Приморского края (рис. 3.2б).

На рисунке 3.3 показана средняя за период продолжительность различных градаций индекса теплового комфорта (UTCI) для широтных и долготных секторов на территории России. Заметно поступательное уменьшение продолжительности неблагоприятных условий для каждого сектора при современном потеплении климата, по сравнению со среднесезонными условиями.

Для среднесезонных условий продолжительность условий экстремального холодowego стресса в широтной зоне 70–80° с.ш. составляла от 4.7 месяца на европейской территории (30–60° в.д.) до 6 месяцев – в Западной Сибири (60–90° в.д.). В широтной зоне 60–70° с.ш. такие условия наблюдались в Западной Сибири – 1.4 месяца и на Дальнем Востоке (120–150° в.д.), а также на Чукотке (150° в.д.–170° з.д.) – 2.3 месяца. В начале XXI века длительность условий экстремального холодowego стресса уменьшилась на всей территории на 1.5–2 месяца, а на европейской территории – на 3.4 месяца. Причем в Сибири и на Дальнем Востоке основное сокращение наблюдалось в 2001–2010 гг., а в 2011–2015 гг. оно замедлилось. На европейской территории и в Западной Сибири уменьшение длительности экстремального холодowego стресса продолжилось с той же скоростью и в 2011–2015 гг. (рис. 3.3).

Очень сильный холодовой стресс наблюдался на широтах 70–80° с.ш. (2–3 месяца), а на широтах 60–70° с.ш. –

Глава 3. Биоклимат и рекреационные ресурсы территорий с особыми климатическими условиями

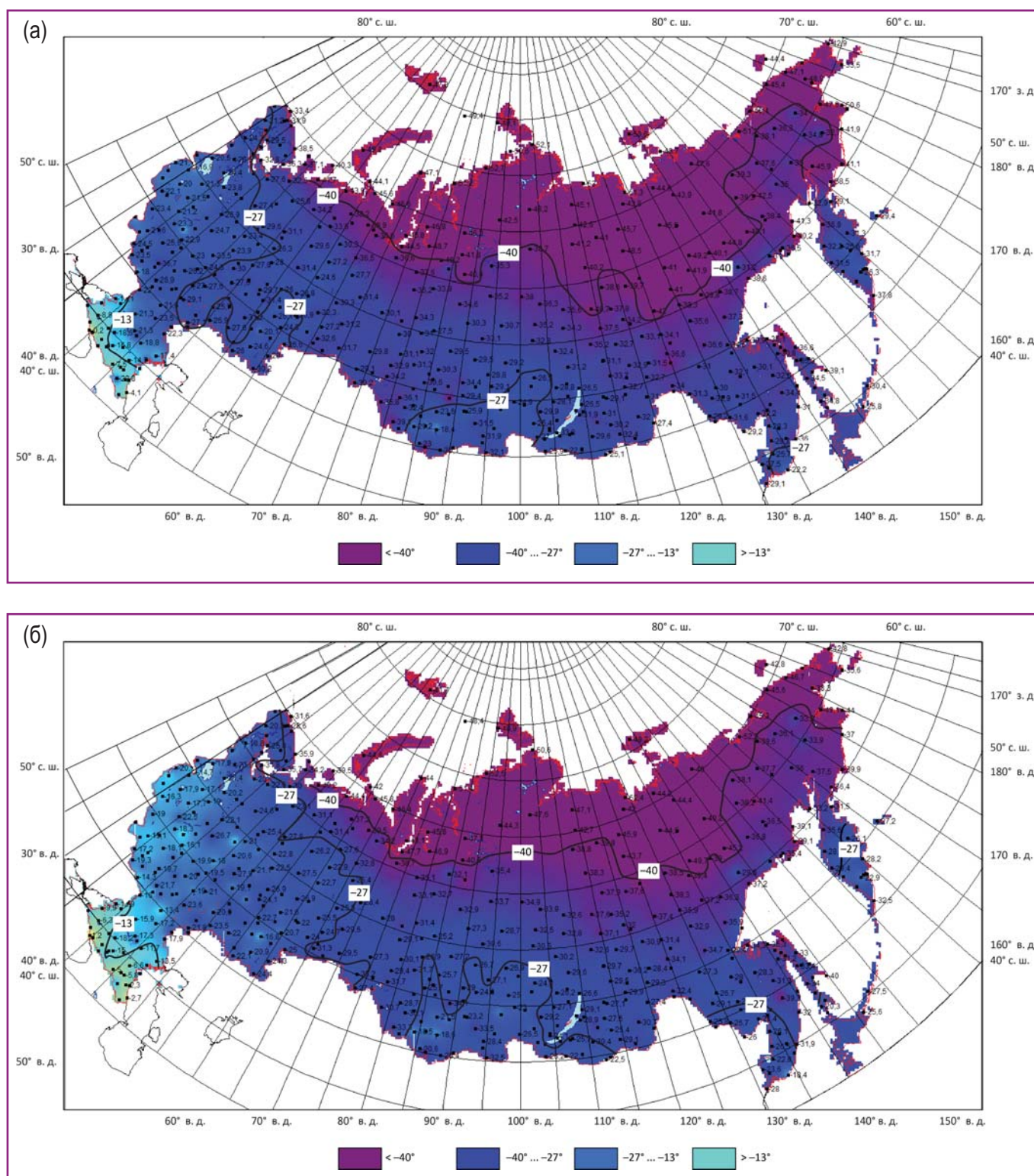


Рис. 3.1. Универсальный индекс теплового комфорта (UTCI) для зимнего сезона (декабрь–февраль): для среднемноголетних условий (1961–1990 гг.) (а); для начала XXI века (2001–2010 гг.) (б).

2.3–4 месяца для среднемноголетних условий. Для более южных широт 50–60° с.ш. от 1 месяца на европейской территории до 3 месяцев в азиатской части страны. Еще южнее (40–50° с.ш.) такие условия отмечались восточнее 90° в.д. от 1.5 до 2.5 месяцев. При потеплении климата севернее 70° с.ш. на европей-

ской территории продолжительность сильного холодового стресса увеличивается до 5.3 месяца, а на остальной территории – до 3 месяцев для периода 2011–2015 гг. В этот же период в широтных зонах 60–70° с.ш. и 50–60° с.ш. длительность таких условий уменьшается на 1–1.5 месяца. На европейской территории России

Оценка биоклимата с использованием универсального индекса теплового комфорта (UTCI)

(50–40° с.ш.) такие условия уже не наблюдаются, а на юге азиатской части (90–150° в.д.) продолжительность условий очень сильного холодного стресса в период 2001–2010 гг. уменьшается приблизительно на 1 месяц, а в 2011–2015 гг. снова начинает расти из-за похолодания зимних сезонов (рис. 3.3).

Сильный холодовой стресс наблюдался на всей территории России и его продолжительность составляла от 2 до 4 месяцев, причем для северных и северо-восточных районов такие условия характерны для переходных сезонов (весна, осень), а для западных и южных областей – в основном, для зимы (рис. 3.3).

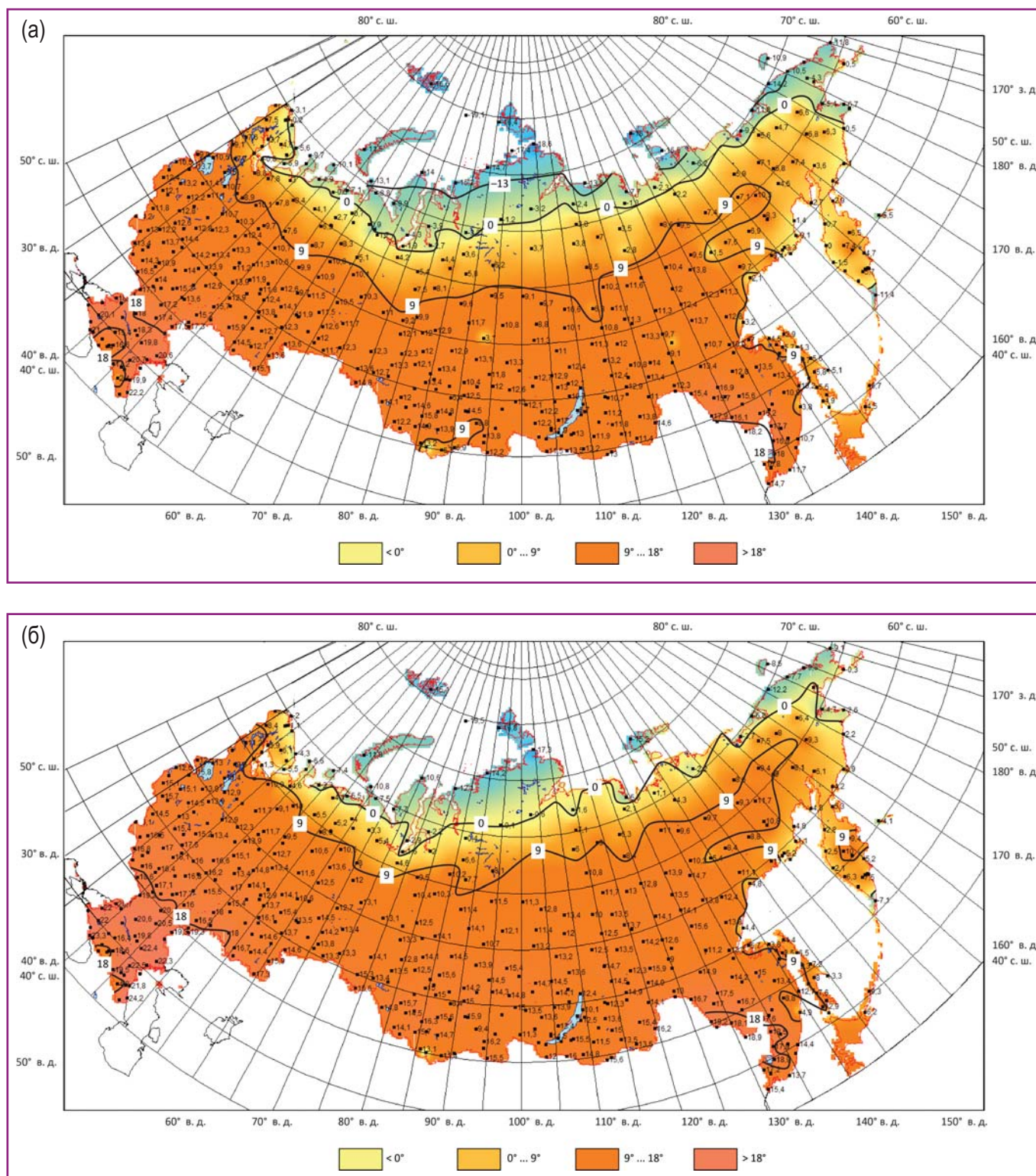


Рис. 3.2. Универсальный индекс теплового комфорта (UTCI) для летнего сезона (июнь–август): для среднемноголетних условий (1961–1990 гг.) (а); для начала XXI века (2001–2010 гг.) (б).

Глава 3. Биоклимат и рекреационные ресурсы территорий с особыми климатическими условиями

Например, на юге европейской территории это самые холодные условия. В начале XXI в. длительность сильного холодового стресса увеличивается не очень сильно – на 0.5–1.0 месяц и наиболее заметно в широтной зоне 50–40° с.ш. Основные изменения происходили в 2001–2010 гг., а в 2011–2015 гг. ситуация стабилизировалась.

Для большинства территорий, расположенных в широтной зоне 70–80° с.ш. умеренный холодовой стресс является наилучшими условиями, которые наблюдаются от 1.3 месяца на европейской территории и в Западной Сибири до 3 месяцев на Чукотке. При потеплении продолжительность умеренного холодового стресса меняется не сильно. На европейской территории и на Чукотке она увеличивается на 1 месяц, а на остальной территории практически не меняется (рис. 3.3). В широтных зонах 60–70° и 50–60° с.ш. умеренный холодовой стресс отмечается 2–3 месяца и его продолжительность практически не меняется при изменении климата. На юге страны такие условия наблюдаются более 3 месяцев на европейской территории и более 2 месяцев на юге

Сибири и Дальнего Востока, немного увеличиваясь в современную эпоху (рис. 3.3).

Условия слабого холодового стресса для территорий, расположенных севернее 60° с.ш. являются довольно хорошими и наблюдаются в теплую половину года от 1.5 до 2 месяцев. На широтах 70–80° с.ш. такие условия отмечаются от 3 недель до 1 месяца в долготном секторе 90–150° в.д. В более южных широтах слабый холодовой стресс длится 1.5–2 месяца (рис. 3.3). При изменении климата продолжительность таких условий меняется незначительно.

Отсутствие термического стресса и условия комфорта наблюдаются южнее 70° с.ш. В зоне 60–70° с.ш. термический стресс отсутствовал очень недолго – от 0.7 месяца на европейской территории до 2 месяцев в Восточной Сибири для среднесезонных условий. Длительность таких условий немного увеличилась при потеплении до 1.5 и 2.5 месяцев, соответственно. Южнее отсутствие термического стресса наблюдается летом и длится 2–3 месяца, немного увеличиваясь в начале XXI в. на 0.2–0.5 месяца (рис. 3.3). В этот период в широтной зоне 50–60° с.ш. на европейской

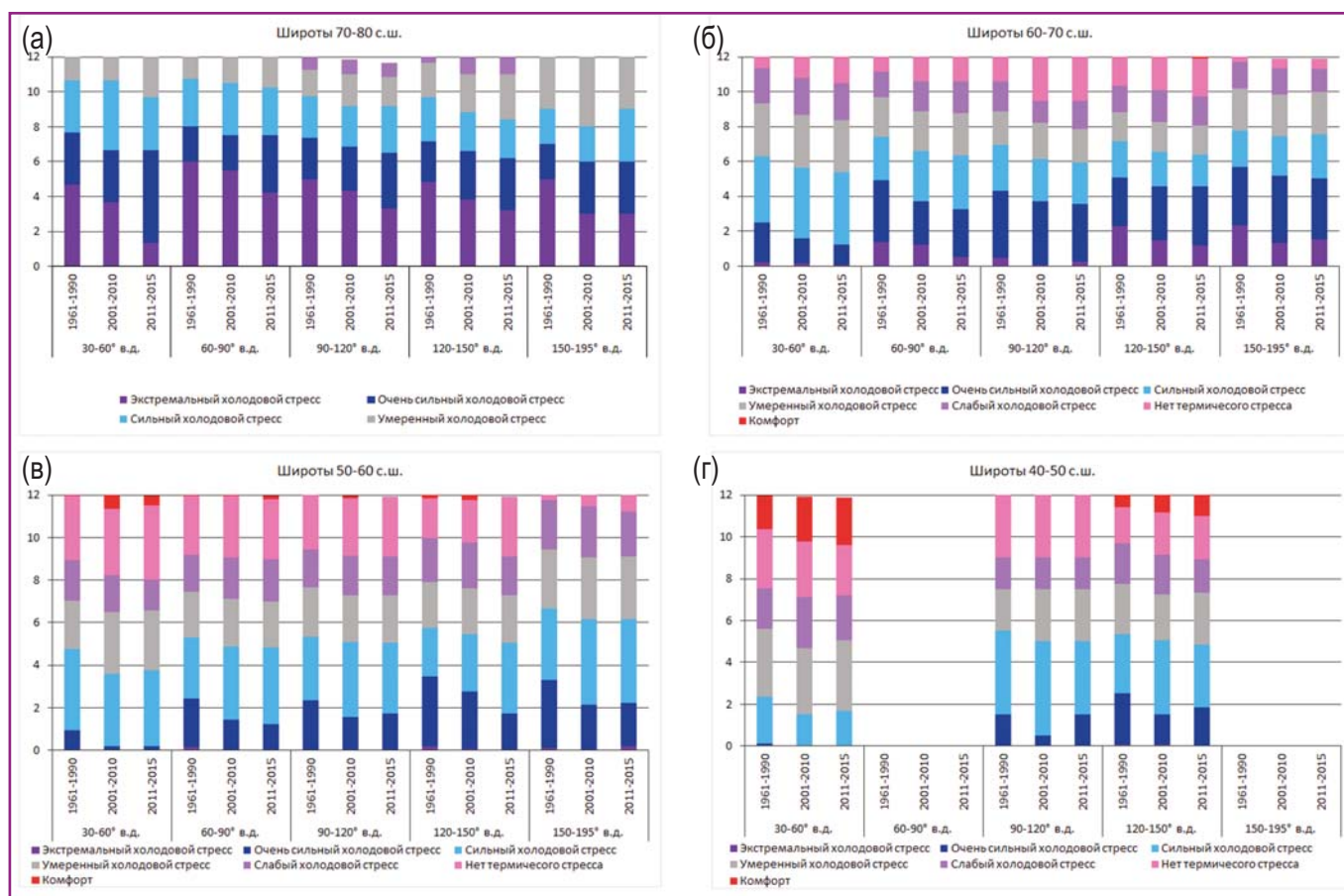


Рис. 3.3. Длительность различных градаций теплового воздействия (в месяцах) для широтных зон: 70–80° с.ш. (а); 70–60° с.ш. (б); 60–50° с.ш. (в); 50–40° с.ш. (г).

Оценка биоклимата с использованием универсального индекса теплового комфорта (UTCI)

Таблица 3.2. Число станций* на территории России с различными градациями универсального индекса теплового комфорта (UTCI)

Месяц	Период	Градация теплового воздействия, число станций (%)						
		Экстремальный холодовой стресс	Очень сильный холодовой стресс	Сильный холодовой стресс	Умеренный холодовой стресс	Слабый холодовой стресс	Нет тер- мического стресса	Комфорт
Январь	1961–1990	93 (18%)	305 (60%)	104 (20%)	10 (2%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
	2001–2010	55 (11%)	235 (47%)	189 (38%)	20 (4%)	1 (0.2%)	0 (0%)	0 (0%)
	2011–2015	53 (11%)	237 (48%)	181 (37%)	21 (4%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Февраль	1961–1990	63 (12%)	285 (56%)	152 (30%)	12 (2%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
	2001–2010	50 (10%)	187 (37%)	242 (48%)	20 (4%)	1 (0.2%)	0 (0%)	0 (0%)
	2011–2015	46 (9%)	190 (39%)	236 (48%)	19 (4%)	1 (0.2%)	0 (0%)	0 (0%)
Март	1961–1990	38 (7%)	97 (19%)	345 (67%)	30 (6%)	2 (0.4%)	0 (0%)	0 (0%)
	2001–2010	27 (5%)	70 (14%)	310 (62%)	86 (17%)	7 (1%)	0 (0%)	0 (0%)
	2011–2015	15 (3%)	83 (17%)	327 (66%)	64 (13%)	3 (0.6%)	0 (0%)	0 (0%)
Апрель	1961–1990	14 (3%)	47 (9%)	159 (31%)	269 (53%)	23 (4%)	0 (0%)	0 (0%)
	2001–2010	5 (1%)	34 (7%)	115 (23%)	291 (58%)	55 (11%)	0 (0%)	0 (0%)
	2011–2015	0 (0%)	31 (6%)	95 (19%)	309 (63%)	58 (12%)	0 (0%)	0 (0%)
Май	1961–1990	0 (0%)	20 (4%)	59 (12%)	203 (40%)	193 (38%)	37 (7%)	0 (0%)
	2001–2010	0 (0%)	7 (1%)	46 (9%)	141 (28%)	237 (47%)	69 (14%)	0 (0%)
	2011–2015	0 (0%)	7 (1%)	42 (9%)	125 (25%)	226 (46%)	93 (19%)	0 (0%)
Июнь	1961–1990	0 (0%)	0 (0%)	24 (5%)	77 (15%)	149 (29%)	255 (50%)	7 (1%)
	2001–2010	0 (0%)	0 (0%)	14 (3%)	57 (11%)	108 (22%)	305 (61%)	16 (3%)
	2011–2015	0 (0%)	0 (0%)	12 (2%)	51 (10%)	85 (17%)	311 (63%)	33 (7%)
Июль	1961–1990	0 (0%)	0 (0%)	7 (1%)	36 (7%)	86 (17%)	329 (64%)	54 (11%)
	2001–2010	0 (0%)	0 (0%)	5 (1%)	28 (6%)	62 (12%)	292 (58%)	112 (22%)
	2011–2015	0 (0%)	0 (0%)	5 (1%)	27 (5%)	58 (12%)	312 (63%)	91 (18%)
Август	1961–1990	0 (0%)	0 (0%)	8 (2%)	45 (9%)	133 (26%)	296 (58%)	30 (6%)
	2001–2010	0 (0%)	0 (0%)	4 (1%)	37 (7%)	95 (19%)	310 (62%)	53 (11%)
	2011–2015	0 (0%)	0 (0%)	5 (1%)	36 (7%)	83 (17%)	310 (63%)	58 (12%)
Сентябрь	1961–1990	0 (0%)	0 (0%)	29 (6%)	146 (29%)	295 (58%)	41 (8%)	1 (0.2%)
	2001–2010	0 (0%)	0 (0%)	15 (3%)	102 (20%)	293 (59%)	83 (17%)	5 (1%)
	2011–2015	0 (0%)	0 (0%)	14 (3%)	100 (20%)	282 (57%)	89 (18%)	3 (1%)
Октябрь	1961–1990	0 (0%)	34 (7%)	135 (26%)	315 (62%)	26 (5%)	2 (0.4%)	0 (0%)
	2001–2010	0 (0%)	32 (6%)	111 (22%)	321 (64%)	46 (9%)	11 (2%)	0 (0%)
	2011–2015	0 (0%)	9 (2%)	108 (22%)	320 (65%)	51 (10%)	5 (1%)	0 (0%)
Ноябрь	1961–1990	32 (6%)	121 (24%)	302 (59%)	51 (10%)	6 (1%)	0 (0%)	0 (0%)
	2001–2010	25 (5%)	122 (24%)	293 (59%)	69 (14%)	4 (1%)	0 (0%)	0 (0%)
	2011–2015	9 (2%)	86 (17%)	261 (53%)	128 (26%)	9 (2%)	0 (0%)	0 (0%)
Декабрь	1961–1990	72 (14%)	241 (47%)	180 (35%)	18 (4%)	1 (0.2%)	0 (0%)	0 (0%)
	2001–2010	69 (14%)	208 (42%)	212 (42%)	23 (5%)	1 (0.2%)	0 (0%)	0 (0%)
	2011–2015	31 (6%)	181 (37%)	241 (49%)	38 (8%)	1 (0.2%)	0 (0%)	0 (0%)

*Для периода 1961–1990 гг. – общее число станций 512, для периода 2001–2010 гг. – общее число станций 500, для периода 2011–2015 гг. – общее число станций 492.

Глава 3. Биоклимат и рекреационные ресурсы территорий с особыми климатическими условиями

территории, в Западной Сибири и на Дальнем Востоке появляется период от 1 до 3 недель с комфортными условиями. Для широт 40–50° с.ш. комфортные условия наблюдаются на европейской территории и на Дальнем Востоке. Продолжительность таких условий увеличивается от 1.6 месяца для периода 1961–1990 гг. до 2.2 месяца для периода 2011–2015 гг. на европейской территории и с 0.6 до 1 месяца – на Дальнем Востоке (рис. 3.3).

Условия теплового стресса различных градаций на территории России не наблюдаются для средне-многолетних среднемесячных значений индекса теплового комфорта (UTCI), но в отдельные дни и часы возможны условия теплового стресса, в основном в южных регионах.

В таблице 3.2 представлено количество метеостанций, на которых отмечались различные градации теплового воздействия на человека по индексу UTCI для трех периодов: среднемноголетних условий (1961–1990 гг.) и двух периодов современного потепления (2001–2010 гг.), (2011–2015 гг.).

Данные, приведенные в таблице 3.2 подтверждают, что Россия – это территория, где преобладают условия холодного стресса. Зимой (декабрь–февраль) условия экстремального, очень сильного и сильного холодного стресса наблюдались на 98% метеостанций для среднемноголетнего периода и на 96% метеостанций для современного климата. Только в декабре для периода 2011–2015 гг. количество таких метеостанций уменьшается до 92%.

В переходные сезоны: весной (март–май) и осенью (сентябрь–ноябрь) происходит постепенное ослабление (весной) или нарастание (осенью) холодного стресса. В марте количество метеостанций, где отмечаются три наиболее неблагоприятные градации холодного стресса сокращается до 93% для среднемноголетних условий и до 82% для периода 2001–2010 гг. и затем вновь немного увеличивается до 86% в 2011–2015 гг. В апреле начинают преобладать условия сильного, умеренного и слабого холодного стресса, которые суммарно отмечаются на 88%, 92% и 94% метеостанций для трех рассматриваемых периодов. Причем, при потеплении увеличивается количество метеостанций с более благоприятными условиями, а условия экстремального холодного стресса, которые наблюдались на 3% метеостанций для среднемноголетнего периода в 2011–2015 гг. уже не наблюдаются. В мае преобладают те же градации холодного стресса, но при потеплении климата увеличивается количество метеостанций, где отмечается отсутствие терми-

ческого стресса с 7% (1961–1990 гг.) до 19% (2011–2015 гг.). Осенью происходит обратный процесс нарастания холодного стресса от сентября к ноябрю и относительное увеличение количества метеостанций, где наблюдаются более благоприятные условия при потеплении климата, по сравнению со средне-многолетними условиями (табл. 3.2).

Летом (июнь–август) на территории России наблюдаются самые благоприятные условия, но и для них самые «теплые» условия – это комфорт. В июне на большинстве метеостанций (90–94%) термические условия соответствуют умеренному и слабому холодному стрессу и отсутствию термического стресса, причем последняя градация преобладает (50–63%), расширяясь при потеплении. Так же в июне появляются метеостанции в комфортными условиями и их количество увеличивается с 1% в 1961–1990 гг. до 7% в 2011–2015 гг. В июле и августе преобладают условия слабого холодного стресса, отсутствия термического стресса и комфорта. Количество метеостанций с комфортными условиями увеличивается в два раза в начале XXI века с 11% до 22% в июле и с 6% до 12% в августе (табл. 3.2).

Была проанализирована длительность в течение года самых холодных (экстремальный холодный стресс, очень сильный холодный стресс и сильный холодный стресс), холодных (умеренный и слабый холодный стресс) условий и условий отсутствия холодного стресса.

Суммарная продолжительность условий экстремального холодного стресса, очень сильного холодного стресса и сильного холодного стресса, т.е. трех наиболее неблагоприятных градаций составляет от 10 месяцев на побережье Северного Ледовитого океана (на Арктических островах – 12 месяцев) до нескольких дней на Черноморском побережье Краснодарского края. Для среднемноголетних условий на европейской территории такие условия длились около 5 месяцев в году в широтной зоне 50–65° с.ш. На севере и северо-востоке такие условия наблюдаются 6–7 месяцев, а на побережье Северного Ледовитого океана – 10 месяцев. Южнее 50° с.ш. и на западной границе страны продолжительность очень холодных условий уменьшается до 2–4 месяцев. На азиатской территории граница продолжительности холодных условий 7 месяцев проходит около 60° с.ш. На остальной территории такие условия наблюдаются около 5 месяцев (рис. 3.4а).

В современном климате (2001–2015 гг.) длительность наиболее суровых условий сокращается приблизительно на 1–2 месяца. В азиатской части стра-

Оценка биоклимата с использованием универсального индекса теплового комфорта (UTCI)

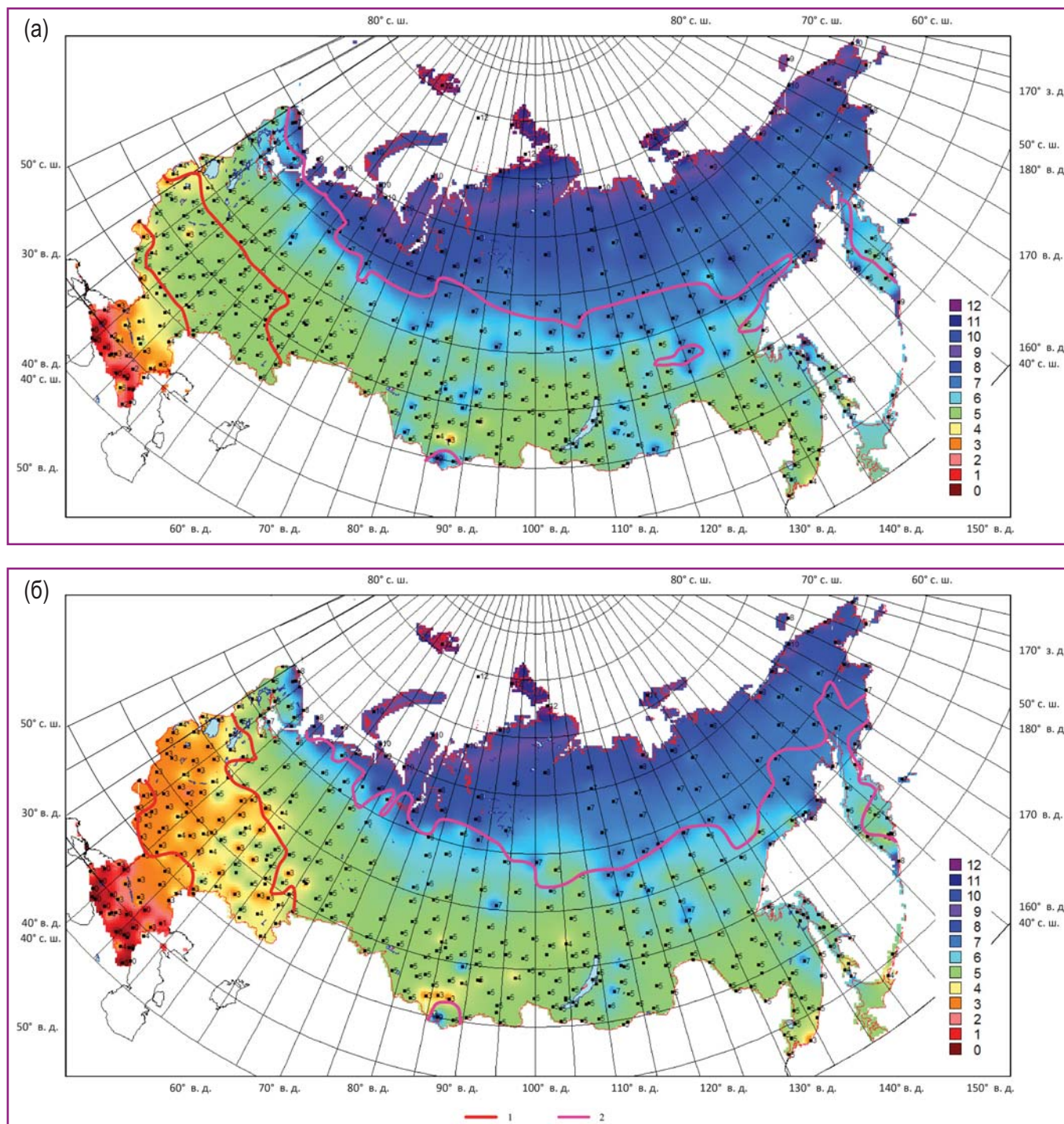


Рис. 3.4. Суммарная продолжительность (в месяцах) условий экстремального холодного стресса, очень сильного холодного стресса и сильного холодного стресса: для среднееголетних условий (1961–1990 гг.) (а); для начала XXI века (2001–2010 гг.) (б).

1 – южная граница очень неблагоприятной зоны; 2 – граница благоприятной зоны.

ны граница длительности холодных условий 7 месяцев сдвигается на север на 2° – 5° – до 63 – 65° с.ш. На большей части европейской территории (южнее 60° с.ш.) продолжительность таких условий сокращается до 3 месяцев (рис. 3.4б).

Сравнение этих карт (рис. 3.4) с картами «Районирование России по природным условиям

жизни населения» (рис. 2.1) показывает, что суммарная продолжительность неблагоприятных градаций холодного стресса более 7 месяцев хорошо совпадает с южной границей очень неблагоприятной зоны, а продолжительность таких условий менее 4 месяцев – с границей благоприятной зоны для соответствующих периодов.

Глава 3. Биоклимат и рекреационные ресурсы территорий с особыми климатическими условиями

Продолжительность условий умеренного и слабого холодового стресса составляет около 6 месяцев на севере и юге европейской территории и на побережье Тихого океана от севера Камчатской области до Приморского края. Но на севере европейской территории и на побережье Тихого океана эти условия наблюдаются в теплое время года, а на юге европейской части – в холодную. На остальной территории условия умеренного и слабого холодового стресса отмечаются 2–4 месяца в теплый сезон. При современном потеплении продолжительность таких условий увеличивается, за счет сокращения длительности более суровых условий.

Продолжительность условий отсутствия термического стресса и комфорта имеет практически зональное распределение на территории России. Севернее 65° с.ш. такие условия практически отсутствуют в течение всего года. Период с условиями «нет термического стресса» южнее 65° с.ш. составляет 1 месяц и постепенно увеличивается до 3 месяцев на южной границе в азиатской части России, а на юге европейской территории до 5 месяцев. При современном потеплении продолжительность таких условий немного увеличивается на всей территории. В Приморском крае она возрастает до 4 месяцев, в Краснодарском крае и Дагестане – до 6 месяцев.

Выводы

1. Россия – это территория, где преобладают условия холодового стресса. Зимой на всей территории преобладает холодовой стресс различных градаций: экстремальный холодовой стресс – на севере и северо-востоке страны от севера Архангельской области до Чукотки; очень сильный холодовой стресс – на Кольском полуострове, в Поволжье, на Урале и на Азиатской части страны. На большей части европейской территории и на юге Приморского наблюдается сильный холодовой стресс, а на юге европейской территории – умеренный холодовой стресс. При потеплении климата в начале XXI в. (2001–2010 гг.) холодовой стресс немного ослабевает.

2. Зимой условия экстремального, очень сильного и сильного холодового стресса наблюдались на 98% метеостанций для среднесезонного периода и на 96% метеостанций для современного климата.

3. Летом преобладают условия от умеренного холодового стресса на Арктических островах и на побережье Северного Ледовитого океана до градации «нет теплового стресса» – на большей части тер-

ритории России и комфорта на юге европейской территории.

4. Летом на территории России наблюдаются самые благоприятные условия, но самые «теплые» условия для среднемесячных значений – это комфорт. В июле и августе количество метеостанций с комфортными условиями увеличивается в два раза в начале XXI в. с 11% до 22% в июле и с 6% до 12% в августе.

5. Суммарная продолжительность условий экстремального холодового стресса, очень сильного холодового стресса и сильного холодового стресса, т.е. трех наиболее неблагоприятных градаций составляет от 10 месяцев на побережье Северного Ледовитого океана до нескольких дней на Черноморском побережье Краснодарского края. В современном климате (2001–2015 гг.) длительность наиболее суровых условий сокращается приблизительно на 1–2 месяца.

6. Суммарная продолжительность неблагоприятных градаций холодового стресса более 7 месяцев хорошо совпадает с южной границей очень неблагоприятной зоны на карте «Районирование России по природным условиям жизни населения», а продолжительность таких условий менее 4 месяцев – с границей благоприятной зоны для соответствующих периодов.

3.1.3. Изменения универсального индекса теплового комфорта (UTCI) для условий модельного климата

Универсальный индекс теплового комфорта (UTCI) был использован для оценки биоклиматических условий на территории России для условий модельного изменения климата в середине XXI в. (2046–2055 гг.). Оценка проводилась на основании данных, полученных на глобальной климатической модели (INMCM4) Института вычислительной математики РАН (Математическое..., 2016; Volodin, 2014; Volodin, et al., 2010). Были использованы результаты расчетов по 2 сценариям RCP4.5 и RCP8.5. Глобальное потепление по модельным расчетам к концу XXI в., составит 1.9 К для сценария RCP4.5 и 3.4К для сценария RCP8.5 (Математическое..., 2016; Volodin, 2014; Volodin, et al., 2010). Для расчета универсального индекса теплового комфорта (UTCI) использовались суточные значения температуры и влажности воздуха, скорости ветра и общей облачности за период 2046–2055 гг. с пространственным разрешением 2° × 1.5° по долготе и широте. Среднеквадратичная ошибка (норма ошибки) среднегодовой температуры в модели INMCM4

Оценка биоклимата с использованием универсального индекса теплового комфорта (UTCI)

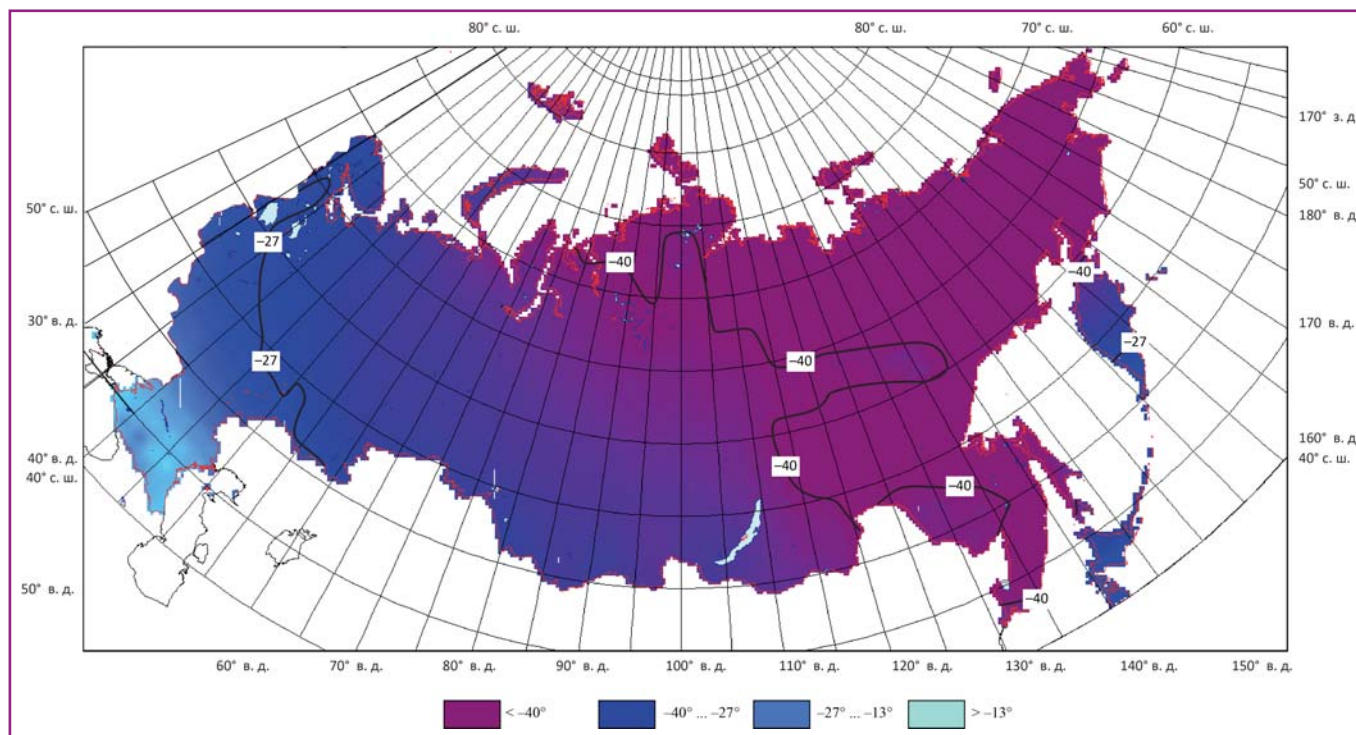


Рис. 3.5. Универсальный индекс теплового комфорта (UTCI) по модели INMCM4 для зимнего сезона (декабрь–февраль) сценарий RCP4.5.

составляет 1.84 К, при этом модель занижает среднегодовую температуру воздуха на 1–2 °С в Сибири и на Дальнем Востоке и завышает скорость зонального ветра на 1–2 м/с. На Арктическом побережье среднегодовая температура завышается на 2–4 °С по сравнению с данными реанализа (Математическое..., 2016).

Биоклиматические условия на территории России в середине XXI века по модели INMCM4 в различные сезоны оценивались при помощи универсального индекса теплового комфорта (UTCI). Карты, построенные для зимнего сезона (декабрь–февраль) показывают, что, как и для современных условий, на всей территории России в этот период будет наблюдаться холодный стресс различных градаций от экстремального до сильного (рис. 3.5). Для обоих сценариев на значительной части территории по-прежнему будет преобладать экстремальный холодный стресс. Но в отличие от современного климата эта зона будет располагаться почти меридионально, восточнее 110° в.д., за исключением юга Дальнего Востока и Камчатки. По-видимому, это связано с некоторым завышением зонального ветра и занижением температуры моделью в этом районе. Очень сильный холодный стресс возможен на большей части территории страны от северо-восточной половины европейской территории до юга Дальнего Востока и Камчатки. И

только в юго-западной половине европейской территории и на юге Камчатки зимние условия могут характеризоваться как сильный холодный стресс (рис. 3.5). Несколько худшие, по сравнению с современными, условия с точки зрения теплоощущения человека для модельного климата в середине XXI в. (2046–2055 гг.) скорее всего объясняются занижением температуры и завышением скорости ветра и общей облачности моделью в восточных регионах страны.

Летом (июнь–август) середине XXI в. для обоих сценариев универсальный индекс теплового комфорта (UTCI) как и для современного климата представлен тремя градациями теплоощущения: от умеренного холодного стресса на Арктических островах и на побережье Северного Ледовитого океана до градации нет теплового стресса (рис. 3.6). Но в отличие от современного климата, зона комфорта (от +18 до +26 °С) не будет наблюдаться даже на юге, возможно, из-за занижения температуры моделью на юге территории (рис. 3.6). С другой стороны, в том числе, из-за завышения температуры в Арктике, зона умеренного холодного стресса сокращается на побережье Северного Ледовитого океана. На большей части территории России будут наблюдаться условия слабого холодного стресса. Южнее 53° с.ш. на европейской территории, на Дальнем Востоке и в Алтайском крае возможны условия отсутствия теплового стресса, при-

Глава 3. Биоклимат и рекреационные ресурсы территорий с особыми климатическими условиями

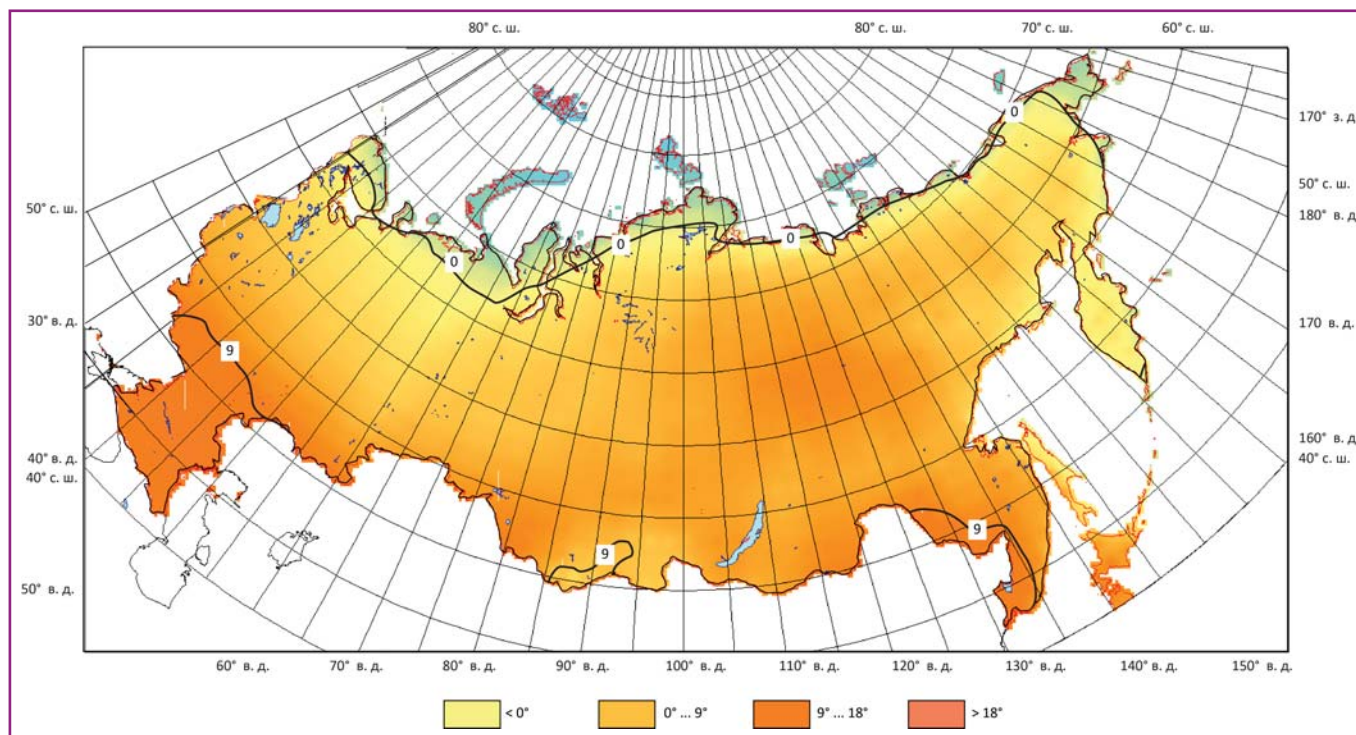


Рис. 3.6. Универсальный индекс теплового комфорта (UTCI) по модели INMCM4 для летнего сезона (июнь–август) сценарий RCP4.5.

чем для сценария RCP8.5 эти зоны занимают большие территории (рис. 3.6).

На рисунке 3.7 показана продолжительность различных градаций индекса теплового комфорта (UTCI) для широтных и долготных секторов на территории России при потеплении климата в середине XXI века (2046–2055 гг.). Оба сценария показывают похожие значения продолжительности градаций индекса теплового комфорта, различия не превышают 10 дней, при этом сценарий RCP8.5 показывает лучшие условия.

По модельным данным продолжительность условий экстремального холодового стресса в широтной зоне 70–80° с.ш. уменьшится по сравнению с современными условиями и составит от 1.7 месяца в Западной Сибири (60–90° в.д.) до 4 месяцев по сценарию RCP4.5 и 3.5 месяцев по сценарию RCP8.5 на Чукотке. На европейской территории условия экстремального холодового стресса наблюдаться не будут, а на остальной территории продолжительность таких условий будет нарастать с запада на восток. В широтной зоне 60–70° с.ш. такие условия продлятся от 0.3 месяца в западной Сибири (по сценарию RCP4.5) до 2.5 месяцев на Дальнем Востоке (120–150° в.д.) и Чукотке (150° в.д.–170° з.д.). В широтной зоне 50–60° с.ш. условия экстремального холодового стресса могут наблюдаться от 0.4 месяца в Восточной Сибири до 1.5–1.8 месяца на Дальнем Востоке (для двух сценариев) в

широтной зоне 50–60° с.ш. (рис. 3.7), а в широтной зоне 40–50° с.ш. примерно полмесяца на Дальнем Востоке (120–150° в.д.).

В условиях модельного климата очень сильный холодовой стресс будет наблюдаться на широтах 70–80° с.ш. от 5 месяцев на европейской территории до 2.7 месяцев на Дальнем Востоке и Чукотке. На широтах 60–70° с.ш. – от 3.5 месяцев на европейской территории, увеличиваясь до 4.7 месяцев в Западной Сибири и уменьшаясь до 2.5–3 месяцев на Дальнем Востоке и на Чукотке. Южнее (50–60° с.ш.) такие условия могут длиться от 1.5 и 1.7 месяца на европейской территории и Чукотке до 4 месяцев и более в азиатской части страны, а для широт 40–50° с.ш. от 2 недель до 3 месяцев восточнее 60° в.д. (рис. 3.7).

Сильный холодовой стресс в условиях модельного климата может наблюдаться на всей территории России. В широтной зоне 70–80° с.ш. его продолжительность составит от полугода на европейской территории до 3–4 месяцев в Сибири, вновь увеличиваясь на Чукотке до 5 месяцев (рис. 5.9). В зоне 60–70° с.ш. сильный холодовой стресс будет наблюдаться более 3 месяцев на европейской территории и около 2 месяцев за Уралом. В более южных районах продолжительность таких условий может составить более 3 месяцев на европейской территории, 2–2.5 месяцев в

Оценка биоклимата с использованием универсального индекса теплового комфорта (UTCI)

Сибири, увеличиваясь до 6 месяцев на Камчатке и Курилах.

По модельным данным в широтной зоне 70–80° с.ш. умеренный холодовой стресс будет наблюдаться не более 1.5 месяцев. В широтных зонах 60–70° и 50–60° с.ш. умеренный холодовой стресс может отмечаться для обоих сценариев более 2 месяцев. На Камчатке его продолжительность возрастает до 4 месяцев. На юге страны такие условия будут наблюдаться более 3 месяцев на европейской территории и более 2 месяцев на юге Сибири и Дальнего Востока, увеличиваясь на Курильских островах до 4.5 месяцев (рис. 3.7).

При модельном изменении климата условия слабого холодowego стресса для территорий, расположенных севернее 60° с.ш. будут наблюдаться от 2 до 3.7 месяцев. На широтах 70–80° с.ш. такие условия могут длиться не более 1 месяца в долготном секторе 60–150° в.д. В более южных широтах слабый холодовой стресс может наблюдаться 1.5–2.5 месяца (рис. 3.7).

Отсутствие термического стресса, как для современного, так и для модельного климата будут наблюдаться южнее 70° с.ш. В зоне 50–70° с.ш. такие условия будут наблюдаться даже для самого «теплого»

сценария не более 1.5 месяцев. Длительность таких условий будет максимальной на европейской территории и в Сибири. Южнее отсутствие термического стресса будет длиться от 2.5 месяцев на европейской территории до 1.7 месяца на Дальнем Востоке (рис. 3.7). На Курильских островах такие условия в условиях модельного климата наблюдаться не будут. В этот период для широт 40–50° с.ш. комфортные условия будут наблюдаться только на европейской территории и Западной Сибири не более 1 месяца (рис. 3.7).

Выводы

1. В середине XXI в. по модели INMCM4 для зимнего сезона на всей территории России будет наблюдаться холодовой стресс различных градаций от экстремального до сильного. В отличие от современного климата зоны холодowego стресса будет располагаться почти меридионально. Очень сильный холодовой стресс возможен на большей части территории страны от северо-восточной половины европейской территории до юга Дальнего Востока и Камчатки. В юго-западной половине европейской территории и на юге Камчатки зимние условия могут характеризоваться как сильный холодовой стресс.

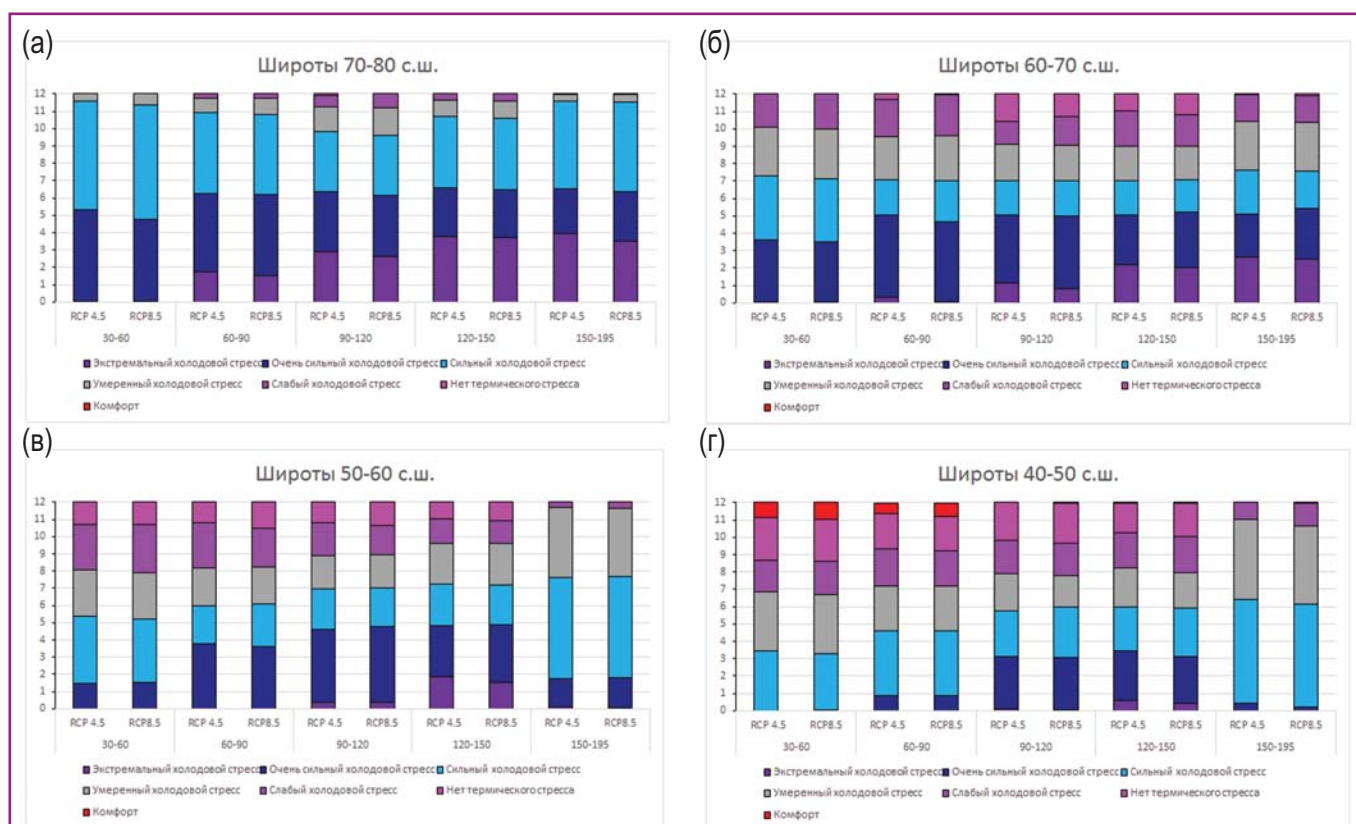


Рис. 3.7. Длительность различных градаций теплового воздействия по универсальному индексу теплового комфорта (UTCI) (в месяцах) для модели INMCM4 для широтных зон: 70–80° с.ш. (а); 70–60° с.ш. (б); 60–50° с.ш. (в); 50–40° с.ш. (г).

Глава 3. Биоклимат и рекреационные ресурсы территорий с особыми климатическими условиями —

2. Несколько худшие, по сравнению с современными, условия с точки зрения теплоощущения человека для модельного климата в середине XXI в. (2046–2055 гг.) скорее всего объясняются занижением температуры и завышением зональной скорости ветра и общей облачности моделью в восточных регионах страны.

3. Летом середине XXI в. для обоих сценариев универсальный индекс теплового комфорта (UTCI) как и для современного климата представлен тремя градациями теплоощущения: от умеренного холодного стресса на Арктических островах и на побережье Северного Ледовитого океана до градации нет теплового стресса на юге страны. Но в отличие от современного климата, зона комфорта не будет наблюдаться даже на юге, возможно, из-за занижения температуры моделью. При этом, зона умеренного холодного стресса будет сокращаться на побережье Северного Ледовитого океана. На большей части территории России будут наблюдаться условия слабого холодного стресса. Южнее 53° с.ш. на европейской территории, на Дальнем Востоке и в Алтайском крае возможны условия отсутствия теплового стресса, причем для сценария RCP8.5 эти зоны занимают большие территории.

4. В целом, модельные прогнозы (для обоих сценариев) показывают в середине XXI в. (2046–2055 гг.) ухудшение условий на востоке страны (особенно зимой) и улучшение условий в Арктике, что, по-видимому, связано с особенностями воспроизведения климата моделью.

3.2. Рекреационные возможности территорий с особыми климатическими условиями. Индексы пригодности погоды для различных видов рекреации

Оценка рекреационных возможностей территорий с особыми климатическими условиями проводилась с помощью биоклиматических индексов: индекса пригодности погоды (WSI) для различных видов отдыха и туризма и универсального индекса теплового комфорта (UTCI). Для каждого вида территории с особыми климатическими условиями были выбраны районы (метеостанции), для которых оценивались возможности рекреации в условиях современного климата.

3.2.1. Арктическая зона

Как было показано в предыдущих главах, в Арктической зоне произошли наиболее существен-

ные изменения климата. Районы Арктической зоны Российской Федерации, где наблюдалось наибольшее ослабление климатического дискомфорта – это муниципальные образования, выходящие к Баренцеву морю и западной части Карского моря с населением около 1.4 млн человек, а также к Тихому океану (южная часть Чукотского автономного округа). Поэтому в Арктической зоне для исследования рекреационных возможностей территории были выбраны Мурманская область и Чукотский автономный округ.

3.2.1.1. Мурманская область

Территория Мурманской области полностью относится к Арктической зоне на карте «Местности с особыми климатическими условиями» (рис. 2.3). На интегральной карте «Районирование территории Российской Федерации по природным условиям жизни населения» уровень дискомфорта на территории Мурманской области меняется от 4.3 до 4.9 баллов (Виноградова, 2015). Здесь можно выделить три зоны: очень неблагоприятную, неблагоприятную и условно неблагоприятную. Очень неблагоприятная и неблагоприятная зоны занимают большую часть Мурманской области, а территории с условно неблагоприятными условиями расположены на крайнем юго-западе области, на границе с Карелией и на побережье Кандалакшского залива (Виноградова, 2015). Горные территории Мурманской области (Хибинские горы и горы Ловозерской тундры) относятся к очень неблагоприятной и абсолютно неблагоприятной зонам (Виноградова, 2015). В начале XXI в. при современном потеплении климата на территории Мурманской области (за исключением гор) условия становятся неблагоприятными и условно неблагоприятными.

Индекс пригодности погоды (WSI) оценивают комфортность погодных условий для различных видов отдыха и туризма (Blazejczyk, 2003; 2005). Наиболее распространенными формами отдыха являются: солнечные ванны (SB); воздушные ванны (AB), мягкая рекреационная деятельность (ходьба, игры) (MR), интенсивные виды летнего туризма (футбол, езда на велосипеде, скалолазание, бег трусцой) (AR), зимний лыжный туризм (ST).

Индекс WSI определяется при помощи биотермической классификацией погоды, которая предоставляет два вида информации: теплофизическое состояние человеческого тела, вызванное ежедневной погодой и метеорологическая ситуация, которая может

Рекреационные возможности территорий с особыми климатическими условиями

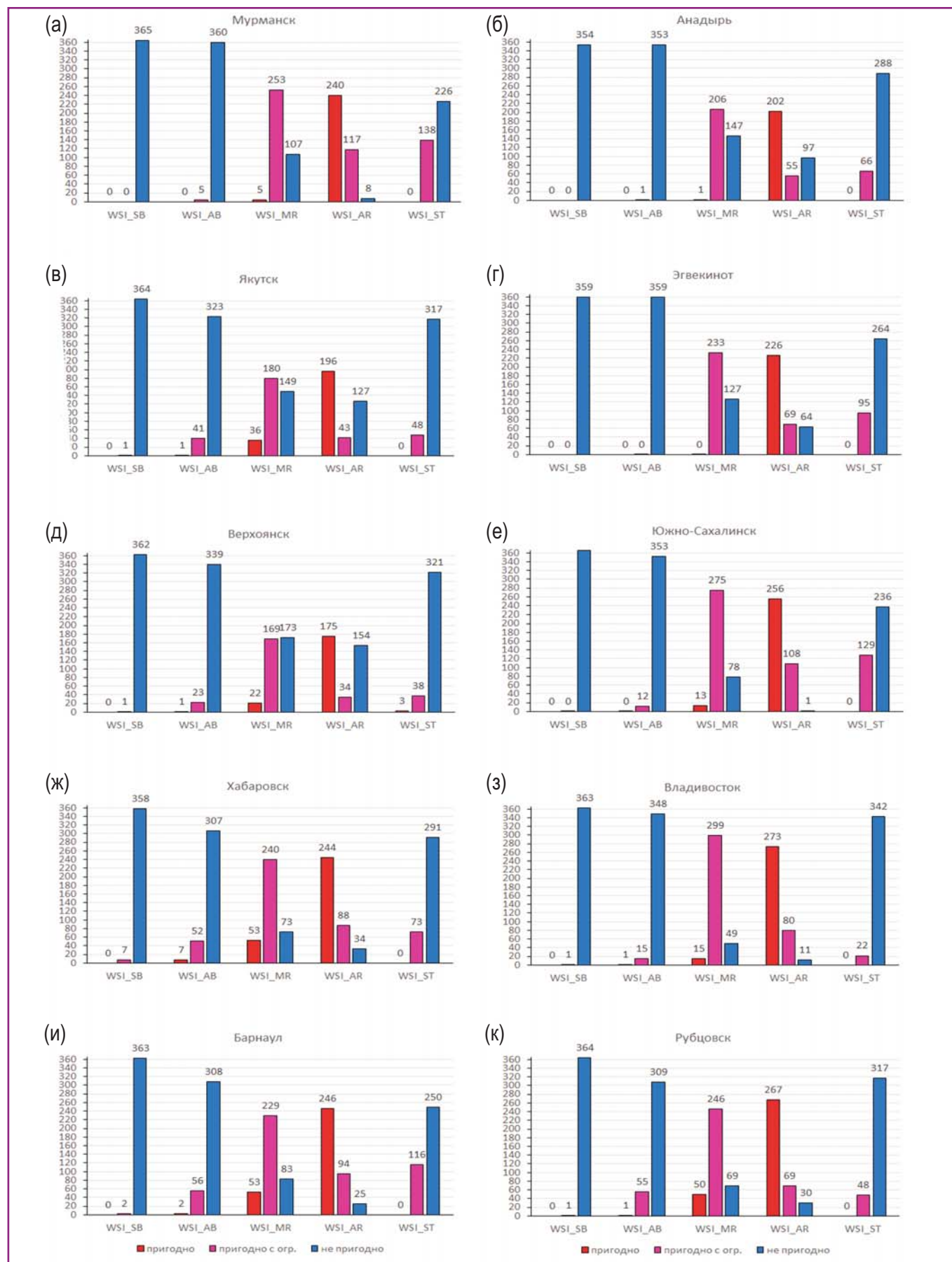


Рис. 3.8. Изменения индексов пригодности погоды для различных видов рекреации за период 2001–2015 гг. на метеостанциях: Мурманск (а); Анадырь (б); Эгвекино (в); Якутск (г); Верхоянск (д); Южно-Сахалинск (е); Хабаровск (ж); Владивосток (з); Барнаул (и); Рубцовск (к).

Глава 3. Биоклимат и рекреационные ресурсы территорий с особыми климатическими условиями

повлиять на отдых на свежем воздухе. Каждая погодная ситуация оценивается с помощью индекса пригодности погоды (WSI) следующим образом: 0 – неблагоприятная, 1 – благоприятная с ограничениями, 3 – благоприятная без ограничений.

Поскольку Кольский полуостров и Мурманская область являются привлекательными регионами с точки зрения туризма и рекреации, как зимнего (горные лыжи, лыжные походы), так и летнего (прогулки, водные и пешие походы, рыбная ловля и т.д.), оценивалась продолжительность периодов пригодных для этих видов деятельности (рис. 3.8а).

Территория Мурманской области во все сезоны непригодна для солнечных и воздушных ванн, но довольно хорошо подходит для более активных форм отдыха и рекреации. Практически полгода Мурманская область пригодна с ограничениями для зимнего лыжного туризма. Число таких дней растет, отмечается положительный тренд числа таких дней за 2000–2015 гг. Для активных видов рекреации область пригодна в течение всего года. В начале XXI в. число дней пригодных для активной рекреации без ограничений возрастает что, возможно, связано с дальнейшим ростом температуры (рис. 3.8а). Для мягкой рекреационной деятельности территория Мурманской области пригодна с ограничениями от 7 до 9 месяцев в году. Линейный тренд числа дней пригодных для мягкой рекреации положителен в начале XXI.

По универсальному индексу теплового комфорта (UTCI), подробно рассмотренному в предыдущем разделе этой главы, на территории Мурманской области около половины года преобладают условия холодного стресса суровых градаций от экстремального (не больше месяца) до сильного (около 3-х месяцев). Холодовой стресс менее суровых градаций (умеренный и легкий) длится около 3 и 2 месяцев, соответственно. Условия отсутствия термического стресса продолжаются не более месяца, чаще всего около 20 дней, а комфортные условия наблюдаются не каждый год в течение 1–2 дней. Для летних месяцев характерны условия умеренного и легкого холодного стресса, а для зимы – сильного и очень сильного холодного стресса (рис. 3.9а). За период 2000–2015 гг. число дней с наиболее суровыми градациями холодного стресса (экстремального и очень сильного) сокращаются, а остальных градаций растет.

Таким образом, оценка биоклиматических условий показывает, что в период потепления климата на территории Мурманской области наблюдается ослабле-

ние суровости условий, особенно в зимнее время, что в свою очередь создает предпосылки для развития активных видов рекреации и туризма.

3.2.1.1. Чукотский автономный округ

Территория Чукотского автономного округа так же относится к Арктической зоне на карте «Местности с особыми климатическими условиями», но к ее восточной части. На карте «Районирование территории Российской Федерации по природным условиям жизни населения» территория Чукотского автономного округа для среднемноголетних условий относилась в основном к абсолютно неблагоприятной, а крайний юго-восток – к очень неблагоприятной зоне. В начале XXI в. при потеплении климата наблюдалось ослабление уровня дискомфорта на территории Чукотского автономного округа. На побережье Северного Ледовитого океана сохранились абсолютно неблагоприятные условия. На остальной территории, кроме самого юго-востока условия становятся очень неблагоприятными, а на юго-востоке – неблагоприятными.

Чукотский полуостров потенциально может быть привлекательным с точки зрения экстремального туризма и активных видов рекреации. Поэтому оценка продолжительности периодов, пригодных для различных видов рекреации по индексу WSI, представляется интересной.

Очевидно, что во все сезоны Чукотский автономный округ непригоден для солнечных и воздушных ванн, но в отдельные месяцы подходит для более активных форм отдыха и рекреации. Примерно 2–3 месяца в году для станций, расположенных на побережье Берингова моря (Анадырь и Эгвекинот) погодные условия пригодны с ограничениями для зимнего лыжного туризма. Для активных видов рекреации побережье Чукотского залива пригодно большую часть года, за исключением самых холодных зимних месяцев. В начале XXI в. число дней пригодных для активной рекреации без ограничений немного возрастает. Для мягкой рекреационной деятельности эта территория пригодна с ограничениями 6–7 месяцев в году (рис. 3.8б, г).

По универсальному индексу теплового комфорта (UTCI), на Чукотке более двух третей года преобладают условия холодного стресса суровых градаций от экстремального (3–4 месяца) до сильного (около 2–3 месяца). Холодовой стресс менее суровых градаций (умеренный и легкий) длится 2–3 месяца и около 1 месяца, соответственно. Условия отсутствия термического стресса – это самые комфортные условия

Рекреационные возможности территорий с особыми климатическими условиями

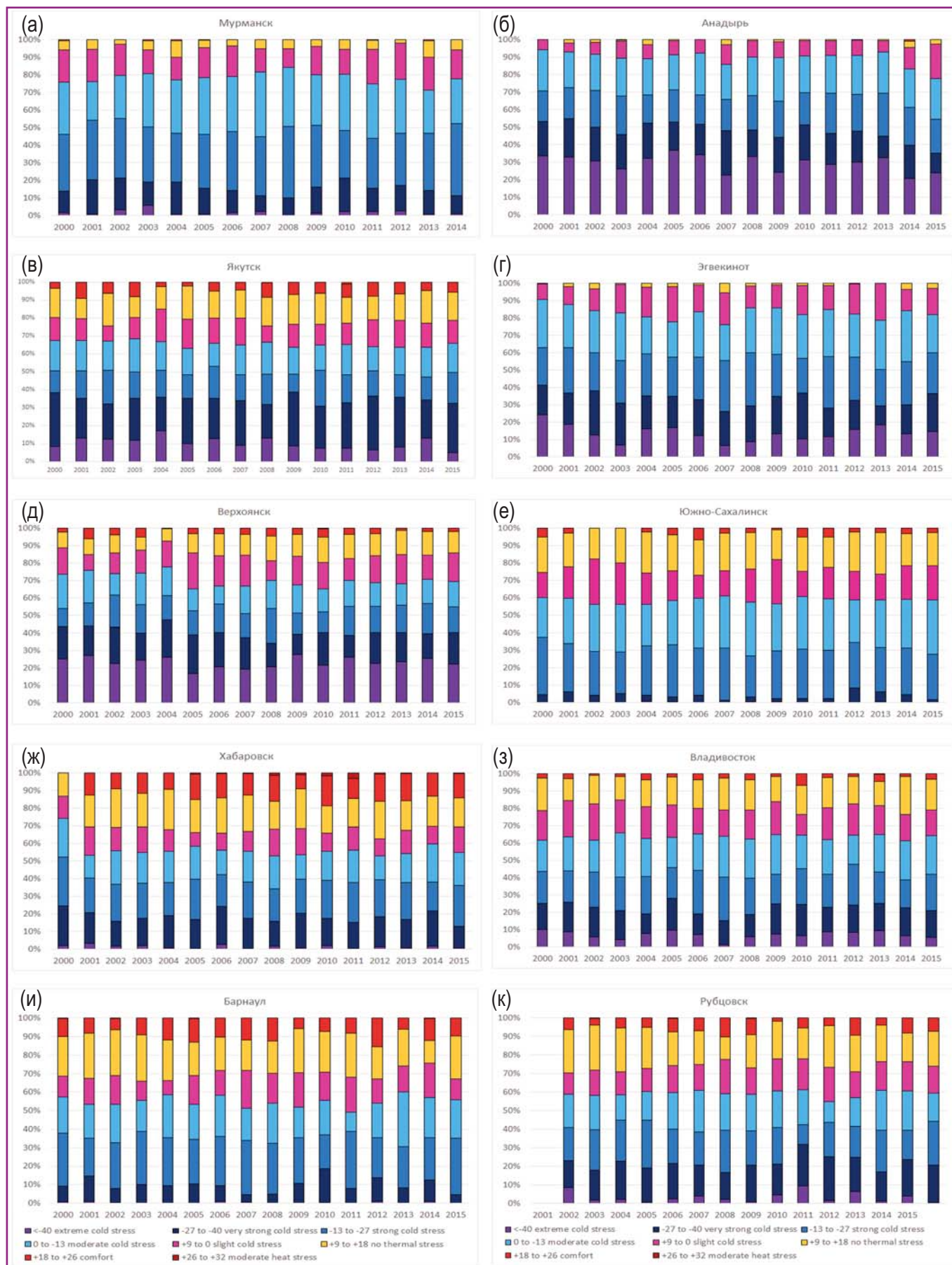


Рис. 3.9. Длительность градаций теплового воздействия по универсальному индексу теплового комфорта (UTCI) за период 2001–2015 гг. на метеостанциях: Мурманск (а); Анадырь (б); Эгвекино (в); Якутск (г); Верхоянск (д); Южно-Сахалинск (е); Хабаровск (ж); Владивосток (з); Барнаул (и); Рубцовск (к).

Глава 3. Биоклимат и рекреационные ресурсы территорий с особыми климатическими условиями

для этого региона, но они продолжают всего несколько дней в году, а комфортные условия наблюдаются не каждый год в течение 1–2 дней. Для летних месяцев характерны условия умеренного и легкого холодного стресса, а для зимы – экстремального и очень сильного холодного стресса (рис. 3.9б, г). За период 2000–2015 гг. продолжительность наиболее суровых градаций холодного стресса (экстремального, очень сильного и сильного) сокращается, а остальных градаций растёт.

Как и на западе Арктической зоны, биоклиматические условия на побережье Чукотского залива становятся немного менее суровыми, что может улучшить условия для активных видов рекреации и туристического освоения этой территории.

3.2.2. Районы Крайнего Севера

3.2.2.1. Республика Саха (Якутия)

На территории республики Саха (Якутия) рассматривались две точки: одна Якутск и другая – полюс холода северного полушария Верхоянск. Большая часть территории Якутии относится к Районам Крайнего Севера и только северные районы (Анабарский, Булунский, Усть-Янский, Аллаиховский и Нижнеколымский) к Арктической зоне. На карте «Районирование территории Российской Федерации по природным условиям жизни населения» для среднепогодных условий в Якутии выделялись абсолютно неблагоприятная, очень неблагоприятная и неблагоприятная зоны, которые располагались почти зонально с севера на юг. При этом Якутск располагался в неблагоприятной зоне, а Верхоянск в абсолютно неблагоприятной зоне. При современном потеплении климата произошло ослабление дискомфорта на территории республики Саха (Якутия). Особенно заметно сократилась абсолютно неблагоприятная зона и на юге республики условия стали условно неблагоприятными, таким образом, в районе Якутска условия стали условно неблагоприятными, а в районе Верхоянска – очень неблагоприятными (рис. 2.1).

Территория Якутии может использоваться местным населением и приезжими для различных видов туризма, и особенно экстремального. Поэтому для данного региона оценивалась продолжительность периодов пригодных для рекреационной деятельности (рис. 3.8в, д). Территория республики Саха (Якутия) в основном подходит активных видов отдыха и рекреации. Из-за низких зимних температур и неглубокого снежного покрова, немногим более месяца она пригодна с ограничениями для зимнего лыжного

туризма. Число таких дней практически не меняется в районе Якутска и немного уменьшается в районе Верхоянска. Для активных видов рекреации республика пригодна более полугодом без ограничений и около месяца – с ограничениями. Для мягкой рекреационной деятельности Якутия пригодна с ограничениями около 6 месяцев в году и без ограничений – 1.5 месяца в районе Якутска и от 10 до 30 дней – в районе Верхоянска. За период 2000–2015 гг. число таких дней практически не меняется.

По индексу универсального теплового комфорта (UTCI) здесь около половины года преобладают условия холодного стресса самых суровых градаций от экстремального (около 3 месяцев в Верхоянске и 1–1.5 месяцев в Якутске) и очень сильного (2–2.5 месяца в Верхоянске и 3–3.5 месяца в Якутске) до сильного (около 2 месяцев). Умеренный и легкий холодный стресс длится около 2 месяцев. Условия отсутствия термического стресса продолжают около 1.5 месяцев в Верхоянске и около 2 месяцев в Якутске, а комфортные условия наблюдаются не каждый год в течение 10–20 дней. Для летних месяцев характерны условия легкого холодного стресса и комфорта, а для зимы – сильного и очень сильного холодного стресса (рис. 3.9в, д). За период 2000–2015 гг. в районе Верхоянска сокращается число дней экстремального, очень сильного, умеренного холодного стресса и комфорта, а в районе Якутска – экстремального, сильного и умеренного холодного стресса. В Верхоянске растёт число дней со слабым холодным стрессом и отсутствием термического стресса, а в Якутске – с отсутствием термического стресса и комфортом.

Биоклиматические условия для метеостанций, относящихся к районам Крайнего Севера за период 2000–2015 гг. изменяются не очень сильно. Основное потепление и ослабление дискомфорта для этой территории наблюдалось в конце XX в. При этом надо отметить небольшое сокращение числа дней с холодным стрессом наиболее суровых градаций, что улучшает условия для активных видов рекреации.

3.2.3. Местности, приравненные к районам Крайнего Севера

3.2.3.1. Сахалин

Биоклиматические условия местностей, приравненных к районам Крайнего Севера были рассмотрены на примере юга Сахалинской области (м/с Южно-Сахалинск). На карте «Районирование территории Российской Федерации по природным условиям

Рекреационные возможности территорий с особыми климатическими условиями

жизни населения» эта область как для среднесезонных условий, так и теперь относится к условно неблагоприятной зоне.

Остров Сахалин в зимнее время из-за большого количества снега может быть привлекательным для занятий горными и беговыми лыжами и сноубордом, а в летнее время для туризма и активных видов рекреации. Во все сезоны Сахалинская область непригодна для солнечных и воздушных ванн, но подходит для более активных форм рекреации. Более 3 месяцев условия пригодны с ограничениями для зимнего лыжного туризма. Для мягкой и активной рекреации юг Сахалина пригоден большую часть года. Для мягкой рекреации условия благоприятны с ограничениями более 8 месяцев, без ограничений – несколько дней. Для активной рекреации без ограничений Сахалин благоприятен в течение 7–8 месяцев, а остальную часть года с ограничениями (рис. 3.8е).

По универсальному индексу теплового комфорта (UTCI), на юге Сахалина преобладает сильный и умеренный холододовый стресс. Очень сильный холододовый стресс наблюдается только 10–20 дней. Легкий холододовый стресс и отсутствию термического стресса продолжаются 2–3 месяца каждый, а комфортные условия наблюдаются не каждый год в течение 10–20 дней (рис. 3.9е). За период 2000–2015 гг. продолжительность сильного и слабого холододового стресса сокращается, а умеренного холододового стресса и комфортных градаций – растет.

Для юга Сахалина – местности, приравненной к Крайнему Северу, условия становятся более благоприятными, что способствует развитию активных видов рекреации и лыжных видов спорта.

3.2.4. Южные районы Восточной Сибири и Дальнего Востока

3.2.4.1. Хабаровский и Приморский края

Для южных районов Восточной Сибири и Дальнего Востока биоклиматические условия были рассмотрены на примере юга Хабаровского края (м/с Хабаровск) и юга Приморского края (м/с Владивосток). На карте «Районирование территории Российской Федерации по природным условиям жизни населения» юг Хабаровского края и большая часть Приморского края, включая юг и юго-восток относятся к условно благоприятной зоне, остальная часть территории – к условно неблагоприятной зоне. На севере Хабаровского края (не относящимся к южным районам Восточной Сибири и Дальнего Востока) условия неблагоприятные и очень неблагоприятные). В нача-

ле XXI в. расширяются условно благоприятные территории на юге Приморского края.

Юг Хабаровского края во все сезоны, за исключением 1 и 2.5 месяцев, соответственно, подходит для активных и мягких форм рекреации. Более 2.5 месяцев условия пригодны с ограничениями для зимнего лыжного туризма. И в течение 1.5 месяцев – пригоден с ограничениями для воздушных ванн (рис. 3.8ж). В нынешнем столетии растет число дней, пригодных или пригодных с ограничениями для перечисленных видов рекреации. Все тренды для периода 2000–2015 гг. положительны.

Юг Приморского края больше всего подходит для мягких и активных форм рекреации. Для мягкой рекреации в основном с ограничениями (большая часть года), полмесяца – без ограничений и около 1.5 месяца не подходит. Для активной рекреации территория пригодна без ограничений большую часть года, около 2.5 месяцев – с ограничениями и несколько дней в году не подходит. Для лыжных видов спорта – только порядка 20 дней (рис. 3.8з). Число дней, пригодных для различных видов рекреации, практически не меняется в современную эпоху. Можно только отметить небольшой рост числа дней пригодных без ограничений для активных видов рекреации и небольшое сокращение числа дней, подходящих с ограничениями для лыжного туризма.

По универсальному индексу теплового комфорта (UTCI), на юге Хабаровского края примерно полгода преобладает очень сильный, сильный и умеренный холододовый стресс (от 1 до 2.5 месяцев). Экстремальный холододовый стресс наблюдается около 10 дней. Легкий холододовый стресс и отсутствию термического стресса продолжаются 1–2.5 месяца каждый, а комфортные условия наблюдаются приблизительно в течение 1–2 месяцев (рис. 3.9ж). В некоторые годы отмечается до 10 дней с умеренным тепловым стрессом. В 2000–2015 гг. немного сокращается продолжительность экстремального холододового стресса, а продолжительность остальных градаций в основном растет, особенно комфорта, умеренного и сильного холододового стресса.

В Приморском крае условия экстремального холододового стресса отмечаются чаще – около 1 месяца, а очень сильного, сильного, умеренного и слабого холододового стресса – 2–3 месяца. Условия отсутствию термического стресса продолжаются 2–2.5 месяца каждый, а комфортные условия только 10–20 дней (рис. 3.9з). За рассматриваемый период можно отметить сокращение продолжительности слабого

Глава 3. Биоклимат и рекреационные ресурсы территорий с особыми климатическими условиями

холодового стресса и рост продолжительности комфортных градаций.

Для юга Хабаровского и Приморского краев – южных районов Восточной Сибири и Дальнего Востока, биоклиматические условия становятся более благоприятными на юге Хабаровского края и мало меняются в Приморском крае. На юге Хабаровского края появляется период продолжительностью 1.5 месяцев, пригодный с ограничениями для воздушных ванн. Еще можно отметить, что в Приморском крае, который расположен южнее, условия оказываются менее благоприятными для рекреации из-за большей влажности и скорости ветра.

3.2.5. Субъекты РФ, где применяются только районные коэффициенты

3.2.5.1. Алтайский край

Биоклиматические условия местностей, где применяются только районные коэффициенты были рассмотрены на примере Алтайского края (м/с Барнаул, Бийск, Рубцовск). На карте «Районирование территории Российской Федерации по природным условиям жизни населения» Алтайский край относится к условно благоприятной зоне.

Алтайский край (равнинные территории) в основном привлекателен для активных видов рекреации, а в зимнее время для зимнего лыжного туризма. Во все сезоны Алтайский край непригоден для солнечных ванн, но около 2 месяцев подходит для воздушных ванн. От 4 месяцев в Барнауле до 1.5 месяцев в Рубцовске условия пригодны с ограничениями для зимнего лыжного туризма. Для мягкой и активной рекреации Алтайский край пригоден большую часть года. Для мягкой рекреации условия благоприятны с ограничениями около 8 месяцев, а без ограничений – около 1.5 месцев. Для активной рекреации без ограничений Алтай благоприятен в течение 8 месяцев и 2–3 месяца с ограничениями (рис. 3.8и, к). Для Алтайского края можно отметить небольшое уменьшение числа дней благоприятных для мягкой рекреации и лыжного туризма, возможно из-за похолодания зимних сезонов (Оценочный доклад..., 2014).

По универсальному индексу теплового комфорта (UTCИ), в Алтайском крае очень сильный, сильный и умеренный холодовой стресс преобладает более полугода. Экстремальный холодовой стресс отмечается от нескольких дней в Барнауле и Бийске до 10–30 дней – в Рубцовске. Легкий холодовой стресс и отсутствию термического стресса продолжают 2–3 месяца каждый, а комфортные условия наблюдаются

не каждый год в течение 1–1.5 месяцев (рис. 3.9и, к). За период 2000–2015 гг. продолжительность слабого холодowego стресса и условий отсутствия термического стресса (в Барнауле) сокращается, а остальных градаций – растет.

На территории Алтайского края, территории, где применяются только районные коэффициенты, биоклиматические условия становятся немного менее благоприятными для активных видов рекреации и лыжных видов спорта из-за похолодания зимних сезонов.

3.2.6. Средняя полоса России

3.2.6.1. Валдай

Средняя полоса как при «Районировании территории Российской Федерации по природным условиям жизни населения», так и на карте «Местности с особыми климатическими условиями» относится к комфортной зоне и является как бы «эталоном», по сравнению с которым оценивается степень неблагоприятности других регионов.

В качестве примера региона центральной полосы выбран Валдайский район Новгородской области. Поскольку Валдайская возвышенность давно представляет собой привлекательный регион с точки зрения туризма и рекреации, как зимнего (лыжи, рыбалка), так и летнего (прогулки, водные и пешие походы, рыбная ловля и т.д.). Для Валдая (м/с Валдай) оценивалась продолжительность периодов, пригодных для рекреационной деятельности по индексу пригодности погоды для различных видов отдыха и туризма.

Валдайский регион во все сезоны года неблагоприятен для солнечных и воздушных ванн, но хорошо подходит для более активных форм отдыха и рекреации. Около трех месяцев в году Валдай пригоден, но с ограничениями для зимнего лыжного туризма. В современный период наблюдается небольшое увеличение числа дней, пригодных с ограничениями для этого вида туризма. Валдайский регион благоприятен для активных видов рекреации практически в течение всего года. В начале XXI в. число дней, пригодных для активной рекреации с ограничениями и без ограничений, значительно возрастает. Для мягкой рекреационной деятельности Валдайская возвышенность пригодна с ограничениями от 7 до 8 месяцев в год, а без ограничений – около 1 месяца в год. Причем количество таких дней возрастает от начала к концу периода. Оставшаяся часть года непригодна для этого вида рекреации.

Рекреационные возможности территорий с особыми климатическими условиями

По индексу универсальному индексу теплового комфорта (UTCI) на Валдае большую часть года отмечаются довольно мягкие условия от умеренного холодового стресса до комфорта. Каждая из этих градаций длится 2–3 месяца. Сильный холодовой стресс наблюдается порядка 2 месяцев, а более суровые градации – всего несколько дней. Наблюдается рост числа дней со слабым холодовым стрессом, нейтральных и комфортных и значительное сокращение количества дней с сильным холодовым стрессом.

В целом, биоклимат Валдая довольно мягкий, как зимой, так и летом, без сильного воздействия как жары, так и холода. При этом он становится более благоприятными для активных видов рекреации и лыжных видов спорта.

Выводы

1. Оценка рекреационных возможностей территорий с особыми климатическими условиями показывает, что практически во всех регионах есть предпосылки для развития активных видов рекреации и туризма, а именно интенсивных видов летнего туризма (футбол, езда на велосипеде, скалолазание, бег трусцой), мягкой рекреации (ходьба, игры) и для некоторых

регионов, зимнего лыжного туризма. При этом биоклиматические условия становятся менее суровыми, что улучшает условия для активных видов рекреации. В начале XXI в. на юге Хабаровского края появляется период продолжительностью 1.5 месяца, пригодный с ограничениями для воздушных ванн.

2. Для развития зимнего лыжного туризма из рассмотренных регионов больше всего подходят Мурманская область (запад Арктической зоны), юг Сахалина (местности, приравненной к Крайнему Северу) и Валдай (не относится к районам с особыми климатическими условиями).

3. На фоне общего уменьшения суровости климата существуют районы, где за период 2000–2015 гг. биоклиматические условия изменяются не очень сильно. Для территорий Крайнего Севера это район Якутска и Верхоянска, для южных районов Восточной Сибири и Дальнего Востока – Приморский край. А на территории Алтайского края (территории, где применяются только районные коэффициенты) биоклиматические условия становятся менее благоприятными для активных видов рекреации и лыжных видов спорта из-за похолодания зимних сезонов.

Глава 4. Влияние природно-климатических условий на жизнедеятельность населения

4.1. Климатические условия в ряду факторов жизнедеятельности населения

Тематика, связанная с изменением климата, в настоящее время – одна из наиболее обсуждаемых в мировом политическом, экономическом и социальном дискурсе. Среди ключевых участников процесса реагирования на изменение климата на международном уровне важная роль принадлежит ООН: в 1992 г. в Рио-де-Жанейро была принята Рамочная конвенция ООН об изменении климата (РКИК, UN FCCC), а в дополнение к ней в 1997 г. – Киотский протокол. Основная цель этих документов состоит в выработке комплекса мер по уменьшению концентрации в атмосфере парниковых газов. Большой вклад в изучение проблем изменения климата на глобальном уровне вносит работа созданной в 1988 г. Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК, IPCC). Она анализирует научную информацию об изменении климата, его социально-экономических последствиях и оценивает варианты по их смягчению и адаптации. В России мониторинг и анализ климатических процессов проводится Росгидрометом. Во Втором оценочном докладе Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации (2014) много внимания уделено изучению воздействия изменений климата на хозяйственные объекты и здоровье населения и мерам адаптации к этим воздействиям.

Большинство научных исследований и в России, и в мире также посвящено проблемам влияния на население меняющихся климатических условий; в качестве примера назовем лишь одну из масштабных публикаций (Pigué, Laczko, 2014). При этом в последние десятилетия отошло на второй план изучение базовых связей между климатическими условиями и жизнью населения. Вместе с тем этот вопрос требует продолжения исследований, особенно в пространственном аспекте и в пределах России.

Климатические условия и их изменения влияют на самые разные стороны жизни людей, которые можно объединить понятием жизнедеятельности. Она пони-

мается как совокупность всех форм активности человека (Российская..., 2007). Каждая из трех составляющих жизнедеятельности – физиологический способ существования, бытовая и производственная повседневная деятельность, отдых, зависит от тех условий, в которых протекает. Если рассматривать не отдельного человека, а большие группы людей, например, население какого-либо региона, то характер его жизнедеятельности, определяется комплексом условий данной территории, среди которых важную роль играют природно-климатические.

Вследствие интегрального влияния совокупности условий данной территории на жизнедеятельность населения выявить значение климатических условий – сложная задача. Необходимо учитывать механизм действия каждого фактора, их взаимосвязи, пересечения и наложения. Влияние климата на здоровье населения зависит как от особенностей воздействий, так и от особенностей реципиентов; воздействия вызывают как кратковременные, так и долговременные эффекты с разным временным лагом. Например, увеличение смертности от сердечно-сосудистых заболеваний, в том числе инфарктов и инсультов, может произойти непосредственно во время или сразу после периодов аномальной жары, как это было в ряде местностей жарким летом 2010 г., а повышенное задымление или увеличение содержания пыли в воздухе может сказаться на росте смертности от онкологических заболеваний спустя довольно длительный промежуток времени (см. раздел 1.2.5). На уровень смертности от тех или иных заболеваний в данном месте влияет соотношение в численности населения коренного населения и мигрантов, возрастная и другие структуры населения. Влияние одних и тех же климатических процессов на здоровье населения различно в районах с низкой и высокой его плотностью, в городских агломерациях и местностях с дисперсным сельским расселением. Важное значение для оценки имеет структура населения по доходам, поскольку беднейшие слои более уязвимы перед климатически обусловленными угрозами и имеют меньше возможностей для адаптации к ним.

Социально-экономические факторы жизнедеятельности населения

Влияние климатического фактора на другие аспекты жизнедеятельности человека, например, поведение, еще более опосредованное, чем на здоровье. Так, если рассматривать миграции населения и учитывать, что люди стремятся уехать из мест, где хуже, туда, где лучше, то оказывается, что в качестве лучших условий жизни в одних районах выступают климатические, а в других – социально-экономические. Столь же неоднозначно соотношение влияния климатического и иных факторов на репродуктивное поведение людей. Если же говорить о социальной среде как одной из наиболее общих категорий, связанных с жизнедеятельностью населения, то среди всех факторов ее формирования на определенной территории, климатические условия, даже будучи экстремальными, могут не иметь определяющего значения. Все это усложняет интерпретацию роли климатического фактора.

4.2. Социально-экономические факторы жизнедеятельности населения

В отличие от климатических факторов, которые определяют внешние условия жизнедеятельности населения, социально-экономические факторы – одновременно условия, в которых протекает жизнедеятельность, и характеристики ее составляющих. В качестве социально-экономических факторов выступают демографическая, социальная, экономическая обстановка, описываемая соответствующими показателями. Эти же показатели описывают и саму жизнедеятельность.

Социально-экономические факторы (в самом широком их понимании) в сочетании с экологическими отражаются в ряде интегральных понятий, среди которых в первую очередь надо назвать уровень жизни, условия жизни и качество жизни. Эти три категории тесно взаимосвязаны, дополняют друг друга, частично пересекаются. В качестве их индикаторов используются как официальные показатели статистической отчетности, так и рассчитываемые производные показатели – стандартные и конструируемые в соответствии с задачами анализа. *Уровень жизни* характеризуется заработной платой работающих и размером пенсий, среднедушевыми доходами населения, социальными выплатами, дифференциацией доходов по группам населения (в том числе разрывом между наиболее богатыми и наиболее бедными слоями), долей населения с уровнем доходов ниже прожиточного минимума и др. Для анализа *условий*

жизни используется обширный набор индикаторов, среди которых показатели жилищных условий (площадь, качество, благоустройство жилищного фонда), транспортной доступности, состояния окружающей среды, занятости и условий труда, доступности и условий отдыха и т.д.

Наиболее широкое и многомерное понятие – *качество жизни*; под ним в наиболее общем виде понимается степень удовлетворения материальных, духовных и социальных потребностей человека. Качество жизни включает уровень развития и доступности образования и здравоохранения, доступность учреждений культуры, ряд показателей уровня и условий жизни (например, структуру потребительских расходов, наличие предметов длительного пользования, потребление продуктов питания и т.п.), а также характеристики социальной и пространственной мобильности населения, качества экологической и градостроительной среды обитания, безопасности, социально-политического климата, психологического комфорта и др.

Хотя понятие качества жизни повсеместно используется, не существует ни общепризнанных подходов и методов его определения, ни единого взгляда на его оценку. Например, А.А. Куклин и Е.В. Васильева (2012) предлагают формировать состав показателей качества жизни территорий регионального уровня по следующим восьми индикативным модулям: качество населения; занятость населения; уровень жизни населения; условия жизни населения; приемлемость для проживания окружающей природной среды; безопасность личности; детерминанты внутренней и внешней миграции населения; социальная защита населения.

По мнению А.Н. Зубца (2014), высокое качество жизни человека подразумевает: 1) достаточную продолжительность здоровой жизни, поддержанную хорошим медицинским обслуживанием и безопасностью; 2) приемлемый объем потребления товаров и услуг, гарантированный доступ к материальным благам; 3) удовлетворительные социальные отношения, отсутствие серьезных общественных конфликтов и угроз достигнутому уровню благополучия; 4) благополучие семьи; 5) доступ к знаниям, образованию и культурным ценностям, формирующим личность и представления об окружающем мире; 6) учет мнения индивида при решении общественных проблем; 7) полноправное участие в общественной и культурной жизни; 8) доступ к разнообразной информации; 9) комфортные условия труда.

Глава 4. Влияние природно-климатических условий на жизнедеятельность населения

Качество жизни определяет социальную среду, в которой находится население. Вместе с тем само население – тоже элемент социальной среды, и его демографические параметры и структурные особенности определяют ее свойства. Количественные параметры населения формируют показатели его воспроизводства и миграций, половозрастной структуры, уровня образования и состояния здоровья и др. Одним из параметров качественной оценки населения служит *индекс развития человеческого потенциала*. Он формируется на базе четырех основных характеристик и их статистических показателей: демографической составляющей (общие коэффициенты рождаемости и смертности, коэффициенты естественного прироста/убыли и миграционного прироста/убыли); здоровья (ожидаемая продолжительность жизни при рождении, общая численность инвалидов, контингенты больных с социально значимыми заболеваниями); образования (распределение населения старше 15 лет по уровню образования); материального обеспечения населения (денежные душевые доходы, коэффициент фондов, уровень бедности) (Римашевская и др., 2014).

Социально-экономические факторы, действующие на той или иной территории, участвуют в формировании социального пространства. При географическом подходе оно понимается как пространственная составляющая социума и включает население, социальную среду его жизнедеятельности и расселение с учетом внутренних территориальных взаимосвязей (Бородина, Глезер, 2014). Мы будем называть это пространство социально-географическим. Оно формируется на разных территориальных уровнях – от глобального до локального. В данном исследовании рассматривается социально-географическое пространство всей России в разрезе ее субъектов со специальным вниманием к местностям с особыми климатическими условиями.

4.3. Региональные особенности социально-географического пространства России

Для анализа социально-географического пространства по регионам России – субъектам РФ (в настоящее время их 85) в контексте жизнедеятельности населения отобраны три группы показателей: демографические, социальные и экономические. Используются статистические данные Федеральной службы государственной статистики (Росстат,

www.gks.ru; если не указано иное, то содержащиеся в ежегодниках «Регионы России»). Их актуальность (вплоть до 2017 г.) позволила обновить результаты, представленные в (Бородина, Глезер, 2014).

Группу *демографических* показателей составили: 1) изменение численности населения за 1990–2017 гг., %; 2) коэффициент естественного прироста/убыли населения в 2017 г., на 1000 человек населения; 3) коэффициент миграционного прироста/убыли населения в среднем за год в 2015–2016 гг., на 10 тыс. человек населения. В определенном смысле они в совокупности характеризуют региональную демографическую обстановку.

Численность населения Российской Федерации достигла своего максимума в 1992 г., составив 148.6 млн человек (на 1 января 1993 г.). Затем началось сокращение населения, наиболее быстрое и повсеместное в 1999–2003 гг. (до 0.5% в год); в 1999 г. оно охватило 81 субъект РФ из 89. Минимальным население было в 2008 г. (142.7 млн), таким образом, после распада Советского Союза население России уменьшилось почти на 6 млн человек. С 2009 г. население снова начало увеличиваться (наибольший прирост отмечен в 2014 г. за счет включения Крыма в состав Российской Федерации); на 1 января 2018 г. численность составила 146.9 млн человек. В 2009–2012 гг. рост населения происходил за счет превышения (по модулю) сальдо миграции над естественной убылью; в 2013–2015 гг. положительными были обе (демографическая и миграционная) компоненты; с 2016 г. вновь отмечена естественная убыль, и прирост населения происходит только за счет миграционного притока (рис. 4.1).

В 1993–2005 гг. естественная убыль населения держалась на очень высоком уровне (4.8–6.6 на 1000 человек) и составляла 705–960 тыс. человек в год. С 2006 г. вследствие роста числа рождений и уменьшения числа смертей убыль стала сокращаться, и в 2013–2015 гг. был зафиксирован небольшой естественный прирост (20–30 тыс. человек в год). В 2017 г. естественная убыль составила уже почти 136 тыс. человек. Таким образом, достигнутый положительный демографический баланс оказался неустойчивым. Перспективы роста численности населения России зависят в основном от характера миграционных процессов. В отличие от высокой инерционности и преимущества естественного воспроизводства население своим миграционным поведением чутко реагирует на изменения политической и социально-экономической ситуации, а также условий жизни.

Региональные особенности социально-географического пространства России

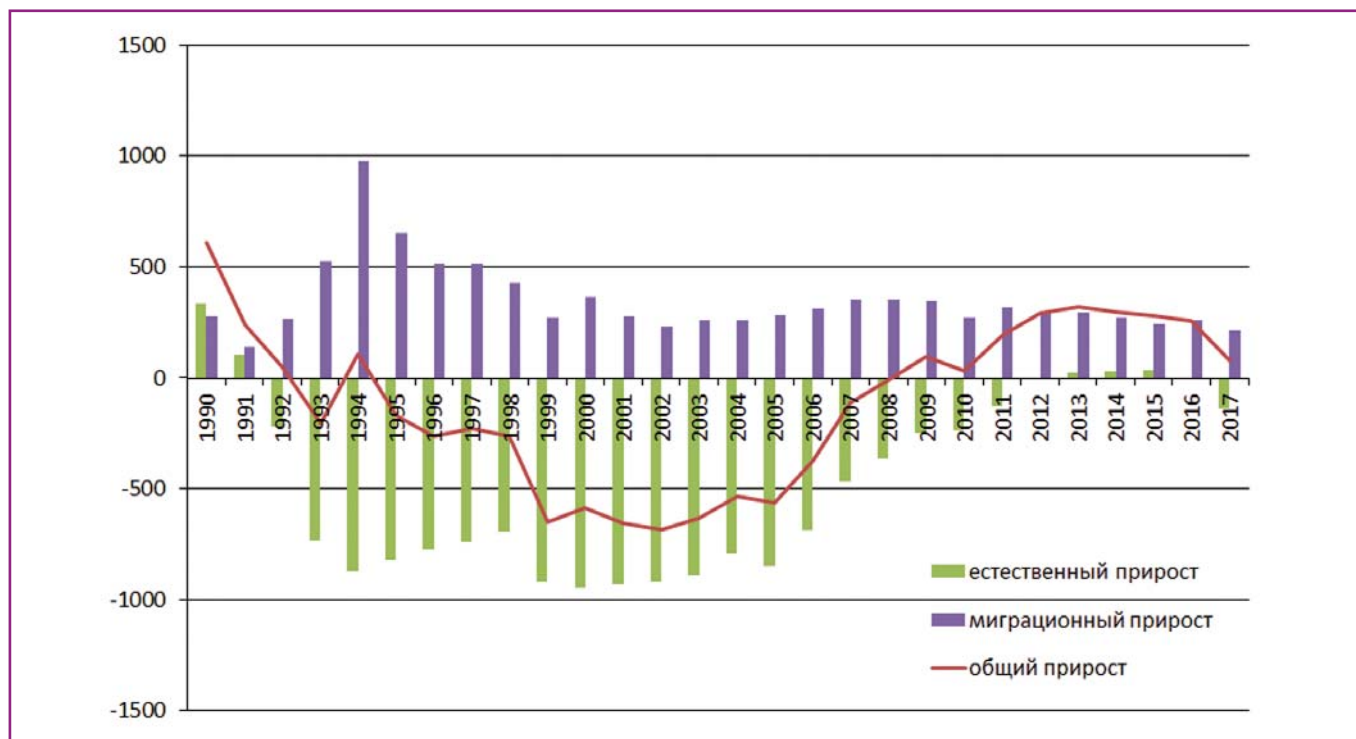


Рис. 4.1. Изменение численности населения России и его компоненты в 1990–2017 гг., тыс. человек. Примечание: значения показателей за 2014 г. показаны условно, поскольку Росстат не публикует официальные данные по приростам за 2014 г.

Размеры миграционного прироста населения России сильно колебались в отдельные годы: к 2002–2004 гг. он постепенно снизился до минимальных за постсоветский период значений, после чего начал расти и с 2005 г. составляет 250–350 тыс. человек в год, хотя в 2017 г. его значения не превысили 211 тыс. человек.

Для пространственного анализа демографических процессов использованы данные за разные годы и периоды, выбор которых обусловлен особенностями динамики населения и задачей повышения достоверности результатов (Бородина, 2017). Например, данные по естественному приросту взяты за 2017 г., потому что в предыдущие четыре года наблюдался переход от убыли к приросту, затем опять к убыли.

Пространственный анализ изменения численности населения по регионам за весь постсоветский период свидетельствует о наличии макрорегиональных особенностей и тем самым приближает к выявлению факторов динамики. Наиболее сильно сократилось население на северо-востоке страны – Чукотский АО и Магаданская область (абсолютно неблагоприятные и очень неблагоприятные условия) потеряли около 2/3; Камчатский край, Сахалинская, Мурманская области, Республика Коми (неблагоприятные условия), Таймырский и Эвенкийский АО (абсолютно

неблагоприятные условия) – около 1/3 (рис. 4.2). Все регионы на Северном Кавказе, отличающиеся благоприятными условиями, напротив, увеличивали население: наибольший рост наблюдался в Дагестане – почти на 2/3, Чечне, Ингушетии (хотя есть сомнения в корректности учета населения в последних); такой же рост отмечен в Москве – более чем на 40%, и Ханты-Мансийском АО (условно неблагоприятные и неблагоприятные условия) – на 30%; росло, но в меньшей степени, население в Татарстане и Башкортостане (благоприятные и условно благоприятные условия), некоторых национальных субъектов РФ в азиатской части страны, а также в пристоличных областях. За 1990–2017 гг. население увеличилось лишь в 22 субъектах РФ, т.е. в четверти от их общего числа. Положительная динамика в северокавказских республиках обусловлена высоким естественным приростом, превосходящим миграционный отток; в других регионах юга, в Москве и Белгородской области – миграционным притоком; на севере Западной Сибири – сочетанием естественного и миграционного прироста. Сокращение населения на севере вызвано огромным миграционным оттоком. В регионах центра Европейской России население уменьшалось за счет естественной убыли, а там, где сильнее всего – в

Глава 4. Влияние природно-климатических условий на жизнедеятельность населения

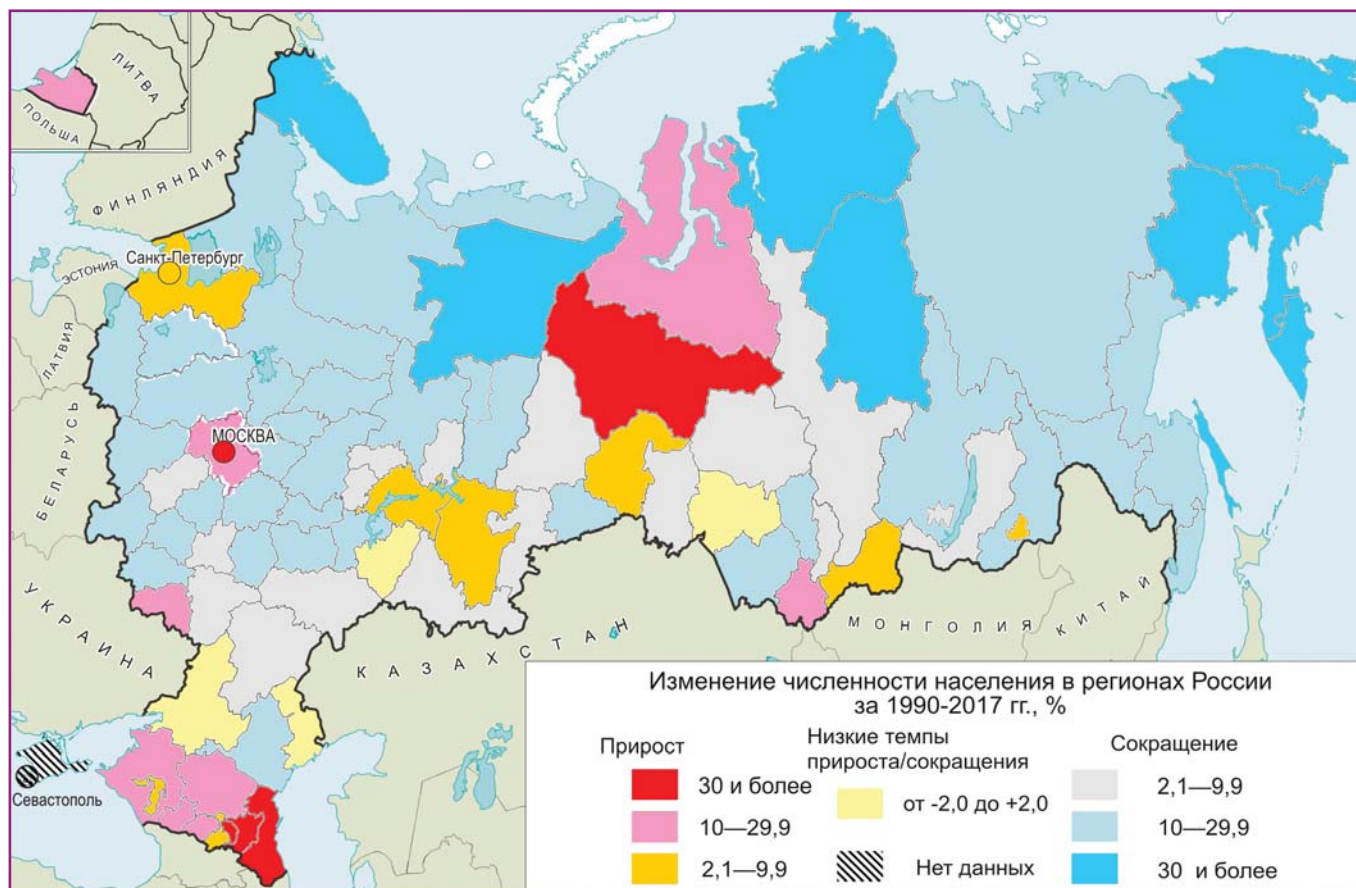


Рис. 4.2. Изменение численности населения в регионах России за 1990–2017 гг., %.

Псковской, Тверской и Ивановской областях – в сочетании с большим миграционным оттоком.

За последние без малого три десятилетия пространственная картина компонентов динамики населения существенно изменилась. До конца 1980-х годов в большинстве регионов России естественный прирост был положителен, и лишь в пяти областях (Псковской, Тверской, Рязанской, Тульской и Тамбовской) смертность превышала рождаемость. С 1989 г. депопуляции охватила сначала всю Центральную Россию, а потом распространялась на все большее число регионов. Естественный прирост населения сохранился лишь в регионах с незавершенным демографическим переходом и/или более молодым населением – республиках Северного Кавказа, республиках и других национальных субъектах РФ в Сибири, а также в северных нефтегазодобывающих регионах. В последние годы интенсивность естественной убыли населения немного сокращается, в некоторых регионах она сменяется небольшим приростом, однако он нестабилен. В 2011 г. было 29 регионов с естественным приростом, в 2013–2015 г. – 38, а в 2017 г. – 26 (рис. 4.3).

В отношении миграционной ситуации в 1990-х годах Россия четко поделилась на две контрастные зоны: север (за исключением западносибирского) и восток стали интенсивно терять население, а европейская часть (кроме севера) и Урал притягивали мигрантов. В 2000-х годах миграционный прирост сконцентрировался в меньшем числе регионов, но вместе с тем стал наблюдаться и в нескольких ранее терявших население сибирских субъектах РФ. В последние годы территория Европейской России продолжает поляризоваться в отношении миграционного прироста: в 2015–2016 г. сальдо миграции стало отрицательным в Тверской, Ивановской, Владимирской, Смоленской, Тамбовской, Пензенской, Самарской, Волгоградской, Астраханской областях, Ставропольском крае, Карачаево-Черкесии, Башкортостане, а также Ненецком АО, но в то же время появился миграционный прирост в Псковской, Курской, Саратовской областях, Мордовии, в которых 5–6 лет назад была миграционная убыль. При этом картина за Уралом почти не меняется. В последние годы наибольшая интенсивность миграционного прироста отмечена в Севастополе, обеих столицах и присто-

Региональные особенности социально-географического пространства России

личных областях, Краснодарском крае, Калининградской и Курской областях, а за Уралом – в Тюменской и Новосибирской областях (рис. 4.4).

Группу *социальных* показателей составили: 1) заболеваемость населения в 2016 г., в % к среднероссийскому уровню (отношение числа заболеваний у пациентов с впервые в жизни установленным диагнозом, выявленных в течение года при обращении в лечебно-профилактическую организацию или при профилактическом осмотре, к среднегодовой численности населения); 2) смертность населения в трудоспособном возрасте (на 100 тыс. человек соответствующего возраста) в 2016 г., в % к среднероссийскому уровню; 3) число умерших от самоубийств (на 100 тыс. человек населения) в 2016 г., в % к среднероссийскому уровню. Данные показатели, как показано в (Бородина, Глезер, 2014), служат хорошими индикаторами социальной обстановки в регионе.

Очевидно, что показатель заболеваемости населения связан с условиями жизни. Во многом он зависит от климатических условий: практически во всех северных регионах заболеваемость значительно превышает среднероссийский уровень, достигая макси-

мальных значений (на 2/3 превышая среднероссийский уровень) в Ненецком АО и на Чукотке (рис. 4.5). Наиболее благоприятная ситуация складывается в южных регионах Европейской России (минимальное значение – 57% от среднероссийского уровня – в Кабардино-Балкарии). На этот показатель влияет также уровень развития здравоохранения и организация системы учета (расчет заболеваемости осуществляется по данным Министерства здравоохранения РФ), что сказывается на выявляемости заболеваний и может объяснить трудно интерпретируемые значения показателя в ряде регионов.

Показатель смертности в трудоспособном возрасте выбран в силу того, что, во-первых, ее уровень в России продолжает оставаться высоким, несмотря на тенденцию снижения, сложившуюся после 2005 г., во-вторых, высокое значение свидетельствует о безусловно неблагоприятной социально-экономической обстановке в регионе. Особенно показательна смертность мужчин в трудоспособном возрасте, но в последние годы Росстат прекратил обнародовать этот показатель (пространственную картину за 2012 г. см. в (Бородина, Глезер, 2014, рис. 14)). Повышенная

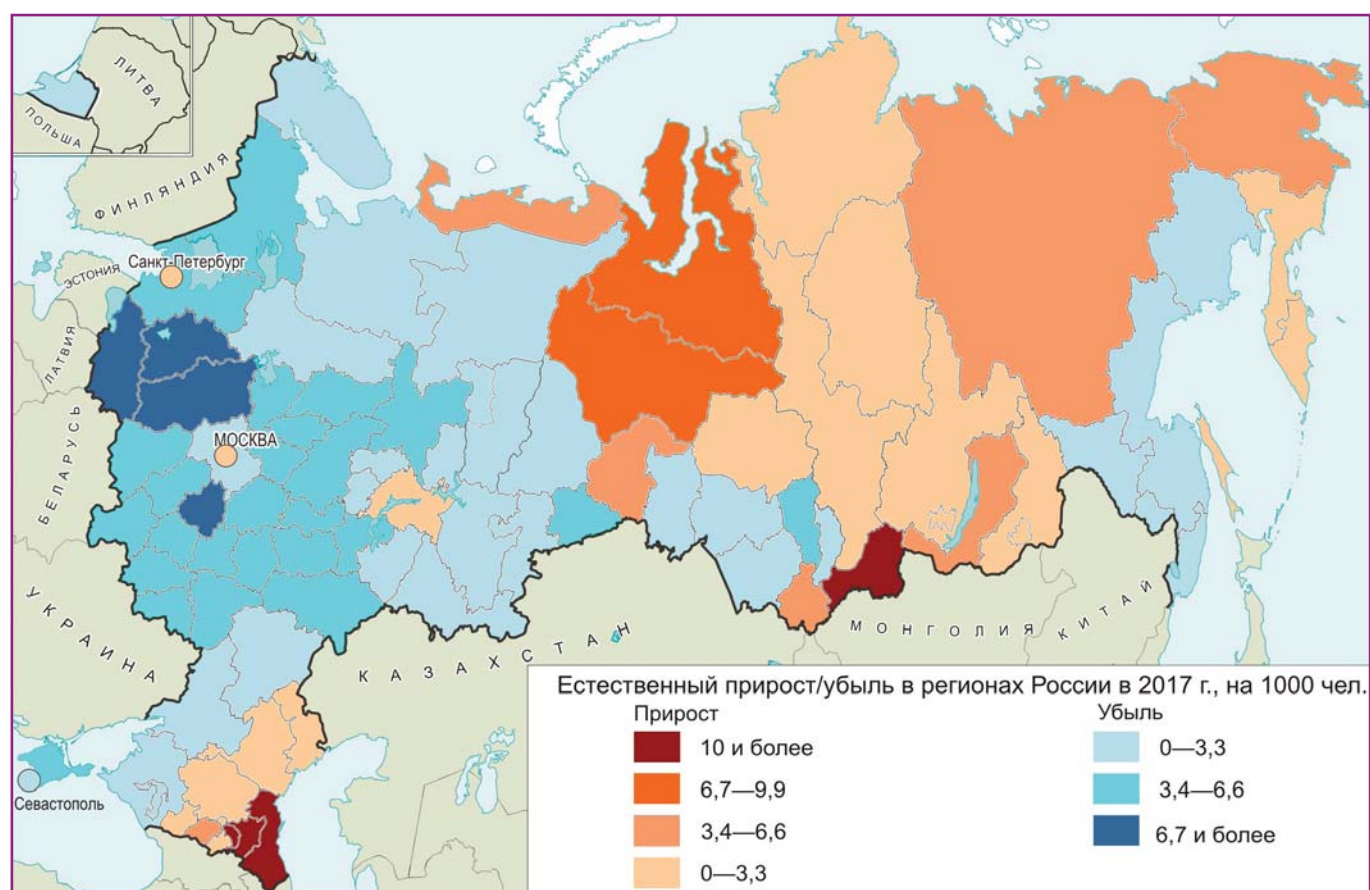


Рис. 4.3. Коэффициент естественного прироста/убыли населения в регионах России в 2017 г., на 1000 человек населения.

Глава 4. Влияние природно-климатических условий на жизнедеятельность населения

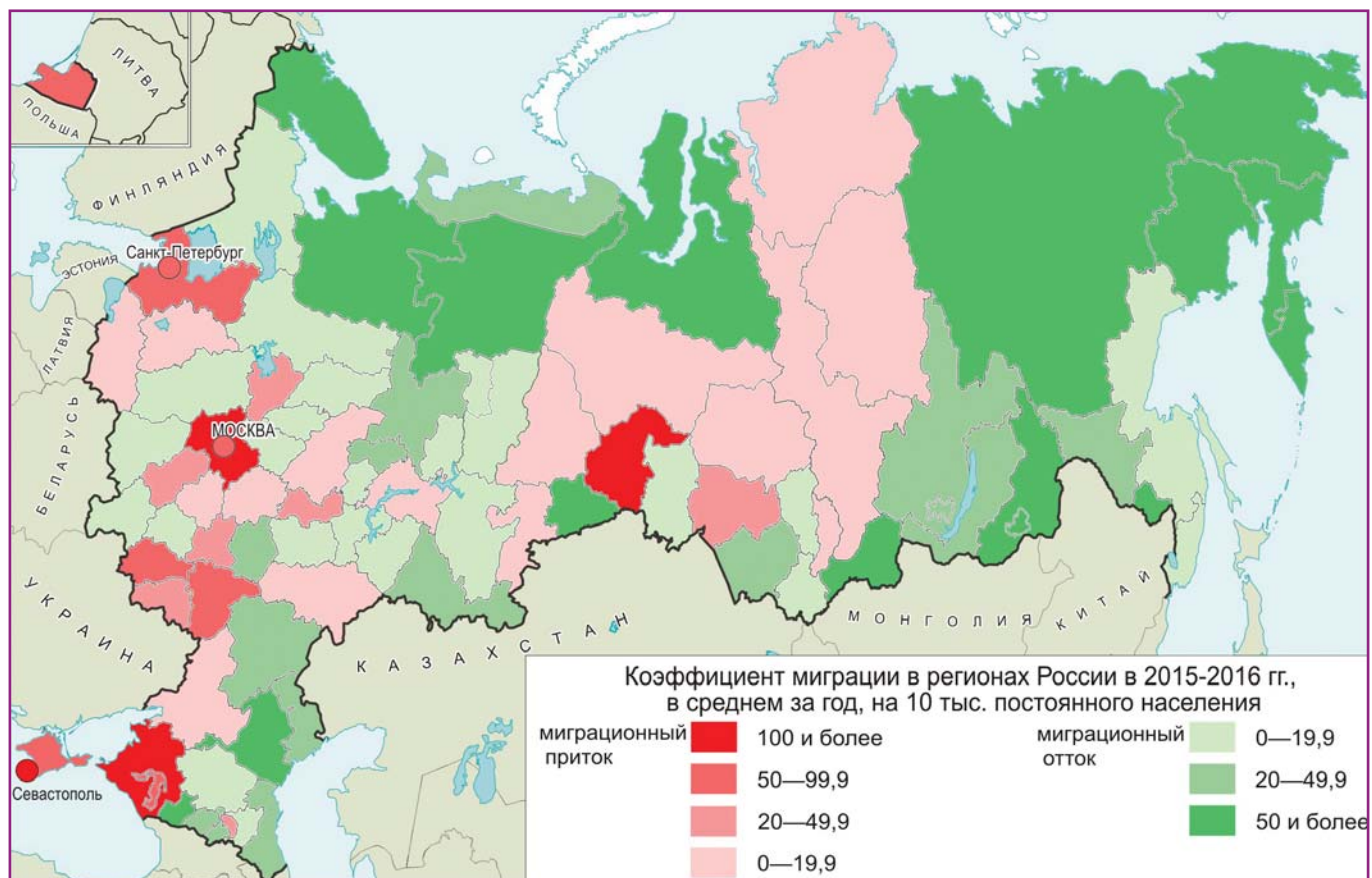


Рис. 4.4. Коэффициент миграционного прироста/убыли населения в регионах России в 2015–2016 гг., в среднем за год, на 10 тыс. человек населения.

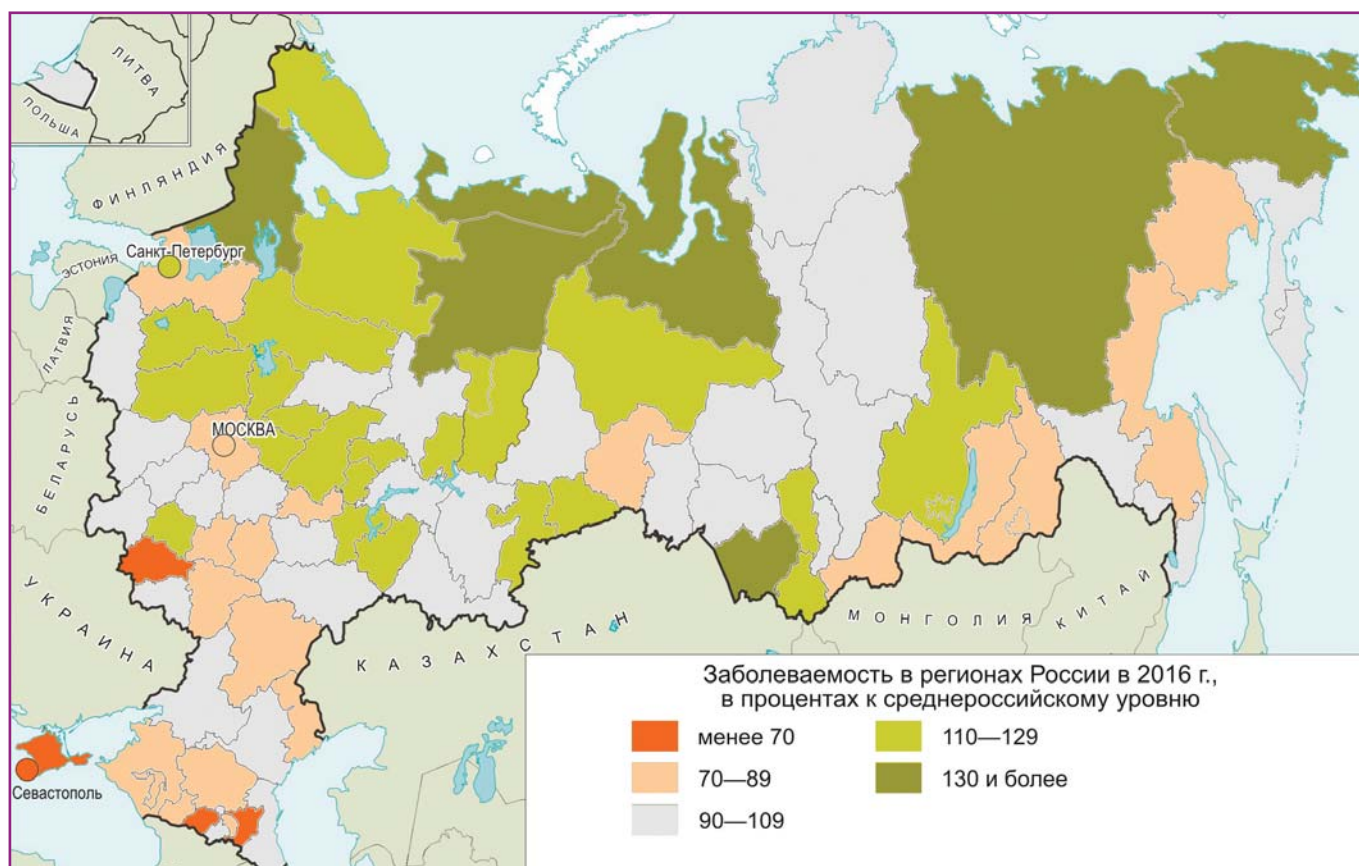


Рис. 4.5. Заболеваемость населения в регионах России в 2016 г., в % к среднероссийскому уровню.

Региональные особенности социально-географического пространства России

смертность в трудоспособном возрасте косвенно отражает низкий уровень обеспеченности медицинскими услугами, плохие жилищно-бытовые условия, некачественное питание, плохое состояние окружающей среды и т.п. Кроме того, четверть смертей в трудоспособном возрасте вызвана внешними причинами (<http://www.demoscope.ru/weekly/2018/0761/barom06.php>), такими как алкоголизм, насильственные действия, несчастные случаи, производственные травмы, которые коррелируют с низким качеством социальной среды. Максимального значения показатель смертности в трудоспособном возрасте достигает в Тыве и на Чукотке (выше среднероссийского на 58%), а минимального – в Ингушетии (30 % к среднероссийскому показателю). Среди неблагополучных регионов по этому показателю – почти все северные регионы как в европейской, так и в азиатской части, кроме тюменских автономных округов и (в меньшей степени) Якутии, все уральские, а также многие субъекты РФ в Центре; наиболее благополучная ситуация – в южных регионах Европейской России, чуть выше этот показатель в республиках Северного Кавказа и Ставропольском крае (рис. 4.6).

Одна из главных внешних причин смерти в России – самоубийства, хотя их доля с середины 1980-х годов постепенно снижалась (в некоторые годы с обратным ростом), в 2016 г. она составила чуть менее 14%. Высокие показатели данного вида смертности свидетельствуют о крайней степени неблагополучия социальной среды. Регионы и макрзоны крайнего неблагополучия по этому показателю – во многом те же, что и по предыдущему. Максимальные значения зафиксированы на Чукотке (почти в 4 раза выше, чем в среднем по стране), Приамурье, Забайкалье, Республике Алтай, велики они в большинстве северных регионов; минимальные – в республиках Северного Кавказа – здесь значительна роль этнического фактора, а также во всей южной половине европейской части страны (рис. 4.7). Таким образом, явно прослеживается роль природного фактора, хотя низкие значения наблюдаются также в нескольких регионах на крайнем востоке России и в Мурманской области: может быть, это связано с региональным недоучетом реального числа самоубийств, который специалисты не исключают на национальном уровне (<http://www.demoscope.ru/weekly/2016/0705/tema03.php>).

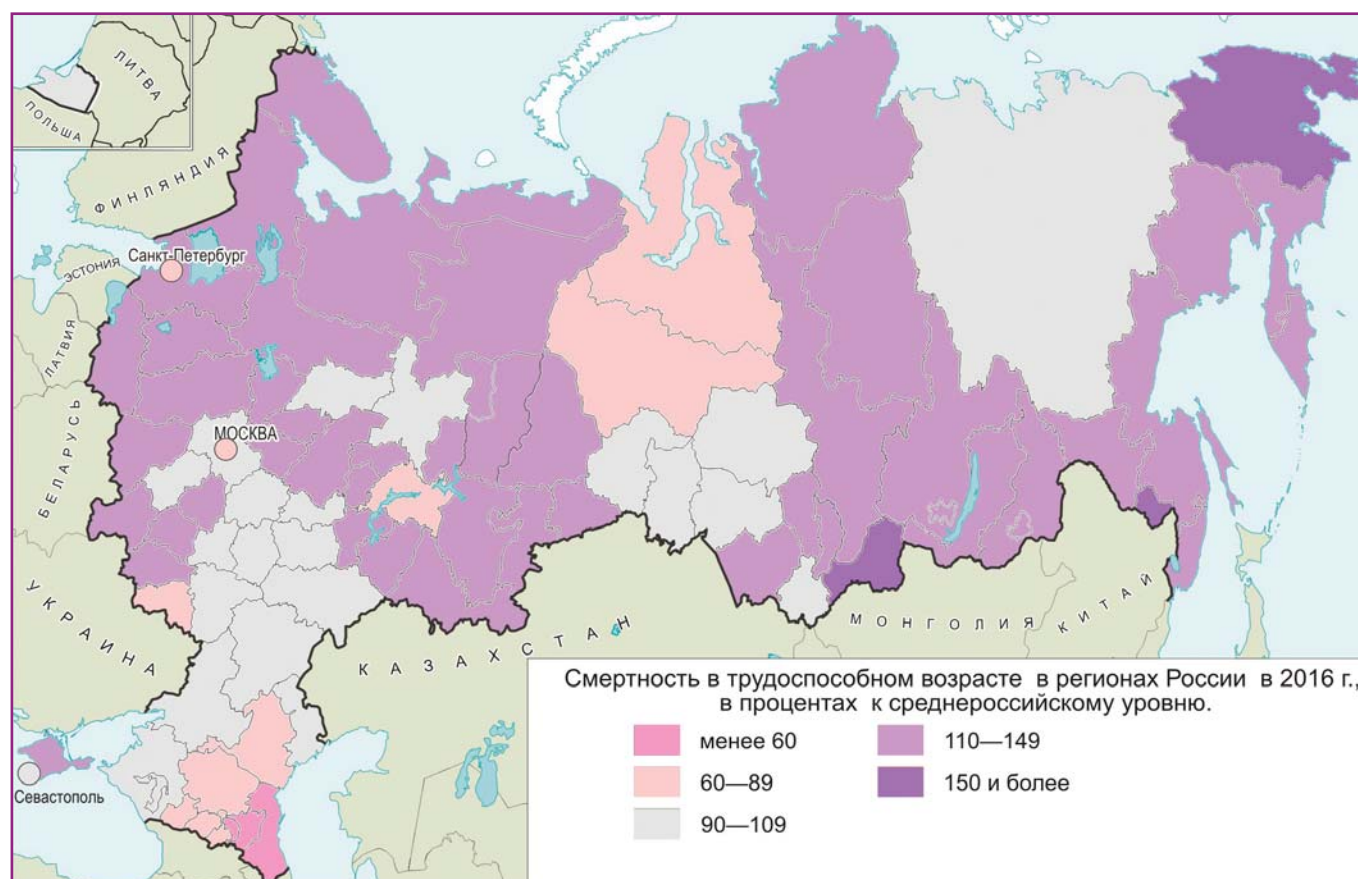


Рис. 4.6. Смертность населения в трудоспособном возрасте в регионах России в 2016 г., в % к среднероссийскому уровню.

Глава 4. Влияние природно-климатических условий на жизнедеятельность населения

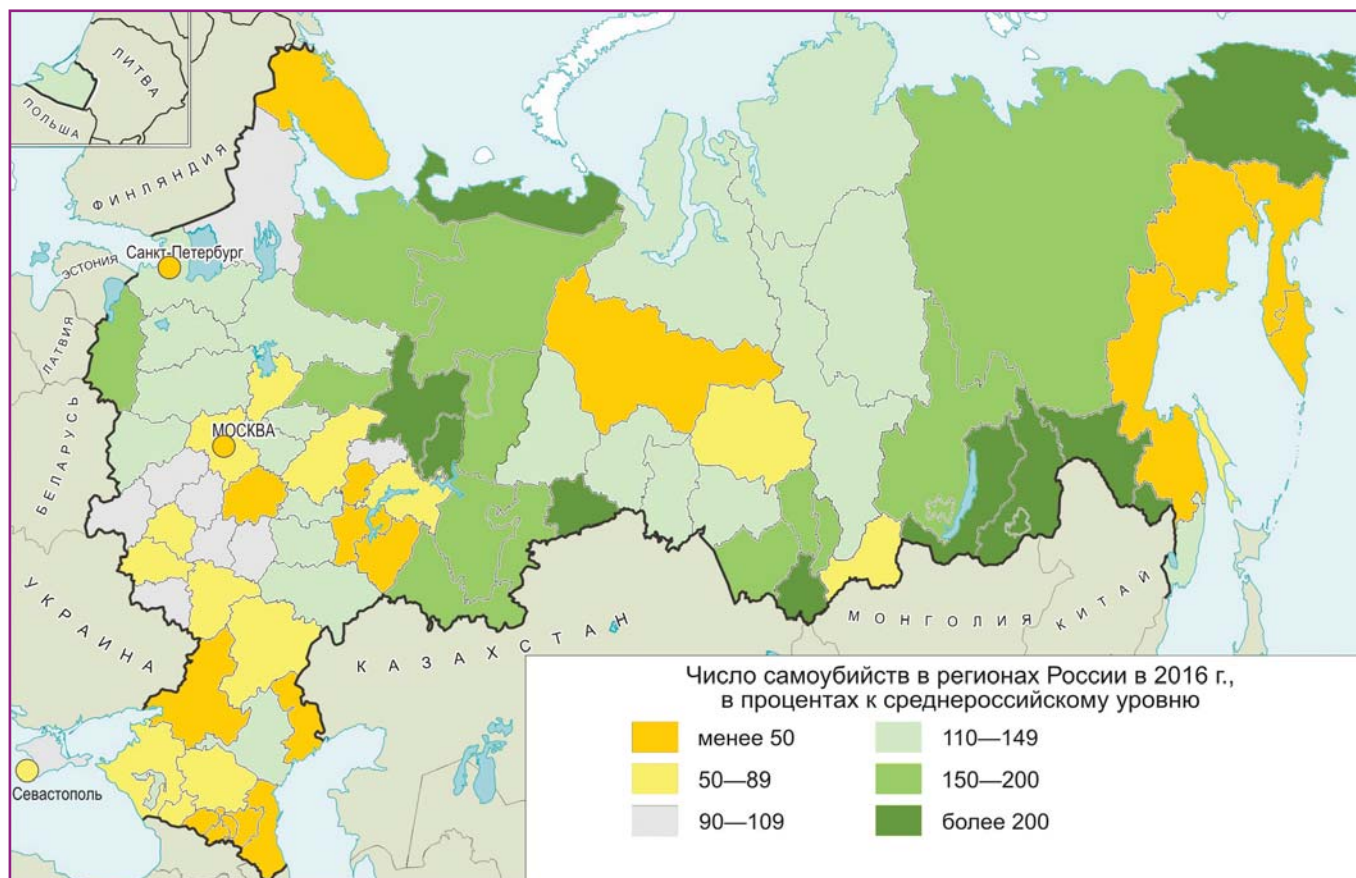


Рис. 4.7. Число умерших от самоубийств в регионах России в 2016 г., в % к среднероссийскому уровню. Источник: http://www.gks.ru/bgd/regl/b16_106/Main.htm.

В группу экономических показателей включены: 1) денежные доходы на душу населения с учетом прожиточного минимума в 2016 г., в % к среднероссийскому уровню; 2) доля населения с доходами ниже величины прожиточного минимума в 2016 г., %; 3) валовой региональный продукт на душу населения в 2016 г., в % к среднероссийскому уровню. Эти показатели характеризуют региональную экономическую обстановку, хотя и весьма не полно, зато с социальным уклоном.

Некоторые показатели социальной среды в той или иной степени обусловлены финансовыми условиями жизни населения – доходами. На рис. 4.8 представлены соотношения региональных и среднероссийских среднедушевых доходов, скорректированных на величину прожиточного минимума, на рис. 4.9 – доля населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума. Во многом эти показатели дополняют друг друга, показывая обратную зависимость – чем выше уровень среднедушевых доходов, тем меньше населения за чертой бедности. Перечни как благополучных, так и неблагополучных по этим двум показателям регионов близки. Максимальная величина среднедушевых доходов по

сравнению со среднероссийским уровнем в расположенном в абсолютно неблагоприятных природно-климатических условиях Ямало-Ненецком АО (133%), там же – минимальная доля населения с доходами ниже прожиточного минимума (7.4%). Регион-аутсайдер в обоих случаях – Республика Тыва (неблагоприятные условия): среднедушевые доходы составляют всего 45% от среднероссийского уровня, а за чертой бедности проживает более 40% населения. Очевидно, что на эти показатели влияет уровень развития экономики: среди лидеров – ряд регионов с ресурсной экономикой, в том числе северные, и столицы – Москва и Санкт-Петербург с пристольными областями. Картина дифференциации субъектов РФ по доходам очень пестрая. Три наиболее важных ее особенности отражают сильное пространственное неравенство и поляризацию: преобладают регионы с показателями ниже среднероссийских; степень различий огромна (в 5 раз); соседствуют регионы, в которых душевые доходы различаются более чем в 2 раза. Что касается доли населения с доходами ниже прожиточного минимума, то, хотя многие регионы с высоким значением данного показателя не совпадают с

Региональные особенности социально-географического пространства России

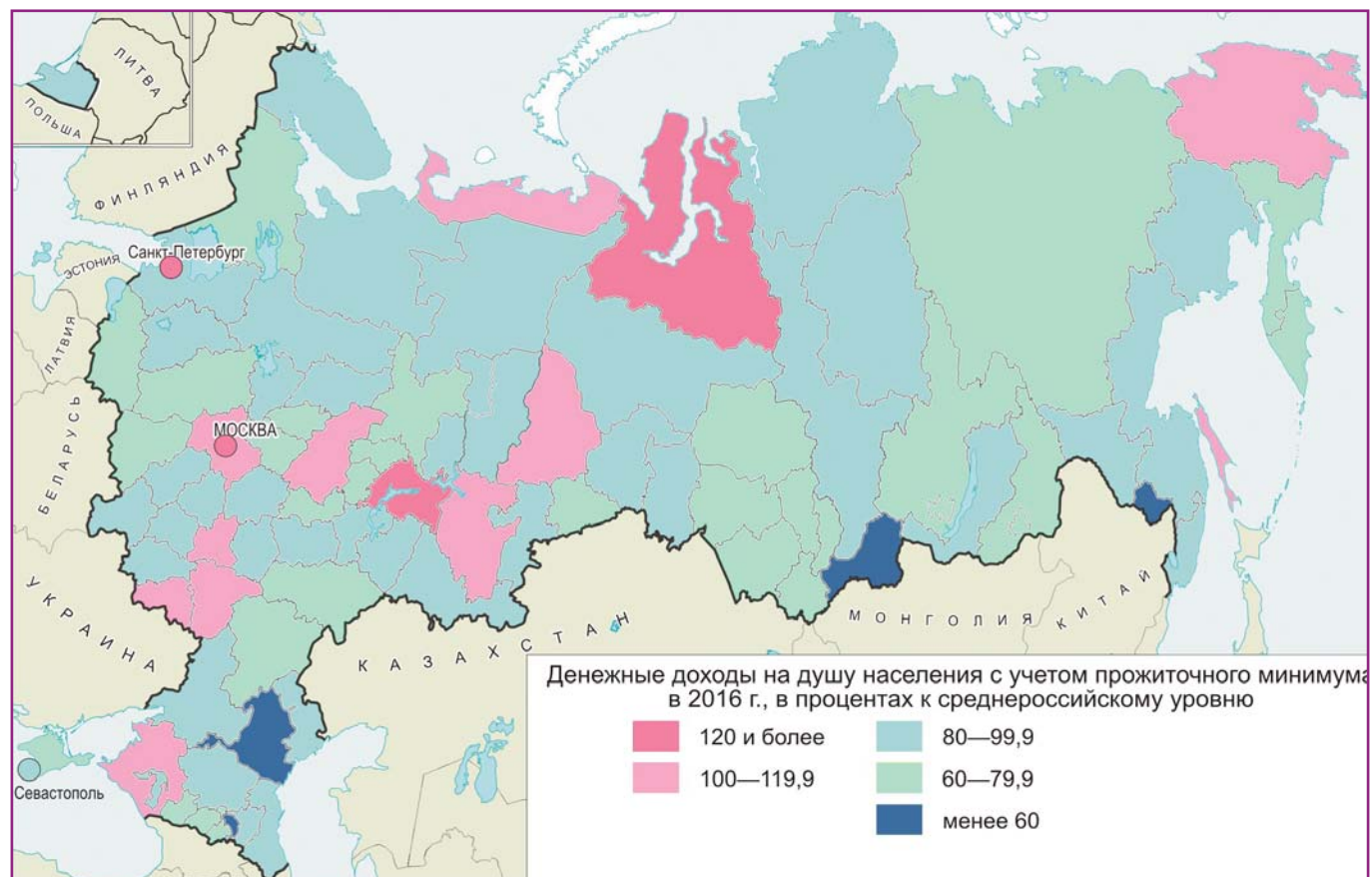


Рис. 4.8. Денежные доходы на душу населения с учетом прожиточного минимума в регионах России в 2016 г., в % к среднероссийскому уровню.

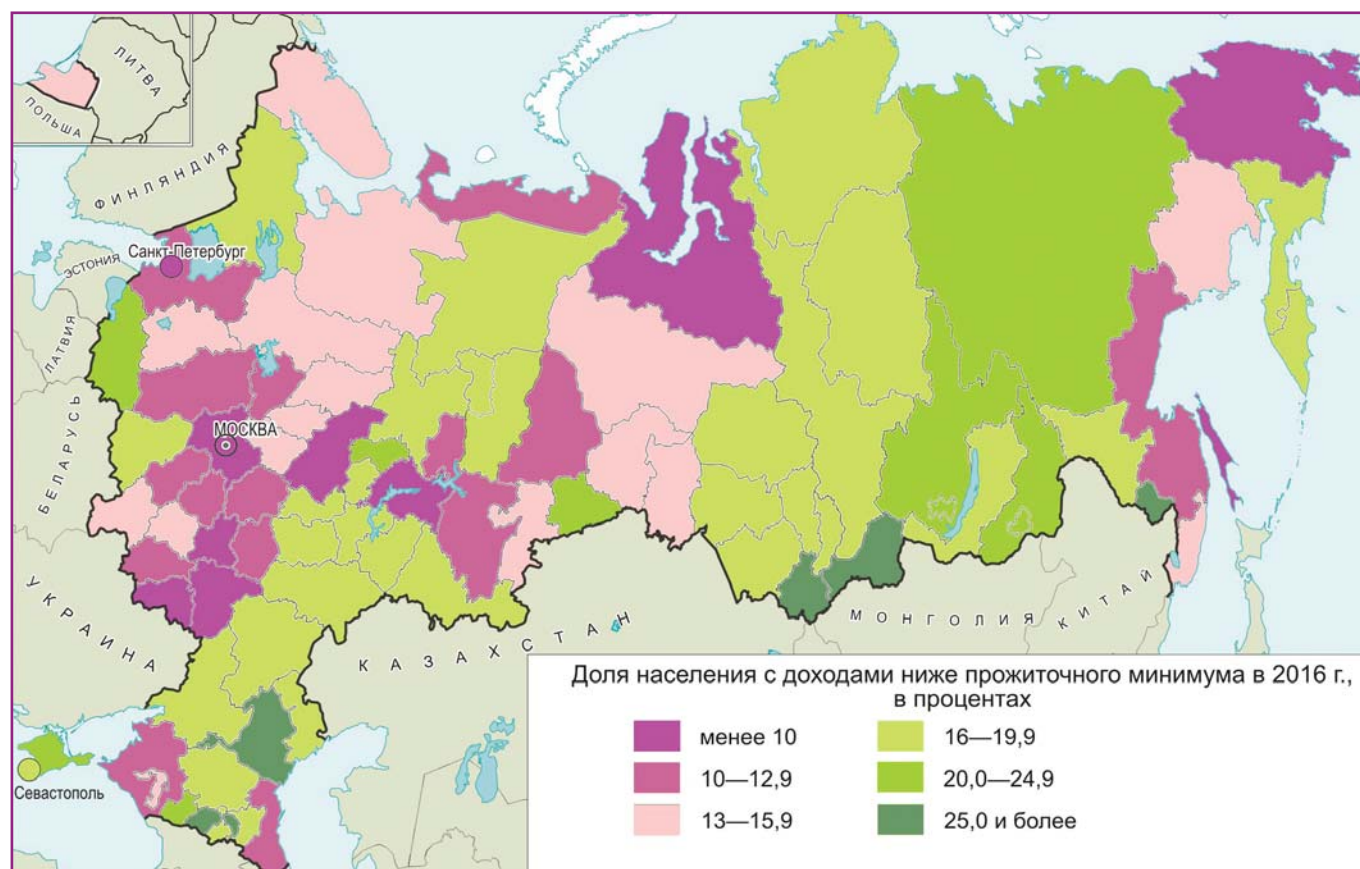


Рис. 4.9. Доля населения с доходами ниже величины прожиточного минимума в регионах России в 2016 г., %.

Глава 4. Влияние природно-климатических условий на жизнедеятельность населения

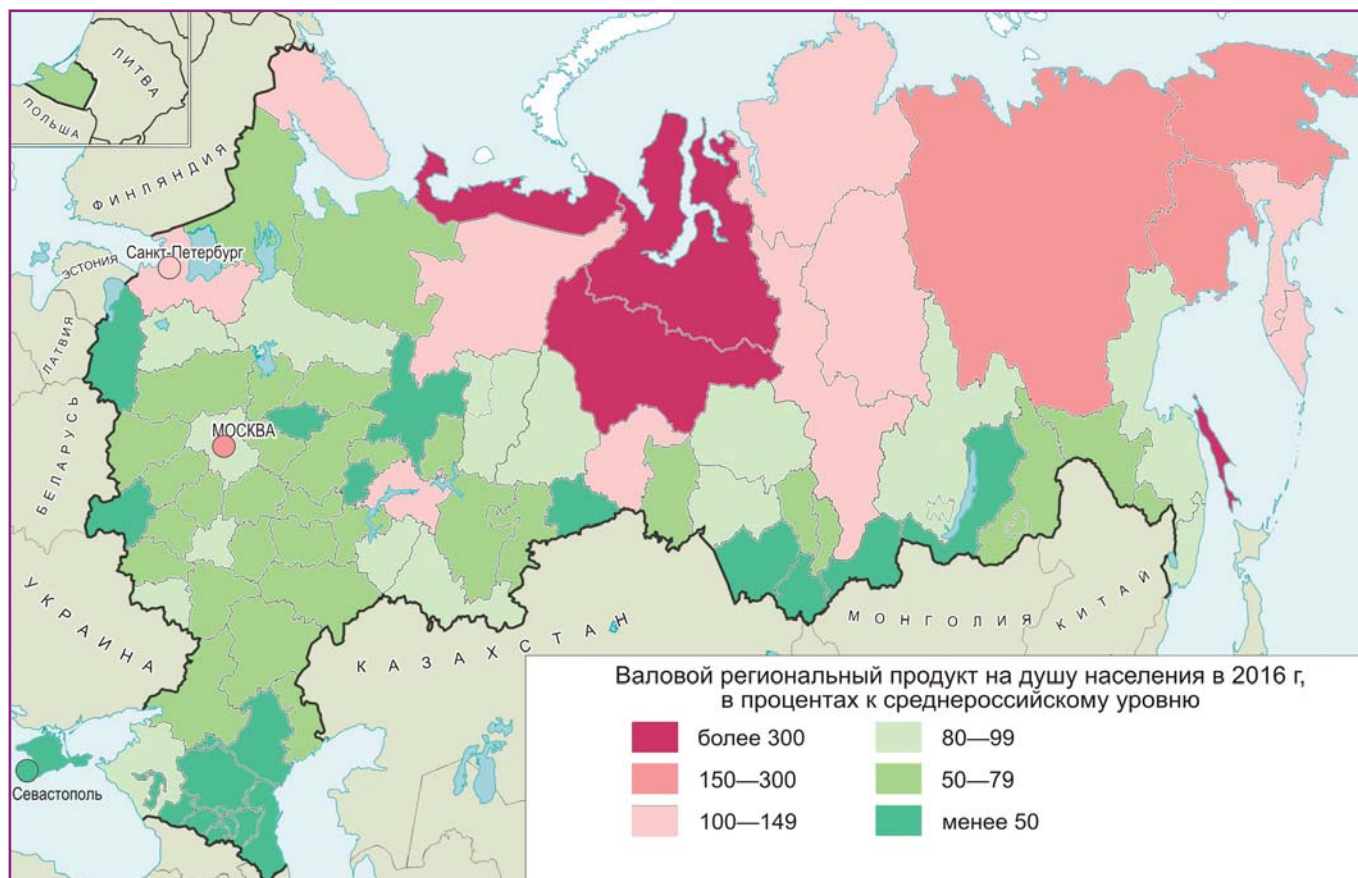


Рис. 4.10. Валовой региональный продукт на душу населения в регионах России в 2016 г., в % к среднероссийскому уровню.

регионами, в которых экстремально плохие показатели смертности (см. рис. 4.6, 4.7), но крайнее неблагополучие наблюдается на одних и тех же территориях – в ряде регионов на юге Восточной Сибири и Дальнего Востока.

В качестве самого общего показателя экономической обстановки в регионе использован валовой региональный продукт (ВРП) на душу населения по отношению к среднероссийскому уровню (рис. 4.10). Как показывают пространственные распределения, несмотря на известные изъяны данного показателя, использованный блок экономических показателей (ВРП и доходы) в значительной степени объясняет макрорегиональные черты дифференциации социальных показателей.

4.4. Районирование как способ сопоставления климатических и социально-экономических условий

Для анализа влияния природно-климатических условий на жизнедеятельность населения на территории России надо сопоставить территориальное распределение показателей, характеризующих обе категории.

Сравнить характер распределения в пространстве нескольких явлений можно путем их районирования. Это один из универсальных методов пространственного анализа – пространственно дифференцированное описание территории, способ отражения территориальных структур (Родоман, 2017). Однако сопоставление двух сеток районирования, отражающих одну – природную, а другая – социально-экономическую среду на территории страны, наталкивается на очевидные методические трудности, поскольку эти среды различаются структурно.

Во-первых, в соответствии с факторами формирования сам характер территориальной дифференциации природных и социально-экономических явлений подчиняется разным законам и имеет свою специфику. Во-вторых, базовые территориальные единицы, к которым относятся параметры этих явлений или объектов и которые группируются в выделяемые при районировании ареалы, имеют разную природу. Природно-климатические характеристики имеют зональное и аazonальное распространение по территории; результат природно-климатического районирования – зоны и аazonальные ареалы. На основе при-

Районирование как способ сопоставления климатических и социально-экономических условий

уроченных к административно-территориальным единицам разного ранга двух видов социально-экономических параметров – характеризующих «точки» пространства и связи между ними – выделяются два вида социально-экономических районов: однородные и узловые.

Узловые районы встречаются и в природе, например, это речные бассейны; примером коннекционных районов как более общей категории по отношению к узловым служат долинные комплексы (Родоман, 2017). Однако для целей настоящего исследования, особенно с учетом его географического масштаба на данном этапе (см. раздел 5.5), имеет значение выделение именно однородных районов.

Однородный район (по Б.Б. Родоману) – это ареал, в каждой точке которого районированный объект или явление характеризуется одним и тем же признаком или их набором. Однородные районы могут выделяться и в природном районировании, климатическое зонирование в масштабах России – разновидность однородного районирования. Мы считаем, что однородные районы способны отразить не только качественные различия от места к месту, но и количественные, например, в значениях того или иного статистического показателя. Выделение однородных районов в первом случае соответствует типологическому районированию, а районы показываются способом качественного фона (карта районирования России по природно-климатическим условиям жизни населения (Золотокрылин и др., 2012) – пример типологического районирования); во втором случае – градициям количественного параметра, показываемым способом картограммы или картодиаграммы. Выделенные таким образом однородные природно-климатические и социально-экономические районы принципиально можно сопоставлять друг с другом.

Однако остаются другие методические проблемы. Одна из них – специфика и несовпадение территории природных и социально-экономических районов: размера, конфигурации, состава, тесно связанная с их границами. В природно-климатическом районировании актуальна проблема проведения границ зон и ареалов: они обусловлены характером распространения явления. В однородном социально-экономическом районировании границы заданы, проходят по отрезкам административно-территориальных единиц того или иного ранга. Очевидно, что первые и вторые могут совпасть лишь в редких случаях. Кроме того, социально-экономические районы – мозаичные.

Еще одна проблема – выбор временного интервала для сопоставления сеток районирования. Процессы в природе и обществе протекают с разными скоростями, различается характерное время эволюционных природных и социальных процессов (понятно, что динамика катастрофических/революционных изменений иная). Формирование и даже изменение природно-климатических районов происходит, как правило, значительно медленнее, чем социально-экономических, которые подвержены более быстрым трансформациям. В силу этого необходимо предварительно определять, какой именно период времени наиболее адекватно отражает социально-экономические процессы, соответствующие тем или иным климатическим явлениям, в какой именно период сказывается влияние тех или иных климатических изменений. К этому периоду и должны относиться социально-экономические показатели.

Возможны два способа сопоставления природно-климатического районирования с социально-экономическим. Первый состоит в сравнении природно-климатических районов с выделенными независимо от климатического фактора, заранее «готовыми» социально-экономическими районами. Второй – сопряжение природно-климатических районов и пространственного распределения социально-экономических показателей. Этот способ и реализован в данном исследовании.

4.5. Сопряженный пространственный анализ климатических условий и социально-экономической обстановки на территории России

В проекте разработана методика сопряженного пространственного анализа демо-социально-экономической обстановки и природно-климатических условий жизнедеятельности населения. Посредством типологического районирования проведено сопоставление пространственного (в разрезе субъектов РФ) распределения демографических, социальных и экономических показателей, с одной стороны, и природно-климатических условий – с другой.

Для анализа использованы:

– представленные в разделе 4.3 три группы показателей, связанных с жизнедеятельностью населения на определенной территории: демографические, социальные и экономические, и характеризующих демографическую, социальную и экономическую обстановку по

Глава 4. Влияние природно-климатических условий на жизнедеятельность населения

всем 85 регионам России – субъектам РФ. Статистические данные относятся к периоду 1990–2017 гг. (для характеристики динамики) и 2015–2017 гг. (для характеристики современного состояния);

– представленные в главе 2 карты районирования России по природно-климатическим условиям жизни населения: (а) для среднемноголетних условий (1961–1990 гг.); (б) для условий современного климата (2001–2010 гг.).

Ниже описаны последовательные этапы анализа.

1. *Ранжирование демографических, социальных, экономических показателей.* Ряды региональных значений каждого показателя разделены на 5–7 (в зависимости от характера распределения) градаций (от минимальных к максимальным), которым присвоены баллы от 1 до 5(7). Затем в каждой из групп показателей (демографических, социальных, экономических) по каждому региону баллы просуммированы. Полученные суммы разделены на три категории – минимальных, средних и максимальных значений (средняя категория выделялась в соответствии со среднероссийским значением показателя), категориям присвоен итоговый ранг: (1) – неблагоприятная, (2) – относительно благополучная, (3) – благополучная. По каждой из трех групп показателей (демографических, социальных, экономических) регионы отнесены к одной из трех категорий обстановки.

2. *Адаптация природно-климатического районирования к методике сопряженного пространственного анализа.* Сравнение двух сеток районирования России по природно-климатическим условиям жизни населения (для 1961–1990 гг., см. рис. 2.1а и 2001–2010 гг., см. рис. 2.1б) показало, что произошло заметное сокращение территорий с абсолютно неблагоприятными условиями, в основном за счет расширения очень неблагоприятных территорий (см. раздел 2.2). Семь зон, выделенные по природно-кли-

матическим условиям жизни населения, для целей сопряженного анализа сгруппированы в три зоны: неблагоприятную для проживания (А), относительно благоприятную (В) и благоприятную (С). Каждому субъекту РФ был присвоен один из этих индексов в соответствии с размещением в той или иной зоне (см. рис. 5.5). Основная проблема заключалась в том, что границы природно-климатических зон не совпадают с административными границами субъектов РФ, в разрезе которых разрабатываются статистические показатели. Многие крупные по площади регионы, особенно на севере (Республика Коми, Красноярский край и др.) одновременно попадают в несколько природно-климатических зон, поэтому их отнесение к одной из трех зон (А), (В), (С) произведено в той или иной степени условно (в соответствии с особенностями размещения населения по территории региона).

3. *Типология субъектов РФ по сочетанию природно-климатических условий и демографических, социальных, экономических показателей.* Все возможные сочетания двух характеристик – природно-климатических условий, с одной стороны, и каждой из трех групп показателей, связанных с жизнедеятельностью населения (демографических, социальных, экономических), – с другой, образуют девять типов (табл. 4.1).

Каждый субъект РФ был отнесен к одному из девяти типов по каждой из трех групп показателей, характеризующих жизнедеятельность населения.

4. *Построение типологических картосхем сочетаний природно-климатических условий и показателей, характеризующих жизнедеятельность населения в регионе.* Типологические картосхемы в разрезе субъектов РФ построены по каждой группе показателей (демографических, социальных, экономических).

Таблица 4.1. Типы сочетаний природно-климатических условий и демо-социально-экономической обстановки

Категория зоны по природно-климатическим условиям	Категория обстановки по демографическим, социальным, экономическим показателям		
	Неблагополучная (1)	Относительно благополучная (2)	Благополучная (3)
Неблагоприятные (А)	1А	2А	3А
Относительно благоприятные (В)	1В	2В	3В
Благоприятные (С)	1С	2С	3С

Сопряженный пространственный анализ климатических условий и социально-экономической...

5. Анализ пространственного распределения каждого типа.

В пространственном измерении демографическая обстановка лишь частично коррелирует с природно-климатическими условиями (рис. 4.11). Неблагополучные в демографическом отношении регионы расположены как в неблагоприятных условиях в зонах (А) и (В) (север Сибири и Дальнего Востока, испытавшие в постсоветский период значительный миграционный отток населения, а также север европейской части), так и в благоприятной зоне (С) – в Центральной России, регионы которой испытывают длительную депопуляцию. Самые демографически благополучные регионы также расположены в двух зонах – (С) и (В). В благоприятной зоне (С) на юге Европейской России привлекательны для мигрантов Краснодарский и Ставропольский края, Белгородская область, а в республиках Северного Кавказа население отличается повышенной рождаемостью. В отнюдь не благоприятных природно-климатических условиях зоны (В) располагаются Ханты-Мансийский, Ямало-Ненецкий и Ненецкий АО, притягивающие молодое население, занятое в нефте- и газодобыче. Однако следует подчерк-

нуть, что наблюдается практически полное совпадение качества демографической обстановки и климатических условий в самых «экстремальных» типах. О благополучных регионах в благоприятных условиях (тип 3С) сказано выше, что же касается неблагоприятной для проживания зоны (А), то в ней нет ни одного региона с благополучной (тип 3А) демографической обстановкой.

Самые благополучные по используемым для анализа социальным показателям регионы расположены преимущественно в южной половине Европейской России и на Северном Кавказе, т.е. в благоприятной зоне (С). Также в благоприятной зоне расположены и самые неблагополучные регионы – Псковская и Новгородская области. Чаще всего неблагополучные регионы встречаются в относительно благоприятной (в Северном Предуралье, на юге Восточной Сибири) и неблагоприятной (Ненецкий и Чукотский автономные округа, Якутия) зонах (рис. 4.12). Подчеркнем, что, если благоприятные природно-климатические условия не гарантируют формирование благополучной социальной обстановки, то неблагоприятные служат абсолютным препятствием. Как и в ситуации с демографическими показателями, в неблагоприятной

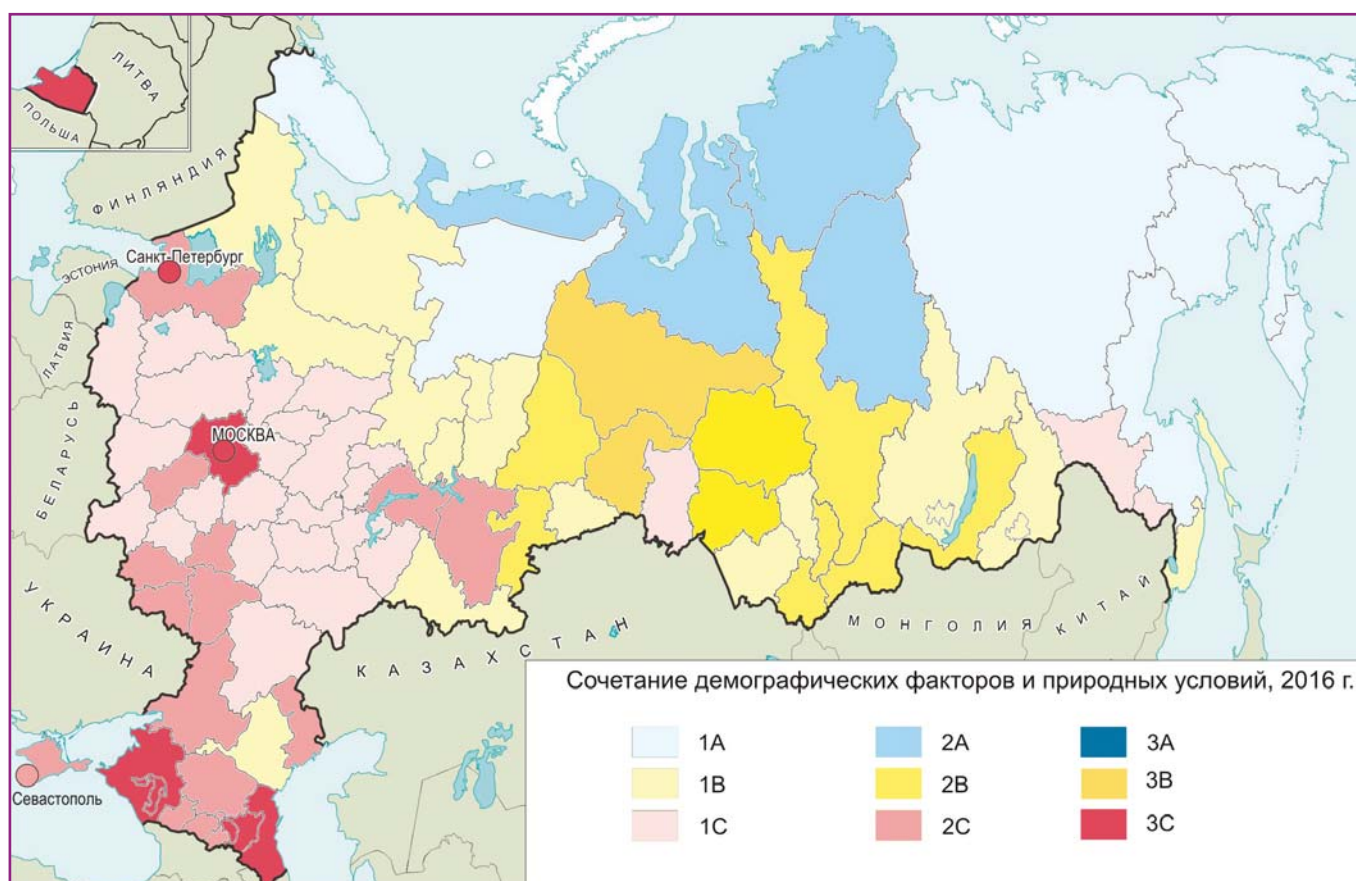


Рис. 4.11. Сочетание природно-климатических условий и демографической обстановки (типы см. табл.4.1).

Глава 4. Влияние природно-климатических условий на жизнедеятельность населения

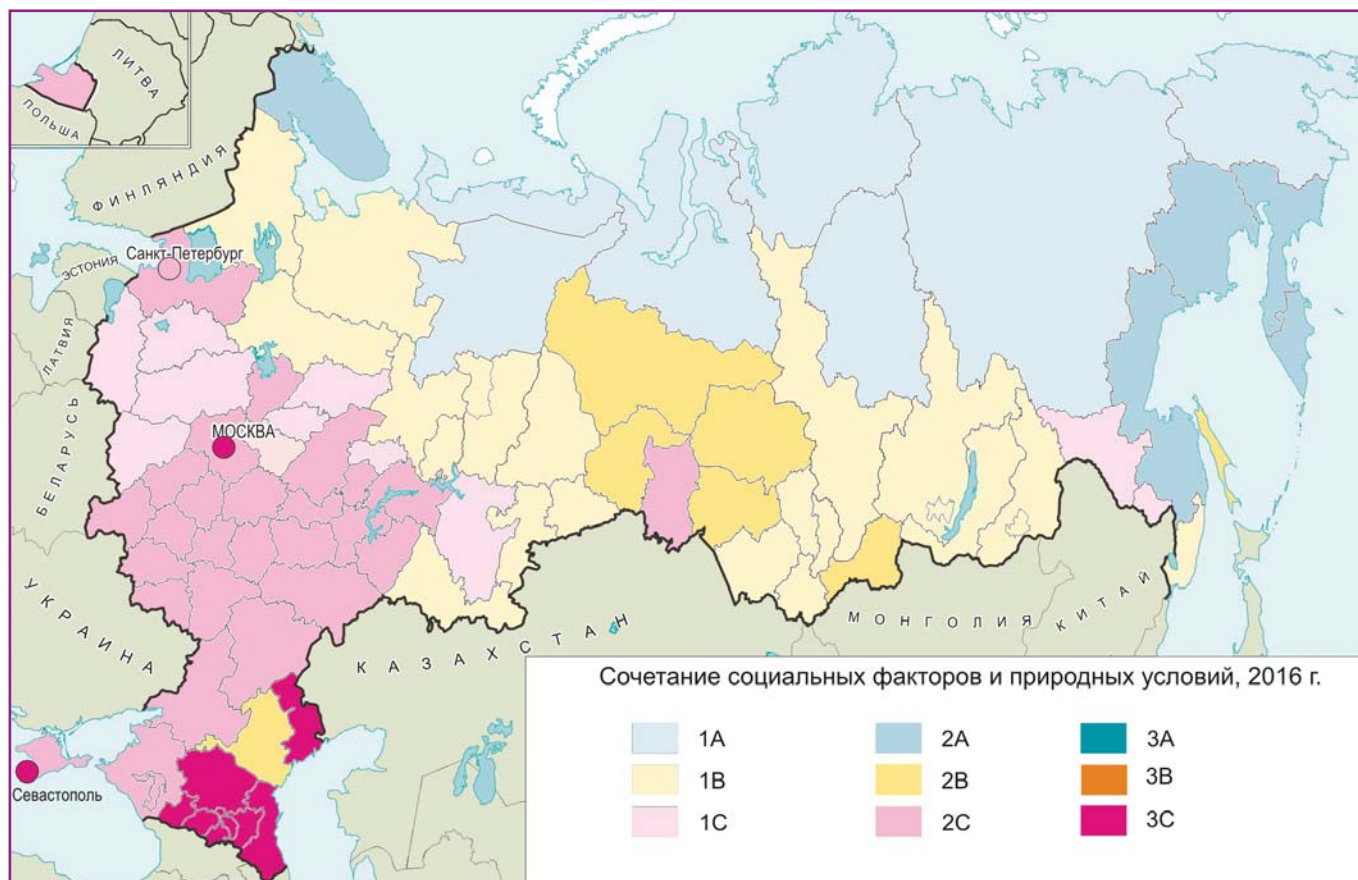


Рис. 4.12. Сочетание природно-климатических условий и социальной обстановки (типы см. табл.4.1).



Рис. 4.13. Сочетание природно-климатических условий и экономической обстановки (типы см. табл. 4.1).

Социально-географическое пространство России и его связь с природно-климатическими...

зоне (А) нет ни одного региона с благополучной социальной обстановкой, нет их и в относительно благоприятной зоне (В): типы 3А и 3В отсутствуют.

Показатели *экономической* обстановки менее всех других соответствуют природно-климатическим условиям. В наиболее благополучные регионы попадали многие из расположенных в самых неблагоприятных условиях. Связано это прежде всего с высокой доходностью сырьевых отраслей экономики, преобладающих в северных регионах. Характерно, что среди всех регионов, расположенных в неблагоприятной зоне, нет ни одного с благополучной экономической обстановкой (тип 1А). И, наоборот, многие регионы, расположенные в зонах с более благоприятными условиями, характеризуются неблагоприятной экономической обстановкой (рис. 4.13).

4.6. Социально-географическое пространство России и его связь с природно-климатическими условиями

Социально-географическое пространство России отличается высокой степенью неоднородности. На уровне страны она фиксируется в двух проекциях: в виде различий между регионами – субъектами РФ и в макрорегиональных различиях. При этом речь идет не о единой сетке макрорегионов определенного ранга, а о возможности их выделения в соответствии с пространственным распределением каждого демографического, социального или экономического показателя. Такие макрорегионы представляют собой однородные ареалы, в пределах которых наблюдаются близкие значения какого-либо одного или нескольких показателей. В соответствии с региональными значениями большинства проанализированных демографических, социальных и экономических показателей на территории России можно выделить следующие макрорегионы: север Европейской России, центр Европейской России, южная половина Европейской России, Северный Кавказ, север Сибири, юг Сибири, юг Западной Сибири, северо-восток, Приамурье. Этот перечень не полный – на основе ряда показателей возможно выделение и других макрорегионов. Названные макрорегионы, с одной стороны, частично пересекаются, с другой – охватывают не всю территорию России. Это связано с мозаичностью демо-социально-экономической обстановки на территории России.

В целом социально-географическое пространство России очень поляризовано, различия между субъектами РФ по большинству демографических и соци-

альных показателей достигают нескольких раз. Важно отметить асимметричность распределения: количество регионов, в которых показатели лучше среднероссийских, значительно меньше количества регионов с показателями хуже среднероссийских. Рельеф социально-географического пространства неровный, зачастую регионы-соседи характеризуются контрастными значениями одного и того же показателя и значительными различиями демографической и социальной обстановки в целом (Глезер, Вайнберг, 2013). В макрорегиональном плане худшей социально-экономической обстановкой отличаются регионы северо-востока России, а также республики юга Сибири.

Сопряженный пространственный анализ демо-социально-экономической обстановки в 85 субъектах РФ и природно-климатических условий жизни населения, дифференцированных по семи зонам природной дискомфортности, позволил провести типологическое районирование территории России. Выделены региональные типы сочетаний природно-климатических условий и демографической, социальной экономической обстановки. Несмотря на невысокую в целом корреляцию между социальной обстановкой и природно-климатическими условиями, самая неблагоприятная демографическая и социальная обстановка наблюдается в регионах, расположенных в крайне неблагоприятных природно-климатических условиях. Кроме того, в зонах с неблагоприятными условиями не располагается ни один регион с благополучной социальной обстановкой.

Самые климатически зависимые – показатели миграции и состояния здоровья населения, не случайно именно этим связям посвящены многочисленные исследования. Менее зависимы демографические показатели. Остальные из рассмотренных показателей следует отнести, скорее, к климатически нейтральным. Меньше всего от климатических условий зависят экономические показатели жизнедеятельности населения. В ряде случаев наблюдается инверсивный характер связи между социально-экономическими показателями и климатическими условиями (например, высокий миграционный приток населения в автономные округа на севере Тюменской области или положительный естественный прирост в расположенных в неблагоприятных природно-климатических условиях республиках в Сибири).

Отсутствие достаточно тесной связи между большинством социально-экономических показателей и климатическими условиями, а также инверсивный характер связи зачастую обусловлены

Глава 4. Влияние природно-климатических условий на жизнедеятельность населения

сильным влиянием экономического и этнического факторов, которые элиминируют или ослабляют влияние климатического фактора. Вместе с тем роль последнего возрастает, если направление его влияния совпадает с направлением влияния экономического фактора, что привело, в частности, к катастрофическому миграционному оттоку населения из северных регионов Сибири и Дальнего Востока. Таким образом, при исследовании воздействия климата и его изменений на жизнедеятельность населения необходимо учитывать, как действуют климатический и иные факторы – равно- или разнонаправленно.

Специфические региональные соотношения разных факторов иллюстрируют следующие примеры.

Если в неблагоприятных по природно-климатическим условиям регионах развиваются высокодоходные отрасли экономики, это способствует притоку населения, особенно в трудоспособных возрастах, что улучшает демографическую обстановку и большинство социально значимых показателей, в том числе состояние здоровья населения. Мы можем это наблюдать в таких регионах с суровым климатом, как Ненецкий, Ямало-Ненецкий и Ханты-Мансийский автономные округа.

В целом подтверждается закономерность, что население переезжает из регионов с плохим климатом туда, где климат лучше, однако миграционное поведение по-разному сочетается с особенностями естественного движения, особенно с рождаемостью.

Повышенная вследствие национальных традиций рождаемость в регионах с неблагоприятными природно-климатическими условиями (Якутия, Бурятия, Тыва) сглаживает показатели демографической ситуации, несмотря на миграционный отток. В регионах, где сочетаются благоприятные природные условия и наилучшие демографические показатели, особенно благодаря повышенной рождаемости вследствие незавершенного демографического перехода (республики Северного Кавказа), отмечается неблагоприятная экономическая обстановка и миграционный отток населения.

Благоприятные климатические условия во многих регионах Центральной России, а также Северо-Запада, Поволжья и Предуралья сочетаются с неблагоприятной социальной и экономической обстановкой. Определяющие здесь – демографические показатели. Происходивший еще в советские времена на протяжении десятилетий выезд активного населения, прежде всего молодежи, привел к деформации возрастной структуры, увеличению доли старших возрастных групп и, как следствие, резкому сужению воспроизводства. Лишь в наиболее экономически благополучных регионах наилучшие социально-экономические условия сочетаются с достаточно благоприятными (но не лучшими) климатическими условиями. Это прежде всего столичные и пристоличные регионы – Москва, Московская область, Санкт-Петербург и Ленинградская область, а также привлекательные для мигрантов Белгородская и Калининградская области.

Глава 5. Оценка воздействия потепления и социально-экономической обстановки на жизнедеятельность населения в районах с особыми климатическими условиями

5.1. Территории с особыми климатическими условиями как составная часть природного районирования территории России для жизнедеятельности населения

Территории (районы, местности) с особыми климатическими условиями определены рядом постановлений Правительства СССР и РФ, согласно которым устанавливаются государственные гарантии и компенсации для лиц, работающих и проживающих в районах Крайнего Севера, приравненных к ним местностях, южных районах Восточной Сибири и Дальнего Востока. Для оценки степени соответствия местоположения этих территорий существующей дифференциации природно-климатических условий, затрудняющих жизнедеятельность населения, они были сопоставлены со специальным районированием дискомфортности природных условий.

В рамках географического подхода известны несколько методик районирования. Одна из них базируется на природно-ландшафтной дифференциации территории, которая дает представление об ее основных естественных свойствах и богатствах, обеспечивающих и поддерживающих жизнедеятельность населения (его существование, сохранение здоровья, хозяйственно-экономическую деятельность) (Исаченко, 2001). Эта методика ориентирована на качественную характеристику степени затруднения жизнедеятельности в соответствии с типами природных ландшафтов и оценкой в каждом из них неблагоприятных (дискомфортных) и благоприятных (комфортных) природных условий. В этом случае границы зон дискомфортности строго соотносятся с границами зональных типов ландшафтов, которые остаются постоянными в течение многих десятилетий. Однако применение этой методики становится некорректным при быстром изменении климата. В такие периоды зональные ландшафты в силу своей большой инерционности не успевают отреагировать и их границы

почти не меняются, в то время как климатические условия жизнедеятельности могут измениться существенно.

Представленная в главе 2 методика районирования природных условий для жизни в разные климатические эпизоды оказывается более информативной в этом случае. Согласно методике степень затруднения природных условий для жизни оценивается с помощью очень чувствительного к изменениям климата интегрального показателя, оценивающего как природную (ландшафтную), так и климатическую составляющую дискомфортности. При этом интегральные оценки дискомфортности территорий не всегда строго согласованы с границами зональных типов ландшафтов, так как больше зависят от вклада меняющейся климатической составляющей. Таким образом, по изменению интегрального показателя становится возможным установить районы, в которых влияние климата на дискомфортность жизнедеятельности было более заметным.

Проанализируем с помощью рассмотренных выше методик соответствие районов (местностей) с особыми климатическими условиями современной ландшафтно-климатической обстановке. Для этого сравним при помощи наложения карты «Ландшафты России» (Исаченко, 2001) и «Территории РФ с особыми климатическими условиями» (рис. 5.1).

Районы Крайнего Севера и АЗРФ представлены арктическими, тундровыми, лесотундровыми, северотаежными, среднетаежными, а также горными ландшафтами. По оценке природных условий обитания (Исаченко, 2001) арктические ландшафты считаются абсолютно неблагоприятными (экстремальными), тундровые и лесотундровые – неблагоприятными (дискомфортными), северотаежные – малоблагоприятными, среднетаежные – переходными от малоблагоприятных к благоприятным. Таким образом, для районов Крайнего Севера характерен широкий диапазон природных условий, затрудняющих жизнедеятельность населения.

Глава 5. Оценка воздействия потепления и социально-экономической обстановки...

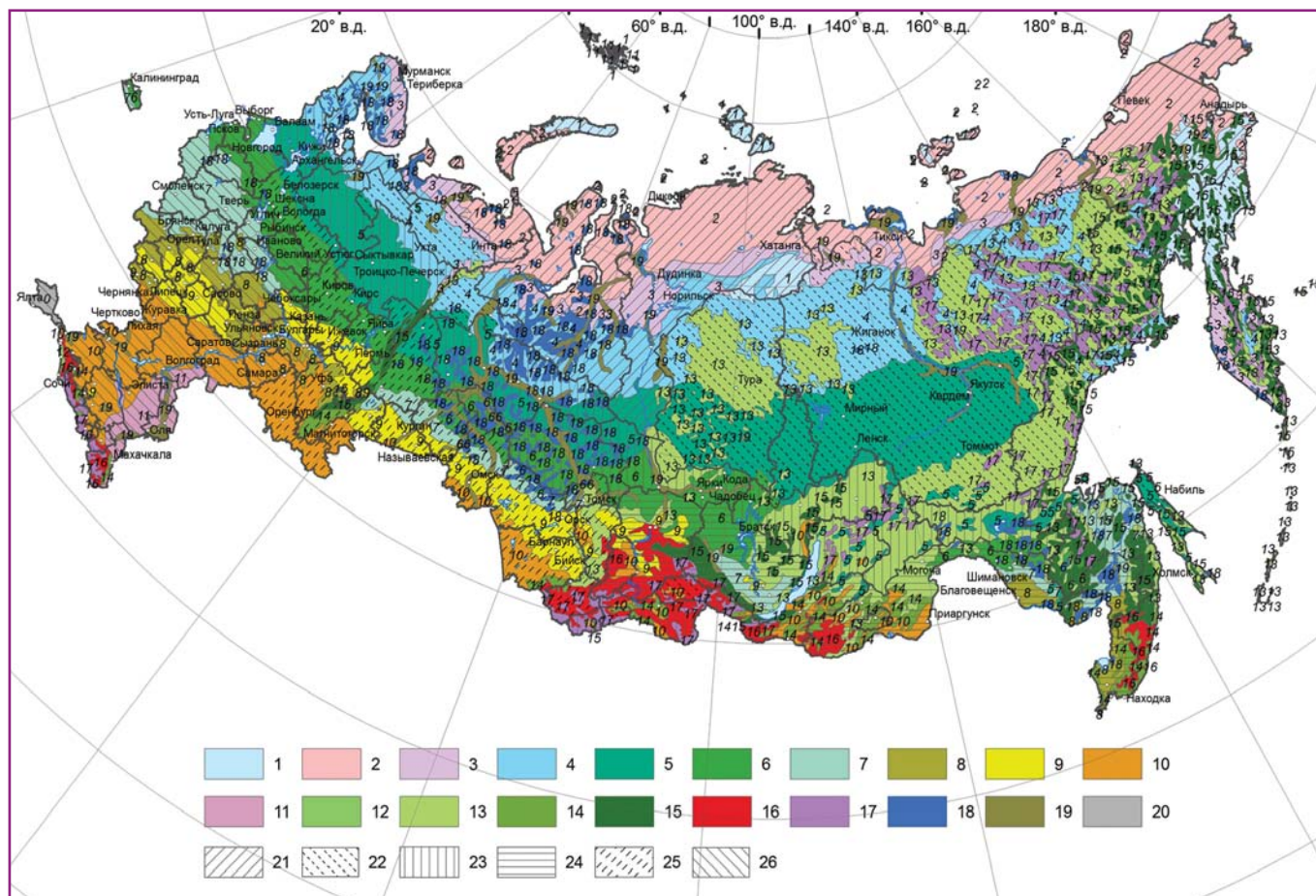


Рис. 5.1. Зональные ландшафты (Исаченко, 2001) и Местности с особыми климатическими условиями на территории Российской Федерации.

Ландшафты. Равнинные: 1 – арктические, 2 – тундровые, 3 – лесотундровые, бореальные: 4 – северотаежные, 5 – среднетаежные, 6 – южнетаежные, 7 – подтаежные; суббореальные: 8 – широколиственный-лесные, 9 – лесостепные, 10 – степные типичные и сухостепные, 11 – полупустынные и пустынные; предсубтропические: 12 – субсредиземноморские и влажные лесные; низкогорные: 13 – бореальные, 14 – суббореальные и предсубтропические; среднегорные: 15 – бореальные, 16 – суббореальные; 17 – высокогорные; гидроморфные комплексы: 18 – болота, 19 – речные долины и дельты, 20 – нет данных. Местности с особыми климатическими условиями: 21 – Сухопутные территории арктической зоны РФ, 22 – Районы Крайнего Севера, 23 – Местности, приравненные к районам Крайнего Севера, 24 – Южные районы Восточной Сибири и Дальнего Востока, 25 – Субъекты РФ, где применяются только районные коэффициенты, 26 – Субъекты РФ, не включенные в Местности с особыми климатическими условиями.

Местности, приравненные к Крайнему Северу, представлены в основном среднетаежными и низкогорными ландшафтами Восточной Сибири и Дальнего Востока. Они характеризуются по условиям обитания как переходные от малоблагоприятных к благоприятным, т.е. дискомфортность природных условий сохраняется.

В перечень «Местностей» включены также южные районы Восточной Сибири и Дальнего Востока. Они представлены преимущественно южнетаежными и подтаежными ландшафтами, с условиями обитания близкими к оптимальным, но не комфортными.

И, наконец, в «Местности» входят субъекты РФ, где применяются только районные коэффициенты. Они расположены в южнетаежных, лесостепных и степных ландшафтах с условиями близкими к оптимальным или оптимальными.

Таким образом, рассмотренные районы с особыми климатическими условиями характеризуются широким спектром значимых для жизнедеятельности населения негативных природных условий. Их дифференциация не противоречит современной природно-ландшафтной обстановке на территории России.

Оценка воздействия потепления на дискомфортность природных условий для жизни

5.2. Оценка воздействия потепления на дискомфортность природных условий для жизни

Применительно к районам с особыми климатическими условиями рассмотрим воздействие потепления на условия жизнедеятельности в период 2001–2010 гг. по отношению к климату 1961–1990 гг. Для этого сравним две карты районирования территории по природно-климатическим условиям жизни за периоды 1961–1990 гг. и 2001–2010 гг. с районами с особыми климатическими условиями (рис. 5.2а, б).

В каждом районе с особыми климатическими условиями потепление проявляется в сокращении площадей с наихудшими условиями (в среднем на 25%) и формированием на их месте менее дискомфортных условий. Это несомненно свидетельствует о положительном воздействии потепления на жизнедеятельность населения.

Негативный эффект потепления проявляется в районах с распространением многолетней мерзлоты, где наблюдается ее таяние и существенное уменьшение несущей способности многолетнемерзлых грунтов (Второй оценочный..., 2014). Опасность для жизнедеятельности населения состоит в деформировании и разрушении объектов инфраструктуры. Наблюдаемое повышение экстремальности климата (волны тепла, наводнения, засухи) еще более усиливает негативные последствия для жизнедеятельности. Одновременно повышается риск возникновения природно-очаговых заболеваний в условиях повышения температуры воздуха и воды в теплые сезоны года. Рассмотренные сценарии антропогенного потепления показывают, что дальнейшее сокращение наихудших условий жизнедеятельности в каждом из районов с особыми климатическими условиями маловероятно.

Установленные положительные и отрицательные эффекты потепления в конкретных районах в целом не противоречат существующему применению социальных и государственных гарантий и компенсаций для лиц, работающих и проживающих в районах Крайнего Севера, приравненных к ним местностях, южных районах Восточной Сибири и Дальнего Востока. Однако они свидетельствуют о необходимости учета социально-экономической обстановки в подготовке общей оценки последствий для жизнедеятельности населения. При этом социально-эко-

номические факторы могут стать решающими для развития территорий с особыми климатическими условиями.

5.3. Социально-географическое пространство на территориях с особыми климатическими условиями

В перечень местностей, которые обозначены как «Территории Российской Федерации с особыми климатическими условиями», вошли регионы севера европейской части, Предуралья и Урала, а также вся азиатская часть страны – всего 40 субъектов РФ из 85. Природно-климатические условия в них сильно различаются. В южной части этой зоны неблагоприятность природно-климатических условий может выражаться не столько в пониженном температурном фоне, сколько в неустойчивом режиме увлажнения (засухи и наводнения) в нахождении в гористой местности. Это влияет, например, на условия строительства и ведения сельского хозяйства.

Рассмотрим, как проявляются отдельные составляющие социально-географического пространства на территориях с особыми климатическими условиями.

На территории Арктической зоны РФ и в районах Крайнего Севера расположены регионы, в которых произошло наибольшее сокращение населения за период с 1990 г. Северо-восточные регионы – Чукотский АО и Магаданская область потеряли около 2/3 всего населения, Камчатский край, Сахалинская область, Таймырский и Эвенкийский АО – около 1/3 (см. рис. 4.2). Среди районов Европейского Севера России максимальное сокращение населения отмечено в Мурманской области и в Республике Коми – также около 1/3 всей численности. Таким образом, можно отметить, что крайняя дискомфортность климата, безусловно, влияет на жизнедеятельность населения – люди уезжают в регионы с более комфортными условиями. Единственным исключением в этом перечне являются автономные округа Тюменской области – Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий. Несмотря на суровость климата, население в этих регионах растет высокими темпами. Объясняется это развитием газо- и нефтедобычи, и, соответственно, высокими доходами, что обеспечивает миграционный приток населения. В более южных регионах, расположенных на территориях с особыми климатическими условиями, также практически повсеместно население сокращается, кроме Башкирии в европейской части России (там применяются только районные коэффициенты), собствен-

Глава 5. Оценка воздействия потепления и социально-экономической обстановки...

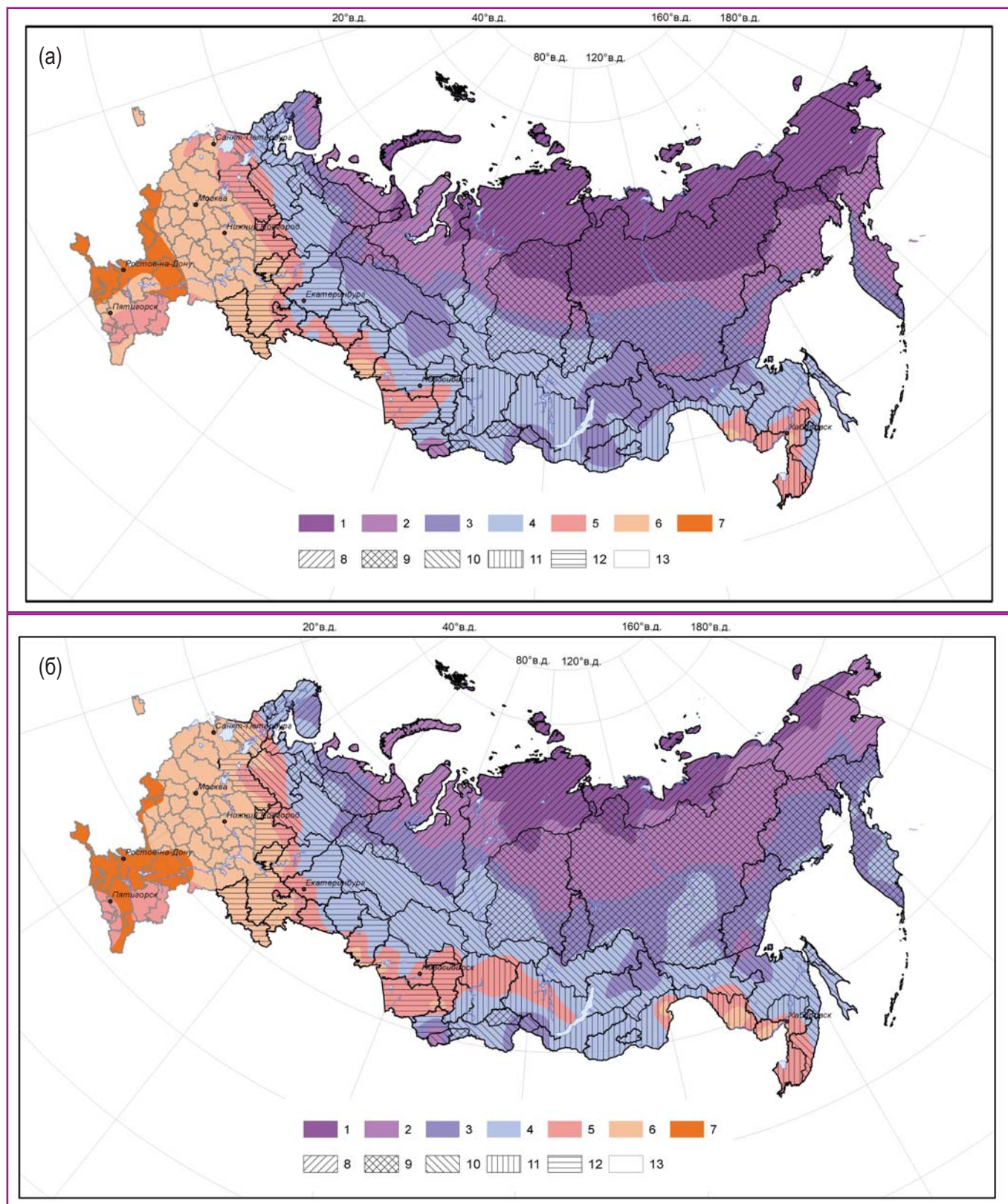


Рис. 5.2. Районирование территории Российской Федерации по природно-климатическим условиям жизнедеятельности населения и Местности с особыми климатическими условиями 1961–1990 гг. (а); 2001–2010 гг. (б). 1 – абсолютно неблагоприятная зона; 2 – очень неблагоприятная зона; 3 – неблагоприятная; 4 – условно неблагоприятная зона; 5 – условно благоприятная зона; 6 – благоприятная зона; 7 – наиболее благоприятная зона; 8 – Сухопутные территории Арктической зоны РФ, 9 – Районы Крайнего Севера, 10 – Местности, приравненные к районам Крайнего Севера, 11 – Южные районы Восточной Сибири и Дальнего Востока, 12 – Субъекты РФ, где применяются только районные коэффициенты, 13 – Субъекты РФ, не включенные в Местности с особыми климатическими условиями.

— Социально-географическое пространство на территориях с особыми климатическими условиями

но Тюменской области, Республик Алтай и Тыва и Агинского Бурятского АО.

Пространственное распределение показателей естественного движения и миграций населения (см. рис. 4.3 и 4.4) объясняет особенности динамики населения. Естественный прирост обусловлен в основном сбалансированной возрастной структурой населения с более высокой долей молодых возрастов (обычно это наблюдается в регионах с повышенным миграционным приростом) или этническим фактором (повышенная рождаемость в регионах с незавершенным демографическим переходом). Поэтому во многих регионах на азиатской территории России, расположенных в зоне Крайнего Севера и в местностях, приравненных к ним, наблюдается положительный естественный прирост. Сбалансированная возрастная структура определяет естественный прирост в Тюменской области, Красноярском и Камчатском краях, на Сахалине. К ним можно добавить Ненецкий АО на севере европейской части. Роль этнического фактора важна для Якутии, Бурятии, Чукотки, Республики Алтай и Тывы.

В северных регионах с положительным естественным приростом население сокращается вследствие постоянного миграционного оттока. Самые высокие показатели отрицательной нетто-миграции (коэффициент миграции превышает по модулю значение 50 на 10 тыс. человек постоянного населения) наблюдаются в Мурманской и Архангельской областях, Республике Коми и Ненецком АО, Якутии, в Чукотском АО, Магаданской области и Камчатской крае. В последние годы стал терять населения и Ямало-Ненецкий АО, ранее в течение длительного периода имевший миграционный прирост. Миграционный прирост на всей территории Красноярского края, вероятнее всего, статистический артефакт вследствие отсутствия данных по бывшим Таймырскому и Эвенкийскому АО после административного слияния его северных автономий и южной части края в единый субъект РФ. С очень большой степенью вероятности можно предположить, что северные районы края также имеют отрицательную нетто-миграцию. Для всех этих территорий справедливо утверждение, что люди переезжают из тех регионов с некомфортными (зачастую просто очень суровыми) климатическими условиями туда, где тепло. Отток населения испытывают и более южные регионы Восточной Сибири и Дальнего Востока, но здесь экономические причины преобладают над климатическими.

Климатически обусловленными в пространственном отношении являются также показатели, связанные со здоровьем населения. Так, уровень заболевае-

мости (см. рис. 4.5) практически во всех районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях значительно превышает среднероссийский уровень, достигая максимальных значений (превышение на 2/3) в Ненецком АО и на Чукотке. Средний уровень заболеваемости в бывших Таймырском и Эвенкийском округах, как и в случае миграционного прироста, скорее всего объясняется распространением на эти территории показателей по всему краю. В то же время в ряде регионов Крайнего Севера и приравненных к ним – Магаданской области и Хабаровском крае, а также в регионах, объединенных в группу «южных районов Восточной Сибири и Дальнего Востока» – Тыве, Бурятии, Забайкальском крае – уровень заболеваемости ниже, чем в среднем по России.

Такие демографические параметры, как смертность в трудоспособном возрасте (см. рис. 4.6) и количество умерших от самоубийств (см. рис. 4.7), высокие значения которых, безусловно, свидетельствуют о неблагоприятной социально-экономической обстановке, в целом зависят от многих самых различных факторов, хотя имеют и некоторую климатически обусловленную составляющую: в разделе 1.2.1 отмечается, что избыточные тепловые нагрузки вызывают психологический стресс, и могут вызывать рост числа насильственных преступлений. Максимальный показатель смертности в трудоспособном возрасте наблюдается в двух регионах, находящихся на территориях с особыми климатическими условиями – Чукотке и Тыве, повышен он и во многих других регионах этих территорий, а в северных автономиях Тюменской области – ХМАО и ЯНАО его значения намного лучше, чем в среднем по стране. Большое количество погибших от самоубийств, которые являются одной из главных внешних причин смертей, отражают неблагоприятное социальное окружение. Регионы и макрзоны неблагоприятия по этому показателю – во многом те же, что и по предыдущему, в основном они сконцентрированы на территориях с особыми климатическими условиями. Максимальные значения зафиксированы на Чукотке (почти в 4 раза выше, чем в среднем по стране), Приамурье, Забайкалье, Республике Алтай. При этом в таких регионах Севера и Дальнего Востока, как Мурманская область, ХМАО, Магаданская область, Камчатка, Хабаровский край количество самоубийств невелико и составляет менее половины от среднероссийского уровня. Так что далеко не все определяется здесь климатическими условиями.

Что касается экономических показателей, то их уровень в большинстве регионов, расположенных на территориях с особыми климатическими условиями,

Глава 5. Оценка воздействия потепления и социально-экономической обстановки...

намного выше, чем в среднем по России. Объясняется это развитием в этих регионах высокодоходных сырьевых отраслей экономики. Так, величина ВРП именно в регионах Крайнего Севера и приравненных к ним имеет максимальные показатели по стране. Прежде всего это регионы, в которых добывается нефть и газ – НАО, ХМАО, ЯНАО, Сахалин, а также другие северные регионы с повышенной долей сырьевых отраслей в структуре экономики – Мурманская область, Республика Коми, собственно Тюменская область, Красноярский край, Якутия, Чукотка, Магаданская область и Камчатка. В более южных районах Сибири и Дальнего Востока, где доля сырьевых отраслей в экономике ниже – Хабаровском и Приморском краях, Приамурье, Забайкальском крае, Иркутской области, южных областях Западной Сибири – уровень ВРП ниже, чем в среднем по стране, а Курганская область, Алтайский край, Республика Алтай, Тыва и Бурятия входят в группу с самыми низким ВРП (менее половины от среднероссийского уровня, см. рис. 4.10).

Показатели, характеризующие финансовые условия жизни населения – доходы – в значительной степени зависят от уровня развития экономики в регионе. Анализируемые показатели – среднедушевые доходы, скорректированные на величину прожиточного минимума (см. рис. 4.8), и доля населения с денежными доходами ниже величины прожиточного минимума (см. рис. 4.9) во многом дополняют друг друга, показывая обратную зависимость – чем выше уровень среднедушевых доходов, тем меньше населения за чертой бедности. Регионы-лидеры по уровню среднедушевого дохода – ЯНАО, НАО и Чукотка расположены в районах Крайнего Севера, там же – минимальная доля населения с доходами ниже прожиточного минимума. Регион-аутсайдер также по обоим показателям совпадает – это Тыва, расположенная в Южной Сибири. Необходимо отметить, что ряд регионов, расположенных в южной части Сибири и Дальнего Востока, входят в число самых неблагополучных как по показателям смертности, так и по экономическим показателям.

5.4. Транспортная обеспеченность как фактор среды жизнедеятельности населения

Транспортная доступность/обеспеченность отражается на многих социально-экономических показателях функционирования территории. От ее уровня зависит степень развития региона, его экономический потенциал, комфортность жизни населения. Повышение транспортной доступности в субъектах РФ – одна из приори-

тетных задач, декларируемая в Транспортной стратегии РФ и других целевых программах развития страны. В то же время единого определения термина «транспортная доступность» не существует, как нет и единой методики определения ее уровня. Показателями транспортной доступности (и зачастую ее синонимами) в зависимости от цели работы служат обеспеченность территории путями сообщения, грузо- и пассажирооборот, затраты времени на перевозку, ценовая доступность транспортных услуг, качество путей сообщения и др. (Иванов, 2013). В данном разделе проведено сравнение транспортной обеспеченности (ТО) субъектов РФ и их природно-климатических условий.

Для оценки транспортной обеспеченности территории чаще всего применяют два простых показателя – густоту сети дорог относительно площади (длина путей сообщения в километрах на 100 км² территории) и населения (длина путей сообщения в километрах на 10 тыс. жителей), которые позволяют сравнивать ТО различных стран или регионов. Однако эти показатели могут давать искаженное представление об уровне ТО для территорий с высокой или, напротив, низкой плотностью населения. Для решения этой проблемы применяют коэффициент Энгеля – Юдзуру Като, рассчитываемый по формуле:

$$D = L / \sqrt{(S * H)}, \quad (5.1)$$

где L – длина путей сообщения в регионе для конкретного вида транспорта (км), S – площадь региона (сотни км²), H – численность населения (дес. тыс. чел.).

В (Ушаков, Василевский, 1971) авторы для определения транспортной обеспеченности различных стран предлагают рассчитывать общую длину путей сообщения путем суммирования длин путей для разных видов транспорта со следующими коэффициентами: железная дорога – 1, автомагистраль – 0.45, обычное шоссе – 0.15, речной путь – 0.25, магистральный газопровод – 0.30, нефтепровод – 1, водные пути – 1. В целях упрощения расчетов, а также учитывая, что за прошедшие 40 лет значение автомобильных дорог на территории России сильно выросло (по данным за 2015 г. в среднем для России пассажирооборот автобусного парка примерно равен пассажирообороту железной дороги), в данном анализе коэффициенты не используются. Длина путей сообщения в регионе (L) рассчитывается как сумма протяженности автомобильных дорог с твердым покрытием, железных дорог и водных путей для каждого из субъектов РФ, исключая Москву и Санкт-Петербург, а также Крым, по которому в используемой базе Федеральной службы статистики

Транспортная обеспеченность как фактор среды жизнедеятельности населения

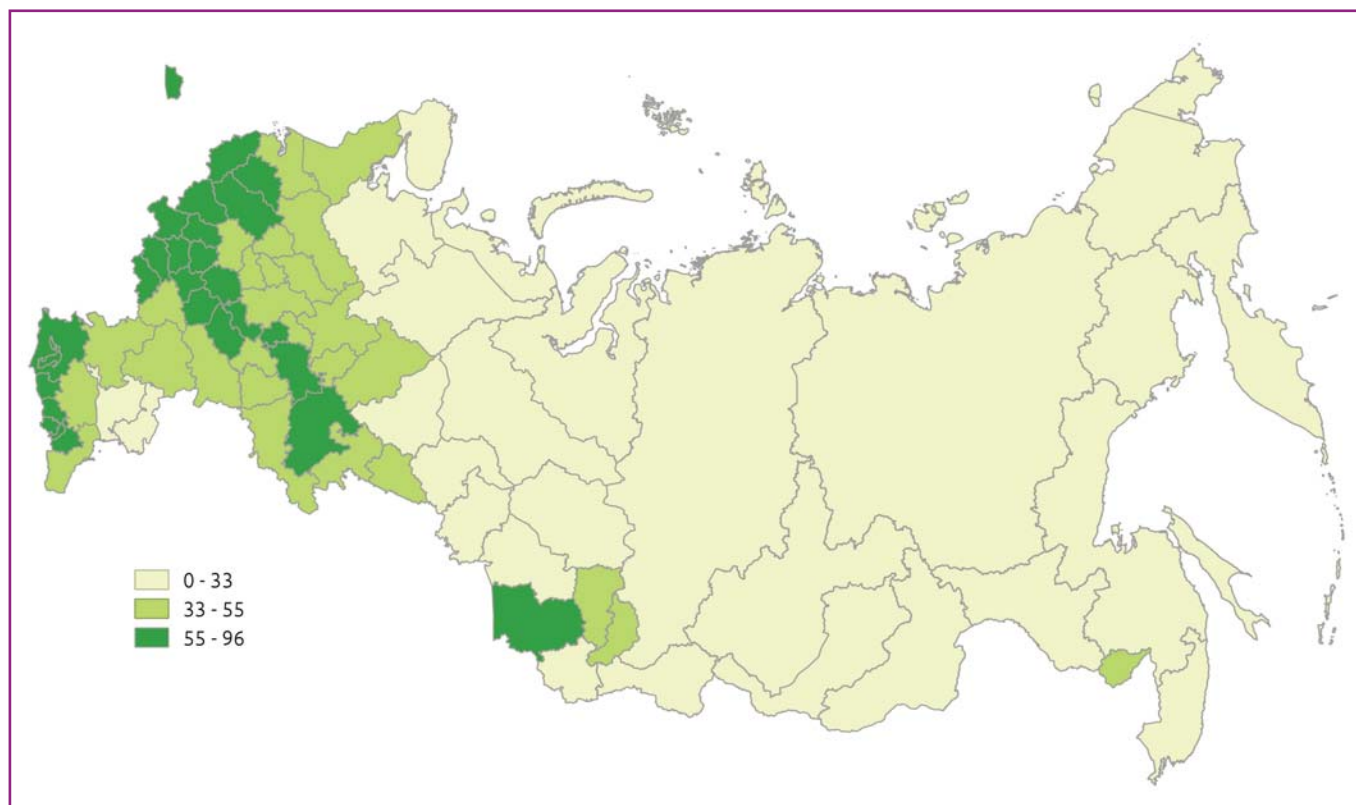


Рис. 5.3. Коэффициент транспортной обеспеченности Энгеля – Юдзуру Като для автомобильных дорог, железнодорожных и водных путей сообщения в субъектах РФ, 2015 г.

(<http://www.gks.ru>) отсутствуют данные по протяженности путей.

Таким образом, для каждого субъекта РФ по данным за 2015 г. рассчитан коэффициент Энгеля – Юдзуру Като, и в зависимости от его значения был определен уровень транспортной обеспеченности: неудовлетворительный (D менее 33), удовлетворительный (33–55), хороший (более 55) (рис. 5.3).

В целом ЕТР относительно хорошо обеспечена транспортными путями, за исключением севера, а также Астраханской области и Калмыкии, в которых при относительно большой численности населения плотность путей сообщения низкая. Высокая транспортная обеспеченность в западных приграничных субъектах РФ, в большей части северокавказских республик с высокой плотностью населения, а также в Башкортостане, Татарстане и Нижегородской области, развитым в экономическом отношении. Территории Московской и Ленинградской областей находятся в средней градации ТО, несмотря на развитую транспортную сеть, за счет очень большого населения. Практически вся Азиатская часть страны имеет неудовлетворительную ТО. Удовлетворительная ТО отмечена в Еврейской АО (что связано с прохождени-

ем через нее Транссибирской магистрали при малочисленном населении и относительно небольшой площади), индустриальной Кемеровской области и Республике Хакасия с развитой сетью железных дорог. Алтайский край, единственный из субъектов восточной части страны, входит в верхнюю градацию транспортной обеспеченности. В этом регионе хорошо развита сеть как автомобильных дорог (через его территорию проходят несколько трасс федерального значения), так и железнодорожных и водных путей. Таким образом, большая часть России неудовлетворительно обеспечена путями сообщения.

Методика сравнения транспортной обеспеченности субъектов РФ и их природно-климатических условий аналогична методике, использованной в главе 4 для оценки связи пространственного распределения демографических и социально-экономических показателей и природных условий жизни населения (см. раздел 4.5). Природные условия жизни населения были сгруппированы в три зоны: с неблагоприятными природно-климатическими условиями (А), нейтральными (В) и благоприятными (С). Каждому субъекту РФ был присвоен индекс по степени благоприятности природных условий проживания – А, В или С. Поскольку многие

Глава 5. Оценка воздействия потепления и социально-экономической обстановки...

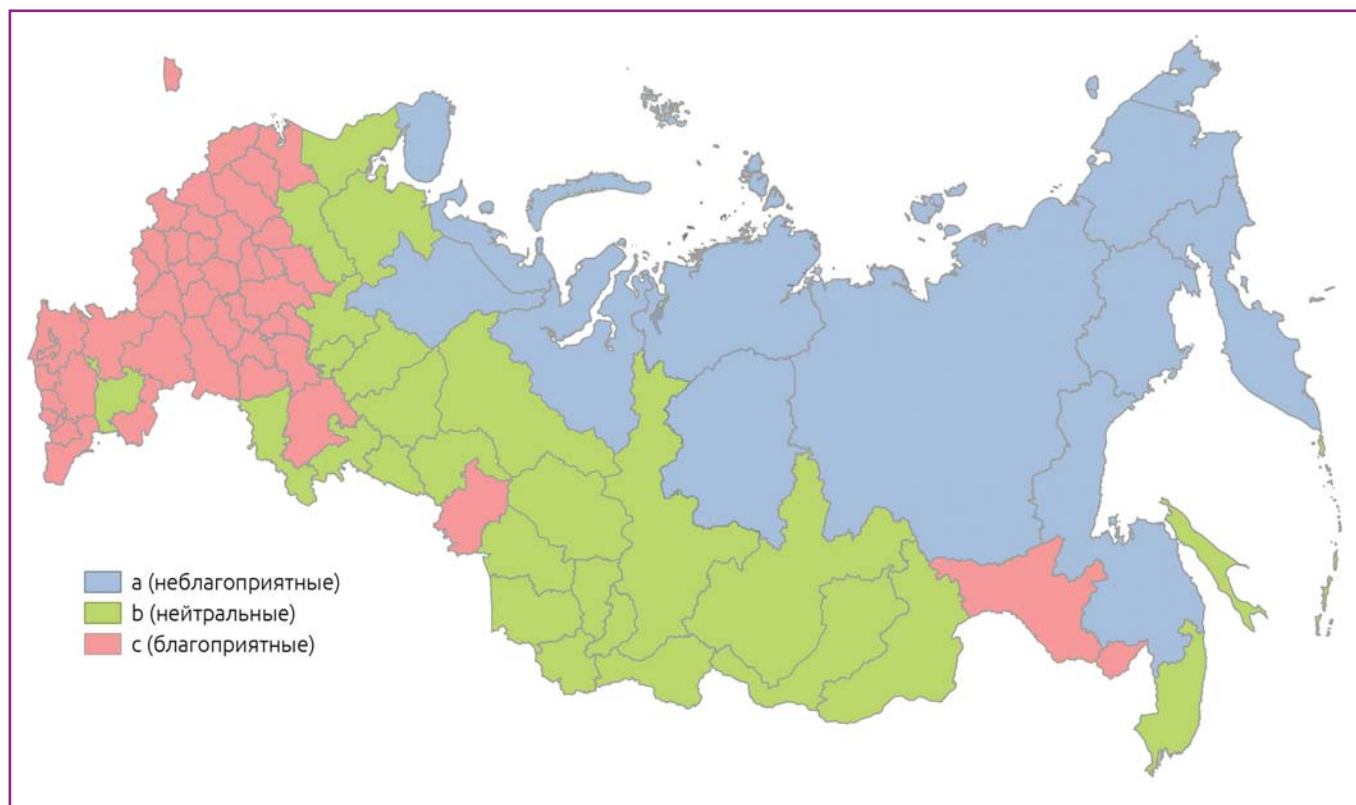


Рис. 5.4. Разделение субъектов РФ по степени благоприятности природно-климатических условий.

Таблица 5.1. Типы сочетаний природно-климатических условий и транспортной обеспеченности субъектов РФ

Категория зоны по природно-климатическим условиям	Транспортная обеспеченность		
	Неудовлетворительная (1)	Удовлетворительная (2)	Хорошая (3)
Неблагоприятные (a)	1a	2a (отсутствует)	3a (отсутствует)
Нейтральные (b)	1b	2b	3b
Благоприятные (c)	1c	2c	3c

территориально крупные субъекты попадают в разные климатические зоны, отнесение их к одной из трех групп по природным условиям было произведено с некоторыми допущениями (рис. 5.4).

Потенциально существуют девять типов регионов по сочетанию показателей транспортной обеспеченности и природных условий жизнедеятельности населения (табл. 5.1).

Однако регионы с удовлетворительной и хорошей транспортной обеспеченностью в неблагоприятной природной зоне отсутствуют. Таким образом, каждый субъект РФ оказывается в одном из 7 типов. На

рис. 5.5 тип природных условий показан цветом, а тип ТО – яркостью каждого из использованных цветов (от бледного оттенка для неудовлетворительной транспортной доступности до яркого для хорошей).

Транспортная обеспеченность регионов достаточно хорошо сочетается с природно-климатическими факторами. Все регионы, находящиеся в неблагоприятной природной зоне, имеют низкую густоту транспортной сети. В первую очередь это связано с дискомфортом природно-климатических условий и обусловленной этим небольшой плотностью населения. В нейтральной природной зоне на ЕТР находятся субъекты

РФ с удовлетворительной транспортной обеспеченностью (кроме Республики Коми, входящей в нижнюю градацию). Регионы азиатской части в нейтральной зоне имеют низкую плотность транспортной сети (кроме отмеченных выше Кемеровской области, Хакасии и Алтайского края с их высокой для этой части страны плотностью путей сообщения). В благоприятной природно-климатической зоне на европейской части страны находятся регионы с высокой транспортной обеспеченностью (западные части ЕТР и юга России) и средней – остальная часть территории. На азиатской части России в благоприятной зоне расположены Еврейская АО и Амурская область, имеющие в отличие от соседних субъектов удовлетворительную, а не низкую ТО.

Таким образом, можно сделать вывод, что природно-климатические условия оказывают большое влияние на транспортную обеспеченность территории. На европейской части страны градации ТО зачастую совпадают с градациями природно-климатических зон. Практически вся азиатская часть России имеет в основном низкую транспортную обеспеченность, регионы с высокой плотностью путей сообщения находятся в нейтральной и благоприятной природно-климатических зонах.

5.5. Перспективные направления исследований

Один из итогов предпринятого в данном проекте сопряженного анализа природно-климатических условий и особенностей социально-географического пространства состоит в том, что наряду с содержательными результатами обозначились лакуны, заполнение которых может служить целью и определять направления дальнейших исследований.

Социально-географическое пространство России можно рассматривать как совокупность региональных демографических и социально-экономических обстановок. Анализ показал, что между природно-климатическими условиями и социально-географическим пространством существуют взаимосвязи, причем степень влияния природно-климатических условий на жизнедеятельность населения пространственно дифференцирована: в одних местностях оно проявляется сильнее, в других – слабее. Различия определяются не только особенностями самих условий, степенью их дискомфорта, что очевидно, но также социально-экономическими особенностями территорий. Кроме того, различается влияние на разные стороны социально-географического пространства – отклик демографической и социально-экономической обстановки

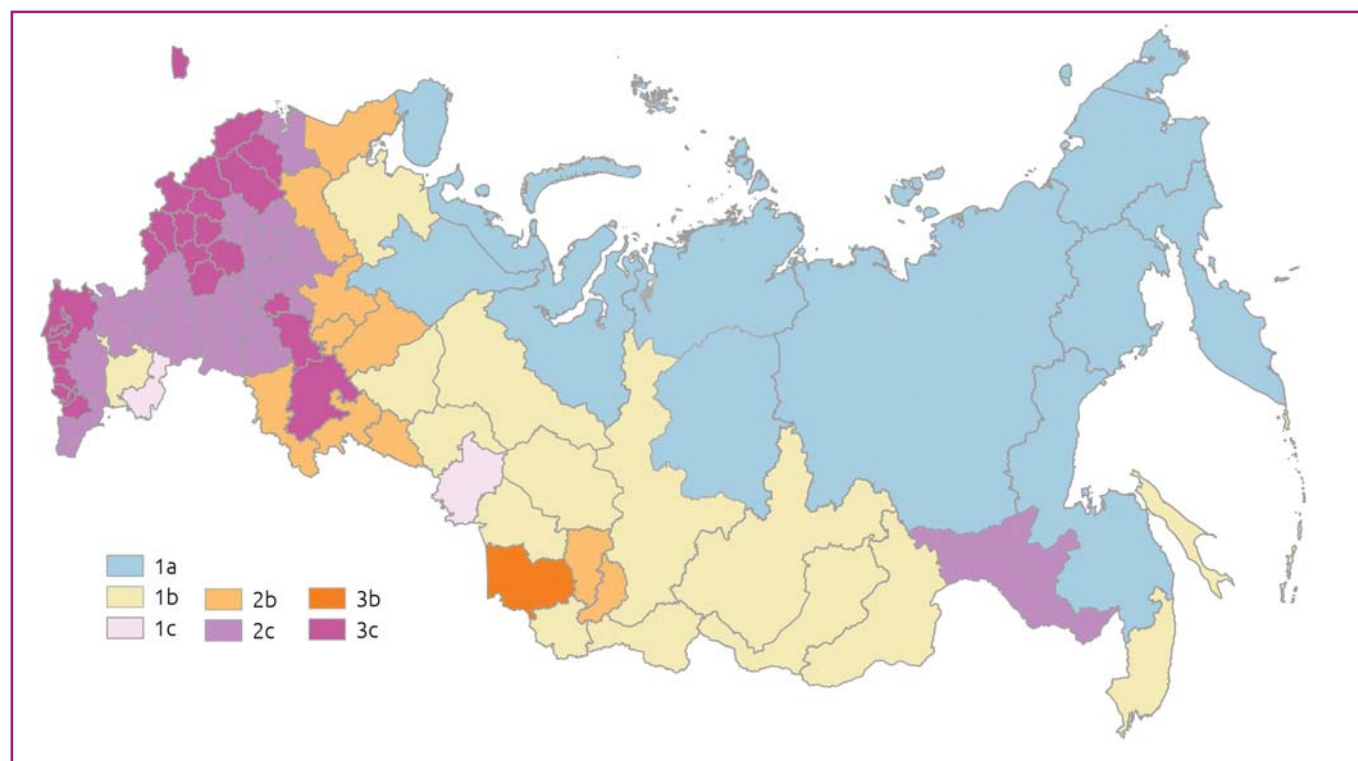


Рис. 5.5. Типы сочетаний транспортной обеспеченности и природно-климатических условий (типы см. табл. 5.1).

Глава 5. Оценка воздействия потепления и социально-экономической обстановки...

может быть разным по силе. Таким образом, прямые связи – это влияние природно-климатических условий на социально-географическое пространство. Обратные связи – это зависимость оценки природно-климатических условий для жизнедеятельности населения от особенностей социально-экономической обстановки на данной территории.

Многофакторность взаимосвязей между природно-климатическими условиями жизнедеятельности населения и социально-географическим пространством приводит к необходимости более дифференцированного анализа. Детализация должна касаться как территориального аспекта, так и исследуемых параметров.

Для сопряженного анализа с природно-климатическими условиями составляющие социально-географического пространства – демографическая и социально-экономическая обстановка рассматривались в разрезе регионов на основе соответствующих статистических показателей. Вместе с тем известно, что в социально-экономическом отношении внутренняя неоднородность регионов в России не меньше, чем различия между регионами. Особенно это характерно для территорий с экстремальными природными условиями – чем больше они отличаются от средних, типичных, тем

значительнее роль местных условий, а также для больших по площади субъектов РФ. И то, и другое как раз относится к регионам, расположенным в местностях с особыми климатическими условиями. Кроме того, административные границы субъектов РФ совпадают с границами природно-климатического зонирования крайне редко. Рассмотрение составляющих социально-географического пространства по более дробным, нежели субъекты РФ, территориальным единицам – муниципальным районам и городам, позволит частично преодолеть названные выше изъяны методики. Трудность реализации такого подхода состоит в том, что официальная российская статистика весьма слабо обеспечивает показателями муниципальный уровень. Тем не менее базовые демографические, социальные и экономические показатели могут быть доступны.

Приведем для примера лишь пару карт, составленных по муниципальным образованиям и любезно предоставленных нашими коллегами из Института географии РАН. На рис. 5.6 показана динамика численности населения за 2003–2016 гг. по муниципальным образованиям верхнего уровня (муниципальным районам и городским округам). Сравнение данной картограммы с

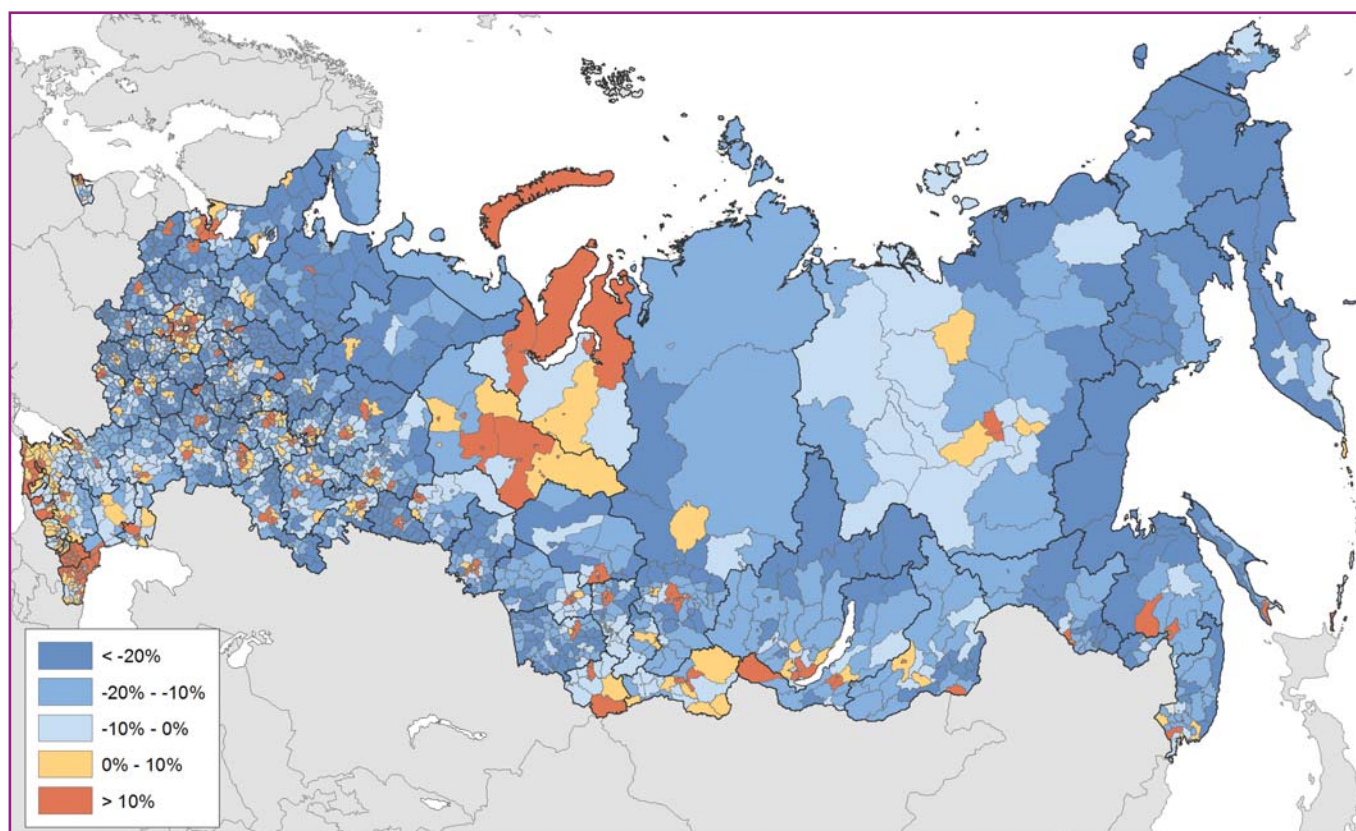


Рис. 5.6. Изменение численности населения в муниципальных районах и городских округах за 2003–2016 гг., %. Составлено Е.А. Денисовым.

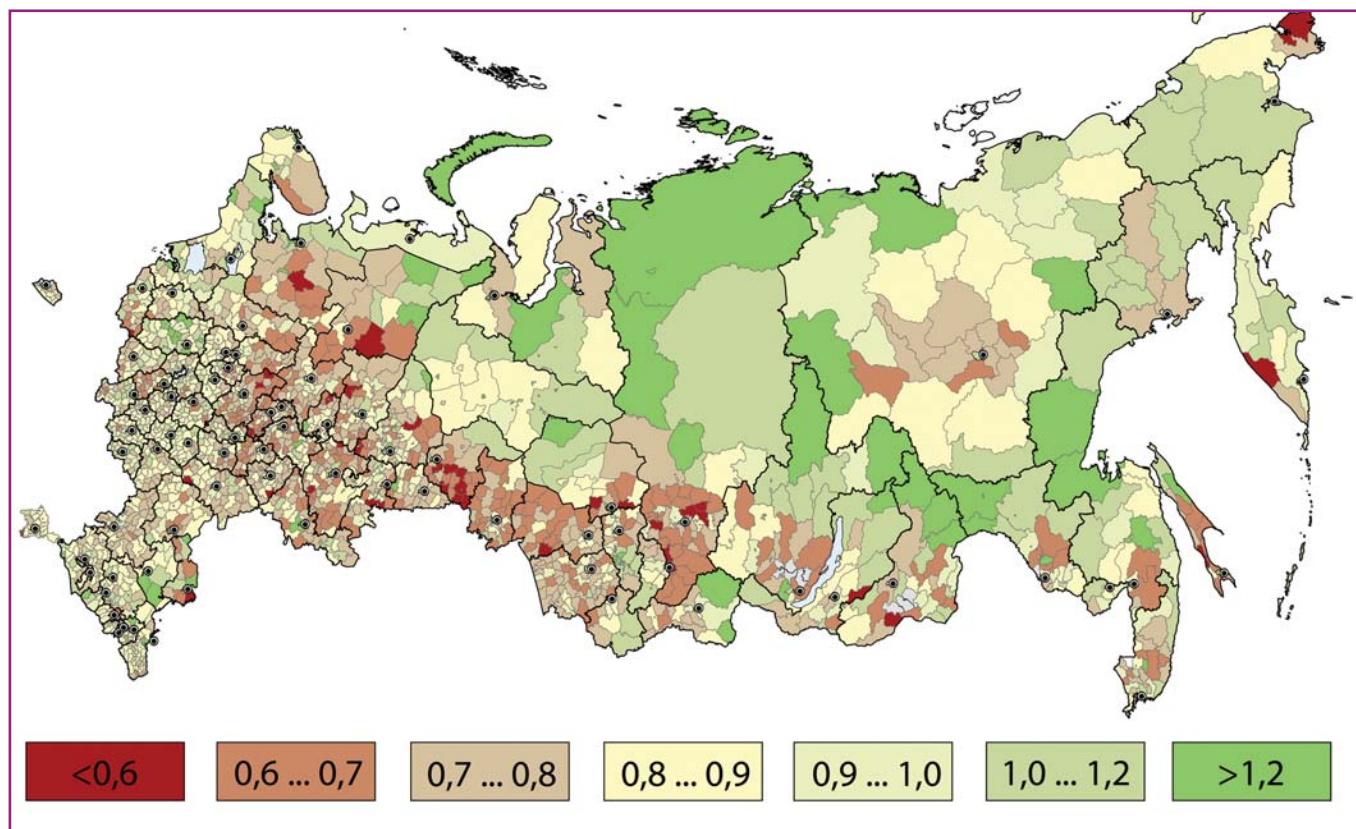


Рис. 5.7. Отношение заработной платы в муниципальных районах и городских округах к средней по региону в 2016 г. Составлено Е.В. Антоновым.

картограммой по субъектам РФ (см. рис. 4.2) показывает, что среднее значение по каждому региону лишь условно может характеризовать всю его территорию. Если рассматривать местности с особыми климатическими условиями, то, например, в пределах Чукотского АО отмечено три отрицательных градации показателя динамики (в зависимости от доли коренного населения в районе), а в пределах Якутии, Ханты-Мансийского и Ямало-Ненецкого АО – и положительные, и отрицательные градации (в зависимости от географического положения и хозяйственной специализации района), хотя в целом в Якутии наблюдалось сокращение численности населения, а в тюменских округах – рост. Столь же мозаичная картина по показателю отношения заработной платы в муниципальных образованиях к среднему значению в регионе (рис. 5.7); эту картограмму можно сравнить с рис. 4.8.

Из сопоставления рис. 5.6 и 5.7 с рис. 2.1 видно, что использование для сопряженного анализа природно-климатических условий и демо-социально-экономической обстановки районирования, основанного не на региональной, а на муниципальной статистике с соответствующей более дробной сеткой территориальных единиц, позволило бы делать меньше допущений при

отнесении территорий к тем или иным типам, представленным в табл. 4.1. Следует обратить внимание, что на муниципальном уровне используемые для характеристики социально-географического пространства показатели могут быть частично иные, нежели показатели, характеризующие региональный уровень. Особенно это касается социальных и экономических показателей.

Углубление территориально дифференцированного подхода связано также с включением в анализ расселения. Несмотря на то, что расселение – полимасштабная категория, исследования его взаимосвязей с природно-климатическими условиями могут быть продуктивными именно на внутрирегиональном и локальном уровнях. Анализ влияния природно-климатических условий на демографические и социально-экономические параметры в аспекте расселения будет означать учет динамики конкретных населенных пунктов: динамики численности населения и его различных структур, изменения естественного и особенно механического движения населения – миграций жителей, динамики занятости, трансформации селитебных территорий и градостроительной среды.

Глава 5. Оценка воздействия потепления и социально-экономической обстановки...

Пробные, самые предварительные исследования трансформации локального расселения с учетом особенностей природно-климатических условий были проведены на примере двух местностей. Для анализа выбраны территории с одинаковой хозяйственной специализацией, утраченной в 1990-е годы, но расположенные в регионах с благоприятными и неблагоприятными условиями. Проведено сопоставление социально-экономической ситуации в бывших горнорудных поселках в Северной Осетии и Чукотском АО. Исследовательская гипотеза состояла в том, что судьба поселков после закрытия предприятий вследствие нерентабельности добычи будет разной в зависимости от того, в каких природно-климатических условиях они расположены. Если на севере в районах с суровым и холодным климатом у монопрофильных поселков нет потенциала для трансформации функций и возрождения, то на юге, в частности на Северном Кавказе, где теплый климат, богатые ландшафты и благоприятная среда проживания, могут развиваться другие, в том числе новые, функции (рекреационная и сельскохозяйственная).

Однако полевые исследования и анализ статистической и нормативно-правовой информации по Северной Осетии показали, что на территориях бывших поселков при предприятиях по добыче и переработке руд цветных металлов новые функции не появились, поселки почти полностью обезлюдели. Таким образом, если при закрытии поселков в Чукотском АО суровые климатические условия влияли в том же направлении, что и экономические обстоятельства, и в результате миграционный отток населения стал следствием действия обоих факторов, то благоприятные климатические условия в Северной Осетии не могут перевесить неблагоприятную экономическую конъюнктуру, и климатический фактор проигрывает экономическому.

Вместе с тем некоторые населенные пункты здесь с традиционной сельскохозяйственной специализацией, несмотря на наблюдающееся сокращение численности населения вследствие миграционного оттока, все же развиваются. Более того, потепление климата привело к увеличению площади лугов и пастбищ, что в определенной степени способствует развитию скотоводства. Положительную роль в развитии сельских населенных пунктов играет потенциал местных сообществ, обусловленный этническим фактором. В этом отношении ситуация в традиционных сельских сообществах в Северной Осетии близка к ситуации в Чукотском АО. Суровые климатические условия не

мешают там коренному населению, его численность растет, и ни один национальный населенный пункт не был ликвидирован (Литвиненко, 2013). Таким образом, в пределах локальных территорий, как и на региональном уровне, благоприятные климатические условия зачастую проигрывают неблагоприятным экономическим, и расселение подвержено отрицательным трансформациям (о более сильной роли социального фактора, в частности доходов населения, по сравнению с климатическим во влиянии на болезни системы кровообращения говорится в разделе 1.2.5). Вместе с тем роль климатического фактора возрастает, если он влияет в одном направлении с экономическим, что привело, в частности, к катастрофическому миграционному оттоку населения с севера-востока России. Однако названные соотношения изменяются, если параллельно действует этнический фактор, который преломляет или смягчает негативное воздействие природно-климатических условий.

Как было отмечено в разделе 4.1, одни и те же природно-климатические условия по-разному воспринимаются людьми разного возраста, коренным и пришлым населением, мигрантами с разным стажем пребывания в данной местности, людьми разных профессий; разные категории населения предъявляют разные требования к природно-климатическим условиям. Поэтому оценка условий по степени дискомфорта должна строиться с учетом особенностей их восприятия и сочетать в себе природно-климатические и демографические (а также некоторые социальные) параметры (этнический состав населения, возрастная структура и т.п.). Кроме того, при оценке должны учитываться особенности расселения на данной территории: городское или сельское, размеры населенных пунктов, плотность населения (или его численность), поскольку эти характеристики влияют, в частности, на объем необходимых технических и финансовых средств, которые требуются для компенсации дискомфорта. Такой подход позволит в пределах каждой зоны дискомфорта выделить ареалы, различающиеся по восприятию дискомфорта, т.е. дополнительно дифференцировать каждую зону. На этой основе возможна разработка предложений по коррекции зонирования территории с особыми климатическими условиями, на которой действуют государственные гарантии и компенсации для лиц, работающих и проживающих в данных районах.

Фактически исследование в этом направлении уже начато в данном проекте, но пока не в пространственном плане. В разделе 1.2.5 анализируется совместное влияние социальных факторов (уровень

Перспективные направления исследований

жизни и развитие здравоохранения) и междусуточных перепадов температуры и давления на смертность населения от болезней системы кровообращения. Вместе с тем эта попытка показала, как трудно провести совместный факторный анализ климатических и социальных показателей в силу их разной изменчивости.

Для выявления особенностей восприятия климатических условий и их изменений важны опросы населения (см. например, Мкртчян и др., 2017). Первые пробные беседы в рамках проекта в местностях с особыми климатическими условиями показали, что восприятие

людьми климатических событий очень индивидуально. Следовательно, требуется тщательно разработать программу опросов для уменьшения влияния субъективного фактора.

Таким образом, учитывая продуктивность подходов, использованных в данном проекте, и полученные результаты, дальнейшие направления исследований должны состоять в увеличении степени территориальной дробности анализа, учете особенностей восприятия разными категориями населения климатических явлений и уточнении районирования климатических условий и изменений климата.

Заключение

Подведем некоторые итоги комплексного исследования воздействия изменений климата на жизнедеятельность населения в России. В основе этих исследований лежит географический подход. Он опирается на изучение особенностей современной ландшафтно-климатической обстановки, проявлений глобального потепления и сложившегося социально-географического пространства в стране. В качестве методического приема используется районирование природно-климатических условий жизнедеятельности населения с помощью чувствительного к изменениям климата интегрального показателя, оценивающего сравнительно медленно меняющуюся ландшафтную составляющую дискомфорта и быстро меняющуюся климатическую.

Проведена оценка позитивных и негативных последствий продолжающегося потепления для жизнедеятельности населения. Потепление заметно изменило распределение дискомфортных условий жизнедеятельности в стране. В 1961–1990 гг. неблагоприятные территории занимали 63% площади страны, а в 2001–2010 гг. они сократились до 50%. Южная граница неблагоприятных территорий местами сместилась к северу на первые сотни километров. Одновременно увеличилась площадь в европейской части России нейтральной условно неблагоприятной зоны, включающей теперь среднетаежные и часть северотаежных ландшафтов. Также наблюдалось расширение благоприятной зоны в основном на Европейской территории страны.

В период потепления 1991–2010 гг. произошло смягчение дискомфорта. Оно было связано с ослаблением суровости климата: уменьшением суммы отрицательных температур и числа дней с очень низкими температурами, а также с ростом суммы активных температур и увеличением безморозного периода. Как следствие повышения температуры уменьшилась дискомфортность в холодное время года, что привело к сокращению количества заболеваний, вызванных переохлаждением в условиях экстремально низких температур.

Ослабление климатической дискомфортности на территории России в результате дальнейшего потепления в середине XXI в. может оказаться не столь значительным. Модельные оценки антропогенного потепления климата показывают минимальное сокращение площади неблагоприятных территорий в период 2046–2055 гг. по сравнению с периодом 2001–2010 гг.

Вместе с тем особенностью потепления стало увеличение экстремальности климата. Оно проявляется в увеличении числа погодных и климатических аномалий (волн тепла и холода, повторяемости экстремальных суточных осадков, резких перепадов температуры и атмосферного давления) и стихийных явлений (наводнений, засух). В ряде городов, включая даже северные, участвовавшие и более продолжительные волны тепла стали причиной нарушения здоровья жителей и дополнительной смертности.

Оценка изменений биоклимата России с использованием универсального индекса теплового комфорта (UTCI) показала, что суммарная продолжительность неблагоприятных градаций холодного стресса более 7 месяцев соответствует южной границе очень неблагоприятной зоны, а продолжительность таких условий менее 4 месяцев – границе благоприятной зоны для соответствующих климатических периодов.

В последние десятилетия в разных зонах годовая продолжительность холодного стресса сократилась, а теплового стресса, наоборот, возросла. Например, суммарная продолжительность условий экстремального, очень сильного, сильного холодных стрессов период 1961–1990 гг. составляла от 10 месяцев в абсолютно неблагоприятной зоне на побережье Северного Ледовитого океана до нескольких дней в очень благоприятной зоне на Черноморском побережье Краснодарского края. При потеплении (2001–2015 гг.) продолжительность наиболее суровых условий уменьшилась приблизительно на 1–2 месяца.

Потепление 1991–2010 гг. в районах с особыми климатическими условиями проявилось сокращение площадей с наихудшими условиями (в среднем на четверть) в каждом из районов и формирование на их

месте менее дискомфортных условий. Замена более дискомфортных территорий менее дискомфортными свидетельствует о положительном воздействии потепления на жизнедеятельность населения. Так, в АЗРФ и районах Крайнего Севера произошло значительное сокращение территории с абсолютно неблагоприятными условиями. В местностях, приравненных к районам Крайнего Севера – территориях с неблагоприятными условиями. В южных районах Восточной Сибири и Дальнего Востока – территориях с неблагоприятными и условно неблагоприятными условиями. В субъектах, где применяются только районные коэффициенты – территориях с условно неблагоприятными условиями. Модельные оценки потепления в середине XXI в. показывают, что дальнейшее сокращение наихудших условий маловероятно.

Сокращение более дискомфортных территорий и их замена менее дискомфортными несомненно свидетельствует о положительном воздействии потепления на жизнедеятельность населения. В то же время, негативный эффект потепления проявляется в районах с распространением многолетней мерзлоты, где наблюдается ее таяние и существенное уменьшение несущей способности многолетнемерзлых грунтов, что приводит к деформированию и разрушению объектов инфраструктуры (Второй оценочный..., 2014). Наблюдаемое повышение экстремальности климата (волны тепла, наводнения, засухи) еще более усиливает негативные последствия потепления. Одновременно повышается риск возникновения природно-очаговых заболеваний в связи с повышениями температуры воздуха и воды в теплые сезоны года.

Воздействие потепления на жизнедеятельность населения уточнялось с учетом современной трансформации социально-географического пространства. В проекте разработана методика сопряженного пространственного анализа демо-социально-экономической обстановки и природно-климатических условий жизнедеятельности населения. На основе типологического районирования сопоставлено пространственное (в разрезе субъектов РФ) распределение специально отобранных демографических, социальных и экономических показателей, с одной стороны, и природно-климатических условий – с другой.

В пространственном измерении демографическая обстановка лишь частично коррелирует с природно-климатическими условиями. Неблагополучные в демографическом отношении регионы расположены как в неблагоприятных условиях, так и в благоприятной зоне. Самые демографически благополучные

регионы также расположены и в благоприятной зоне, и в отнюдь не благоприятных природно-климатических условиях. Однако следует подчеркнуть, что наблюдается практически полное совпадение качества демографической обстановки и климатических условий в самых «экстремальных» типах, особенно это касается неблагоприятной для проживания зоны: в ней нет ни одного региона с благополучной демографической обстановкой.

Самые благополучные по используемым для анализа социальным показателям регионы расположены в благоприятной зоне, однако в ней же находятся и самые неблагополучные регионы. Чаще всего неблагополучные регионы встречаются в относительно благоприятной и неблагоприятной зонах. Важно обратить внимание, что если благоприятные природно-климатические условия не гарантируют формирование благополучной социальной обстановки, то неблагоприятные служат абсолютным препятствием. Как и в ситуации с демографическими показателями, в неблагоприятной зоне нет ни одного региона с благополучной социальной обстановкой, нет их и в относительно благоприятной зоне.

Показатели экономической обстановки менее всех других соответствуют природно-климатическим условиям. В составе наиболее благополучных регионов – многие из расположенных в самых неблагоприятных условиях. Связано это прежде всего с высокой доходностью сырьевых отраслей экономики, преобладающих в северных регионах. Характерно, что среди всех регионов, расположенных в неблагоприятной зоне, нет ни одного с неблагополучной экономической ситуацией. И, наоборот, многие регионы, расположенные в зонах с более благоприятными условиями, характеризуются неблагополучной экономической ситуацией.

В целом социально-географическое пространство России очень поляризовано, различия между субъектами РФ по большинству демографических и социальных показателей достигают нескольких раз. Важно отметить асимметричность распределения: количество регионов, в которых показатели лучше среднероссийских, значительно меньше количества регионов с показателями хуже среднероссийских. Зачастую регионы-соседи характеризуются контрастными значениями одного и того же показателя и значительными различиями демографической и социальной обстановки в целом. В макрорегиональном плане худшей социальной обстановкой отличаются регионы северо-востока России, а также республи-

Заключение

ки юга Сибири. Несмотря на невысокую в целом корреляцию между природно-климатическими условиями и особенностями социально-географического пространства, самая неблагоприятная демографическая и социальная обстановка наблюдается в регионах, расположенных в крайне неблагоприятных природно-климатических условиях. Кроме того, в зонах с неблагоприятными условиями не располагается ни один регион с благополучной социальной обстановкой.

Самые климатически зависимые – показатели миграции и состояния здоровья населения; не случайно именно этим связям посвящены многочисленные исследования. Менее зависимы демографические показатели. Остальные из рассмотренных показателей следует отнести, скорее, к климатически нейтральным; меньше всего от климатических условий зависят экономические показатели жизнедеятельности населения. В ряде случаев наблюдается инверсивный характер связи между социально-экономическими показателями и климатическими условиями. Это обстоятельство, а также отсутствие достаточно тесной связи между большинством социально-экономических показателей и климатическими условиями зачастую обусловлены сильным влиянием экономического и этнического факторов, которые элиминируют или ослабляют влияние климатического. Вместе с тем роль климатического фактора возрастает, если направление его влияния совпадает с направлением влияния экономического фактора, что привело, в частности, к катастрофическому миграционному оттоку населения из северных регионов Сибири и Дальнего Востока. Таким образом, при исследовании воздействия климата и его изменений на жизнедеятельность населения необходимо учитывать, как соотносятся направления влияния климатического и иных факторов. Климатический фактор проигрывает экономическому, когда их тренды разнонаправленны; но, когда они действуют в одном направлении, климатический фактор становится порой первостепенным. Однако даже там, где он про-

игрывает, климатический фактор оказывает корректирующее влияние на жизнедеятельность людей – на восприятие ими ситуации и на принимаемые ими решения.

Полученные результаты дают возможность наметить направления дальнейшей работы. На фоне обширных международных и российских исследований, посвященных влиянию климата на жизнь и здоровье людей, географическая задача состоит в изучении пространственных взаимосвязей между климатическими условиями с учетом их изменений и особенностями жизнедеятельности населения. Предстоит детально проанализировать те аспекты социально-географического пространства, которые в наибольшей степени связаны с климатом прямыми и обратными связями. Необходимы исследования в более детальном и более крупном географическом масштабе – в разрезе не только регионов России, но и муниципальных образований на всей территории страны, а также на локальном уровне. Один из мало изученных аспектов – влияние климатических изменений на расселение. Поясним, что под расселением мы в данном случае понимаем территориальную структуру населения, таким образом предстоит исследовать изменения влияния климатического фактора на характер городов и сельских населенных пунктов, организацию их взаимодействия, особенности градостроительной среды и т.п., причем не в отдельных местностях, а в пределах всего социально-географического пространства России. Изучение особенностей восприятия климатических изменений должно опираться на социологические опросы и интервью.

Итогом при таком подходе станет районирование природно-климатических условий жизни населения с учетом территориальных особенностей населения и социально-экономической обстановки, а также предложения по уточнению состава территорий, включенных в местности с особыми климатическими условиями, в нормативных документах.

Литература

- Бардин М.Ю., Ранькова Э.Я., Самохина О.Ф. Температурные экстремумы июня и июля 2016 года. // *Фундаментальная и прикладная климатология*. 2016. № 2. С. 143–148.
- Белинский В.А. Ультрафиолетовая радиация солнца и неба – важный элемент географической среды // *Вопросы географии*. Вып. 89. М.: Мысль, 1972. С. 17–28.
- Болота Западной Сибири, их строение и гидрологический режим. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 47 с.
- Борзенкова А.В., Шмакин А.Б. Изменения толщины снежного покрова и суточной интенсивности снегопадов, влияющие на расходы по уборке магистралей в Российских городах // *Лёд и Снег*. 2012. № 2 (118). С. 59–70.
- Бородина Т.Л. Региональные особенности динамики населения России в постсоветский период // *Изв. РАН. Сер. геогр.* 2017. № 1. С. 48–64.
- Бородина Т.Л., Глезер О.Б. Социальное пространство России: ресурс и риски для развития страны // *Стратегические ресурсы и условия устойчивого развития Российской Федерации и ее регионов* / Под ред. В.М. Котлякова и А.А. Тишкова. М.: Институт географии РАН. 2014. С. 29–47.
- Брызгин Н.Н., Дементьев А.А. Опасные метеорологические явления в Российской Арктике. СПб.: Гидрометеиздат, 1996. 156 с.
- Вербицкая Е.М., Агеева С.В., Дугина И.О., Дунаева И.М., Ефремова Н.Ф., Романский С.О., Тарасюк В.В. Катастрофическое наводнение на р. Амур летом 2013 г.: особенности и причины формирования // *Метеорология и гидрология*. 2015. № 10. С. 65–74.
- Виноградова В.В. Воздействие климатических условий на человека в засушливых землях Европейской России. // *Изв. РАН. Сер. геогр.* 2012. № 2. С. 68–81.
- Виноградова В.В. Волны тепла на Европейской территории России в начале XXI в. // *Изв. РАН. Сер. геогр.* 2014. № 1. С. 47–55.
- Виноградова В.В. Природно-климатические и биоклиматические условия жизни населения Мурманской области. // *Изв. РАН. Сер. геогр.* 2015. № 6. С. 90–99.
- Виноградова В.В. Волны тепла на территории России как фактор дискомфорта природной среды // *Изв. РАН. Сер. геогр.* 2017. № 4. С. 68–77.
- Виноградова В.В. Изменение суммарного балла дискомфорта природных условий жизни населения для современного климата и модельных прогнозов, на основании климатических факторов // *Вестник Московского Университета. Серия 5. География*. 2018. № 3. С. 30–39.
- Виноградова В.В. Зимние волны холода на территории России со второй половины XX века // *Изв. РАН. Сер. геогр.* 2018. № 3. С. 37–46.
- Виноградова В.В., Золотокрылин А.Н. Современные и ожидаемые изменения роли климатического фактора в оценке природных условий жизни населения в Российской Федерации // *Изв. РАН. Сер. геогр.* 2014. № 4. С. 16–21.
- Виноградова В.В., Золотокрылин А.Н., Кренке А.Н. Районирование территории Российской Федерации по природно-климатическим условиям // *Изв. РАН. Сер. геогр.* 2008. № 5. С. 106–117.
- Влияние глобальных изменений климата на функционирование основных отраслей экономики и здоровье населения России. М.: Эдиториал УРСС, 2001. 376 с.
- Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2014. 1009 с.
- Глазовский А.Ф., Мачерет Ю.Я. Евразийская Арктика. Климатически обусловленные колебания ледников во второй половине XX в. В кн.: *Оледенение Северной и Центральной Евразии в современную эпоху*. / Ред. В.М. Котлякова М.: Наука, 2006. С. 97–114.
- Глезер О.Б., Вайнберг Э.И. Пространство жизнедеятельности населения и расселение как факторы и условия модернизации России // *Регион: экономика и социология*. 2013. № 3. С. 21–38.
- Григорьев М.Н., Разумов С.О., Куницкий В.В., Спектор В.Б. Динамика берегов восточных

Литература

- арктических морей России: основные факторы, закономерности и тенденции // Криосфера Земли. 2006. Т. X. № 4. С. 74–94.
- Данилов-Данильян В.И., Гельфан А.Н. Катастрофа национального масштаба // Наука и жизнь. 2014. № 1. С. 32–39.
- Доманитский А.П., Дубровина Р.Г., Исаева А.И. Реки и озера Советского Союза. Л.: Гидрометеоздат, 1971. 145 с.
- Дроздов Д.С., Слагода Е.А., Абрамов А.А., Ермак А.А., Орехов П.Т. Предварительные результаты гео-криологических исследований на острове Хейса (Земля Франца-Иосифа). Материалы четвертой конференции геокриологов России, МГУ, 7–9 июня 2011 г. Региональная и историческая геокриология. М.: Университетская книга. 2011. Т. 2, ч. 5. С. 52–59.
- Золина О.Г., Булыгина О.Н. Современная климатическая изменчивость характеристик экстремальных осадков в России // Фундаментальная и прикладная климатология. 2016. № 1. С. 84–103.
- Золотокрылин А.Н. Засухи и опустынивание в суббореальных ландшафтах России в контексте изменений климата // Изв. РАН. сер. геогр. 2013. № 5. С. 67–76.
- Золотокрылин А.Н., Виноградова В.В. Подход к оценке воздействий изменений климата на жизнедеятельность населения России // Проблемы региональной экологии. 2016. № 5. С. 125–130.
- Золотокрылин А.Н., Виноградова В.В., Соколов И.А. Воздействие потепления на дискомфортность жизнедеятельности населения Арктической зоны Российской Федерации // Лёд и Снег. 2018. Т. 58. № 2. С. 243–254.
- Золотокрылин А.Н., Кренке А.Н., Виноградова В.В. Районирование России по природным условиям жизни населения. М.: Геос, 2012. 156 с.
- Золотокрылин А.Н., Титкова Т.Б., Бокучава Д.Д. Влияние межсуточных перепадов температуры и давления на смертность от болезней системы кровообращения на территории России в условиях глобального потепления // Терапевтический архив. 2018. Т. 90. № 3. С. 53–59.
- Золотокрылин А.Н., Виноградова В.В., Ананьев И.П., Титкова Т.Б. Электронный архив характеристик растительного покрова Восточной Сибири // Изв. РАН. Сер. геогр., 2002. № 2. С. 116–121.
- Золотокрылин А.Н., Виноградова В.В., Мещерская А.В., Страшная А.И., Черенкова Е.А. Засухи опустынивание. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2014. С. 551–587.
- Золотокрылин А.Н., Виноградова В.В., Титкова Т.Б., Черенкова Е.А., Бокучава Д.Д., Соколов И.А., Виноградов А.В., Бабина Е.Д. Воздействие изменений климата на жизнедеятельность населения в России в начале XXI века // Казанский (Приволжский) федеральный университет Казань, Сборник: труды III международной конференции «Окружающая среда и устойчивое развитие регионов: экологические вызовы XXI века», тезисы доклада, 2017. С. 162–163.
- Зубец А.Н. Истоки и история экономического роста. М.: Экономика. 2014. 463 с.
- Иванов М.В. Повышение уровня транспортной доступности как фактор социально-экономического развития территорий // Научные труды вольного экономического общества России. М., 2013. Т. 172. С. 460–469.
- Исаченко А.Г. Экологическая география России. СПб: Изд-во С-Петербур. ун-та. 2001. 328 с.
- Исаев А.А. Статистика в метеорологии и климатологии. М.: Издательство МГУ, 1988. 247 с.
- Карта «Леса СССР» Масштаб 1:2500000. Новосибирск, 1990.
- Карта «Повторяемость опасных паводков и половодий». Масштаб 1:40,000,000. // Национальный атлас России. 2008. Т. 2. С. 196–197.
- Карта «Районирование территории России по природным условиям для жизни населения» Масштаб 1:45000000 // Национальный атлас России. 2008. Т. 3. С. 50–51.
- Карта «Санитарно-экологическая оценка территории России». Масштаб 1:45,000,000. // Национальный атлас России. 2008. Т. 2. С. 446.
- Карта «Сезонное промерзание и протаивание грунтов» Масштаб 1:30000000 // Национальный атлас России. 2008. Т. 2. С. 240–241.
- Клещенко Л.К. Волны тепла и холода на территории России // Труды ГУ «ВНИИГМИ-МЦД». 2010. вып. 175. С. 76–91.
- Кобышева Н.В. Косвенные расчеты климатических характеристик. Л.: Гидрометеоздат, 1971. 190 с.
- Кобышева Н.В. Косвенные методы расчета климатических характеристик. Обнинск, 1976. 30 с.
- Козловская И.Л., Булкина О.С., Лопухова В.В., Колмакова Т. Е., Карнов Ю.А, Старостин И.В.,

- Бараташвили В.Л., Рубинштейн К.Г., Емелина С.В., Боровиков В.П.* Динамика госпитализаций больных с острым коронарным синдромом и показатели состояния атмосферы в Москве в 2009–2012 гг. // Терапевтический архив. 2014. № 12. С. 20–26.
- Кренке А.Н., Черенкова Е.А., Чернавская М.М.* Устойчивость залегания снежного покрова на территории России в связи с изменением климата // Лёд и Снег. 2012. № 1 (117). С. 29–37.
- Куклин А.А., Васильева Е.В.* Методический подход к оценке эффективности управления социально-демографическими процессами в регионе // Изв. Уральского гос. экон. ун-та. 2012. Т. 41. № 3. С. 79–86.
- «Ландшафтная карта СССР» / Научн. ред. А.Г. Исаченко, д.г.н. ГУГК СССР, 1988. 4 л.
- Литвиненко Т.В.* Постсоветская трансформация ресурсопользования и ее влияние на динамику населения в Чукотском автономном округе // Известия РАН. Сер. геогр. 2013. № 2. С. 30–42.
- Малкова Г.В.* Мониторинг температуры и глубины сезонного протаивания пород на стационаре Болванский в дельте Печоры. Материалы четвертой конференции геокриологов России, МГУ, 7–9 июня 2011 г. Региональная и историческая геокриология. М.: Университетская книга, 2011. Т. 2. Ч. 5. С. 111–118.
- Математическое моделирование Земной системы. Володин Е.М., Галин В.Я., Грицун А.С. и др. / Под ред. Яковлева Н.Г. М.: МАКС Пресс, 2016. 328 с.
- Мандыч А.Ф.* Еще раз о паводках на реке Зее // Сб. докладов Всероссийской конференции «Водные и экологические проблемы, преобразование экосистем в условиях глобального изменения климата», 29 сентября–3 октября 2014 г. Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 2014. С. 119–123.
- Медико-географический атлас России «Природно-очаговые болезни». / Ред. С.М. Малхазова. М.: Географический факультет МГУ, 2015. 208 с.
- Мироновская А.В., Унгурияну Т.Н., Гудков А.Б.* Роль природно-климатических и экологических факторов в возникновении неотложных состояний сердечно-сосудистой системы: анализ временного ряда // Экология человека. 2010. № 9. С. 13–17.
- Мкртчян Г.М., Блам И.Ю., Ковалев С.Ю., Цвелодуб Ю.О.* Влияние климата на субъективные оценки благосостояния домашних хозяйств России // Регион: экономика и социология. 2017. № 3 (95). С. 254–276.
- Мохов И.И.* Гидрологические аномалии и тенденции изменения в бассейне реки Амур в условиях глобального потепления // Доклады Академии наук. 2014. Т. 455. № 5. С. 585.
- Наводнение-2013. Талакан: ОАО «РусГидро», 2014. 144 с.
- НИР: Разработка предложений по определению южной границы Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ). Основные положения и выводы 1 этапа работы (2009). Шифр темы 2002-07-09. Заказчик Минэкономразвития России. ИГРАН, 2009.
- Основные гидрологические характеристики. Л.: Гидрометеиздат, 1966. Вып. 2. Т. 15–20.
- Отчет по Госконтракту №15-НИР-16-159 Минтруда и социальной защиты РФ от 7 сентября 1915 г.
- Ощепкова Е.В.* Смертность населения от сердечно-сосудистых заболеваний в Российской Федерации в 2001–2006 гг. и пути по ее снижению // Кардиология. 2009. № 2. С. 62–72.
- Природные опасности России. Гидрометеорологические опасности. / Под ред. Голицына Г.С., Васильева А.А. М.: Изд. фирма «Крук», 2001. Т. 5. 296 с.
- Природные опасности России. Сейсмические опасности. / Под ред. Соболева Г.А. М.: Изд. фирма «Крук», 2000. Т. 2. 296 с.
- Природные опасности России. Геокриологические опасности. / Под ред. Гарагуля Л.С., Ершова Э.Д. М.: Изд. фирма «Крук», 2000. Т. 4. 148 с.
- Пятый доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата. 2013 МГЭИК, Швейцария. Электронные экземпляры www.ipcc.ch и на веб-сайте Д05 РГ I МГЭИК 62.
- Ревич Б.А.* Волны жары, качество атмосферного воздуха и смертность населения Европейской части России летом 2010 года: результаты предварительной оценки. // Экология человека. 2011. № 7. С. 3–9.
- Ревич Б.А., Малеев В.В.* Изменения климата и здоровье населения России: Анализ ситуации и прогнозные оценки. М: ЛЕНАНД, 2011. 208 с.
- Ревич Б.А., Шапошников Д.А.* Изменения климата, волны жары и холода как факторы риска повышенной смертности населения // Проблемы прогнозирования. 2012. № 2. С. 122–139.
- Ревич Б.А., Шапошников Д.А.* Волны холода в южных городах Европейской части России и прежде-

Литература

- временная смертность населения. // Проблемы прогнозирования. 2016. № 2. С. 125–131.
- Ревич Б.А., Шапошников Д.А., Першаген Г. Новая эпидемиологическая модель по оценке воздействия аномальной жары и загрязненного атмосферного воздуха на смертность населения (на примере Москвы 2010 г.). // Профилактическая медицина. 2015. Т. 18. № 5. С. 15–19.
- Ревич Б.А., Шапошников Д.А., Токаревич Н.А. Изменения климата, волны жары и холода как факторы риска повышенной смертности населения в некоторых городах России. // Труды Международной конференции Влияние космической погоды на человека в космосе и на Земле. М.: Институт космических исследований РАН, 2013. Т. 1. С. 295–315.
- Римашевская Н.М., Мигранова Л.А., Токсанбаева М.С. Человеческий и трудовой потенциал российских регионов // Народонаселение. 2014. № 3. С. 106–119.
- Родоман Б.Б. Районирование как обладание пространством // Региональные исследования. 2017. № 3. С. 4–12.
- Российская энциклопедия по охране труда. В 3-х т. / Под ред. Варова В.К., Воробьева И.А., Зубкова А.Ф., Измерова Н.Ф. М.: НЦ ЭНАС, 2007. Т. 1. 440 с.
- Русанов В.И. Методы исследования климата для медицинских целей. Томск: Издательство Томского университета, 1973. 191 с.
- Селянинов Г.Т. О сельскохозяйственной оценке климата // Труды по сельскохозяйственной метеорологии. 1928. Вып. 20. С. 165–177.
- Сизан Е.П., Хухлаев В.К. Методология оценки влияния экстремальных природно-климатических условий на работоспособность человека путем измерения утомления и интенсивности его труда. // Сб. научных трудов: М: НИИ труда, 1992. С. 28–49.
- Смирнов П.В., Аликина И.Я. Майские заморозки и взаимосвязь их с волнами холода в Пермской области. // Географический вестник. 2006. № 1. С. 95–98.
- Срезневский, Б.И. Волны холода в атмосфере. // Тр. НИУГМС. Метеорология. М.: Гидрометеиздат, 1941. Сер. 1. Вып. 3. 44 с.
- Титкова Т.Б., Виноградова В.В. Сроки залегания снежного покрова на территории России в начале XXI в. по спутниковым данным // Лёд и Снег. 2017. Т. 57. № 1. С. 25–33.
- Титкова Т.Б., Михайлов А.Ю., Виноградова В.В. Арктический фронт и ледовитость Баренцева моря в зимний период // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2014. Т. 11. № 3. С. 117–125.
- Титкова Т.Б., Золотокрылин А.Н., Бабина Е.Д., Бокучава Д.Д. Ожидаемое изменение междусуточных перепадов температуры в северных районах Евразии к середине 21 века // Вестник МГУ. Серия География. 2019. (в печати).
- Ушаков С.С., Василевский Л.И. Транспортная система мира. М.: Транспорт, 1971.
- Хромов С.П., Мамонтова Л.И. Метеорологический словарь. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 569 с.
- Черенкова Е.А. Количественные оценки атмосферных засух в Европейской России // Изв. РАН. Сер. геогр. 2013. № 6. С. 76–85.
- Черенкова Е.А. Сезонные осадки на территории Восточно-Европейской равнины в периоды теплых и холодных аномалий температуры поверхности Северной Атлантики // Изв. РАН. Сер. геогр. 2017. № 5. С. 83–92.
- Черенкова Е.А., Золотокрылин А.Н., Мандыч А.Ф. Увлажнение водосбора реки Зeya по метеорологическим и спутниковым данным // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 3. С. 305–314.
- Чубарова Н.Е. Ультрафиолетовая радиация у земной поверхности. // дисс. д.г.н. М., 2007. 375 с.
- Чубарова Н.Е., Жданова Е.Ю. Ультрафиолетовые ресурсы при ясном небе на территории России // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2012. № 6. С. 9–19.
- Чубарова Н.Е., Незваль Е.И., Беликов И.Б., Горбаренко Е.В., Еремина И.Д., Жданова Е.Ю., Корнева И.А., Константинов П.И., Локощенко М.А., Скороход А.И., Шиловцева О.А. Климатические и экологические характеристики московского мегаполиса за 60 лет по данным Метеорологической обсерватории МГУ // Метеорология и гидрология. 2014. № 9. С. 49–64.
- Шапошников Д.А., Ревич Б.А., Мелешко В.П., Говоркова В.А., Павлова Т.В., Варакина Ж.Л. Опыт прогнозирования ожидаемой дополнительной смертности при потеплении климата на примере города Архангельска. // Экология человека. 2013. № 8. С. 17–23.
- Шмакин А.Б. Климатические характеристики снежного покрова Северной Евразии и их изменения в

- последние десятилетия // Лёд и Снег. 2010. № 1 (109). С. 43–57.
- Эколого-географические последствия глобального потепления климата XXI века на Восточно-Европейской равнине и в Западной Сибири / Под ред. Н.С. Касимова и А.В. Кислова. М.: МАКС Пресс, 2011. 496 с.
- Электронный ресурс. Архив ВНИИГМИ-МЦД <http://www.meteo.ru>
- Электронный ресурс <ftp://ftp.ceda.ac.uk/badc/cmip5/data/cmip5/output1/>
- Электронный ресурс <http://www.government.ru/docs/22846/>
- Электронный ресурс. Федеральная служба государственной статистики <http://www.gks.ru>
- Электронный ресурс. Архив реанализа NCEP/NCAR (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html>)
- Электронный ресурс: <http://www.meteorf.ru>
- Электронный ресурс: <http://territoryengineering.ru/vyzov/navodnenie-v-altajskom-krae/>
- Электронный ресурс: <https://regnum.ru/news/2250147.html>
- Электронный ресурс: http://www.mchs.gov.ru/upload/site1/document_file/MUUuMnux6f.pdf
- Электронный ресурс: <http://www.igras.ru/news/1086>
- Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона. 1903. Ходский–Цензура. т. XXXVIIa. С. 524–526.
- Alexander L.V., et al. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. // J. Geophys. Res. 2006. 111, D05109.
- Alderman K., Turner L.R., Tong S. Floods and human health: A systematic review // Environment International. 2012. Vol. 47. pp. 37–47.
- Allan R.P., Soden B.J. Atmospheric warming and the amplification of precipitation extremes // Science. 2008. Vol. 321. pp. 1481–1484.
- Auld H., MacIver D., Klaassen J. Heavy rainfall and waterborne disease outbreaks: The Walkerton example. Journal of Toxicology and Environmental // Health, Part A: Current Issues, 2004. no. 67. pp. 1879–1887.
- Balbus J.A., Crimmins J.L., Gamble D.R., Easterling K.E., Kunkel S., Saha, Sarofim. M.C. Ch. 1: Introduction: Climate Change and Human Health. // The Impacts of Climate Change on Human Health in the United States: A Scientific Assessment. 2016. pp. 25–42.
- Basu R., Samet J.M. Relation between elevated ambient temperature and mortality: A review of the epidemiologic evidence // Epidemiol Rev. 2002. Vol. 24. pp. 190–202.
- BioKlima 2.6, software package, www.igipz.pan.pl/geoekoklimat/blaz/bioklima.htm.
- Blazejczyk K. Influence of extreme heat waves on man // Instytut Geografii Uniwersytetu Jagiellońskiego, Prace Geograficzne. 2000. Vol. 108. pp. 101–108.
- Blazejczyk K. Biotermiczne cechy klimatu Polski (Biothermal features of the climate of Poland) // Przegląd Geograficzny. 2003. Vol. 75. no. 4. pp. 525–543.
- Blazejczyk K. Weather recreation index for Europe // Annalen der Meteorologie. 17th International Congress of Biometeorology ICB. 2005. Vol. 41. no. 2. pp. 604–607.
- Blazejczyk K. The consequences of the Changes in Global Climate for Human Health // Global Change. 2009. Vol. 16. pp. 87–110.
- Blazejczyk K., Bröde P., Fiala D., Havenith G., Holmér I., Jendritzky G., Kampmann B., Kunert A. Principles of the new Universal Thermal Climate Index (UTCI) and its application to bioclimatic research in European scale // Miscellanea Geographica. 2010. Vol. 14. pp. 91–102.
- Blazejczyk K., Epstein Y., Jendritzky G., Staiger H., Tinz B. Comparison of UTCI to selected thermal indices // Int. J. Biometeorol. 2012. Vol. 56. pp. 515–535.
- Blazejczyk K.; Jendritzky G.; Bröde P.; Fiala D.; Havenith G.; Epstein Y.; Psikuta A.; Kampmann B. An introduction to the Universal Thermal Climate Index (UTCI) // Geographia Polonica. 2013. Vol. 86. no. 1. pp. 5–10.
- Bröde P., Fiala D., Blazejczyk K., Holmér I., Jendritzky G., Kampmann B., Tinz B., Havenith G. Deriving the operational procedure for the Universal Thermal Climate Index UTCI. // Int. J. Biometeorol. 2012. Vol. 56. pp. 481–494.
- Bulygina O.N., Razuvaev V.N., Korshunova N.N., Groisman P.Ya. Climate variations and changes in extreme climate events in Russia. // Environ. Res. Lett. Vol. 2 no. 4. 2007. 045020. 7 p.
- Bulygina O.N., Groisman P.Ya., Razuvaev V.N., Korshunova N.N. Changes in snow cover over Northern Eurasia since 1966. // Environ. Res. Lett. 2011. no. 6. 045204, 10 p.
- Cann K.F., Thomas D.R., Salmon R.L., Wyn-Jones A.P., Kay D. Extreme water-related weather events and waterborne disease // Epidemiology & Infection. 2013. Vol. 141. pp. 671–686.
- Climate Change 2007: The Scientific Basis. Intergovernmental Panel on Climate Change. /

Литература

- Eds. Solomon S. et al. Cambridge: Cambridge Univ. Press. 2007. 996 p.
- Curriero F.C., Patz J.A., Rose J.B., Lele S. The association between extreme precipitation and waterborne disease outbreaks in the United States, 1948–1994 // *American Journal of Public Health*. 2001. Vol. 91. pp. 1194–1199.
- Danet S., Richard F., Montaye M. Unhealthy Effects of Atmospheric Temperature and Pressure on the Occurrence of Myocardial Infarction and Coronary Deaths. A 10-Year Survey: The Lille-World Health Organization MONICA Project (Monitoring Trends and Determinants in Cardiovascular Disease) // *Circulation*. 1999. № 100(1). pp. 1–7.
- Danmark får varme- og hedeølge". dmi.dk. Danish Meteorological Institute. 22 July 2008. Retrieved 18 July 2013.
- EEA, 2008. Impacts of Europe's changing climate – 2008 indicator-based assessment. Copenhagen, European Environment Agency (Report No. 4/2008) http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2008_4, accessed 7 July 2010.
- EM-DAT, 2009. EM-DAT International disaster database [online database]. Brussels, Université Catholique de Louvain Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) (<http://www.emdat.be/database>, accessed 5 April 2010).
- eber G.A.F. Linear Regression Analysis. John Wiley and Sons, 1977. 496 p.
- Fiala D., Lomas K.J., Stohrer M. Computer prediction of human thermoregulatory and temperature responses to a wide range of environmental conditions. // *Int. J. Biometeorol.* 2001. Vol. 45. pp. 143–159.
- Fiala D., Havenith G., Bröde P., Kampmann B., Jendritzky G. UTCI-Fiala multi-node model human heat transfer and thermal comfort // *Int. J. Biometeorol.* 2012. Vol. 56. pp. 429–441.
- Fouillet A., Rey G., Wagner M., Laaidi K., Empereur-Bissonnet K., Tertre L., Frayssinet P., Bessemoulin P., Laurent F., De Crouy-Chanel P., Jouglu E. and Haymon D. Has the impact of heat waves on mortality changed in France since the European heat wave of summer 2003. A study of the 2006 heat wave. // *International Journal of Epidemiology*. 2008. Vol. 37. no. 2. pp. 309–317.
- Frich P., Alexander L.V., Della-Marta P., Gleason B., Haylock M., Klein Tank A.M.G., Peterson T. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the 20th century // *Climate Res.* 2002. Vol. 19. pp. 193–212.
- Gregorczyk M. Analiza warunków bioklimatycznych w latach 1958–1963 w świetle ważniejszych wskaźników kompleksowych. Praga WTN. ser. B. Wrocław. 1970. 189 p.
- Groisman P.Ya, et al. Changes in the probability of heavy precipitation: Important indicators of climatic change // *Climatic Change*. 1999. Vol. 42. pp. 243–283.
- Groisman P.Ya., Knight R.W., Easterling D.R., Karl T.R., Hegerl G.C., Razuvaev V.N. Trends in intense precipitation in the climate record. // *J. Climate*. 2005. Vol. 18. pp. 1326–1350.
- Hopstock L.A., Fors A.S., Bønaa K.H., Mannsverk J., Njølstad I., Wilsgaard T. The effect of daily weather conditions on myocardial infarction incidence in a subarctic population: the Tromsø Study 1974–2004 // *J Epidemiol Community Health*. 2011. Vol. 66. pp. 815–820.
- Hsiang S., Deryugina T. Does the Environment Still Matter? Daily Temperature and Income in the United States. // National Bureau of Economic Research working paper series: 1. 2014.
- Jendritzky G., De Dear R. and Havenith G. UTCI – why another thermal index? // *Int. J. Biometeorol.* 2012. Vol. 56. no. 3. pp. 421–428.
- Jendritzky G., Havenith G., Weihs P., Batchvarova E. (eds.) Towards a Universal Thermal Climate Index UTCI for assessing the thermal environment of the human being. Final Report COST Action 730. 2009.
- John S., Cooper C. Thermal stress in the U.S.A.: effects on violence and on employee behavior. // *Stress and Health*. 2004. no. 21 (1). pp. 3–15.
- Jump up «Värmebölja Klimat Kunskapsbanken SMHI». Smhi.se. Retrieved 17 July 2013.
- Kalnay et al. Bulletin of the American Meteorological Society. 1996.
- Kiktev D., Sexton D.M.H., Alexander L., Folland C.K. Comparison of modeled and observed trends in indices of daily climate extremes // *J. Clim.* 2003. Vol. 16, pp. 3560–3571.
- Klein Tank A.M.G., Können G.P. Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946–99 // *J. Clim.* 2003. Vol. 16, pp. 3665–3680.
- Kloner R.A., Poole W.K., Perritt R.L. When Throughout the Year Is Coronary Death Most Likely to Occur? A 12-Year Population Based Analysis of More Than 220 000 Cases // *Circulation*. 1999. Vol. 100. pp. 1630–1634.
- Kysely J., Pokorna L., Kyncl J., Kriz B. Excess cardiovascular mortality associated with cold spells in the

- Czech Republic // BMC Public Health. 2009. no. 9. pp. 19.
- Leander L., Buishand T.A., Klein Tank A.M.G. An alternative index for the contribution of precipitation on very wet days to the total precipitation // J. Climate. 2014. Vol. 27, 4 p.
- Lieut. Th., Woodruff M. Cold-Waves and their Progress // Signal Service Notes, 23.
- McMichael A.J. et al. Climate change and human health: present and future risks // Lancet. 2004. Vol. 367 no. 9513. pp. 859–869.
- Meehl G.A., Tebaldi C. More Intense, More Frequent, and Longer Lasting Heat Waves in the 21st Century. // Science. 2004. no. 305. pp. 994–997.
- Meusel D., Menne B., Kirch W. Public health responses to extreme weather and climate events – a brief summary of the WHO meeting on this topic in Bratislava on 9–10 February 2004. // J. Public Health. 2004. Vol. 12 no. 6. pp. 371.
- Miettinen I.T. et al. Waterborne epidemics in Finland in 1998–1999 // Water Sci. Technol. 2001. Vol. 43. pp. 67–71.
- Di Napoli C., Pappenberger F., Hannah L.C. Assessing heat-related health risk in Europe via the Universal Thermal Climate Index (UTCI) // Int. J. Biometeorol. 2018. <https://doi.org/10.1007/s00484-018-1518-2>.
- Panagiotakos C., Chrysohoou C., Tentolotius C. Climatological variations in daily hospital admissions for acute coronary syndromes // Int J. Cardiol. 2004. Vol. 94. pp. 229–233.
- Pappenberger F., Jendritzky G., Staiger H., Dutra E., Di Giuseppe F., Richardson D.S., Cloke H.L. Global forecasting of thermal health hazards: the skill of probabilistic predictions of the Universal Thermal Climate Index (UTCI) // Int. J. Biometeorol. 2015. Vol. 59. pp. 311–323. DOI 10.1007/s00484-014-0843-3.
- Piguet E, Laczko F. (eds.) People on the Move in a Changing Climate. Springer, Dordrecht, 2014.
- Plavcová, E., Kyselý, J. Relationships between sudden weather changes in summer and mortality in the Czech Republic, 1986–2005 // Int J. Biometeorol. 2010. Vol. 54. pp. 539.
- Porja T. Heat Waves Affecting Weather and Climate over Albania. J Earth Sci Clim Change. 2013. Vol. 4. issue 4. pp. 149. doi:10.4172/2157-7617.1000149
- Rhoades H.M., Overall J.E. A sample size correction for Pearson chi-square in 2 x 2 contingency tables // Psychological Bulletin. 1982. Vol. 91. pp. 418–423.
- Robinson P.J. On the Definition of a Heat Wave. // Journal of Applied Meteorology (American Meteorological Society). 2001. no. 40 (4). pp. 762–775.
- Rocklöv J., Forsberg B. The effect of temperature on mortality in Stockholm 1998–2003: a study of lag structures and heatwave effects // Scand J. Public Health. 2008. Vol. 36. no. 5. pp. 516–23.
- Rodell M, Houser P. R., Jambor U., Gottschalck J., Mitchell K., Meng C.-J., Arsenault K., Cosgrove B., Radakovich J., Bosilovich M., Entin J. K., Walker J. P., Lohmann D., Toll D. The Global Land Data Assimilation System // Bulletin of the American Meteorological Society. 2004. Vol. 85. no. 3. pp. 381–394.
- Rogelj J., Meinshausen M., Knutti R. Global warming under old and new scenarios using IPCC climate sensitivity range estimates // Nature Climate Change. 2012. Vol. 2, pp. 248–253.
- Roger V.L., Go A.S., Lloyd-Jones D.M., Benjamin E.J., Berry J.D., Borden W.B., Bravata D.M., Dai S., Ford E.S., Fox C.S., Fullerton H.J., Gillespie C., Hailpern S.M., Heit J.A., Howard V.J., Kissella B.M., Kittner S.J., Lackland D.T., Lichtman J.H., Lisabeth L.D., Makus D.M., Marcus G.M., Mareilly A., Matchar D.B., Moy C.S., Mozaffarian D., Mussolino M.E., Nichol G., Paynter N.P., Soliman E.Z., Sorlie P.D., Sotoodehnia N., Turan T.N., Virani S.S., Wong N.D., Woo D., Turner M.B. on behalf of the American Heart Association Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. Heart disease and stroke statistics – 2012 update: a report from the American Heart Association // Circulation. 2012. Vol. 125. pp. 2–220.
- Russel T. Meteorology. 1895.
- USGCRP, The Impacts of Climate Change on Human Health in the United States: / Eds. A Scientific Assessment. Crimmins, A., Balbus, J., Gamble, J.L., Beard, C.B., Bell, J.E., Dodgen, D., Eisen, R.J., Fann, N., Hawkins, M.D., Herring, S.C., Jantarasami, L., Mills, D.M., Saha, S., Sarofim, M.C., Trtanj, J., Ziska, L. U.S. Global Change Research Program. Washington, DC, 2016. 312 pp.
- Volodin E.M. Possible reasons for low climate-model sensitivity to increased carbon dioxide concentrations. // Izvestiya RAS. Atmospheric and Oceanic Physics. 2014. Vol. 50. no. 4, pp. 350–355.
- Volodin E.M., Dianskii N.A., Gusev A.V. Simulating present-day climate with the inmcm4.0 coupled model of the atmospheric and oceanic general circula-

Литература

- tions. // *Izvestiya RAS. Atmospheric and Oceanic Physics*. 2010. Vol. 46. no. 4, pp. 414–431.
- Wasserman E.B., Zareba W., Utell M.J.* Acute changes in ambient temperature are associated with adverse changes in cardiac rhythm // *Air Qua. Atmos. Health*. 2014. no. 7(1). pp. 215–224.
- Zolina O., Simmer C., Belyaev K., Kapala A., Gulev S.K.* Improving estimates of heavy and extreme precipitation using daily records from European rain gauges // *Journal of Hydrometeorology*. 2009. № 10. pp. 701–716.
- Zolotokrylin A., Cherenkova E.* Seasonal changes in precipitation extremes in Russia for the last several decades and their impact on vital activities of the human population // *Geography. Environment/Sustainability*. 2017. Vol. 10. no. 4. pp. 69–82.
- Zolotokrylin, A.N., Vinogradova, V.V., Sokolov, I.A.* Impact of Warming on Discomfort of Vital Activity of Russia's Population // *Regional Research of Russia*. 2018. Vol. 8. no. 2, pp. 204–213.
- Zolotokrylin A.N., Vinogradova V.V., Titkova T.B., Vinogradov A.V., Babina E.D.* Impact of climate changes on population vital activities in Russia in the early 21st century // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2018. no. 107. pp. 012045.

Contents

Introduction	4
Chapter 1. Climatic anomalies and extreme events in Russia	
<i>A.N. Zolotokrylin, V.V. Vinogradova, T.B. Titkova, E.A. Cherenkova, D.D. Bokuchava</i>	7
1.1. Criteria and indicators of natural and climatic factors of life activity and ways of their impact on the people	7
1.2. Climate change, climate anomalies and extreme events in Russia	12
1.3. Integrated map of extreme natural and climatic phenomena in Russia or contemporary climate and the mid-21 century	57
Chapter 2. Zoning of the territory of Russia in terms of natural conditions of lives of the population	
<i>V.V. Vinogradova, A.N. Zolotokrylin, I.A. Sokolov</i>	60
2.1. Methods of zoning in terms of natural conditions of lives of the population and its update	60
2.2. Adaptation of the map "Russian Federation Territory Zoning in Terms of Natural Conditions of Lives of the Population" for the conditions of contemporary climate	65
2.3. Possible changes in the living conditions of the population in the mid-21 century according to model datam	82
Chapter 3. Bioclimate and recreational resources of territories with particular climatic conditions	
<i>V.V. Vinogradova</i>	90
3.1. Bioclimate assessment using Universal Thermal Climate Index (UTCI)	90
3.2. Opportunities for recreation of territories with particular climatic conditions. Indices of weather suitability for various types of recreation	104
Chapter 4. Impact of natural and climatic conditions on life activity of the population	
<i>O.B. Glezer, T.L. Borodina</i>	112
4.1. Climatic conditions among factors of life activity of the population	112
4.2. Socioeconomic factors of life activity of the population	113
4.3. Regional features of sociogeographical space of Russia	114
4.4. Districting as a way for comparing climatic and socioeconomic conditions	122
4.5. Conjugate spatial analysis of climatic conditions and socioeconomic situation in Russia	123
4.6. Russia's sociogeographical space and its connection with natural and climatic conditions	127
Chapter 5. Assessment of impact of warming and socioeconomic situation on life activity of the population in areas with particular climatic conditions	
<i>O.B. Glezer, T.L. Borodina, A.N. Zolotokrylin, A.V. Shiryayeva</i>	129
5.1. Areas with particular climatic conditions as a part of the natural zoning of Russia's territory for life activity of the population	129
5.2. Assessment of impact of warming on discomfort of natural conditions for life of the population ...	131
5.3. Sociogeographical space in areas with particular climatic conditions	131
5.4. Transport availability as a factor of living environment of the population	134
5.5. Promising areas of research	137
Conclusion	142
Literature	145

This book was supported by the Russian Science Foundation, project no. 16-17-10236
«The impact of climate change on life activity of the population in Russia
(«areas with special climatic conditions»)»

Reviewers:

Doctor of Geographical Sciences N.I. Koronkevich

Doctor of Geographical Sciences V.R. Bityukova

The authors:

D.D. Bokuchava, T.L. Borodina, V.V. Vinogradova, O.B. Glezer, A.N. Zolotokrylin, I.A. Sokolov, T.B. Titkova, E.A. Cherenkova, A.V. Shiryayeva

NATURAL AND CLIMATIC CONDITIONS AND SOCIOGEOGRAPHICAL SPACE OF RUSSIA

Editors: A.N. Zolotokrylin, V.V. Vinogradova, O.B. Glezer – Moscow: Institute of Geography, RAS, 2018. – 154 p.– ISBN 978-5-89658-050-8. DOI: 10.15356/ncsgsrus

The variants of natural and climatic zoning of Russia in terms of life activity of the population in relation to contemporary and expected anthropogenic climate warming are proposed. Special attention is paid to the differentiation of areas with particular climatic conditions. Regional consequences of warming are considered taking into account features of sociogeographical space. The warming has not changed the number of areas of discomfort, although in each of them an area with the worst climatic conditions reduced. Warming affects life in different directions. The discomfort softened in the cold season; working conditions in the open air improved; the number of diseases caused by hypothermia in extremely low temperatures decreased. At the same time, growth of negative consequences for life in summer season due to the increase in frequency of extreme events (heat waves, precipitation, floods, droughts) and the degradation of permafrost is possible. The identified features of sociogeographical space of Russia by regions show various degree of dependence on climatic factor, they differently modify the consequences of warming: mitigate the negative effects in some cases and increase-in others.

For researchers in the field of physical and social geography, as well as for those interested in the issues of socio-economic development of Russia and its regions.

Научное издание

**Природно-климатические условия
и социально-географическое пространство
России**

Под редакцией
профессора А.Н. Золотокрылина,
к.г.н. В.В. Виноградовой,
к.г.н. О.Б. Глезер

*Утверждено к печати
Ученым советом Института географии РАН*

Компьютерная верстка В. Виноградова

Набрано в Институте географии РАН
Москва, Старомонетный пер., 29
Отпечатано

Подписано в печать 12.2018. Формат
Усл. печ. л. Уч. изд. л.
Тираж 300 экз. Индекс Заказ №

