OD-2-1-3n 12/15/14 8:02 PM Page 744

РАЗДЕЛ 6. ВОЗДЕЙСТВИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ И МЕРЫ АДАПТАЦИИ К ЭТИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ

Глава 6.1. ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

Б. А. Ревич, В. В. Ясюкевич

В. В. Малеев, И. О. Попов, С. Н. Титкина

6.1.1. Общая характеристика

В последние годы изменения климата рассматриваются как один из важных факторов, оказывающих влияние на здоровье населения наряду с такими традиционными факторами риска индустриальной эпохи, как загрязнение атмосферного воздуха и питьевой воды, курение, наркомания и другие (Ревич, Малеев, 2011).

Изменения климата влияют на здоровье человека различными путями. Прямое воздействие происходит при увеличении частоты и силы экстремальных гидрометеорологических явлений: волн жары и холода (периодов с аномально высокими или низкими температурами), наводнений, штормов, тайфунов, других экстремальных погодных явлений. Косвенное воздействие определяется экологическими или социально-экономическими факторами (расширение ареалов переносчиков трансмиссивных болезней человека, увеличение площади засушливых земель, уменьшение доступности доброкачественной питьевой воды и прочее).

В данной главе основное внимание уделяется следующим климатообусловленным проблемам, влияющим на здоровье населения:

- прямое воздействие волн жары на уровень смертности и заболеваемости;
- воздействие повышенного уровня загрязнения атмосферного воздуха (в первую очередь взвешенными частицами, оксидами азота, аэроаллергенами), обусловленного климатическими факторами;
- воздействие длительного повышения температуры на частоту и распространение инфекционных заболеваний (трансмиссивных заболеваний, кишечных инфекций).

Эти проблемы привлекают большое внимание отечественных ученых в последние годы, обусловленное определенной востребованностью лицами, ответственными за принятие решений оценок (текущих и перспективных) влияния изменения климата на здоровье населения. Многие исследования имеют пока региональный характер – проводятся в Москве, Архангельской области, Республике Коми, Республике Саха (Якутия) и ряде других субъектах Российской Федерации – или же приурочены к каким-либо крупномасштабным климатическим аномалиям, таким как воздействие блокирующего антициклона летом 2010 г., вызвавшего аномально жаркую погоду. Последствиям произошедших изменений климата уделяется, обычно, больше внимания, чем перспективным оценкам. Поэтому и в данной главе перспективные оценки касаются в основном трансмиссивных заболеваний. Возможные меры адаптации к изменениям климата в аспекте здоровья населения в этой главе только кратко намечены. Их детальная проработка – дело ближайшего будущего.

OD-2-1-3n 12/15/14 8:02 PM Page 745

6.1.2. Краткий итог ОД_РФ-1

Проблема изменения климата как фактора риска здоровью населения России была впервые систематически рассмотрена в "Оценочном докладе об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации" (Оценочный доклад…, 2008а, 2008б – далее ОД_РФ-1) как для прямых, так и для косвенных воздействий.

Прямые воздействия рассматривались, в основном, на базе материала Четвертого оценочного доклада Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), так как отечественные исследования в этой области знаний тогда только начинались. Вместе с тем, некоторые оригинальные материалы нашли свое отражение. Так, выполненные в Москве и Твери исследования влияния волн жары и холода на показатели смертности населения впервые для России дали возможность оценить в количественной форме ущерб, причиненный этими экстремальными явлениями здоровью населения.

Значительное внимание в ОД_РФ-1 (2008б) было уделено косвенным воздействиям изменения климата на здоровье населения, в основном – климатообусловленным изменениям ареалов переносчиков некоторых важных болезней человека. Так, в последней трети XX века были обнаружены смещение климатических границ распространения переносчиков клещевого энцефалита *Ixodes ricinus* и *I. persulcatus* на северо-восток в Европейской части России (ЕЧР) и в Сибири, переносчика крымской геморрагической лихорадки клеща *Hyalomma marginatum* к северу; причем был отмечен рост его численности. Получили более широкое распространение также геморрагическая лихорадка с почечным синдромом, лихорадка Западного Нила, малярия. Возникновение эпидемической вспышки лихорадки Западного Нила в Волгоградской и Астраханской областях в 1999 г. было обусловлено теплыми зимами, способствующими сохранению и размножению переносчиков этих инфекций. В последние три десятилетия XX века, в особенности в конце века, заболеваемость этими болезнями в России увеличилась, ареалы некоторых из них расширились.

В разделе ОД_РФ-1 (2008б) по ожидаемым в будущем рискам указывалось на возможность увеличения смертности населения вследствие учащения таких экстремальных гидрометеорологических явлений как волны жары, засухи, наводнения, штормы и т. д. С течением времени, в XXI веке, в условиях, когда волны жары будут наблюдаться чаще, а максимальные значения температуры будут увеличиваться, ситуация для населения, входящего в группы риска, ухудшится. Сочетание волн жары с повышенным загрязнением атмосферного воздуха при неблагоприятных метеорологических условиях может усилить негативное воздействие. Возможно ухудшение ситуации и с качеством воды в некоторых регионах.

В последние годы, прошедшие с выпуска ОД_РФ-1 (2008а, 2008б), действительно происходил рост числа дополнительных случаев смерти, связанных с волнами жары. Было также подтверждено продвижение ареалов переносчиков ряда трансмиссивных заболеваний на север и появление новых вспышек лихорадки Западного Нила на юге страны.

6.1.3. Последствия произошедших изменений климата

6.1.3.1. Прямое воздействие волн жары

Современное изменение глобального климата сопровождается увеличением повторяемости (частоты) и силы волн жары – продолжительных периодов (в пределах сезона) с экстремально высокой температурой. Устойчивая продолжительная жаркая погода вызывает увеличение числа смертей и заболеваний системы кровообращения (инфаркт), цереброваскулярных заболеваний (инсульт), заболеваний органов дыхания и эндокринной системы (диабет), особенно у лиц старше 65 лет, а также у людей с хроническими заболеваниями сердечно-сосудистой системы и органов дыхания. Это показали события августа 2003 г. в Западной Европе, когда волна жары повлекла за собой свыше 70 тыс. дополнительных случаев смерти (Fouillet et al., 2008). На фоне повышенного потоотделения при неадекватном пополнении водного баланса возникают обезвоживание, нарушение микроциркуляции, гемоконцентрация, провоцирующие тромбообразование с развитием, в первую очередь, инсультов. Это подтверждают

OD-2-1-3n 12/15/14 8:02 PM Page 746

данные о структуре смертности населения во время волн жары. Вероятно, дегидратация может усилить дисциркуляторную энцефалопатию (Чазов, Бойцов, 2012).

Для ряда городов России выявлены и обоснованы связи между числом обращений за экстренной медицинской помощью, общей смертностью и смертностью по отдельным причинам (заболевания системы кровообращения, органов дыхания, пищеварения, нервной системы, травмы, утопления и самоубийства) с одной стороны, и температурой воздуха в летний период с другой. В Москве минимум общей смертности четко выражен и находится в интервале температурной кривой от –20°С до +20°С; эффект высоких температур является мгновенным, т. е. самая сильная зависимость смертности от температуры имеет нулевой лаг (Ревич и др., 2008).

Волны аномальной жары в Москве в 2001 и 2002 гг. стали причиной 1300 дополнительных случаев смерти. В рамках проекта ВОЗ “Воздействие изменений климата на здоровье населения и оценка возможностей адаптации на севере Российской Федерации” показано, что даже в таком относительно небольшом северном городе как Архангельск, волны жары в 1999–2008 гг. привели к увеличению смертности за этот период на 289 дополнительных случаев (Варакина и др., 2011).

Еще более серьезная, катастрофическая ситуация возникла на ЕЧР летом 2010 г., когда волна жары наблюдалась непрерывно в течение более 40 суток во время блокирующего антициклона. Гипертермия стала мощным стрессом для здоровья населения. Анализ помесячных данных о смертности населения по регионам (по данным Росстата) показал, что дополнительная смертность в июле–августе 2010 г. составила 54 тыс. случаев. В июле на территории 32 субъектов Российской Федерации в пределах ее ЕЧР, кроме Москвы, с аномальной жарой, где среднемесячная температура июля превышала многолетнее среднемесячное значение на 6°С, смертность увеличилась на 16 тыс. случаев, в том числе на 10.5 тыс. случаев от заболеваний системы кровообращения; при этом в наибольшей степени возросла смертность в Санкт-Петербурге – на 1.5 тыс. случаев или на 30% по сравнению с аналогичным периодом 2009 г. (Ревич, 2011).

Потери населения в августе 2010 г. оказались значительнее, чем в июле, что объясняется усилением жары в центральных областях ЕЧР (Липецкая, Воронежская, Тамбовская, Рязанская области), Поволжье и на юге России (Ульяновская, Саратовская, Волгоградская, Ростовская области, Калмыкия), распространением жары на Урал и дополнительным воздействием загрязнения атмосферного воздуха, вызванного пожарами. Смертность возросла в 43-х субъектах РФ, где наблюдалась экстремально высокая температура, на 38 тыс. случаев, или на 32.6%. На территориях Волгоградской, Воронежской, Липецкой, Ростовской, Рязанской, Саратовской, Тамбовской, Ульяновской областей, республик Мордовия, Татарстан и Чувашия смертность от заболеваний органов кровообращения увеличилась в 1.5–2 раза (Ревич, 2011).

Кроме описанных выше заболеваний, во время жары летом 2010 г. у миллионов людей возникли и другие проблемы со здоровьем: возросла уязвимость к простудным и инфекционным заболеваниям, что повысило риск возникновения эпидемий в осенне-зимний сезон 2010–2011 гг. Исследования о влиянии жары 2010 г. на заболеваемость населения вне Москвы пока немногочисленны; сообщается, например, о статистически значимой зависимости между температурой воздуха и заболеваемостью органов кровообращения в Воронеже (Чубирко и др., 2012).

После относительно спокойного 2011 г. аномальная жара летом 2012 г. затронула регионы Урала и Восточной Сибири, где длительные волны жары, наиболее опасные для здоровья, отмечались в Новосибирске (16 дней), Томске (10 дней), Омске и Новокузнецке (по 8 дней), Красноярске (5 дней). Ранее, в 1999–2007 гг. в Якутске, число аномально жарких летних дней превысило показатель 1961–1990 гг. в 1.7 раза, что послужило причиной дополнительной преждевременной смертности населения от ишемической болезни сердца и инфарктов – возросла смертность по этим причинам более чем вдвое, а от всех естественных причин – примерно в полтора раза (Revich, Shaposhnikov, 2010).

Наиболее детально последствия аномальной жары для здоровья населения изучены в Москве, где волна жары в июле–августе 2010 г. (превыше-

OD-2-1-3n 12/15/14 8:02 PM Page 747

ние многолетней среднесуточной температуры более чем на 5°С) продолжалась 45 суток. При этом число температурных рекордов, т. е. суток с максимальной температурой для данной календарной даты за все время регулярных метеорологических наблюдений с 1885 г., в июле было 10, а в августе – 9. В это же время из-за пожаров лесов и торфяников в Московском регионе резко повысились концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, рассеянию которых препятствовал антициклон.

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.). В это время произошло наиболее резкое увеличение смертности от заболеваний системы кровообращения (на 59%), органов дыхания (на 84%) и других причин (Ревич, 2011). Между суточными показателями температуры воздуха и смертностью выявлены статистически достоверные связи по таким причинам смерти, как заболевания нервной, пищеварительной, мочеполовой системы (Shaposhnikov et al., 2011). Во время жары возросла смертность и от суицидов – это явление описано также в Великобритании, Японии и Южной Корее (Page et al.,2007, Likhvar et al., 2011, Kim et al., 2011).

С сентября 2010 г. уровень общей смертности населения начал снижаться, причем в октябре–декабре стал ниже обычных показателей, т. е. проявился так называемый “эффект жатвы” (рис. 6.1.1.), когда после подъема смертности во время жары, происходит некоторое ее снижение, потому что утрачена группа населения высокого риска.

Результаты детального анализа заболеваемости населения Москвы во время жары и пожаров (леса, торфяники) 2010 г. пока не опубликованы. Известно, однако, что число вызовов скорой медицинской помощи по поводу инсультов возросло до 2.5 раз, пневмонии – в 5 раз, увеличилось число вызовов по поводу гипотензий и ангин (Гамбурцев, Сигачев, 2012).

В это время наблюдались смертельные исходы не только у лиц преклонного возраста, но и

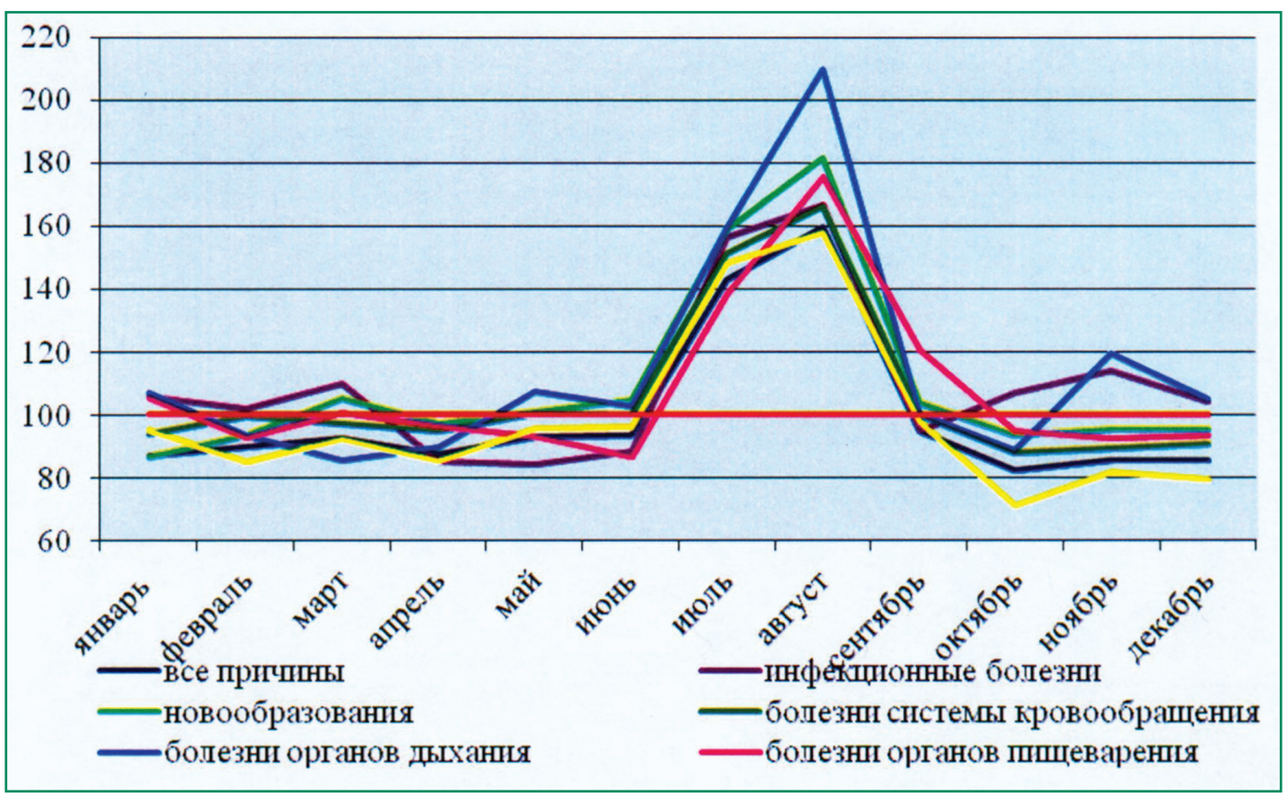


Рис. 6.1.1. Соотношение (%) месячных показателей смертности населения Москвы в 2010 г. по отношению к уровню 2009 г. (красная горизонтальная линия) (Ревич, 2011).

OD-2-1-3n 12/15/14 8:02 PM Page 748

трудоспособного возраста, что привело к значительным экономическим потерям. Согласно расчетам Б. Н. Порфирьева (2013), экономические потери, определенные исходя из концепции полезности и актуарных подходов, находятся в пределах 97–123 млрд руб., или 1.23–1.57% ВВП столицы.

Аномальная жара летом 2010 г. и ее негативные последствия для здоровья населения стали предметом специальных исследований научных коллективов не только Москвы, но в Центрально-Черноземном (Куролап, 2012) и Поволжском (Лифиренко, 2012; Лифиренко, Лифиренко, 2012) регионе однако результаты этих работ еще не нашли отражение в планах действий администрации этих территорий по защите здоровья населения от климатических изменений. Такие работы единичны и пока практически отсутствуют для юга России, Сибири и Дальнего Востока, а их результаты мало отражены в научных журналах медико-биологического профиля.

В мае 2013 г. в России снова повторились волны жары с превышением многолетней среднесуточной температуры более чем на 5°С. Такие ситуации продолжались в Москве 12 дней и на юге страны в таких крупных городах, как Волгоград, Краснодар, Ростов-на-Дону, Саратов, Ставрополь – от 4 до 8 дней (www.pogoda.ru.net).

6.1.3.2. Повышенные уровни загрязнения атмосферного воздуха, обусловленные климатическими факторами

Загрязняющие вещества. Волны жары в засушливых условиях (без дождя) часто сопровождаются лесными и торфяниковыми пожарами. Это, в свою очередь, обусловливают дополнительное поступление в атмосферу продуктов сгорания (прежде всего, оксида углерода CO, оксидов азота NO_x, диоксида серы SO_2, сажевых частиц). Вследствие этого концентрации загрязняющих веществ и их производных в атмосфере увеличиваются, особенно в неблагоприятных метеоусловиях, когда рассеяние в атмосфере понижено. Повышение уровня содержания продуктов сгорания (особенно, диоксида азота и оксида углерода) приводит к обострению хронических заболеваний органов дыхания, включая заболевания верхних дыхательных путей, бронхиальную астму, пневмонию и другие заболевания, особенно у детей

Волна жары летом 2010 г. способствовала распространению пожаров на ЕЧР на значительной территории, в том числе вблизи Москвы. В условиях блокирующего антициклона сложились неблагоприятные метеоусловия, при которых загрязняющие вещества, выделяемые в атмосферу при пожарах, скапливались в приземном слое атмосферы. Среднесуточные концентрации взвешенных частиц (PM10) во время пожаров с 4 по 9 августа 2010 г. находились в пределах 431–906 мкг/м^3, превышая российскую среднесуточную предельно допустимую концентрацию ПДК (60 мкг/м^3) в 7–15 раз, а концентрация озона приблизились к 2 ПДК. Также были повышены концентрации формальдегида, этилбензола, бензола, толуола, стирола и некоторых других органических веществ (до 8 ПДК) (Air quality monitoring…, 2010).

Для определения влияния загрязнения атмосферного воздуха Москвы на показатели здоровья населения во время волн жары использовался метод оценки риска. Дополнительные смертность и заболеваемость, связанные с воздействием существенно загрязненного атмосферного воздуха, были обусловлены преимущественно влиянием мелкодисперсных взвешенных частиц (PM10). Повышенное содержание этих веществ в атмосферном воздухе могло привести к увеличению частоты симптомов со стороны органов дыхания – на 30% и обострений бронхиальной астмы на 45% по отношению к фоновым уровням (Ревич, 2011).

Аэроаллергены. Как известно, в индустриальную эпоху наблюдается рост концентрации CO_2 в атмосфере вследствие антропогенных выбросов от исходных значений 280 ppm до сегодняшних примерно 393 ppm, что усиливает парниковый эффект и приводит к глобальному потеплению. Но и собственно рост концентрации CO_2 в атмосфере может иметь прямые негативные последствия для здоровья населения. Увеличение содержания CO_2 может стимулировать рост растений, в результате чего происходит значительное увеличение продукции пыльцы растений и спор грибов и, таким образом, влиять на их содержание в

OD-2-1-3n 12/15/14 8:02 PM Page 749

атмосферном воздухе (Sherry et al., 2007). Засуха и сильные ветра также способствуют поступлению в атмосферный воздух пыльцы и ее распространению на новые территории. Пыльца и споры многих видов растений и грибов являются для человека аэроаллергенами – аллергенами, действующими через воздух. Они являются триггерами аллергических симптомов среди людей с аллергическими заболевания – астмой и другими аллергическими заболеваниями легких, а также, ринитом, конъюктивитом, дерматитом (D'Amato et al., 2007; Beggs, 2010; Health Effects of Climate Change in the UK 2012, 2012). Аллергией на пыльцу страдают до 15% населения европейских стран, а в России аллергическим заболеваниям подвержены от 19 до 40% взрослого и до 27% детского населения (Богова и др., 2008). Особенно негативно влияние этих факторов на здоровье детей.

Потепление климата уже привело во многих странах к расширению ареалов некоторых растений, более раннему и продолжительному цветению, что вызывает увеличение поступления аэроаллергенов в атмосферный воздух и рост их концентрации. С изменением климата растения могут менять свои ареалы, воздушные потоки начинают переносить пыль, содержащую, в частности, пыльцу и споры растений, в новые регионы, провоцируя аллергию среди людей, которые до этого ее не испытывали.

Исследование связей между метеорологическими условиями, концентрацией аэроаллергенов и аллергическими заболеваниями немногочисленны, после выхода доклада IPCC (Climate Change 2007, 2007) опубликованы результаты всего нескольких исследований. Выявлены, в частности, зависимости между увеличением концентрации пыльцы трав и частотой случаев обращений за скорой медицинской помощью по поводу астмы с лагом 3 и 5 дней (Heguy et al., 2008), а также консультаций у врача по поводу ринитов (Breton et al., 2006).

Во время гроз и ураганов, повторяемость которых в определенной степени связывают с изменением климата, происходит массированный выброс небольших частиц пыльцы, которые проникают в нижние респираторные пути, что ведет к увеличению частоты приступов бронхиальной астмы (D'Amato et al, 2007). Существует гипотеза, что воспалительный эффект, возникающий в результате действия веществ, загрязняющих атмосферный воздух – озона, взвешенные частицы и диоксида серы, – приводят к более глубокому проникновению аллергенной пыльцы по воздухоносным путям, а совокупное воздействие загрязненного атмосферного воздуха и аэроаллергенов усиливает негативный эффект (синергетический эффект). Повреждение слизистых оболочек дыхательных путей и нарушение мукоцилиарного клиренса, вызванные загрязненным воздухом, могут открыть доступ вдыхаемым аллергенам к клеткам иммунной системы, провоцируя таким образом сенсибилизацию дыхательных путей (D'Amato et al., 2010). В этом вопросе значение имеют также виды пыльцы, типы загрязняющих веществ, особенности местного климата.

6.1.3.3. Психическое здоровье

В главе "Здоровье" вклада Рабочей группы II в Четвертый оценочный доклад МГЭИК (Climate Change 2007, 2007) впервые обсуждалась проблема влияния изменения климата на психическое здоровье населения, в том числе лиц, перенесших стресс после наводнений и других аномальных гидрометеорологических явлений (Berry et al., 2010). Сообщается о связи между высокой температурой воздуха и частотой суицидов в Англии и Уэльсе (Великобритания), а также в Японии (Likhvar et al., 2011; Page et al., 2007, 2012).

В Москве во время волны жары летом 2010 г. число случаев суицидов возросло в два раза (Ревич, 2011). Предполагается, что механизм, посредством которого температура оказывает такое воздействие, связан с подавлением активности центральной нервной системы, повышенным диурезом и обезвоживанием (Keatinge, 2003).

Зависимости между проявлениями алкогольных психозов и температурой воздуха в летнее время выявлены в Москве, Екатеринбурге и других городах. При этом увеличения потребления алкоголя не зафиксирован. Летний рост алкогольных психозов коррелирован с ростом температуры, влажности воздуха и со снижением парциального давления атмосферного кислорода. Тесная взаимосвязь этих характеристик состояния атмо-

OD-2-1-3n 12/15/14 8:02 PM Page 750

сферы вследствие физических законов не позволила отдать приоритет одному из этих факторов в отношении указанного заболевания. Максимальное влияние погодных условий на изменение числа алкогольных психозов проявляется в течение двух недель с начала действия фактора. Превышение среднемесячной температуры в Москве на 2°С летом 1991 г. сопровождалось увеличением количества алкогольных психозов на 7 случаев в день, но продолжительная волна жары 2010 г. привела к обратному результату – произошло уменьшение их числа (Немцов, 2008; Немцов, Нечаев, 2006; Немцов и др., 2013).

6.1.3.4. Инфекционные заболевания

Инфекционные заболевания человека, в том числе трансмиссивные (т. е. передаваемые посредством переносчиков), распространены практически повсеместно. Современные изменения климата приводят к изменению условий их распространения, возрастанию числа факторов риска, меняют условия существования популяций переносчиков и развития возбудителей в их организме, что может вызывать расширение возможностей передачи болезней человеку от таких членистоногих переносчиков, как комары, блохи, слепни, клещи и др. Потепление, ускоряющее процесс развития возбудителя в организме переносчика, облегчает передачу заболевания и способствует расширению его географического распространения. Для нетрансмиссивных заболеваний изменения климата имеют значение для существования животных, являющихся резервуарами инфекции.

При этом необходимо дифференцировать изменения, вызванные климатическими факторами, от изменений, обусловленных другими факторами. Они происходят на фоне действия различных факторов неклиматической природы – экологических, демографических и социально-экономических. Характер их действия на территории России в последние десятилетия существенно изменился. Например, заболеваемость клещевым энцефалитом зависит от объемов вакцинации, подавления очагов методами неспецифической профилактики, от происходящего увеличения частоты контактов населения, в первую очередь, городского с возбудителями и переносчиками на садово-огородных участках. На уровне заболеваемости также сказываются циклические колебания численности переносчиков и позвоночных хозяев (Семенов и др., 2006). Однако, данных по России для широких обобщений пока недостаточно, поскольку в настоящее время систематический мониторинг природноочаговых инфекций на постоянных стационарах не проводится (Коренберг, 2004). В то же время именно для России эти исследования особенно актуальны, так как изменение климата на ее территории происходит более интенсивно, чем в глобальном масштабе (Оценочный доклад…, 2008а).

Сопоставление изменений заболеваемости населения России инфекциями различной этиологии с произошедшими изменениями климата показало неоднозначные результаты. Для ряда болезней – полиомиелит, краснуха, ветряная оспа, шигеллез – имеющиеся данные не позволяют сделать вывод о наличии зависимости, а для других – сальмонеллез, геморрагическая лихорадка с почечным синдромом, клещевой энцефалит, иксодовый клещевой боррелиоз – влияние изменений климата установлено (Лялина, 2004). Повысилась также вероятность сохранения некоторых вирусов, например, японского энцефалита и лихорадки Западного Нила, в комарах, являющихся переносчиками этих заболеваний, во время зимовки, улучшились условия протекания спорогонии возбудителя малярии в переносчике (Алексеев, 2004, 2006; Семенов и др., 2006).

Обзор ситуации по климатозависимым трансмиссивным и нетрансмиссивным заболеваниям и их переносчикам даны во втором томе ОД_РФ-1 (2008б), посвященном последствиям изменений климата и в статье (Ясюкевич, Ревич, 2009). Показано, что изменение климата будет способствовать расширению нозоареалов клещевого весенне-летнего энцефалита, иксодового клещевого боррелиоза, крымской геморрагической лихорадки, лихорадки Западного Нила, геморрагической лихорадки с почечным синдромом и повышению заболеваемости этими инфекциями. В то же время ухудшения эпидемиологической ситуации по малярии в целом по стране в связи с изменением климата не ожидается.

Среди нетрансмиссивных природно-очаговых зоонозов наиболее распространена **гемор-**

OD-2-1-3n 12/15/14 8:02 PM Page 751

рагическая лихорадка с почечным синдромом (ГЛПС). Это заболевание вирусной этиологии – *Hantavirus* (сем. Bunyavirida). Известно 5 серотипов вируса – Пуумала, Хантаан, Сеул, Амур и Добрава. На территории России наиболее распространен первый. Резервуаром и источником заражения являются мышевидные грызуны, в первую очередь рыжая, красная и восточная полевки, лесная и полевая мышь, выделения которых содержат вирус. Заражение человека происходит респираторным и алиментарным путем (Руководство по зоонозам, 1983; Бернштейн и др., 2004; Нафеев, Салина, 2012). Динамика заболеваемости ГЛПС представлена на рис. 6.1.2.

После пикового значения заболеваемости, который пришелся на 1997 г., заболеваемость существенно снизилась. Для примера укажем, что в 2011 и 2012 гг. в России было зарегистрировано 6096 и 6794 больных, что соответствует показателю заболеваемости 4.3 и 4.8 больных на 100 000 населения (рис. 6.1.2).

Заболеваемость ГЛПС распределяется по территории страны неравномерно. Наиболее неблагополучная обстановка сохраняется в субъектах Приволжского федерального округа, где заболеваемость там превышает средний уровень во много раз.

Так, в 2008 и 2009 гг. показатели заболеваемости в Удмуртской Республике составляли 85.2 и 55.8 (превышение в 12.9 и 8.9 раза соответственно), в Республике Башкортостан – 60.9 и 80.4 (превышение в 9.2 и 12.8 раза), Республике Марий Эл – 34.0 и 20.7 (превышение в 5.2 и 3.3 раза), в Республике Татарстан – 28.7 и 31.4 (превышение в 4.4 и 5.0 раз).

Климатическими факторами риска повышения заболеваемости являются рост температуры и количества осадков в умеренных широтах Европы, особенно увеличение толщины снежного покрова, более раннее наступление весны. Это приводит не только к лучшей выживаемости мышевидных грызунов, но и период размножения у них начинается также раньше. В конечном счете, это



Рис. 6.1.2. Заболеваемость геморрагической лихорадкой с почечным синдромом в России (О санитарно-эпидемиологической обстановке..., 1998–2011; О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения..., 2012).

OD-2-1-3n 12/15/14 8:02 PM Page 752

приводит к повышению их численности в природных очагах ГЛПС и увеличению частоты контактов с людьми.

Влияют в этом направлении также и социальные факторы, в частности, изменения рекреационных предпочтений людей. Например, в Удмуртии до середины 1980-х гг. около 50% заболевших горожан заражались при посещении лесных массивов и только 25% на садово-огородных участках. К началу XXI века это соотношение стало почти обратным: 30% и 47% соответственно (Бернштейн и др., 2004). Негативно сказывается и вывод из оборота большого количества пахотных земель, что создает благоприятные условия для жизнедеятельности и размножения грызунов. Объем дератизационных мероприятий в природных условиях и населенных пунктах сокращается. Финансирование, выделяемое на организацию и проведение противоэпидемических мероприятий, недостаточно. В сочетании с отсутствием препаратов по специфической профилактике ГЛПС все это определяет неблагоприятный прогноз по этой инфекции (О санитарно-эпидемиологической обстановке…, 2011).

В качестве примеров климатозависимых болезней бактериальной этиологии рассмотрим лептоспироз и туляремию.

Лептоспироз широко распространен на территории России. Возбудитель – ряд сходных между собой спирохет рода *Leptospira*. Пути заражения – аспирационный, контактный, алиментарный. Известно два типа очагов заболевания – природные и антропургические.

Природные очаги этого заболевания имеют ландшафтную приуроченность. Они расположены в лесной зоне, но по долинам рек проникают в лесотундровую, лесостепную и степную зоны. Резервуаром инфекции и источником заражения являются мелкие грызуны и насекомоядные (землеройки, ежи).

Антропургические очаги не связаны с определенными ландшафтами и возникают повсеместно как в городах, так и в сельской местности. Резервуарами инфекции и источниками заражения в таких очагах являются домашние животные (свиньи, крупный рогатый скот, собаки), синантропные грызуны, промысловые животные клеточного содержания (песцы, лисицы). Наряду со спора-



Рис. 6.1.3. Заболеваемость лептоспирозом и туляремией в России (О санитарно-эпидемиологической обстановке..., 1998–2011; О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения..., 2012).

OD-2-1-3n 12/15/14 8:02 PM Page 753

дическими случаями заболевания имеют место локальные вспышки “купального характера” – купание в загрязненных выделениями больных животных водоемах, а также связанные с профессиональной деятельностью (работники звероферм, собаководы и др.) (Руководство по зоонозам, 1983).

Динамика заболеваемости лептоспирозом представлена на рис. 6.1.3. Значительный подъем заболеваемости отмечался в 1997 и 2004 годах. В 2008–2011 гг. зарегистрировано 616, 495, 366 и 269 больных.

Наиболее эффективным способом профилактики лептоспироза является вакцинация, но ее объем на порядок меньше, чем при туляремии (см. ниже) (О санитарно-эпидемиологической обстановке…, 1998–2011; О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения…, 2012). Необходимо также уделять внимание санитарно-эпидемиологическому состоянию населенных пунктов и животноводческих предприятий (дератизация и вакцинация домашних и пушных животных).

Климатические факторы риска при лептоспирозе те же, что и при ГЛПС – повышение численности грызунов при потеплении, за исключением состояния популяций переносчиков, так как трансмиссивный путь передачи лептоспироза отсутствует.

Туляремия – природно-очаговый зооноз, возбудителем которого является бактерия *Francisella tularensis*. Широко распространен на территории России, но заболеваемость этой инфекцией существенно ниже, чем лептоспирозом. Резервуаром в природных очагах (их известно 7 типов: пойменно-болотный, луго-полевой, лесной, степной (балочный), предгорно-ручьевой, тугайный и тундровый), а также источником заражения людей являются мелкие грызуны, а также зайцы, ондатры, бурундуки. Заражение происходит различными путями: контактным, алиментарным, аспирационным и факультативно-трансмиссивным. В последнем случае возбудитель не проходит в переносчике каких-либо стадий развития и не размножается, а лишь сохраняется некоторое время. Переносчиками являются различные клещи и кровососущие двукрылые (комары, слепни и другие). Из них наиболее эффективными являются слепни, как в силу строения ротового аппарата, так и потому, что многие их виды наиболее активны в жаркую и сухую погоду (Руководство по зоонозам, 1983, Тарасов, 2002). Заболеваемость спорадическая (представлена на рис. 6.1.3), но бывают локальные вспышки.

Значительный подъем заболеваемости (на порядок по отношению к среднемноголетнему уровню) отмечался в 1995 и 2005 годах. В 2011–2012 гг. в России зарегистрировано только 53 и 128 больных. Наиболее надежным способом профилактики является вакцинация. В 2007 и 2008 гг. было вакцинировано по 600 тыс. человек, в дальнейшем темпы вакцинации снизились и составили 318–350 тыс. человек в год. Ревакцинации же в России в последнее время подвергается по 1.3–1.5 млн человек (О санитарно-эпидемиологической обстановке…, 1998–2011; О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения…, 2012).

Климатические факторы риска при этом заболевании те же, что и при ГЛПС и лептоспирозе – повышение численности грызунов при потеплении, а также, что обусловлено наличием факультативно-трансмиссивного пути заражения, расширение ареалов кровососущих членистоногих и увеличение их численности.

Клещевой энцефалит – одно из распространенных природно-очаговых заболеваний на территории России. Возбудитель относится к семейству Flaviviridae, род *Flavivirus* (антигенная группа вирусов клещевого энцефалита) (Львов и др., 1989). Основными переносчиками являются *Ixodes persulcatus* и *I. ricinus*, как второстепенные переносчики зарегистрированы *Dermacentor reticulatus, D. marginatus, D. silvarum, D. nuttalli, Haemaphysalis concinna* и некоторые другие. Основной путь заражения – трансмиссивный, иногда встречается алиментарный – употребление зараженного козьего молока. Прокормителями клещей на разных стадиях развития являются различные животные (мелкие грызуны, насекомоядные, зайцы, птицы – обитатели нижнего яруса леса, копытные). Они также являются и резервуарами возбудителя. Вирус успешно переживает в клещах зимний период, передается трансфазово и трансовариально (Тарасов, 2002; Злобин, 2010).

Характерной особенностью изменения заболеваемости клещевым энцефалитом во времени

OD-2-1-3n 12/15/14 8:02 PM Page 754



Рис. 6.1.4. Заболеваемость клещевым энцефалитом в России (О санитарно-эпидемиологической обстановке..., 1998–2011; О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения..., 2012).

является его цикличность (Злобин, 2010). Так, во второй половине 1940-х гг. показатель заболеваемости был существенно ниже единицы и достиг значения 1.0 в 1952 г. Затем последовал резкий подъем с пиковыми значениями в 1956 и 1964 г. (5163 и 5205 больных), а затем столь же резкий спад. С 1974 г. выявилась тенденция к росту заболеваемости, ставшая особенно выраженной с 1989 г. Пиковые значения были достигнуты в 1996 и 1999 годах (10298 и 9955 больных). В дальнейшем заболеваемость существенно снизилась (рис. 6.1.4) и в 2010–2011 гг. было зарегистрировано только 3094 и 3533 больных. Тем не менее, по тяжести течения болезни, смертности и последствиям для переболевших, клещевой энцефалит является важнейшим трансмиссивным зоонозом на территории России (Злобин, 2010).

Традиционно неблагополучными по этому заболеванию являются регионы Урала и Сибири. Так, в 1999 г. показатель заболеваемости – число больных на 100 тыс. населения – по России составил 6.8, тогда как в Пермской области – 32.4, Удмуртии – 52.9, Тюменской области – 35.2, Курганской области – 35.4, Томской области – 64.2, Красноярском крае – 52.8. В 2010 г. наиболее высокая заболеваемость регистрировалась в Республике Алтай (21.43), Томской области (20.94), Красноярском крае (16.36) и Курганской области (15.37) при среднем по стране показателе 2.2. Таким образом, в отдельных субъектах Российской Федерации показатель заболеваемости выше среднего в 5–10 раз (О санитарно-эпидемиологической обстановке…, 1998–2011; О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения…, 2012).

В Кировской, Свердловской, Омской, Псковской, Архангельской областях, Красноярском крае, Республике Бурятия, Республике Тыва и Забайкальском крае наблюдалось расширение нозоареала клещевого энцефалита (О санитарно-эпидемиологической обстановке…, 1998–2011; О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения…, 2012; Злобин, 2010; Tokarevich et al., 2011).

В качестве причин, приведших к расширению нозоареала клещевого энцефалита, выделяют антропогенное трансформирование естественных ландшафтов, в том числе освоение лесных мас-

OD-2-1-3n 12/15/14 8:02 PM Page 755

сивов под дачные и садово-огородные участки, более частый выезд горожан “на природу” для отдыха, сбора грибов, ягод и т. д., образование антропургических очагов, в которых в циркуляции вируса участвуют и домашние животные. Это способствует повышению контакта населения, прежде всего, городского, с клещами, что привело к тому, что в настоящее время доля городских жителей среди заболевших достигает 70–80%. Часть горожан (10% от общего числа заболевших) заражается в пределах городов, в садах и парках (Злобин и др., 2004; Злобин, 2010).

Также одной из причин увеличения заболеваемости населения клещевым энцефалитом на Урале и в Сибири является смягчение и увлажнение климата. Так, в период 1993–2003 гг. в Иркутской области температура февраля повысилась на 6°С и достигла –11°С, а длительность безморозного периода увеличилась с 90–100 до 120–130 дней. По многолетним наблюдениям (1956–2003 гг.) на территории Иркутска и Иркутского района Иркутской области обилие иксодовых клещей возросло в 57.5 раза, а заболеваемость в 40.2 раза (Злобин и др., 2004). Однако Э. И. Коренберг (Коренберг и др., 2004; Коренберг, 2008) не считает влияние изменения климата на природные очаги клещевого энцефалита и его переносчиков безусловно установленным.

Тем не менее, потепление климата способствовало смещению границы распространения основных переносчиков клещевого энцефалита *I. ricinus* и *I. persulcatus* на северо-восток ЕЧР и Сибири соответственно, расширило период их активности. В то же время вследствие повышения аридности в южных регионах России южная граница распространения этих видов может сдвинуться к северу (Алексеев, 2004, 2006). *I. persulcatus* на территории Республики Коми в 1960-х гг. встречался только в южных районах, теперь же он обнаружен и в центральных. За последние 40 лет северная граница ареала клещей переместилась в Коми на север на 150–200 км. Регистрируется постоянный рост числа людей, укушенных иксодовыми клещами, значительная доля которых инфицирована вирусом клещевого энцефа-

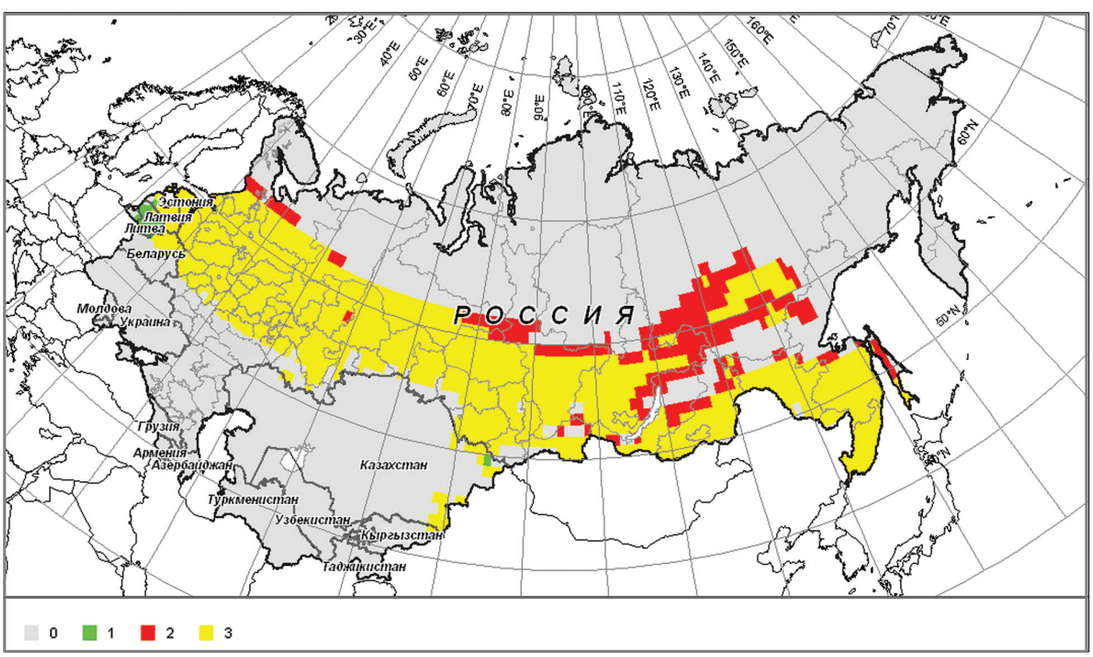


Рис. 6.1.5. Возможное климатообусловленное изменение ареала *I. persulcatus* на территории России, стран СНГ и Балтии за период 1981–2010 гг. по сравнению с периодом 1951–1980 гг. Обозначения: 0 – переносчик отсутствует; 1 – сокращение ареала; 2 – расширение ареала; 3 – переносчик присутствовал как в 1951–1980 гг., так и в 1981–2010 гг. (Ясюкевич и др., 2013б).

OD-2-1-3n 12/15/14 8:02 PM Page 756



Рис. 6.1.6. Возможное климатообусловленное изменение ареала *I. ricinus* на территории России, стран СНГ и Балтии за период 1981–2010 гг. по сравнению с периодом 1951–1980 гг. Обозначения: как на рис. 6.1.5, позиция 1 отсутствует, так как сокращения ареала не выявлено (Ясюкевич и др., 2013б).

лита (Корабельников, Егорова, 2009; Гнатив, 2010; Глушкова и др., 2011).

Сходные тенденции характерны и для северных стран Западной Европы. Так, в Швеции ареал *I. ricinus* расширился к северу, что связано с потеплением климата. Последствием потепления климата в Швеции стал рост заболеваемости клещевым энцефалитом, который вызван увеличением численности клещей и продолжительности их жизни, более частым посещением населением лесных территорий, эндемичных в отношении этой инфекции; кроме того, отмечался рост численности животных – прокормителей клещей (Lindgren et al., 2000).

Расчетные оценки изменения ареалов *I. persulcatus* и *I. ricinus* в соответствии с наблюдаемым изменением климата представлены на рис. 6.1.5 и 6.1.6.

Сокращение ареала *I. persulcatus* возможно на территории стран Балтии и части горной системы Алтая, расположенной на территории Республики Казахстан. Расширение ареала происходит в ограниченных масштабах на ЕЧР в северном направлении на территории Республики Карелия, Архангельской области и Республики Коми и весьма существенно на территории Сибири и Дальнего Востока в северном и северо-восточном направлениях (рис. 6.1.5) (Ясюкевич и др., 2013б).

Сокращение ареала *I. ricinus* не происходит. Отмечено его существенное расширение в средних широтах ЕЧР на восток и в северном направлении на территории Республики Карелия, а также в северном и восточном направлениях в Архангельской области (рис. 6.1.6) (Ясюкевич и др., 2013б).

Иксодовые клещевые боррелиозы (болезнь Лайма) в России официально регистрируются с начала 1992 г., и с того времени заболеваемость возросла почти в 4 раза, от 2477 до 9942 больных в 2011 г. (табл. 6.1.1).

Возбудителями болезни в Евразии являются три патогенных для человека вида боррелий: *Borrelia burgdorferi, B. garinii, B. afzelii*. Первый вид редко встречается в Евразии, напротив, два других в Северной Америке не обнаружены. Поэтому в последнее время под термином болезнь Лайма понимают комплекс иксодовых клещевых

OD-2-1-3n 12/15/14 8:02 PM Page 757

бореллиозов (Манзенюк, Манзенюк, 2005). С инфекцией B. garinii связывают неврологическую симптоматику, сходную с клиническими проявлениями при некоторых формах клещевого энцефалита, *B. burgdorferi* – с Лайм-артритом, *B. afzelii* – с хроническим атрофическим дерматитом (Манзенюк, Манзенюк, 2005).

Переносчиками и резервуарами боррелий в природных очагах являются иксодовые клещи, важнейшими на территории России – *I. persulcatus* и *I. ricinus*. Возбудитель сохраняется в них всю жизнь и передается трансфазово и трансовариально. Прокормителями клещей, а также и резервуарами боррелий, являются различные животные (мелкие грызуны, насекомоядные, зайцы, копытные, птицы – обитатели нижнего яруса леса).

Наиболее высокая заболеваемость клещевыми боррелиозами отмечена в Волго-Вятском, Уральском, Западно-сибирском регионах. Наивысшие показатели заболеваемости в 2010 г. зарегистрированы в Кировской (33.23) и Вологодской (31.91) областях, Республике Тыва (20.92), Удмуртской Республике (17.55), Томской области (17.19) при среднем по России уровне 5.0 (табл. 6.1.1).

В последние годы инфицирование населения при укусе клеща происходит не только на территории природных очагов, но и, как и в отношении клещевого энцефалита, в городских парках и скверах (Арумова, Воронцова, 2000; Злобин и др., 2004; О санитарно-эпидемиологической обстановке…, 2011). Повышается число обращений населения по поводу укуса иксодового клеща (табл. 6.1.1), что, впрочем, свидетельствует не только о росте обилия клещей, но и о повышении санитарной культуры людей и их заботе о своем здоровье. В 2011 г. 6.1% клещей, которые были сняты с людей, были носителями вируса клещевого энцефалита, а 10.7% – боррелий (из исследованных 225 639 клещей) (О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения…, 2012). Это средние показатели по России. В ряде случаев зараженность клещей может

Таблица 6.1.1. Заболеваемость иксодовым клещевым боррелиозом (болезнь Лайма) и число обращений по поводу укуса клеща в Российской Федерации

Год	Иксодовый клещевой бореллиоз (болезнь Лайма)		Число обращений населения по поводу укуса иксодового клеща
	Больных на 100 тыс. населения	Абсолютное число больных	
1992	–	2477*	–
1993	–	4727*	–
1994	2.7*	–	–
1995	2.8*	–	–
1996	5.5*	–	–
1997	–	–	–
1998	5.9	8606	–
1999	5.8	8470	–
2000	5.4	7862	–
2001	–	–	–
2002	5.1	7368	–
2003	6.1	8707	257150
2004	4.5	6463	233901
2005	–	–	–
2006	–	–	243640
2007	5.1	7247	231334
2008	5.4	7696	242562
2009	6.8	9688	503137
2010	5.0	7055	455285
2011	7.0	9942	574402

Примечание: *по: Арумова, Воронцова, 2000. Остальные данные по: О санитарно-эпидемиологической обстановке…, 1998–2011; О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения…, 2012).

OD-2-1-3n 12/15/14 8:02 PM Page 758

быть существенно выше. Так, на севере Калужской области, по многолетним (1992–2012 гг.) данным, боррелии были выделены из 27.6% клещей *I. ricinus*, причем доля зараженных самцов и самок была одинаковой (27.0 и 27.6%) (Буренкова, 2012). В Московской области за период исследований 1996–2007 гг. средняя зараженность *I. ricinus* боррелиями составила 11.3%, а *I. persulcatus* – 27.3% (Коротков и др., 2008).

Общий комплекс переносчиков и их прокормителей обуславливает большое эпидемиологическое сходство болезни Лайма с клещевым энцефалитом. Более того, почти все очаги клещевого энцефалита являются сочетанными с болезнью Лайма. Однако нозоареал последней шире, чем энцефалита. Так, в Центральном и Центрально-Черноземном районах заболеваемость боррелиозами регистрируется, а энцефалитом – нет (Злобин, 2010).

Клещевой сыпной тиф (клещевой риккетсиоз) Северной Азии – природно-очаговое заболевание, также экологически связанное с клещами, очаги которого широко распространены на территории Сибири и Дальнего Востока. Возбудителем его является *Rickettsia sibirica*. Путь передачи – облигатно-трансмиссивный. Резервуаром *Rickettsia sibirica* в очагах являются мелкие грызуны и копытные. Важнейшие переносчики – клещи рода *Dermacentor*, в первую очередь, *D. nuttalli*, а также *D. silvarum, D. marginatus, D. pictus*. Доказано участие в циркуляции возбудителя и других видов иксодовых клещей: *Haemaphysalis concinna, H. punctata, H. japonica douglasi, Rhipicephalus sanguineus, Rh. schulzei, Ixodes plumbeum, I. apronopharus, I. persulcatus*. Они являются не только переносчиками, но и резервуаром возбудителя, причем более важным, чем грызуны, которые сохраняют возбудитель в течение одного сезона. В клещах же возбудитель сохраняется в течение всей их жизни и передается трансфазово и трансовариально (Руководство по зоонозам, 1983; Тарасов, 2002; Лобан и др., 2002).

Уровень заболеваемости в целом по России невелик, но в последние два десятилетия XX века прослеживалась некоторая тенденция к его увеличению: за 1979–1991 гг. было зарегистрировано 11334 случая клещевого сыпного тифа, а впоследствии, за более чем вдвое меньший период (1994–1998 гг.) – почти столько же (11809 случаев). Как и в случае других природно-очаговых заболеваний, переносчиком которых являются клещи, возросла заболеваемость городских жителей, что связано с освоением земель под садовые участки, популярностью отдыха на природе и т. д. (Лобан и др., 2002). В настоящее время показатель заболеваемости стабильно держится на уровне 1.2–1.3 (1797 и 1685 случаев в 2003 и 2004 гг.; и 1808 и 1752 случая в 2008 и 2009 гг.) (Инфекционная заболеваемость…, 2005, 2010). Наиболее неблагоприятны в отношении этого заболевания Красноярский край и Иркутская область (показатель заболеваемости 4.0–17.5, причем в ряде районов этих субъектов РФ в отдельные годы показатель возрастал до 244) (Лобан и др., 2002) .

Крымская геморрагическая лихорадка (КГЛ) эпизодически регистрируется в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах Российской Федерации, а в пределах бывшего СССР – в Средней Азии, Закавказье, Украине. Ее возбудитель – вирус из семейства Buyaviridae, род *Nairovirus*. Переносчиками и резервуарами вируса в природе являются клещи рода *Hyalomma*, важнейшие из них на ЕЧР – *H. marginanum*, в Средней Азии – *H. anatolicum*. Вирус выделен также и из ряда других видов клещей, обитающих в степной и полупустынной зоне. Кроме того, источниками вируса служат дикие (грызуны, зайцы, ежи) и домашние (крупный рогатый скот, верблюды) животные, а также птицы. Путь передачи – трансмиссивный, но возможен и контактный, например, при раздавливании клеща (Львов и др., 1989; Тарасов, 2002).

С 1948 по 2003 гг. заболеваемость распределялась по субъектам Российской Федерации следующим образом: Ростовская область – 357 больных, Астраханская область – 297, Ставропольский край – 189, Волгоградская область – 33, Калмыкия – 23, Краснодарский край – 18, Дагестан – 9 случаев (Бутенко, Ларичев, 2004). В Калмыкии и Волгоградской области случаи заболевания отмечены впервые в 2000 г., а в Дагестане – в 2001 г. Это связывается с тем, что вследствие потепления климата граница ареала основного переносчика – клеща *H. marginatum* – продвинулась к северу, возросла его численность и, как следствие, расширился ареал инфекции. Пред-

OD-2-1-3n 12/15/14 8:03 PM Page 759

почтительным местом обитания этого вида клеща стали природные биотопы лесостепной зоны, что свидетельствует о вовлечении в ареал новых территорий (в том числе Западной, Северо-Западной и Центральной частей Ставропольского края). Это подтверждено результатами положительных находок антигена вируса КГЛ в клещах на указанных территориях. Показатели вирусофорности клещей в степных и лесостепных ландшафтах районов в 1.5 раза выше, чем в зоне полупустынь (Бутенко, Ларичев, 2004; О санитарно-эпидемиологической обстановке…, 2010). Уровень заболеваемости за последнее десятилетие представлен на рис. 6.1.7. Обращает на себя внимание существенный рост числа обращений населения по поводу укуса клеща.

Среди трансмиссивных природно-очаговых заболеваний различной этиологии, переносчиками которых являются иксодовые клещи, мы рассмотрели клещевой энцефалит, иксодовые клещевые боррелиозы (болезнь Лайма), клещевой сыпной тиф (клещевой риккетсиоз) Северной Азии, крымскую геморрагическую лихорадку. Первые три заболевания являются преобладающими на территории России, причем их распределение неравномерно. На ЕЧР и в Уральском Федеральном округе преобладает болезнь Лайма, заболеваемость клещевым энцефалитом в 2–3 раза меньше (кроме Южного и Северо-Кавказского Федеральных округов, где отмечается исключительно болезнь Лайма), клещевой риккетсиоз не регистрируется. Заболеваемость клещевым энцефалитом в целом по России в последнее десятилетие снижается, а болезнью Лайма – растет. На территориях Сибирского и Дальневосточного Федеральных округов, наоборот, из всех трех нозологических форм преобладает клещевой риккетсиоз (Рудаков и др., www.oniipi.org). Крымская геморрагическая лихорадка регистрируется эпизодически в Южном и Северо-Кавказском Федеральных округах.

Из природно-очаговых заболеваний, переносчиками которых являются комары, наибольшее значение на территории России имеет **лихорадка Западного Нила (ЛЗН)** – природно-очаговое заболевание, циркулирующее в популяциях птиц, в

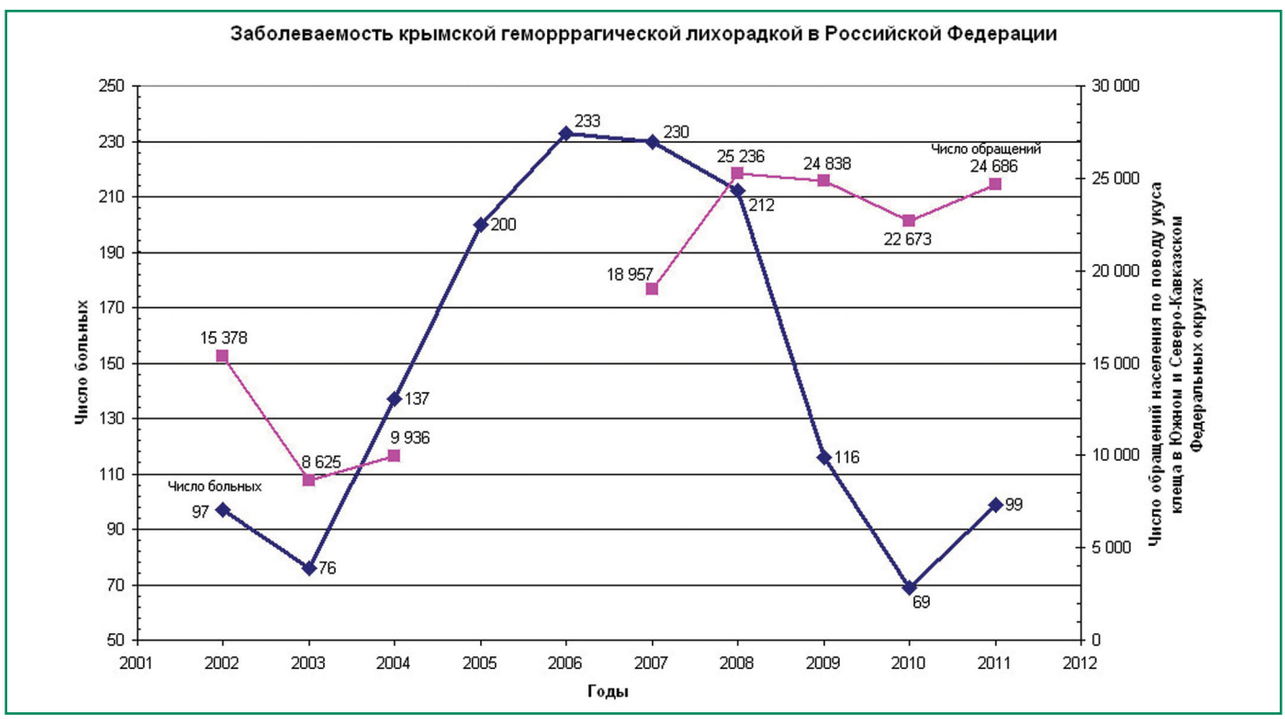


Рис. 6.1.7. Заболеваемость крымской геморррагической лихорадкой в России (синяя кривая) и число обращений населения по поводу укуса клеща (розовая кривая) в Южном и Северокавказском Федеральных округах (О санитарно-эпидемиологической обстановке..., 2003–2011; О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения..., 2012).

OD-2-1-3n 12/15/14 8:03 PM Page 760

основном, водного и околоводного комплексов. Его возбудитель – *Flavivirus* (сем. Flaviviridae, антигенный комплекс японского энцефалита) впервые был выделен в Уганде, в провинции Западный Нил, за что заболевание и получило свое название (Львов и др., 1989). Перелетные птицы могут переносить вирус на большие расстояния, вследствие чего он может обнаруживаться и в местностях, считающимися неэндемичными по ЛЗН, например, в Сибири (Платонова и др., 2006). Эндемичными же считаются районы, где среднегодовая сумма активных температур при пороговом значении 10°С превышает 2 800°С. Интенсивная циркуляция вируса в теплое время года возможна при среднегодовой сумме температур более 2200°С (Platonov et al., 2008).

Основными переносчиками возбудителя являются орнитофильные виды комаров, относящихся к родам *Culex, Aedes, Uranotaenia, Anopheles* и некоторых других. В городских условиях велика роль как переносчика обитающего в затопленных подвалах *Culex pipiens molestus*. Возбудитель неоднократно обнаруживался в иксодовых и аргасовых клещах (Львов и др., 1989; Тарасов, 2002; Федорова, 2007; Орехов и др., 2008; Platonov et al., 2008).

В Российской Федерации ЛЗН регистрируется с 1997 года. Динамика заболеваемости представлена на рис. 6.1.8.

В 1999 г. в Волгоградской и Астраханской областях возникла эпидемическая вспышка ЛЗН, в результате которой заболело 475 человек. Этот год был одним из наиболее теплых за более чем 100 лет наблюдений, с чем и связывается такой рост заболеваемости (Платонов и др., 2004, Платонов, 2006). Однако, следует иметь в виду, что аномально теплые годы часто бывают и аномально засушливыми (Оценочный доклад…, 2008а), что влечет за собой сокращение мест выплода комаров и, соответственно, падение их численности, что снижает интенсивность передачи возбудителя. После ряда благополучных лет последовал резкий подъем заболеваемости: в 2010 г. был зарегистрирован 521 больной, в следующем году – 163 и в 2012 г. – 454 (рис. 6.1.8).

Наиболее неблагоприятна обстановка в Астраханской, Волгоградской и Ростовской областях. На их долю приходится подавляющее большинство случаев заболеваний ЛЗН (рис. 6.1.9).

В 1997–1998 гг. случаи заболевания регистрировались только в Астраханской области. В



Рис. 6.1.8. Заболеваемость лихорадкой Западного Нила в России (О санитарно-эпидемиологической обстановке..., 1998–2011; О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения..., 2012).

OD-2-1-3n 12/15/14 8:03 PM Page 761

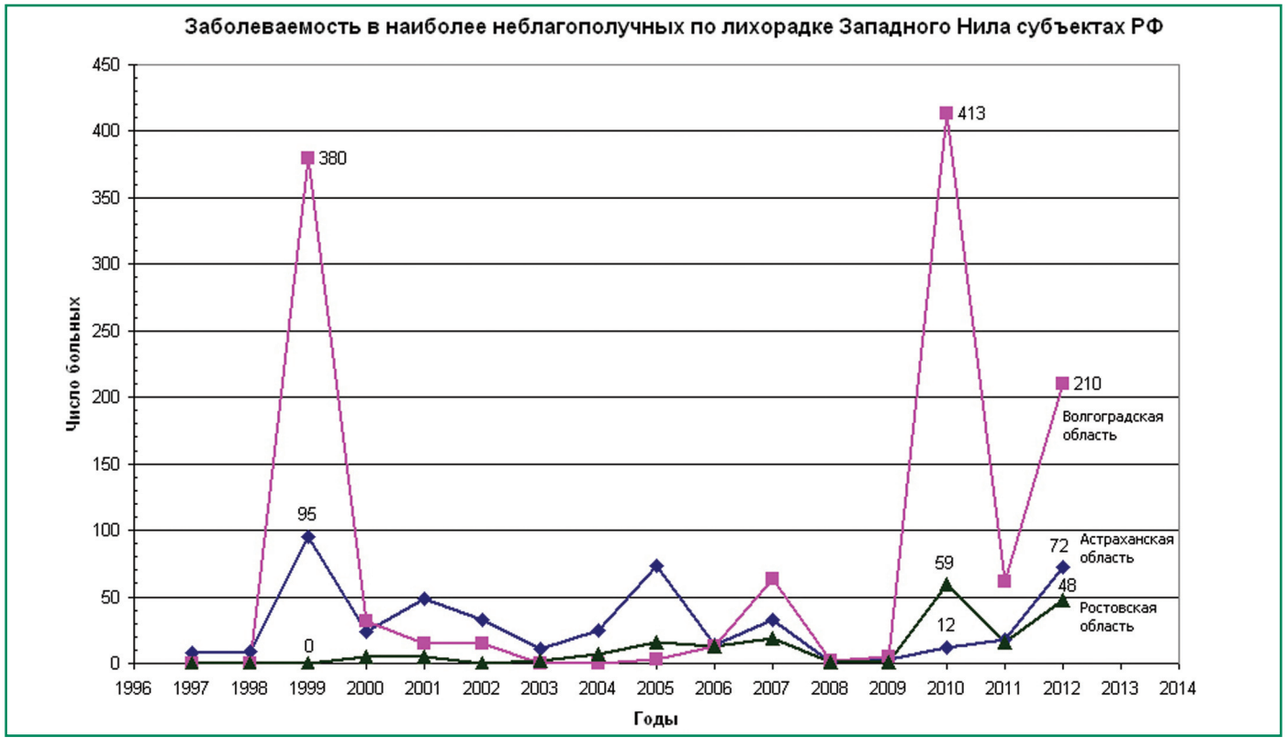


Рис. 6.1.9. Заболеваемость в наиболее неблагополучных по лихорадке Западного Нила субъектах РФ (О санитарно-эпидемиологической обстановке..., 1998–2011; О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения..., 2012; Лихорадка Западного Нила в мире, 2013).

1999 г. – в Астраханской и Волгоградской областях, со следующего года к ним прибавилась Ростовская. С 2006 г. единичные случаи стали регистрироваться в Ульяновской области. В 2010 г. случаи заболевания были уже в 9 субъектах Российской Федерации, в 2011 г. – в 10. В 2012 г. количество субъектов РФ, где регистрировалась заболеваемость ЛЗН, достигло 21. К ним относятся Волгоградская, Ростовская, Воронежская, Астраханская, Липецкая, Самарская, Саратовская, Белгородская, Ульяновская области, Краснодарский и Ставропольский края, Республики Татарстан, Калмыкия, Адыгея. По 1 случаю отмечено в Пермском крае, Новосибирской, Омской, Московской, Курской областях и Республике Мордовия, а также в Москве. Возможно, что это завоз из эндемичных местностей (Лихорадка Западного Нила в мире, 2013).

Анализ динамики заболеваемости (рис. 6.1.8, 6.1.9) – низкий уровень в течение ряда лет, резкий подъем в отдельные годы и столь же резкий спад – позволяет сделать предположение о том, что трансмиссивный путь передачи вируса от человека к человеку малоэффективен. Человек, видимо, является тупиковой ветвью в циркуляции “птица–комар–птица”. В пользу этого говорит и сравнительно небольшое число больных в годы вспышек – порядка полутысячи человек. При высокоэффективной же передаче возбудителя комарами от человека к человеку в эпидемический процесс за короткий срок вовлекается большое число больных и локальная вспышка перерастает в широкомасштабную эпидемию, охватывающую многие тысячи, а то и сотни тысяч человек. Так было в Бразилии, когда в результате завоза в 1930-е годы высокоэффективного африканского переносчика *Anopheles gambia* и его укоренения возникла самая крупная в истории страны эпидемия тропической малярии (Elton, 1958). Те же черты присущи эпидемиям желтой лихорадки в Судане в 1940-х гг. и в Эфиопии в 1959–1962 гг. (Львов и др., 1989).

Причину вспышек, видимо, следует искать не столько в повышении температуры приземного воздуха в отдельные годы (что, конечно, способствует повышению интенсивности циркуляции

OD-2-1-3n 12/15/14 8:03 PM Page 762

вируса в природных очагах), сколько в эпизоотиях среди птиц в местах зимовок, высокоэндемичных в отношении ЛЗН. Возвращаясь к местам гнездования, птицы массово заносят вирус на территорию России, что и вызывает резкий подъем заболеваемости.

Климатический риск, как и при многих других трансмиссивных заболеваниях – расширение ареалов переносчиков, а также общее потепление, вовлекающее в циркуляцию вируса все новые субъекты РФ.

Дополнительным фактором риска является ситуация по ЛЗН в США, где она регистрируется с 1999 г. Там только за сентябрь и октябрь 2012 г. заболело более 5 тыс. человек в 48 штатах, из них 229 погибли (Лихорадка Западного Нила в мире, 2013). Возможная причина этого в том, что североамериканские переносчики более эффективны, чем европейские (Сергиев, 2011). Возможно также, что в США был завезен и стал циркулировать более вирулентный по отношению к человеку штамм возбудителя. В любом случае, завоз американских переносчиков и вируса в Европу может коренным образом изменить эпидемическую ситуацию по ЛЗН, как в Западной Европе, так и в России (Сергиев, 2011). Отметим, что в 2012 г. в странах Евросоюза и сопредельных государствах было зарегистрировано 411 случаев заболевания (из них в Греции – 161, Венгрии – 10, Италии – 50, Румынии – 14, Алжире – 1, Хорватии – 5, Македонии – 6, Израиле – 59, Косово – 4, Палестинской автономии – 2, Сербии – 67, Тунисе – 32.), то есть почти столько же, что и в России (Лихорадка Западного Нила в мире, 2013).

Малярия была и остается одним из самых распространенных трансмиссивных заболеваний в мире. Так, в 2000 г. в мире зарегистрировано 233 млн случаев заболевания малярией из которых 985 тыс. с летальным исходом, в 2009 г. – 225 млн и 781 тыс. соответственно, большая часть из которых приходится на Африку (в отношении смертельных исходов 91%) (Кондрашин и др., 2011).

Кроме того, опасения внушают часто регистрируемые в последнее десятилетие в странах Восточной Азии и Океании случаи заболевания че-

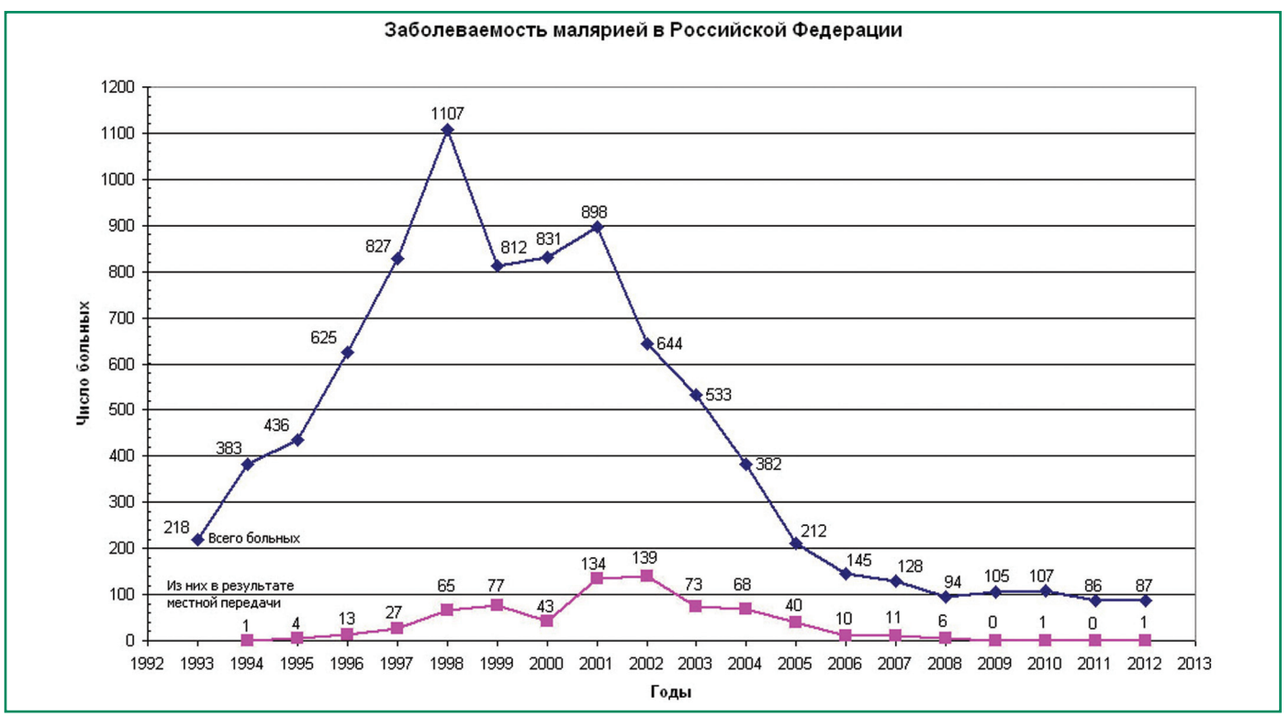


Рис. 6.1.10. Заболеваемость малярией в России: общее число больных – синяя кривая, заболевшие вследствие местной передачи – розовая кривая (О санитарно-эпидемиологической обстановке..., 1998–2011; О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения..., 2012).

OD-2-1-3n 12/15/14 8:03 PM Page 763

ловека малярией приматов *Plasmodium knowlesi*. Морфологически этот вид сходен с возбудителем четырехдневной малярии человека (*P. malaria*), а по клиническому течению болезни – с тропической малярией (*P. falciparum*), что представляет большую опасность, так как этот вид возбудителя обусловливает более 90% летальных исходов при малярии (Баранова, 2011).

Обзору ситуации по малярии на территории России и сопредельных стран посвящена работа (Ясюкевич, 2002). Здесь приведем лишь ключевые моменты. В Российской Империи и в СССР малярия была общенациональной проблемой. Основным видом возбудителя был *P. vivax* (трехдневная малярия), но в меньших масштабах существовала тропическая и четырехдневная малярия. С 1884 по 1914 гг. ежегодно регистрировалось от 3 до 3.6 млн больных (Лейзерман, 1943). В СССР заболеваемость росла, достигнув пика в 1934–1935 гг. (9477007 и 9023909 случаев); по РСФСР, соответственно, 5319018 и 5371743 случая. В дальнейшем в результате широкомасштабной программы по борьбе с малярией появилась устойчивая тенденция к снижению заболеваемости. В 1940 г. в РСФСР было зарегистрировано только 1912386 больных. В начале 1960-х гг. было объявлено, что малярия как эпидемическое заболевание в СССР ликвидирована, сохранились лишь остаточные очаги в Азербайджане и Таджикистане (Васильев, 2000, 2001). К сожалению, при этом была упразднена и сеть противомалярийных станций, созданная в 1920-х гг.

В настоящее время в Российской Федерации ситуация по малярии может считаться достаточно благоприятной. Динамика заболеваемости малярией за последние 20 лет представлена на рис. 6.1.10.

Максимальное число больных было зарегистрировано в 1998 г. – 1107, из них 65 в результате местной передачи (5.9%). В дальнейшем масштабы завоза стали снижаться, но возникла тенденция к увеличению местных случаев малярии.

В 2001 г. было выявлено 898 случаев, из них 134 в результате местной передачи (14.9%), в 2002 г. 644 и 139 соответственно (21.6%). В 2003 г. положение улучшилось: из 533 зарегистрированных случаев местных было 73 (13.7%). В последующие два года при снижении общего числа больных (382 и 212 соответственно) доля местных случаев (68 и 40 больных) снова начала возрастать и составила 17.8 и 18.9%. В 2006 и 2007 гг. доля местных существенно снизилась и составила 6.7 и 8.6% соответственно. В последние годы (2011–2012) было 86 и 87 больных (0 и 1 случай местной передачи).

В ближайшем окружении России оставались очаги малярии, которые дали о себе знать после распада Советского Союза. Так, в Азербайджане в 1996 г. было зарегистрировано 13135 больных, а в Таджикистане в 1997 г. 29794 официально зарегистрированных больных (Ясюкевич, 2002). И завоз малярии из этих стран в Россию во второй половине 1990-х и начале 2000-х гг. существенно преобладал над завозом из стран дальнего зарубежья (Лобзин, Козлов, 2004).

Наибольшее число больных малярией (как завозные, так и ранее – местные случаи) выявляется в Москве и Московской области (О санитарно-эпидемиологической обстановке…, 1998–2011; О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения…, 2012). Но это связано не с особо благоприятной климатической обстановкой для распространения малярии, локально сложившейся в Московском регионе на рубеже XX–XXI вв., как полагают некоторые авторы (Миронова, 2006; Ревич, Малеев, 2011). Даже с учетом того, что Москва, как и другие мегаполисы мира, является “островом тепла” по отношению к окружающей местности (Mogi, 1996; Todhunter, 1996; Hansen et al., 2010), такие же более благоприятные условия создались и в других городах средней полосы России, где повышенной заболеваемости не наблюдается. Причина этого иная. Москва – деловой и культурный центр России. Трудовые мигранты из эндемичных по малярии стран, среди которых встречаются и больные, прибывают в столицу и стремятся, прежде всего, обосноваться в Московском регионе. Многие граждане развивающихся стран стремятся получить образование в московских учебных заведениях, а это тоже возможный источник завоза малярии (Баранова, 2010).

Современное благополучие в отношении малярии обусловлено рядом причин. Стабилизировалась ситуация в Республиках Азербайджан и Таджикистан, где были полномасштабные эпиде-

OD-2-1-3n 12/15/14 8:03 PM Page 764

мии, и в Республиках Киргизия и Узбекистан, где наблюдались локальные вспышки. В результате этого завоз малярии в Россию резко сократился. Сейчас первое место как источник завозных случаев занимает Индия (студенты и бизнесмены). В процессе ликвидации малярии в СССР были уничтожены фенотипы возбудителя, адаптированные к условиям средней полосы и местным видам переносчиков. Сейчас не существует единой популяции возбудителя, в которой возможны процессы отбора и адаптации вследствие эпизодических завозов различных фенотипов из многих стран и отсутствия непрерывной циркуляции возбудителя. Совершенствуется миграционная политика: нелегальных мигрантов стало меньше, а легальным разрешения выдаются с тем расчетом, чтобы потенциальный больной не попал на территорию России в сезон передачи малярии. Повысилась санитарная культура населения и настороженность медицинских работников, что обеспечило своевременное выявление и лечение больных, поэтому вторичные от завозных и местные случаи единичны (Баранова, 2010).

Одной из черт малярии как нозологической единицы является ее способность быстро возвращаться на исходные позиции при ослаблении контроля. Примером служат эпидемии малярии в Азербайджане и Таджикистане, локальные вспышки в Узбекистане и Киргизии, последовавшие после распада СССР и связанных с этим событий, эпидемии в Турции (в конце 1970-х гг. на Чукуровской равнине, в 1990-х гг. в юго-восточных и южных районах Анатолии), периодические возникающие локальные вспышки в странах Южной Европы (Ясюкевич, 2002; Лысенко и др., 2003; Кондрашин и др., 2011).

Таким образом, несмотря на невысокий уровень заболеваемости, предпосылки возобновления широкомасштабной передачи малярии, в первую очередь, трехдневной, в России остаются. К ним относятся сохраняющийся завоз малярии и большое число обитающих видов переносчиков.

На территории бывшего СССР известны следующие виды переносчиков малярии: *Anopheles maculipennis, An. melanoon, An. beklemishevi, An. messeae, An. atroparvus, An. sacharovi, An. martinius*, (виды комплекса *An. maculipennis*), *An. hyrcanus, An. sinensis, An. claviger, An. plumbeus, An. algeriensis, An. barianensis, An. lindesayi, An. marteri, An. superpictus, An. pulcherrimus, An. multicolor*. В России превалируют виды комплекса *An. maculipennis*. Кроме того, в ряде публикаций сообщается о нахождении на территории СНГ и других видов комплекса *An. maculipennis: An. persiensis, An. daciae, An. lewisi, An. artemievi* (Беклемишев, 1970; Гордеев и др., 2005, 2006, 2010; Лопатин и др., 2006; Djadid et al., 2007). Многие из этих видов являются весьма эффективными переносчиками малярии.

Изменения климата, произошедшие в конце XX–начале XXI вв. на территории стран СНГ и Балтии, не могли не сказаться на ареалах переносчиков и условиях развития возбудителя в их организме. Последствия этих изменений в отношении малярийных комаров были оценены расчетным методом с использованием прикладных климатических индексов, выявленных В. Н. Беклемишевым и его сотрудниками (Беклемишев, 1970) и определяющих условия существования переносчиков малярии в зависимости от температуры воздуха в приповерхностном слое атмосферы и суммы осадков (Ясюкевич и др., 2012, 2013).

Оценке изменения климатического ареала возбудителей малярии посвящена работа (Ясюкевич, Гельвер, 2007). В этой работе показано, что изменение температуры воздуха в приповерхностном слое, произошедшее в период 1966–1995 гг. по сравнению с 1936–1965 гг., привело к изменениям границ климатических ареалов возбудителей малярии территории бывшего СССР. Для *P. vivax* северная граница ареала сместилась к северу в секторе 90–100° в.д. В остальной части ареала положение границы не изменилось или же ареал сузился. Для *P. falciparum* северная граница ареала сместилась к северу в секторе 70–90° в.д. и к востоку от 135° в.д. В целом пространственный масштаб изменений потенциальных ареалов этих возбудителей малярии в конце XX века можно оценить как субрегиональный. Смещение границ ареала каждого из двух исследованных видов возбудителей малярии разнонаправлено и составило 100–200 км.

Расчет, выполненный в соответствии с инерционным сценарием, показывает, что в первой четверти XXI века повсеместного движения северных границ ареалов на север не ожидается.

OD-2-1-3n 12/15/14 8:03 PM Page 765

При этом расчетное для 1996–2025 гг. расширение ареалов возбудителей трехдневной и тропической малярии на территории России невелико и в целом уступает по масштабам ожидаемому в других частях ареала сокращению. Расширение ареалов происходит субрегионально в Азиатской части России (АЧР), где плотность населения по большей части невелика, а сокращение, наоборот, ожидается, в том числе, и в густонаселенной ЕЧР.

В настоящей главе такую оценку мы не приводим, так как завоз малярии в настоящее время невелик, местные случаи единичны и наибольшую потенциальную угрозу представляет расширение ареалов переносчиков.

На рис. 6.1.11 показан климатобусловленный ареал комаров комплекса видов *An. maculipennis*. Этот расчетный ареал достаточно точно отображает северную границу распространения *An. beklemishevi* и *An. messeae* (Маркович и др., 2001), за исключением восточной части. Реально распространение на восток An. messeae ограничивается междуречьем рек Зеи и Буреи (около 125° в.д.), это наиболее далеко заходящий на восток вид комплекса, а *An. beklemishevi* доходит примерно до 90° в.д. (Маркович и др., 2001). Для объяснения этого факта В. Н. Беклемишевым было выдвинуто 2 гипотезы. Первая заключается в том, что в нетронутой тайге для комаров *An. maculipennis s.* l. отсутствуют подходящие по температурному режиму водоемы, и они следуют за человеком, осваивающим тайгу. Однако, сравнение данных 1920-х и 1930-х гг. (Беклемишев, 1970), а также современных (Маркович и др., 2001), не показывает распространения *An. maculipennis s.* l. далее на восток, хотя этот регион интенсивно осваивался за эти годы. Вторая заключается в том, что распространенный на Дальнем Востоке *An. sinensis* имеет решающее преимущество в конкурентной борьбе с *An. messeae* и препятствует расширению его ареала. Это представляется более правдоподобным. В отношении северной границы наш анализ показывает некоторое расширение ареала в северном направлении, особенно заметное на территории Восточной Сибири. Сокращение ареала незначительно.

На рис. 6.1.12 представлен групповой модельный ареал экологической группы комаров, зимующих в активном состоянии и периодически пи-

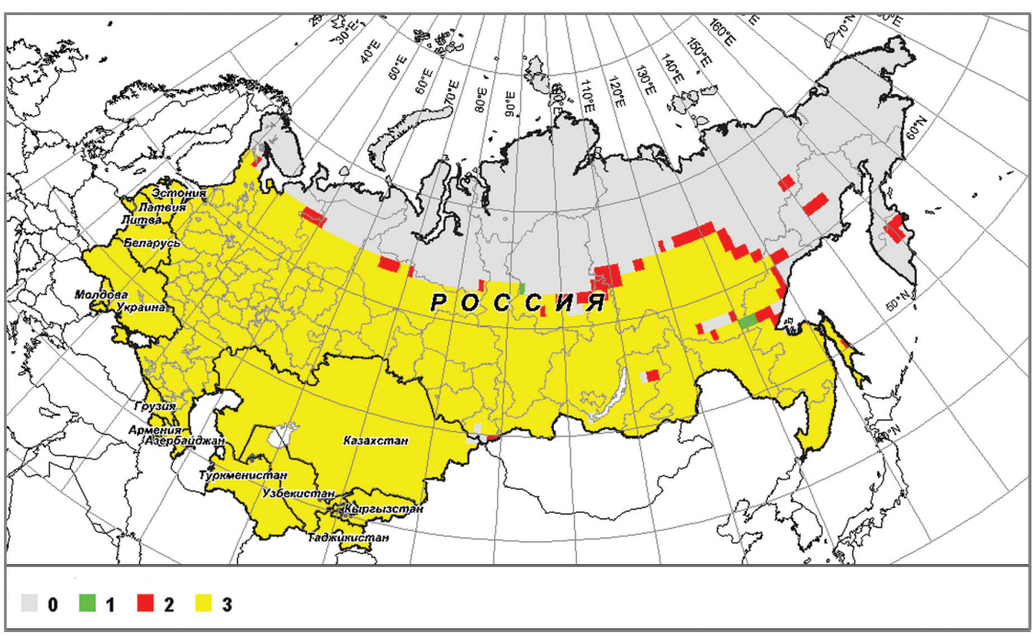


Рис. 6.1.11. Изменения климатообусловленного расчетного ареала комаров комплекса видов *An. maculipennis* за период 1981–2010 гг. по сравнению с периодом 1936–1965 гг. Обозначения: 0 – переносчик отсутствует; 1 – сокращение ареала; 2 – расширение ареала; 3 – переносчик присутствовал как в 1936–1965 гг., так и в 1981–2010 гг. (Ясюкевич и др., 2012, 2013а).

OD-2-1-3n 12/15/14 8:03 PM Page 766

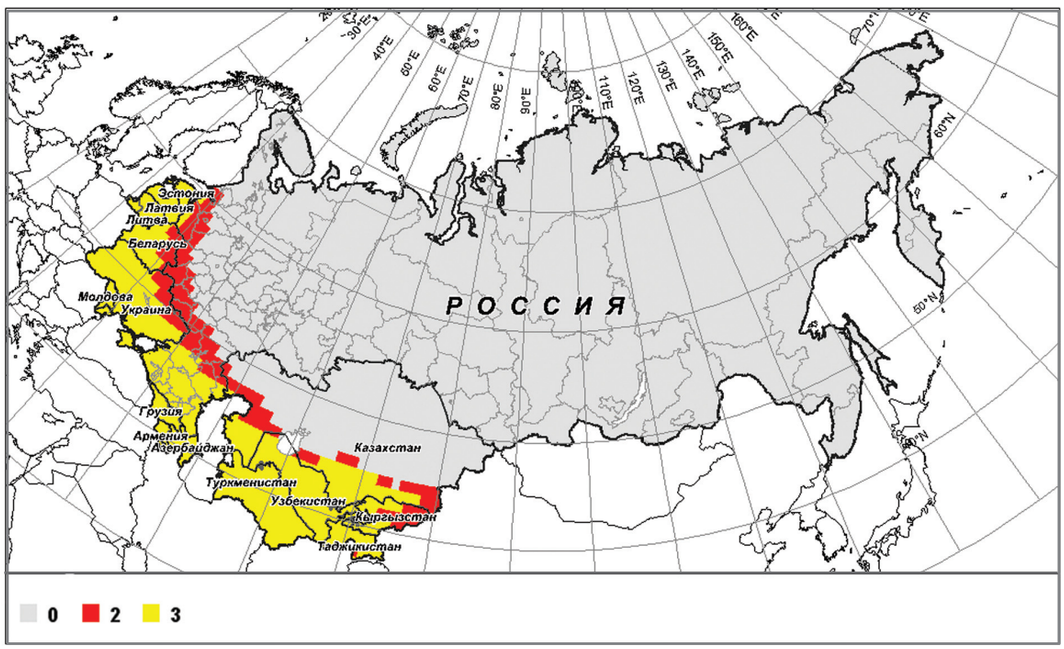


Рис. 6.1.12. Изменения климатообусловленного расчетного ареала экологической группы комаров, зимующих в активном состоянии, за период 1981–2010 гг. по сравнению с периодом 1936–1965 гг. Обозначения как на рис. 6.1.11. Позиция 1 отсутствует, т. к. сокращения ареала не выявлено (Ясюкевич и др., 2012; 2013а).



Рис. 6.1.13. Изменения климатообусловленного расчетного ареала *An. pulcherrimus*, за период 1981–2010 гг. по сравнению с периодом 1936–1965 гг. Обозначения как на рис. 6.1.11 (Ясюкевич и др., 2012; 2013). Позиция 1 отсутствует, так как сокращения ареала не выявлено.

OD-2-1-3n 12/15/14 8:03 PM Page 767

тающихся кровью. К ним относятся An. superpictus (Средняя Азия, Закавказье, Дагестан), *An. sacharovi* (равнины Закавказья и Дагестана) и *An. atroparvus* (Закавказье, Северный Кавказ, и далее к западу от Каспия). Эти виды высоко восприимчивы к возбудителю трехдневной малярии *Plasmodium vivax* и являются более эффективными переносчиками, чем *An. beklemishevi* и *An. messeae*. На рисунке видно, что граница потенциального ареала существенно сдвинулась к востоку и к северу. По последним данным, *An. sacharovi* обнаружен в Калмыкии (окрестности Элисты), где ранее этот вид не отмечался (Перевозкин и др., 2012). Это подтверждает правильность результатов приведенного на рис. 6.1.12 расчета.

На рис. 6.1.13 представлен потенциальный ареал *An. pulcherrimus*. В Российской Федерации этот вид не встречается, но широко распространен в независимых государствах Средней Азии. Модельный анализ показал существенное увеличение площади его ареала.

Расширение ареала *An. superpictus* и *An. pulcherrimus* в Средней Азии является фактором риска возобновления малярии в государствах этого региона. В республике Таджикистан в 1970–1980 гг. эти виды были уничтожены почти полностью, сейчас же их численность восстановилась и достигла уровня, когда широкомасштабная борьба с ними не проводилась. Более того, установлено, что *An. superpictus*, считавшийся ранее горноручьевым комаром, сейчас активно заселяет равнинные водоемы с более высокой эвтрофикацией. Это может осложнить малариологическую обстановку в этом регионе и привести к увеличению масштаба завоза малярии на территорию России (Кадамов, 2010).

Таким образом, климатические изменения за период 1981–2010 гг. по сравнению с периодом 1936–1965 гг. создали предпосылки для расширения климатообусловленных ареалов исследованных видов переносчиков малярии в восточном и северном направлениях, что может привести к обнаружению некоторых из них в местностях, где они ранее не встречались. Сокращения ареалов модельный расчет не выявил. Это делает мониторинг видового состава и численности переносчиков по-прежнему актуальным (Ясюкевич и др., 2012, 2013а)

Климатическим риском является расширение ареалов переносчиков и возбудителей малярии. Необходимо отметить, что выявленное расширение ареалов *An. atroparvus, An. sacharovi, An. superpictus* и *An. pulcherrimus* представляет собой более существенную угрозу, чем *An. beklemishevi* и *An. messeae,* поскольку последние виды являются менее эффективными переносчиками, чем перечисленные в первой группе.

Представленные в научной литературе ***перспективные оценки*** изменения характера распространения инфекционных заболеваний в XXI веке вследствие ожидаемых изменений климата, обычно имеют качественных характер.

Дальнейшее смещение границ ареалов иксодовых клещей, как это происходит в настоящее время (Ясюкевич и др., 2013б, рис. 6.1.5, 6.1.6), к северо-востоку будет способствовать повышению заболеваемости клещевым энцефалитом, боррелиозами и риккетсиозами. В то же время вследствие повышения аридности в южных регионах России южная граница распространения *Ixodes ricinus* и *I. persulcatus* может сдвинуться к северу (Алексеев, 2004, 2006). Для большинства членистоногих переносчиков болезней человека предполагается увеличения периода активности, то есть более ранний выход из зимовки весной и уход в диапаузу осенью. (Алексеев, 2004, 2006).

Улучшение вследствие потепления условий обитания местных видов комаров, являющихся переносчиками арбовирусов, будет способствовать формированию новых природных очагов комариных лихорадок и энцефалитов (Алексеев, 2004, 2006). Так, считается вероятным возникновение природных очагов и проявление клинических случаев лихорадки Западного Нила в Саратовской, Самарской, Оренбургской, Воронежской, Курской, Белгородской, Омской и Новосибирской областях, Алтайском крае (Платонов, 2006; Платонов и др., 2004; Платонова и др., 2006; Platonov et al., 2008).

Согласно оценкам МГЭИК, в Северном полушарии климатический ареал малярии в XXI веке при потеплении климата расширится, в основном, к северу. На территориях, где малярия человека эндемична, увеличится длительность сезона передачи заболевания. Значительно увеличится число людей, проживающих в зонах с большим риском

OD-2-1-3n 12/15/14 8:03 PM Page 768

заражения малярией. Если сейчас на территориях, где потенциально существует возможность заражения малярией, проживает 2400 млн человек, что составляет около 40% населения Земного шара, то к 2080 г. это число увеличится, по различным оценкам, еще на 220–400 млн человек. Новые риски, как и во многих других случаях, коснутся в первую очередь стран с низким уровнем жизни (Хайнес и др., 2004; Martens et al., 1999; Lieshout et al., 2004; Climate Change 2007, 2007).

Северные границы ареалов малярийных комаров сдвинутся далее к северу, как это уже происходит, возможно замещение северных популяций южными. На ЕЧР вследствие уменьшения континентальности климата возможно дальнейшее расширение ареалов *An. atroparvus, An. sacharovi, An. maculipennis* и *An. superpictus*, которые являются более эффективными переносчиками малярии, чем *An. beklemishevi* и *An. messeae*. При активизации завоза возбудителя это может существенно осложнить эпидемиологическую ситуацию по малярии (Сергиев и др., 2004; Ясюкевич и др., 2012; 2013а).

В последние годы была выявлена ***новая биологическая угроза*** для России – на Черноморском побережье Кавказа были обнаружены желтолихорадочный комар *Aedes aegypti* и азиатский тигровый комар *Ae. albopictus*. Эти виды являются переносчиками большого числа арбовирусных инфекций, в том числе таких опасных, как желтая лихорадка, лихорадки денге и Чикунгунья, эпидемии которых в мире охватывали десятки и сотни тысяч человек и сопровождались высокой летальностью. Первый является синантропным видом, второй – полусинантропным, что увеличивает их опасность как переносчиков циркулирующих среди людей заболеваний. *Ae. albopictus* является полуэндофильным видом, в отличие от эндофильного *Ae. aegypti*, поэтому обработки помещений стойкими контактными инсектицидами против него менее эффективны (Ганушкина, Дремова, 2011; 2012).

Ae. aegypti, не встречавшийся на территории СССР более 50 лет, был выявлен в 2001 г. в городе Сочи (Рябова и др., 2005). Дальнейшими исследованиями было подтверждено наличие его устойчивой популяции в Сочи и дальнейшее распространение по территории России – городах Туапсе, Адлер, Сухуми, Гудаута. (Юничева и др., 2008). Впервые же в России он был найден в 1911 г. в Батуми, затем в Туапсе и Закавказье – городах Кутаиси, Тбилиси, Баку и прилегающих местностях. Численность его быстро возросла, что создало предпосылки при появлении источника инфекции широкомасштабных эпидемий. В результате предпринятых истребительных мероприятий в 1930–1940-х гг. ее удалось резко снизить, а с начала 1950-х гг. этот переносчик уже не регистрировался в СССР.

Первичным местообитанием *Ae. aegypti* считается Западная Африка. С развитием мореплавания в течение нескольких веков он был развезен по всем тропическим широтам. Пик его распространения пришелся на 1930-е годы.

В 2011 г. там же (Район Большого Сочи, пос. Хоста) был выявлен другой опасный переносчик – *Ae. albopictus* (Ганушкина и др., 2012). Первичный его ареал – тропики Юго-Восточной Азии и острова Океании. Развитие транспорта и торговли способствовали его широкому распространению по странам и континентам, которое отмечается со второй половины XX в. (Knudsen, 1995; Tatem et al., 2006).

Ведущую роль в этом процессе сыграла торговля подержанными автопокрышками (Марковичч, 1997), которые для вторичной переработки могут перевозиться за многие тысячи километров. Они как нельзя лучше подходят для выплода комаров и откладки яиц, так как в большинстве случаев хранятся под открытым небом, заливаются водой. Как известно, яйца комаров рода *Aedes* после завершения эмбриогенеза способны длительное время сохранять жизнеспособность в сухом виде, а при попадании их в воду происходит выход личинок и их дальнейшее развитие. В Европе *Ae. albopictus* стал отмечаться с начала 1990-х гг. и к настоящему времени распространился во многих странах Южной Европы (Guidelines for the surveillance of invasive mosquitoes…, 2012).

Появление этих двух видов на Черноморском побережье Кавказа сделало актуальной оценку возможности их потенциального распространения на территории России, тем более что в настоящее время их расселение продолжается (Ганушкина и др., 2013).

OD-2-1-3n 12/15/14 8:03 PM Page 769

Яйца *Ae. aegypti* не переносят низких температур, поэтому фактором, лимитирующим распространение этого вида, является среднемесячная температура января 0°С. Яйца *Ae. albopictus* зимуют, в отличие от *Ae. aegypti*, в состоянии диапаузы и переносят легкое промораживание. Среднемесячная температура января ниже –1°С…–3°С делает невозможным их выживание. Некоторый разброс связан, скорее всего, с популяционными различиями. Так, в Японии популяции этого вида стабильно существуют при –2°С, в Южной Корее при –3°С. Другим ограничивающим климатическим фактором является среднегодовая сумма осадков – их требуется более 450 мм (Ганушкина, Дремова, 2011; Kobayashi et al., 2002; 2008; Neteler et al., 2011; Guidelines for the surveillance of invasive mosquitoes…, 2012). Эти предикторы использовались для оценки возможного распространения этих видов на территории России, стран СНГ и Балтии при климатических условиях последнего десятилетия – 2000–2010 гг. (рис. 6.1.14).

Как следует из этого рисунка, укоренение *Ae. aegypti* возможно на Черноморском побережье Кавказа до широты Краснодара, а также на всей территории Крыма.

В силу особенностей биологии, *Aedes albopictus* способен распространиться существенно далее в глубь территории России, чем *Aedes aegypti*. Если принять за границу распространения изотерму средней температуры января –1°С, то на Черноморском побережье Кавказа он продвинется несколько севернее, чем *Aedes aegypti*, заселит также Крым. Пригодными окажутся также небольшие участки Каспийского побережья Дагестана. За пределами России возможна акклиматизация *Aedes albopictus* на крайнем юге Молдавии и Черноморском побережье Украины до Одессы, а также Прикаспийской части Азербайджана и восточном побережье Каспия южнее залива Кара-Богаз-Гол (Туркменистан).

Если предположить, что были завезены комары из наиболее холодостойкой популяции (оценка по январской изотерме –3°С), то в потенциальную область распространения *Aedes albopictus* войдет Северный Кавказ, Краснодарский и Ставропольский края, Калининградская область и прилегающие районы Литвы, Закавказье (кроме высокогорных районов), южные области Украины, почти вся территория Молдавии, обширные участки восточного побережья Каспия к югу и северу от за-

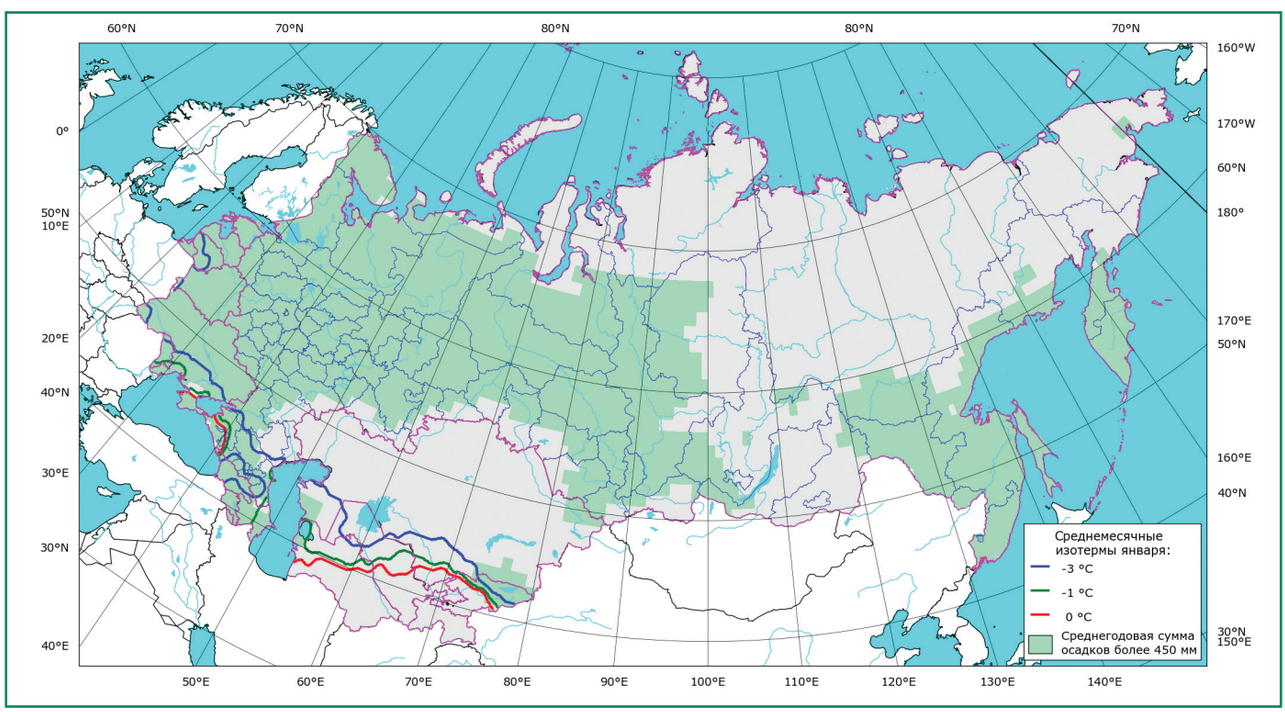


Рис. 6.1.14. Пределы возможного распространения *Aedes aegypti* и *Ae. albopictus* на территории России, стран СНГ и Балтии при климатических условиях периода 2000–2010 гг. (Ясюкевич и др., 2013а).

OD-2-1-3n 12/15/14 8:03 PM Page 770

лива Кара-Богаз-Гол (Туркменистан). Возможно также его укоренение в Киргизии (рис. 6.1.14).

При массовом распространении этих видов комаров по территории России они представляют существенную угрозу здоровью населения. Особенно опасны они как переносчики лихорадки денге. Средства специфической профилактики лихорадки денге еще не разработаны. Эта инфекция широко распространена в мире, она регистрируется в 125 странах. Заболеваемость за последние 50 лет выросла в 30 раз. Эпидемические вспышки лихорадки денге уже только в начале 2013 года зарегистрированы в Венесуэле, Бразилии, Мексике, Перу, Парагвае, Никарагуа, Колумбии, Таиланде, Вьетнаме, Шри-Ланке, Малайзии, Каймановых островах. Завозные случаи регулярно отмечаются в России. Так, в 2012 г. было 37 случаев, а только в январе 2013 г. – 29, связанных с пребыванием в Таиланде. Однако ни одного случая не зарегистрировано на Черноморском побережье Кавказа (Об эпидситуации по заболеваемости лихорадкой денге, 2013).

Заболеваемость желтой лихорадкой существенно ниже, что объясняется наличием высокоэффективной вакцины. Ряд стран, со списком которых можно ознакомиться на сайте Роспотребнадзора (http://rospotrebnadzor.ru), не допускает на свою территорию приезжающих без сертификата о прививке, что препятствует распространению инфекции.

Мерами профилактики при этой новой угрозе являются мониторинг численности и распространения переносчиков, борьба с ними, меры индивидуальной защиты от нападения комаров. При выявлении случаев заболевания, даже завозных, вакцинация населения. К сожалению, последнее действенно только при желтой лихорадке. Климатические риски – дальнейшее расселение этих переносчиков из мест локального обнаружения по территории России и нарастание их численности, а также расширение их климатобусловленного ареала при предполагаемом изменении климата.

Сибирская язва. В настоящее время заболеваемость сибирской язвой носит эпизодический характер (рис. 6.1.15). Однако определенную угрозу представляет возвращение в активное состояние возбудителей этой особо опасной инфекции



Рис. 6.1.15. Заболеваемость сибирской язвой в России (О санитарно-эпидемиологической обстановке..., 1998–2011; О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения..., 2012).

OD-2-1-3n 12/15/14 8:03 PM Page 771

в местах захоронений погибших людей и животных вследствие оттаивания многолетнемерзлых грунтов при потеплении климата.

Часто повторявшиеся вспышки сибирской язвы на севере России в 1897–1925 гг. привели к смерти около 1.5 млн оленей (Казановский и др., 2006). В настоящее время в России зарегистрированы около 29 тыс. населенных пунктов, где ранее были отмечены заболевания сибирской язвой людей и животных, и 13855 могильников животных, 4961 (35.8%) из которых не соответствует санитарным нормам (О санитарно-эпидемиологической обстановке…, 2010). На некоторые места захоронений утрачены официальные документы о дате и числе погибших животных, карты эпизоотий (Галкин и др., 2007). Ряд населенных пунктов исчез, в некоторых практически не осталось местных жителей, которые смогли бы помочь установить точное местонахождение могильника (Гаврилов, 2010). Значительная часть таких захоронений животных, павших от сибирской язвы, находится в Сибири – исторически один из наиболее неблагополучных по вспышкам сибирской язвы регионов России, где зарегистрированы около 7 тыс. стационарно неблагополучных пунктов.

Несмотря на заметное превышение (более чем в 2.5 раза) общего числа таких пунктов в Сибири по сравнению с ЕЧР, плотность их весьма незначительная – 1.1 на 1 тыс. км^2. Среди арктических территорий наибольшее число мест, где регистрировалась сибирская язва в 1906–2004 гг., находится в Якутии – 270 (Кадастр…, 2005). Это объясняется крупными эпизоотиями сибирской язвы среди больших стад северных оленей и лошадей (Каратаева, Васильева, 2007). В условиях многолетней мерзлоты споры возбудителя сибирской язвы и некоторых других особо опасных инфекций устойчивы и могут сохраняться в жизнеспособном состоянии в течение длительного времени. При потеплении климата возможно возвращение палеомикроорганизмов в потенциально активное состояние из-за оттаивания останков мамонтовой фауны (Эпидемиологический надзор…2000).

Горнопромышленные, строительные и сельскохозяйственные работы при освоении новых участков, особенно в местах захоронения погибших животных, несут в себе опасность попадания возбудителя заболевания в организм человека и животных, возрождения очага инфекции. Эта опасность особенно возрастает в засушливые годы, когда в местах выпаса домашнего скота оголяется почвенный покров, и находящиеся там споры возбудителя инфекции легко попадают в организм животных (Кершенгольц и др., 2009).

Проблема активизации очагов сибирской язвы не теряет актуальности и в связи с северным оленем. В настоящее время в России имеется до 1.2 млн домашних оленей, или 62% их общей численности в мире, и около 1 млн диких оленей. Поэтому представляется необходимым отслеживать тенденции изменения температурного режима в местах расположения могильников. Положительный тренд среднегодовой температуры с 1971 г. является значимым на уровне 0.01 для центра и юга Якутии (Павлов, Малкова, 2005; Revich, Podolnaya, 2011). В районах, где наиболее выражен положительный тренд температуры, чаще всего регистрировались вспышки сибирской язвы – от 4 до 11 раз за последние 80 лет. По оценкам ветеринарных врачей, эти районы входят в группу территорий наибольшего риска заболеваемости сибирской язвой (Каратаева, Васильева, 2007).

Заболевания, связанные с питьевой водой и продуктами питания – острые кишечные инфекции

Изменение климата является также реальным фактором риска в связи с ухудшением качества и инфицированием питьевой воды и продуктов питания, что влияет на рост заболеваемости населения острыми кишечными инфекциями.

Во время волн жары на некоторых территориях в России часто возникает или обостряется проблема обеспечения населения качественной питьевой водой. Это связано с ограниченными ресурсами питьевой воды, изношенностью водопроводных сетей, замедлением темпов строительства объектов водоснабжения. Особенно страдает от недостатка качественной воды население с низким доходом на душу населения. Ни одна территория в Арктическом регионе не вошла в список регионов Российской Федерации с хорошим качеством питьевой воды.

Уровень заболеваемости населения кишечными инфекциями в определенной степени опреде-

OD-2-1-3n 12/15/14 8:03 PM Page 772

ляется инфицированностью вод северных морей и озер, на микробиологические показатели которых влияют климатические факторы. Микробные ценозы отличаются высокой физиологической активностью и быстрой реакцией на изменение состояния среды, в том числе ее температурного режима. Повышение температуры стимулирует метаболические процессы бактерий; в ряде северных морей происходит транслокация целого ряда видов из других мест обитания. При этом в морской среде могут возникать условия для "климатической эволюции микроорганизмов, сопровождающиеся накоплением штаммов и их переходом в патогенные для гидробионтов и человека формы" (Оценочный доклад…, 2008б). Учитывая, что мясо морских животных и рыба являются основой пищевого рациона коренных народов севера, возникает опасность дополнительного инфицирования этих продуктов питания.

При климатообусловленной деградации многолетней мерзлоты, на которой построены Норильск, Якутск, Анадырь и многие другие города и поселки, возможны аварии водопроводных и канализационных систем, что может способствовать вспышкам кишечных инфекционных заболеваний. Подробно вопросы устойчивости зданий, сооружений и инженерных сетей, расположенных в районах залегания многолетней мерзлоты рассмотрены в главе 6.4 настоящего доклада.

Неблагополучна ситуация с качеством питьевой воды и в ряде других регионах страны. Например, летом 2010 г. в результате мощной волны жары были отмечены нарушения в подаче питьевой воды в 127 сельских населенных пунктов Липецкой области. В Калмыкии привозной водой до сих пор пользуются 60 тыс. человек (О санитарно-эпидемиологической обстановке…, 2010; 2011). Такая вода наиболее подвержена воздействию внешних факторов, в том числе вторичному инфицированию.

С повышением температуры создаются оптимальные условия для инфицирования продуктов питания. Доказательства влияния изменения климата на заболеваемость острыми кишечными инфекциями получены в ходе реализации проекта ВОЗ в Архангельской области, где увеличение среднемесячной температуры за период с 1992 по 2008 гг. на 1°С приводило к росту числа случаев сальмонеллеза в последующий месяц в по различным моделям на 2–4% (Grjibovski et al ., 2012).

6.1.4. Некоторые факторы риска для здоровья населения в условиях будущего климата

В данном разделе анализируются некоторые факторы риска для здоровья населения на территории России и соседних стран (территория бывшего СССР) при определенных предположениях о будущем климате.

Следует отметить, что в отношении воздействия изменения климата на многие факторы здоровья населения отечественные исследования только начинают развертываться. Поэтому имеющиеся в публикациях материалы по тематике распределены крайне неравномерно. Если в отношении будущего воздействия волн жары и климатообусловленных факторов загрязнения атмосферного воздуха есть пока оценки лишь качественного характера, то в отношении трансмиссивных заболеваний в последнее время получены более детальные результаты, позволяющие делать и некоторые региональные оценки.

При анализе ситуации по трансмиссивным заболеваниям в данном разделе используются как предположения авторов различных публикаций по этому вопросу, так и специальные разработки научно исследовательских учреждений Росгидромета, которые участвовали в подготовке данного доклада. Эти разработки Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова (ГГО) и Института глобального климата и экологии Росгидромета и РАН (ИГКЭ) изложены в разделе 3 настоящего доклада. Кратко напомним происхождение этих специальных представлений о климате будущего, которые можно подразделить на две группы.

К первой группе принадлежит лишь один климат, построенный в Институте глобального климата и экологии Росгидромета и РАН (ИГКЭ) (Семенов и др., 2013). Он соответствует увеличению средней глобальной температуры на 1.5°С по сравнению с уровнем 1981–2000 гг. (климат "+1.5°С"). Это приблизительно соответствует увеличению доиндустриального уровня на 2°С, что считается сейчас предельно допустимым глобальным потеплением (его непревышение – сов-

OD-2-1-3n 12/15/14 8:03 PM Page 773

ременная “глобальная цель”). В работе с помощью статистических модели построены соответствующие поля среднемесячных температур как для базового периода 1981–2000 гг., так и для климата “+1.5°C”. Поля месячных сумм осадков для базового периода 1981–2000 гг. были взяты из работы (Xie, Arkin, 1998, updated). Поля месячных сумм осадков для климата “+1.5°C” взяты из расчетов глобального климата, соответствующему сценарию RCP4.5 в 2034–2053 гг. (см. ниже), который по переменной средней глобальной температуры наиболее соответствует климату “+1.5°C”. Такое представление о климате будущего пригодно более для качественного анализа последствий изменения климата, поскольку исходные данные о поле температуры, использованные для статистического моделирования, имели достаточно грубое пространственное разрешение. Вместе с тем такой подход к построению температурных характеристик климата будущего базируется непосредственно на данных наблюдений за климатом XX в.

Ко второй группе относится ряд климатов, рассчитанных с помощью 31 модели общей циркуляции атмосферы и океана – МОЦАО. Эти модели участвовали в проекте сравнения глобальных климатических моделей CMIP5. Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова (ГГО) Росгидромета для каждого сценария антропогенного воздействия на глобальную климатическую систему построила среднемодельный климат. При этом были использованы два сценария, использовавшиеся в цикле Пятого оценочного доклада МГЭИК (IPCC WGI SPM, 2014): умеренный RCP4.5 и экстремальный RCP8.5 (Катцов, Говоркова, 2013).

Оценки глобального климата – среднемесячные значения температуры и месячные суммы осадков – были получены ГГО для следующих временных периодов:

s2) 2011–2030 гг.;

s3) 2034–2053 гг. для RCP4.5 и 2028–2047 гг. для RCP8.5 (примерно соответствует климату “+1.5°C”);

s4) 2041–2060 гг.;

s5) 2080–2099 гг.

Периодом s1) считается базовый период 1981–2000 гг. Данные по температуре для него взяты из реанализа (Rienecker et al, 2011), а данные по осадкам – из работы (Xie, Arkin, 1998, updated).

Поскольку в прикладных исследованиях последствий изменения климата для природных и хозяйственных систем, для здоровья населения, часто используются данные суточного разрешения, то для обеих групп сценариев был построен годовой ход среднесуточной температуры, в наибольшей степени соответствующий имеющимся данным месячного разрешения.

Оценки пространственной распространенности переносчиков трансмиссивных заболеваний сделаны по их климатическому ареалу, т. е. по той части пространства, где климатические условия пригодны для существования переносчиков.

6.1.4.1. Экстремальные температуры и загрязнение атмосферного воздуха

Изменения климата, проявляющиеся в учащение волн жары, и в будущем могут представлять существенную угрозу здоровью населения. Отметим, что во время аномальной жары 2010 г. произошло прерывание тренда снижения смертности населения, в том числе трудоспособного возраста, в Москве и ряде регионов Центрального, Северо-Западного и Приволжского федеральных округов.

Определенную роль могут играть также и волны холода. Наглядное подтверждение тому – зимний сезон 2010/2011 гг., когда, как и летом, блокирующий антициклон привел к постоянной волне холода в Центральной России в течение месяца. Мета-анализ влияния волн жары в четырех северных российских городах (Мурманск, Архангельск, Якутск и Магадан) на показатели смертности от инфарктов, инсультов, заболеваний органов дыхания подтвердил ведущую роль волн холода (Ревич, Шапошников, 2012).

Согласно региональному климатическому прогнозу ГГО, в 2041–2060 гг. число волн жары в Архангельске может увеличиться в 1.8 раз по сравнению с базовым периодом 1980–1999 гг., что послужит причиной роста дополнительной смертности вследствие волн жары в среднем на 80% по сравнению с числом дополнительных смертельных случаев за предыдущий период (Shaposhnikov et al., 2011).

OD-2-1-3n 12/15/14 8:03 PM Page 774

Сложнее прогнозировать последствия одновременного воздействия на здоровье населения изменений климата и повышенного уровня загрязнения атмосферного воздуха, так как отсутствуют научно обоснованные прогнозы качества атмосферного воздуха в крупных городах России на перспективу, связанные с возможной реструктуризацией топливного баланса, интенсивным ростом автомобильного парка, внедрение новых стандартов ЕВРО-4 и ЕВРО-5, модернизацией промышленных производств и другими изменения, ведущими к изменению качественного и количественного состава антропогенных выбросов в атмосферу.

Между тем, в мире уже выполнены некоторые глобальные расчеты. К 2030 г. ожидается снижение в атмосферном воздухе концентраций PM10 на 23–34% и озона на 7–17%, вследствие этого ожидается уменьшение на 0.6–4.4 млн дополнительных смертей, связанных с воздействием PM10 и на 40–50 тыс. дополнительных смертей, связанных с озоном (Anenberg et al., 2012). Подобных прогнозов по России пока нет.

Определенные опасения вызывает планируемое в стране увеличение доли угля в топливном балансе. Увеличение его сжигания может привести к дальнейшему росту концентраций PM10, сажи и других загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, особенно населенных пунктов Сибири и Дальнего Востока. Повышение уровня загрязнения атмосферного воздуха населенных мест также возможно в результате пожаров лесов и торфяников, частота которых и площадь, пройденная огнем, сейчас увеличиваются; предполагается также увеличение этих показателей в будущем (Шерстюков, 2013; Шерстюков, Шерстюков мл., 2013). Более подробно этот вопрос изложен в главе 6.8 настоящего доклада.

6.1.4.2. Трансмиссивные заболевания

Заболевания, передаваемые иксодовыми клещами. Дальнейшее расширение на территории России и соседних стран (территория бывшего СССР) границ климатических ареалов* иксодовых клещей (как это происходит в настоящее время) к северу, северо-востоку и востоку потенциально может привести к повышению заболеваемости клещевым энцефалитом, бореллиозами и риккетсиозами. В определенной степени это может быть связано также с замещением тундровых сообществ – тайгой (до 10–35%) (Букварева, 2010) и повышением аридности в южных регионах России.

На рис. 6.1.16 и 6.1.17 представлены перспективные оценки распространения основных переносчиков клещевого энцефалита и иксодового клещевого бореллиоза (болезни Лайма) – клещей *I. persulcatus* и *I. ricinus* в предположении о глобальном потеплении на 1.5°С по сравнением с периодом 1981–2000 гг. (Попов и др., 2013).

Как видно на рис. 6.1.16, сокращение ареала *I. persulcatus* будет наблюдаться в западной его части, а существенное расширение – на территории Уральского Федерального Округа и в Восточной Сибири.

Расширение ареала *I. ricinus* будет происходить в северном и восточном направлении на ЕЧР, создадутся климатические предпосылки для его укоренения на Алтае и Дальнем Востоке (рис. 6.1.17).

На рис. 6.1.18 показано изменение ареала *I. persulcatus* в соответствии со сценарием умеренного антропогенного воздействия на климатическую систему RCP4.5, а на рис. 6.1.19 – экстремального антропогенного воздействия на климатическую систему RCP8.5.

Как видно на этих рисунках, предполагаемые изменения климата вызовут сокращение климатического ареала *I. persulcatus* в западной части рассматриваемой территории и расширение его в северном и восточном направлениях. К концу XXI века этот вид может заселить практически весь север ЕЧР и большую часть Сибири до 70° с.ш. В то же время в странах Балтии, в Белоруссии, в северной части Украины и западных областях России *I. persulcatus* исчезнет.

Аналогично, на рис. 6.1.20 показано изменение ареала *I. ricinus* в соответствии со сценарием умеренного антропогенного воздействия на климатическую систему RCP4.5, а на рис. 6.1.21 – экстремального антропогенного воздействия RCP8.5

*"Климатический ареал" – область географического пространства, где климатические условия допускают устойчивое существование вида.

OD-2-1-3n 12/15/14 8:03 PM Page 775

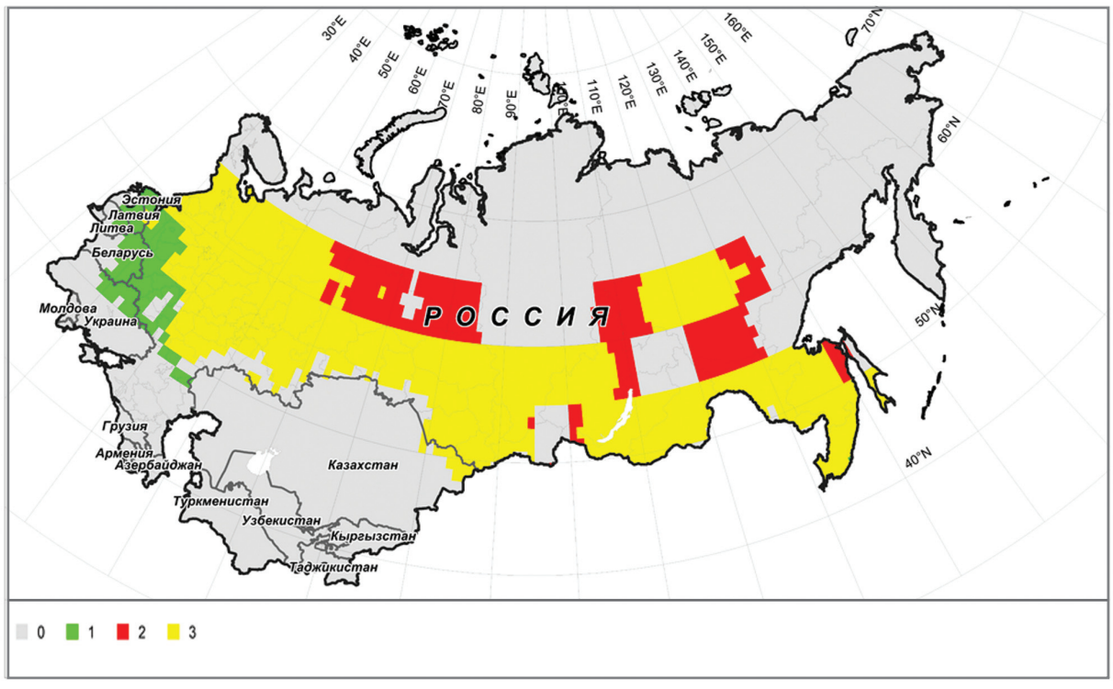


Рис. 6.1.16. Перспективная оценка климатического ареала *I. persulcatus* при глобальном потеплении на 1.5°C по сравнению с периодом 1981–2000 гг. Обозначения: 0 – переносчик отсутствует; 1 – сокращение ареала; 2 – расширение ареала; 3 – переносчик присутствует как в 1981–2000 гг., так и в будущем (Попов и др., 2013).



Рис. 6.1.17. Перспективная оценка климатического ареала *I. ricinus* при глобальном потеплении на 1.5°C по сравнению с периодом 1981–2000 гг. Обозначения: как на рис. 1, позиция 1 отсутствует, так как сокращения ареала не выявлено (Попов и др., 2013).

OD-2-1-3n 12/15/14 8:03 PM Page 776

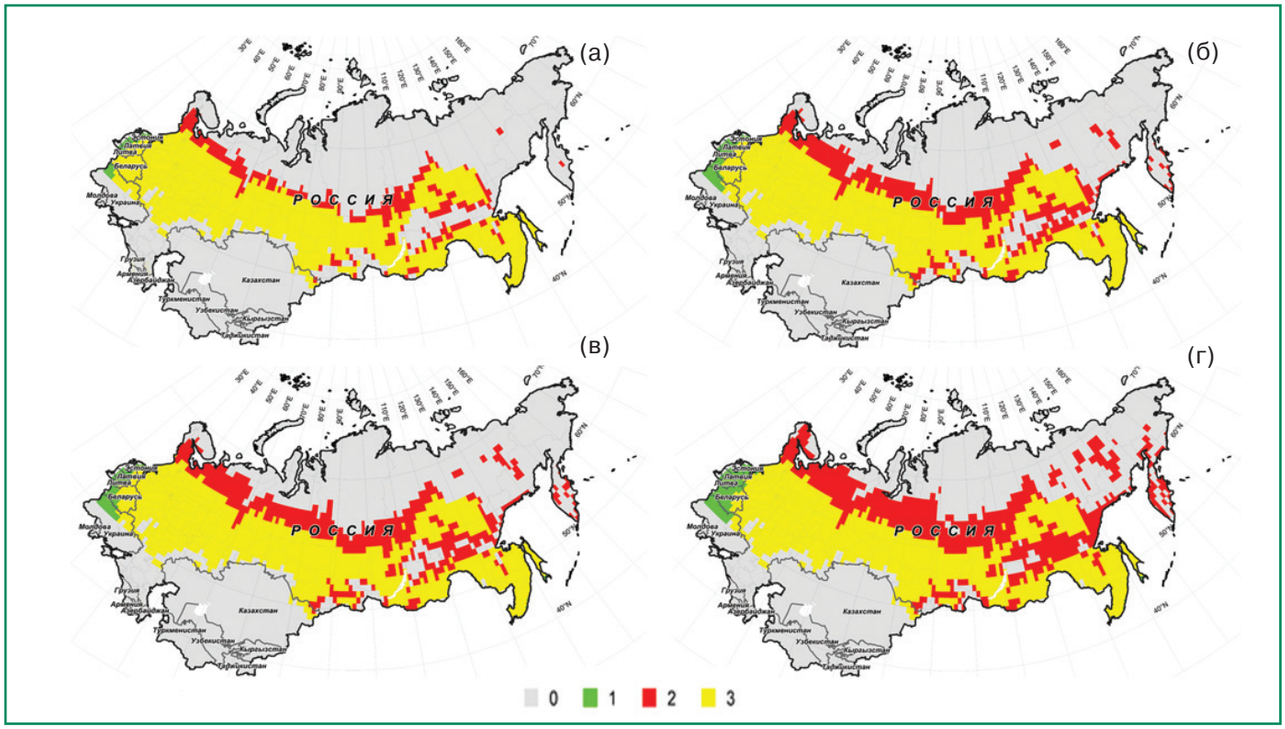


Рис. 6.1.18. Изменение по сравнению с 1981–2000 гг. климатического ареала *I. persulcatus* в соответствии со сценарием умеренного антропогенного воздействия на климатическую систему RCP4.5: а) для периода 2011–2030 гг., б) для периода 2034–2053 гг. (потепление примерно на 1.5°C* по сравнению с 1981–2000 гг.), в) для периода 2041–2060 гг., г) для периода 2080–2099 гг. Обозначения: как на рис. 6.1.16 (Попов и др., 2013).

Сокращение ареала *I. ricinus* в соответствии с этими сценариями не ожидается. По мере предполагаемого потепления ареал *I. ricinus* будет расширяться в северном и восточном направлениях. К концу XXI в. этот вид может заселить север ЕЧР и значительную часть Сибири до озера Байкал. Появятся климатические предпосылки для его укоренения на Дальнем Востоке и Камчатке.

Как хорошо видно на рисунках 6.1.18 – 6.1.21, климатическое воздействие на распространение обоих видов иксодовых клещей – *I. persulcatus* и *I. ricinus* – в соответствии со сценариями RCP4.5 и RCP8.5 в периоды 2011–2030 гг., 2034–2053 гг. и 2028–2047 гг. практически одинаково. Существенные отличия возникают лишь в периоды 2041–2060 гг. и 2080–2099 гг., т. е. с 2040–х годов.

Становление ареала *I. ricinus* тесно связано с историей европейских мезофильных лесов. В настоящее время этот вид обитает в смешанных и широколиственных лесах от побережья Атлантики до Среднего Поволжья. Предположительно, в плиоцене граница его ареала проходила существенно восточнее, а в конце плиоцена – плейстоцене он был оттеснен к западу под воздействием тайги с севера и степей с юга (Филиппова, 1973). Становление ареала *I. persulcatus* связано с таежными ландшафтами. Видимо, в верхнем плиоцене ареал *I. persulcatus* ограничивался восточными районами и только в ледниковый период расширился к западу (Филиппова, 1971). Таким образом, предполагаемое потепление будет способствовать процессам изменения ареалов клещей, обратным тем, которые происходили в более ранние исторические периоды.

Малярия. Согласно оценкам МГЭИК, в Северном полушарии климатический ареал малярии в XXI в. при потеплении климата расширится в основном к северу. На территориях, где малярия человека эндемична, увеличится длительность сезона передачи. Новым рискам, как и во многих других случаях, подвержены в первую очередь страны с низким уровнем жизни (Climate Change

*Примерно соответствует глобальному потеплению на 2°C по сравнению с доиндустриальным уровнем.

OD-2-1-3n 12/15/14 8:03 PM Page 777

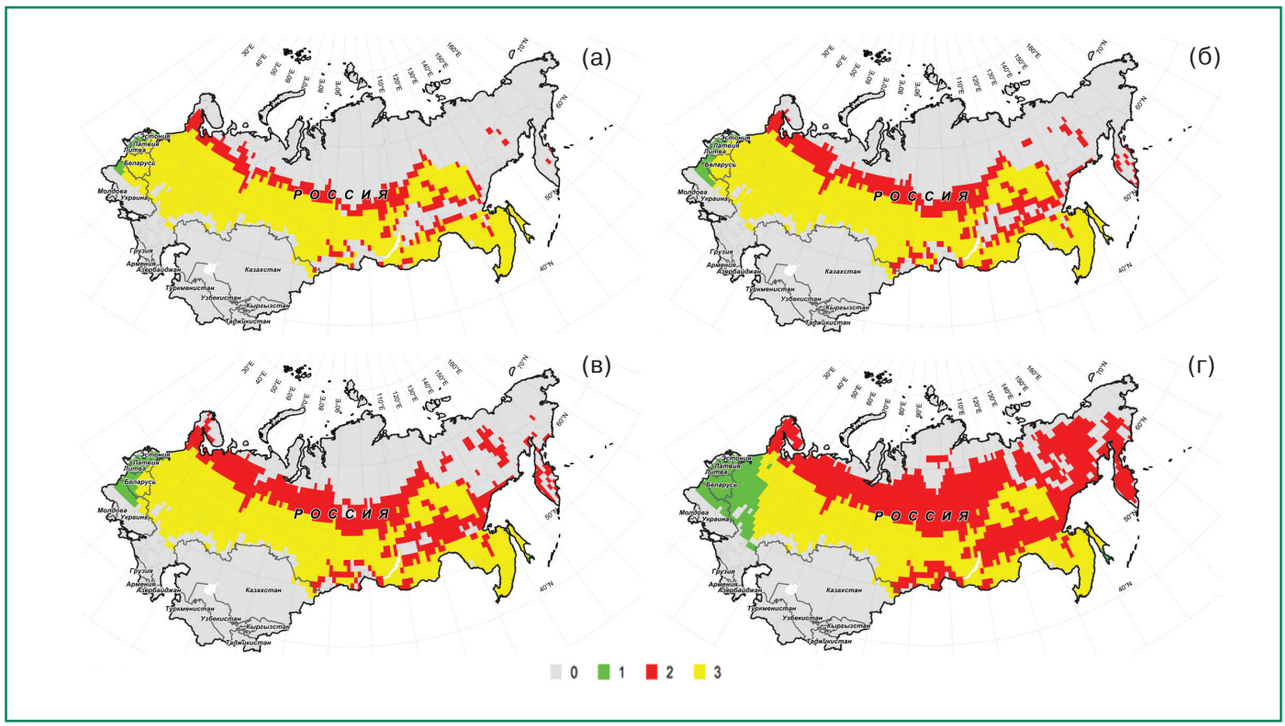


Рис. 6.1.19. Изменение по сравнению с 1981–2000 гг. климатического ареала *I. persulcatus* в соответствии со сценарием экстремального антропогенного воздействия на климатическую систему RCP8.5: а) для периода 2011–2030 гг., б) для периода 2028–2047 гг. (потепление примерно на 1.5°С по сравнению с 1981–2000 гг.), в) для периода 2041–2060 гг., г) для периода 2080–2099 гг. Обозначения: как на рис. 6.1.16 (Попов и др., 2013).

2007, 2007). Вместе с тем, формирование локальных очагов малярии становится реальностью и в странах, входящих в настоящее время в Европейский Союз, которые еще в 1970-е годы объявили себя свободными от малярии. Значительное влияние на возвращение малярии в страны Южной Европы, помимо миграционного заноса и ограниченности профилактических мероприятий в связи с кризисными тенденциями в экономике, оказывают и характерные для последних лет волны жары.

На территории России и соседних стран (территория СССР) также ожидается продвижение ареалов малярийных комаров к северу (Ясюкевич и др., 2012, 2013). Возможно замещение северных популяций южными (Сергиев и др., 2004). На ЕЧР России вследствие смягчения континентальности климата возможно дальнейшее расширение ареалов *An. atroparvus* и *An. maculipennis*, которые являются более эффективными переносчиками малярии, чем *An. beklemishevi* и *An. messeae* (Сергиев и др., 2004).

Прогностическая модель эпидемической обстановки по трехдневной малярии на ЕЧР и в Западной Сибири, созданная на кафедре биогеографии географического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова, показала, что в период с 2011 до 2030 гг. территория, благоприятная для развития возбудителя малярии, расширится до 60° с.ш. В дальнейшем, в 2046–2065 гг. такая территория может расшириться еще дальше на север. Однако, как указывают авторы, территория стабильно благоприятная для развития возбудителя малярии, расширится к северу только до 64° с.ш. Произойдет удлинение сезона передачи малярии, более выраженное на юге ЕЧР), расширение к северу территории, где имеется “высокая вероятность передачи инфекции” (Малхазова и др., 2011).

На рис. 6.1.22–6.1.24 представлены перспективные оценки распространения малярийных комаров (Попов и др., 2013), соответствующие климату “+1.5°С” (Семенов и др., 2013).

Как видно на этих рисунках, климатические ареалы малярийных комаров заметно увеличатся, по большей части, за счет расширения к северу, северо-востоку и востоку. Возникнут климатические предпосылки для распространения комаров, зиму-

OD-2-1-3n 12/15/14 8:03 PM Page 778

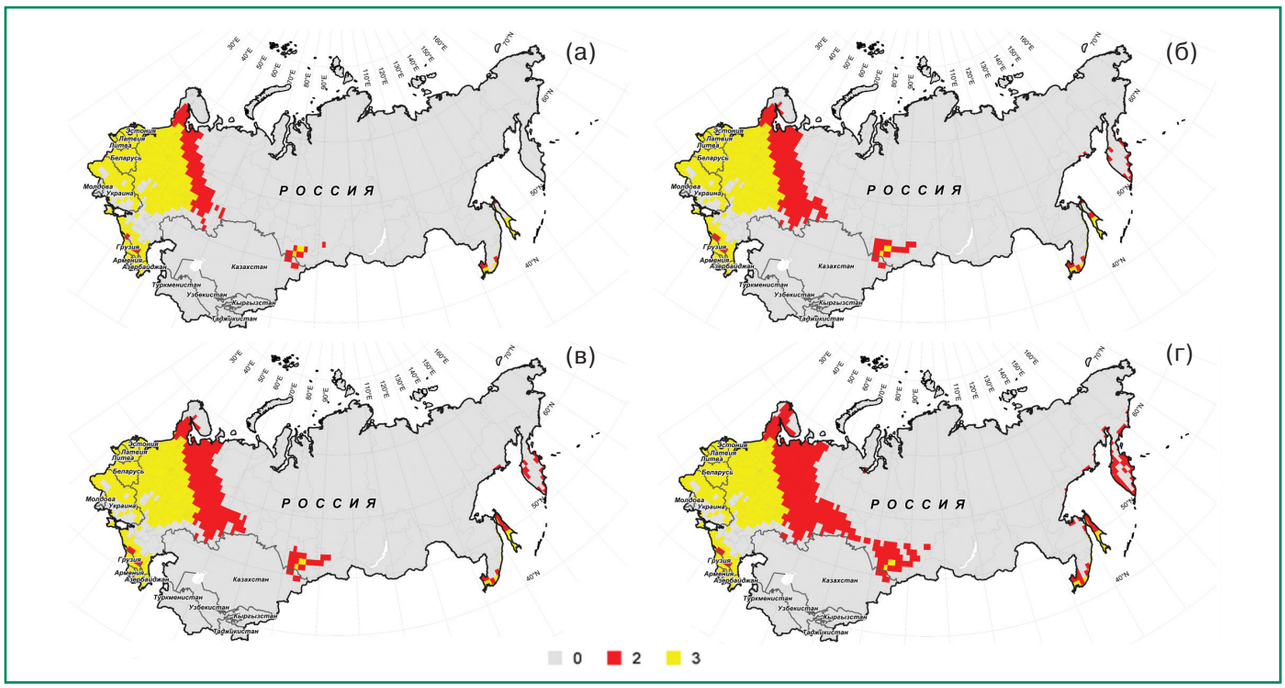


Рис. 6.1.20. Изменение по сравнению с 1981–2000 гг. климатического ареала *I. ricinus* в соответствии со сценарием умеренного антропогенного воздействия на климатическую систему RCP4.5: а) для периода 2011–2030 гг., б) для периода 2034–2053 гг. (потепление примерно на 1.5°С по сравнению с 1981–2000 гг.), в) для периода 2041–2060 гг., г) для периода 2080–2099 гг. Обозначения: как на рис. 6.1.16., позиция 1 отсутствует, так как сокращения ареала не выявлено. (Попов и др., 2013).

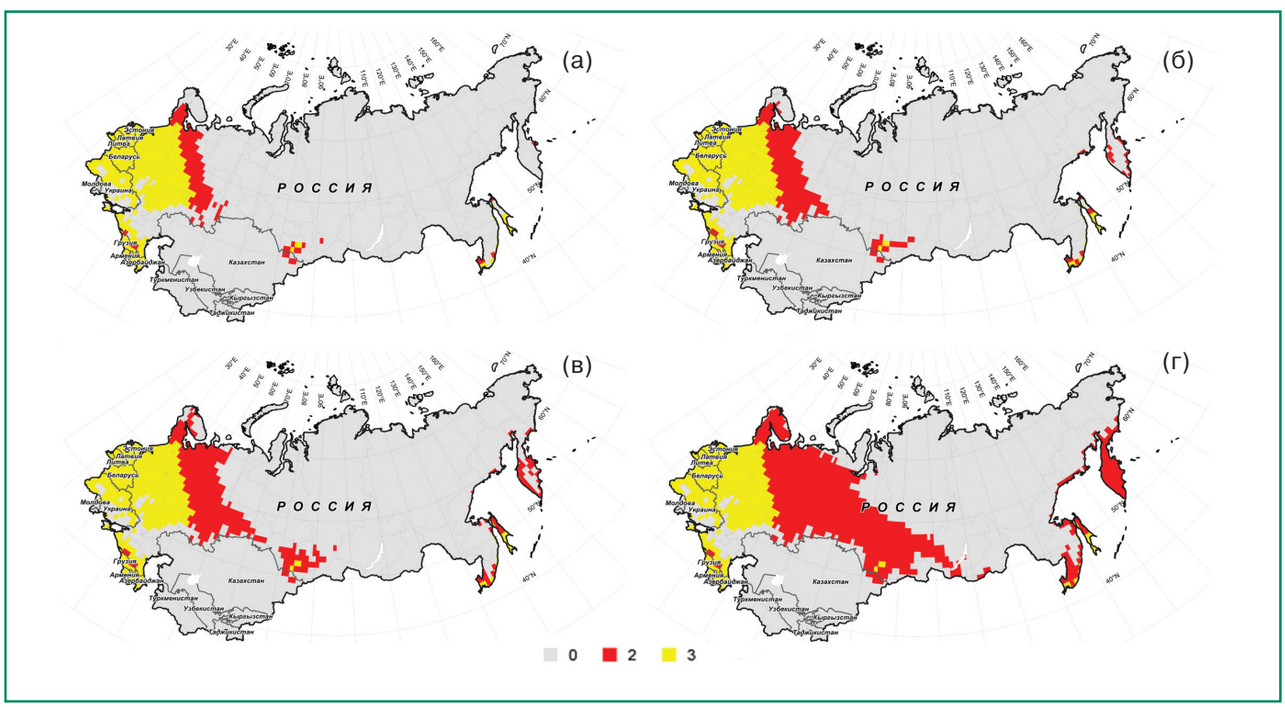


Рис. 6.1.21. Изменение ареала *I. ricinus* в соответствии со сценарием экстремального антропогенного воздействия на климатическую систему RCP8.5: а) для периода 2011–2030 гг., б) для периода 2028–2047 гг. (потепление примерно на 1.5°С по сравнению с 1981–2000 гг.), в) для периода 2041–2060 гг., г) для периода 2080–2099 гг. Обозначения: как на рис. 6.1.16, позиция 1 отсутствует, так как сокращения ареала не выявлено. (Попов и др., 2013).

OD-2-1-3n 12/15/14 8:03 PM Page 779

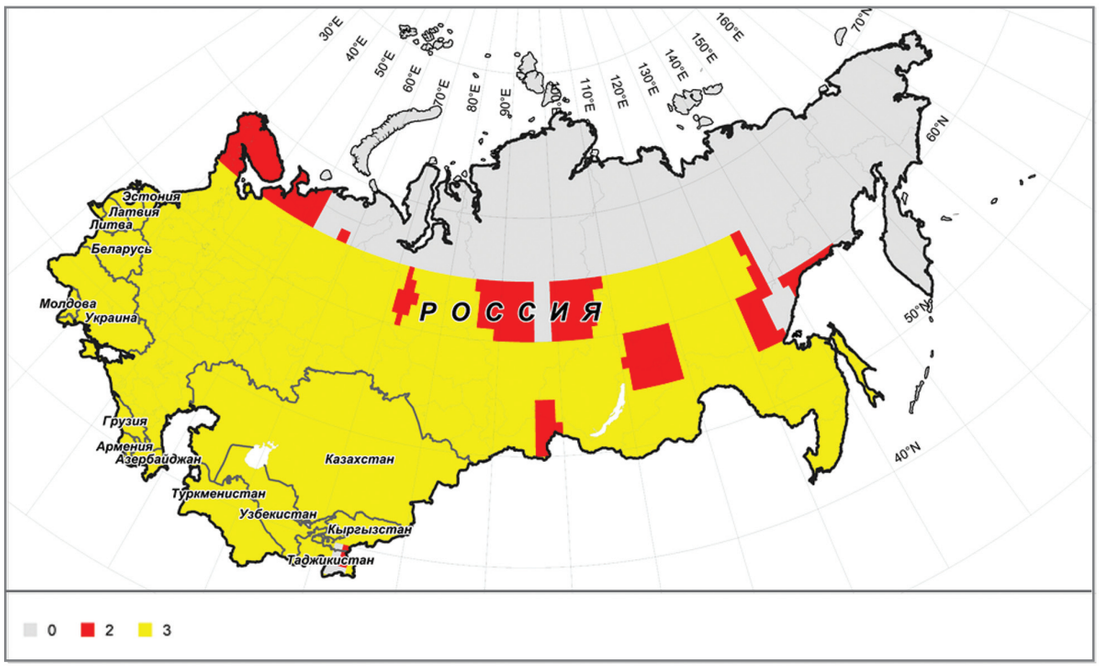


Рис. 6.1.22. Перспективная оценка климатического ареала комплекса видов *An. maculipennis* при глобальном потеплении на 1.5°C по сравнению с периодом 1981–2000 гг. Обозначения: как на рис. 6.1.16, позиция 1 отсутствует, так как сокращения ареала не выявлено (Попов и др., 2013).

ющих в активном состоянии (*An. superpictus, An. sacharovi* и *An. atroparvus*), на Дальнем Востоке. *An. pulcherrimus* на территории России не отмечается. При рассматриваемом уровне потепления, его появление возможно в Закавказье, где он отмечался в первой половине XX века (Гуцевич и др., 1970). При более высоком уровне потепления он может распространиться и в России, в равнинной части Дагестана. Появление нового вида переносчика на территории России является дополнительным фактором риска возобновления передачи малярии.

На рис. 6.1.25 и 6.1.26 представлены изменения групповых климатических ареалов, соответствующие сценариям RCP4.5 и RCP8.5, экологической группы малярийных комаров, зимующих в активном состоянии и периодически питающихся кровью. К ним относятся: *An. superpictus* (Средняя Азия, Закавказье, Дагестан), *An. sacharovi* (равнины Закавказья и Дагестана) и *An. atroparvus* (Закавказье, Северный Кавказ, и далее, к западу от Каспия). Представители этой группы являются наиболее опасными переносчиками малярии на рассматриваемой территории.

Как видно на этих рисунках, сокращения группового климатического ареала комаров этой экологической группы при рассматриваемых предположениях о будущем климате происходить не будет. Расширение климатического ареала произойдет в северном, северо-восточном и восточном направлениях. Возникнут климатические предпосылки для укоренения этих видов комаров на севере ЕЧР, Дальнем Востоке, Камчатке и Чукотке.

Однако реализация этих предпосылок при сценарии RCP4.5 маловероятна в силу особенностей биологии этой группы комаров (нестойкость яиц к высыханию и др., что делает проблематичным завоз этих видов в изолированные от основного ареала области, пусть даже и пригодные по климатическим условиям). Аналогичным образом представляется сомнительной и возможность заселения дальневосточных регионов в соответствии со сценарием RCP8.5. В то же время, заселение европейского севера в соответствии со сценарием RCP8.5 более вероятно, так как на рис. 6.1.26 на панелях от а) к г) можно видеть после-

OD-2-1-3n 12/15/14 8:03 PM Page 780



Рис. 6.1.23. Перспективная оценка климатического ареала экологической группы комаров, зимующих в активном состоянии, при глобальном потеплении на 1.5°С по сравнению с периодом 1981–2000 гг. Обозначения: как на рис. 6.1.16, позиция 1 отсутствует, так как сокращения ареала не выявлено (Попов и др., 2013).



Рис. 6.1.24. Перспективная оценка климатического ареала *An. pulcherrimus* при глобальном потеплении на 1.5°С по сравнению с периодом 1981–2000 гг. Обозначения: как на рис. 6.1.16, позиция 1 отсутствует, так как сокращения ареала не выявлено (Попов и др., 2013).

OD-2-1-3n 12/15/14 8:03 PM Page 781

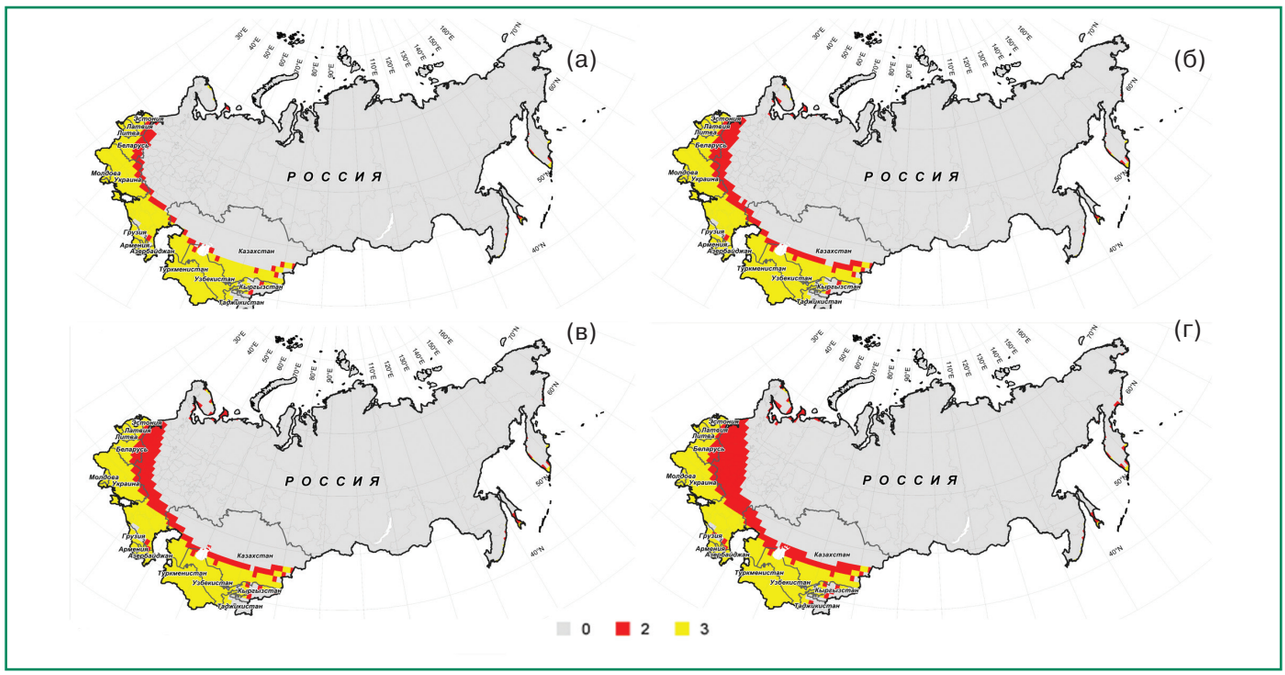


Рис. 6.1.25. Изменение климатического ареала экологической группы комаров, зимующих в активном состоянии, в соответствии со сценарием умеренного антропогенного воздействия на климатическую систему RCP4.5: а) для периода 2011-2030 гг., б) для периода 2034-2053 гг. (потепление примерно на 1.5°С по сравнению с 1981-2000 гг.), в) для периода 2041-2060 гг., г) для периода 2080-2099 гг. Обозначения: как на рис. 6.1.16, позиция 1 отсутствует, так как сокращения ареала не выявлено (Попов и др., 2013).

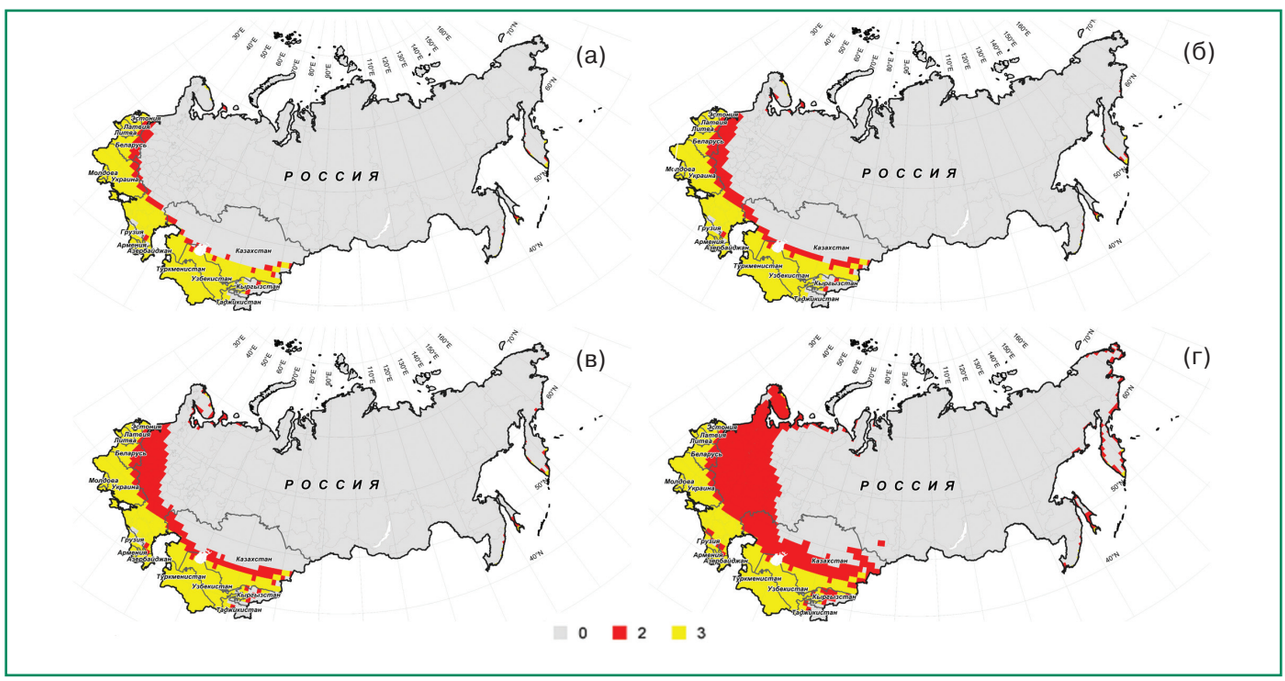


Рис. 6.1.26. Изменение климатического ареала экологической группы комаров, зимующих в активном состоянии, в соответствии со сценарием экстремального антропогенного воздействия на климатическую систему RCP8.5: а) для периода 2011–2030 гг., б) для периода 2028–2047 гг. (потепление примерно на 1.5°С по сравнению с 1981–2000 гг.), в) для периода 2041–2060 гг., г) для периода 2080–2099 гг. Обозначения: как на рис. 6.1.16, позиция 1 отсутствует, так как сокращения ареала не выявлено (Попов и др., 2013).

OD-2-1-3n 12/15/14 8:03 PM Page 782

довательное расширение основной части ареала, которое к концу XXI века захватит и север.

Последствия изменений климата в соответствии со сценариями RCP4.5 и RCP8.5 в периоды 2011–2030 гг. и 2034–2053 гг. и 2028–2047 гг. соответственно для климатических ареалов рассмотренных выше переносчиков малярии оказываются сходными в первой половине XXI в. Расхождения начнут проявляться лишь с середины XXI в.

Арбовирусные инфекции. В условиях систематического завоза инфекции и наличия активных переносчиков в южных регионах России существует реальная возможность возникновения локальных очагов арбовирусных инфекций, в том числе экзотических.

Улучшение вследствие потепления условий обитания местных видов комаров – переносчиков арбовирусов, будет способствовать формированию новых природных очагов комариных лихорадок и энцефалитов (Алексеев, 2004; 2006). Считалось вероятным возникновение природных очагов и появление клинических случаев лихорадки Западного Нила в Саратовской, Самарской, Оренбургской, Воронежской, Курской, Белгородской, Омской и Новосибирской областях, Алтайском крае (Платонов, 2006; Платонов и др., 2004; Платонова и др., 2006). В значительной степени этот прогноз оправдался. Если в 2010 г. случаи заболевания были в 9 субъектах РФ, а в 2011 г. в 10, то в 2012 г. количество субъектов РФ, где регистрировалась заболеваемость ЛЗН, достигло 21. К ним относятся Волгоградская, Ростовская, Воронежская, Астраханская, Липецкая, Самарская, Саратовская, Белгородская, Ульяновская области, Краснодарский и Ставропольский края, Республики Татарстан, Калмыкия, Адыгея (от нескольких сотен до нескольких случаев). По 1 случаю отмечено в Пермском крае, Новосибирской, Омской, Московской, Курской областях и Республике Мордовия, а также в Москве. (Лихорадка Западного Нила в мире, 2013).

Как уже говорилось выше, выявление на Черноморском побережье Кавказа в 2001 г. желтолихорадочного комара *Aedes aegypti* и в 2011 г. азиатского тигрового комара *Ae. albopictus* свидетельствует о новой биологической угрозе для России (Рябова и др., 2005; Юничева и др., 2008; Ганушкина и др., 2012).

Эти виды являются переносчиками большого числа арбовирусных инфекций, в том числе таких опасных, как желтая лихорадка, лихорадок Денге и Чикунгунья, эпидемии которых в мире охватывали десятки и сотни тысяч человек и сопровождались высокой летальностью. В силу особенностей биологии, *Ae. albopictus* способен распространиться намного дальше вглубь по территории России, чем *Ae. aegypti* (Ганушкина, Дремова, 2011; 2012).

Особую опасность эти виды комаров представляют как переносчики лихорадки Денге, так как средства специфической профилактики этой инфекции не разработаны, но при этом она широко распространена в мире и регистрируется в 125 странах (Об эпидситуации по заболеваемости лихорадкой Денге, 2013).

В условиях систематического завоза инфекции и наличия активных переносчиков в южных регионах России существует реальная возможность возникновения локальных очагов этой и других экзотических арбовирусных инфекций.

На рис. 6.1.27 и 6.1.28 представлены перспективные оценки распространения *Ae. aegypti* и *Ae. albopictus* (Попов и др., 2013) при глобальном уровне потепления 1.5°С на территории России.

Как видно на рис. 6.1.27, в 1981–2000 гг. уже существовали климатические условия для укоренения *Ae.aegypti* на Черноморском побережье Кавказа, в южной части Крыма, а также на восточном побережье Каспия. При дальнейшем потеплении область его распространения на Черноморском побережье расширится, он сможет заселить также западную часть Крыма, стык границ Украины, Молдовы и Румынии, большую часть территории Дагестана.

Распространение *Ae. albopictus* будет существенно большим (рис. 6.1.28).

Уже к 1981–2000 гг. существовали климатические предпосылки укоренения *Ae. albopictus* в Калининградской области, в Крыму, Грузии, на большей части Северо-Кавказского Федерального Округа РФ, на восточном берегу Каспия и крайнем юге Узбекистана. При дальнейшем потеплении появится возможность его акклиматизации на большей части территории стран Балтии, Белоруссии, Украины, в западных областях России.

OD-2-1-3n 12/15/14 8:03 PM Page 783



Рис. 6.1.27. Перспективная оценка климатического ареала *Ae .aegypti* при глобальном потеплении на 1.5°C по сравнению с периодом 1981–2000 гг. Обозначения: как на рис. 6.1.16, позиция 1 отсутствует, так как сокращения ареала не выявлено (Попов и др., 2013).



Рис. 6.1.28. Перспективная оценка климатического ареала *Ae. albopictus* при глобальном потеплении на 1.5°C по сравнению с периодом 1981–2000 гг. Обозначения: как на рис. 6.1.16, позиция 1 отсутствует, так как сокращения ареала не выявлено (Попов и др., 2013).

OD-2-1-3n 12/15/14 8:04 PM Page 784

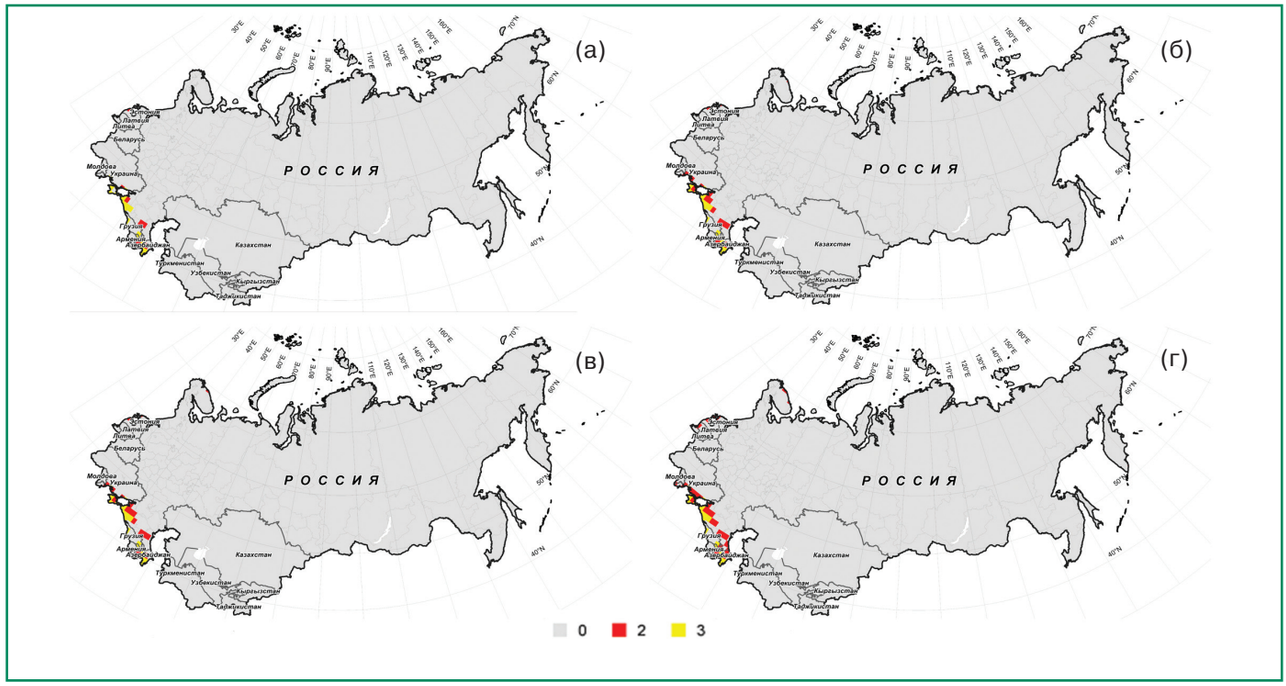


Рис. 6.1.29. Изменение климатического ареала *Ae. aegypti* в соответствии со сценарием умеренного антропогенного воздействия на климатическую систему RCP4.5: а) для периода 2011–2030 гг., б) для периода 2034–2053 гг. гг. (потепление примерно на 1.5°С по сравнению с 1981–2000 гг.), в) для периода 2041–2060 гг., г) для периода 2080–2099 гг. Обозначения: как на рис. 6.1.16, позиция 1 отсутствует, так как сокращения ареала не выявлено (Попов и др., 2013).

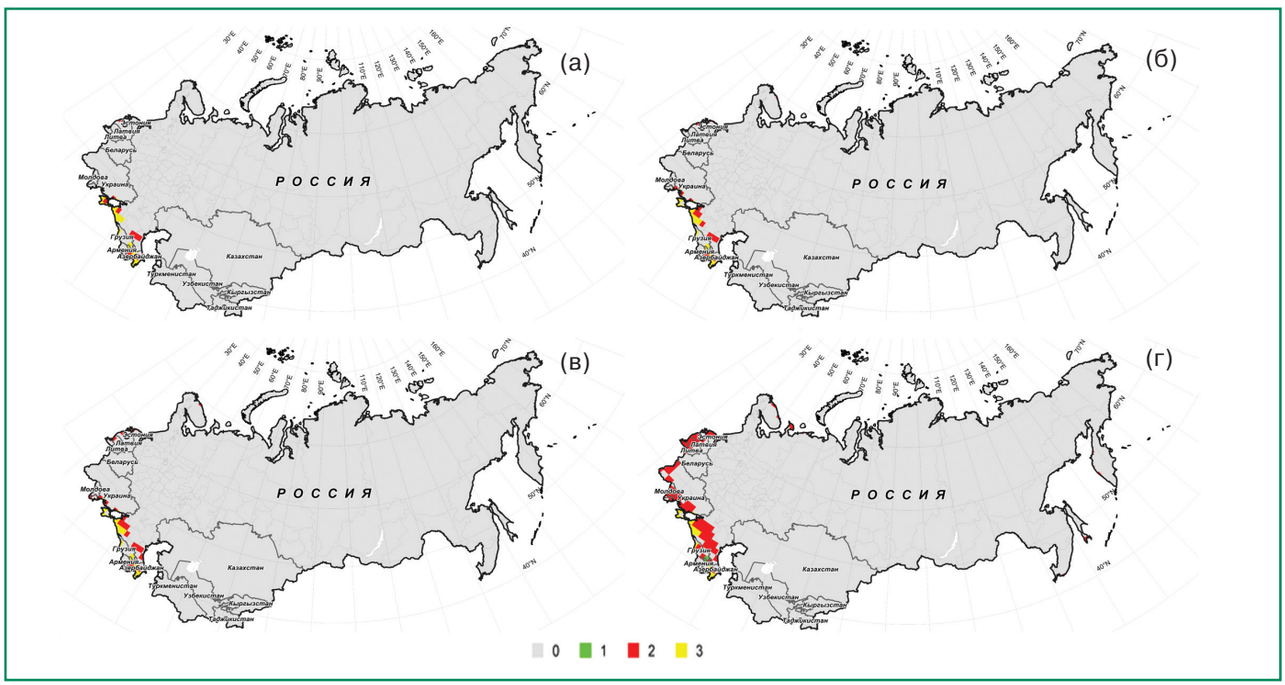


Рис. 6.1.30. Изменение климатического ареала *Ae. aegypti* в соответствии со сценарием экстремального антропогенного воздействия на климатическую систему RCP8.5: а) для периода 2011–2030 гг., б) для периода 2028–2047 гг. (потепление примерно на 1.5°С по сравнению с 1981–2000 гг.), в) для периода 2041–2060 гг., г) для периода 2080–2099 гг. Обозначения: как на рис. 6.1.16 (Попов и др., 2013).

OD-2-1-3n 12/15/14 8:04 PM Page 785

На рис. 6.1.29 и 6.1.30 анализируется распространение желтолихорадочного комара *Ae. aegypti* в разные периоды времени в XXI в. в условиях сценариев RCP4.5 и RCP8.5 антропогенного воздействия на климатическую систему Земли. Можно заметить, что климатический ареал в первой половине XXI в. меняется сходно для обоих рассматриваемых сценариев. Во второй половине XXI века изменения климата в соответствии со сценарием RCP8.5 будут способствовать более существенному расширению климатического ареала, чем в соответствии со сценарием RCP4.5.

В базовый период 1981–2000 гг. уже имелись климатические предпосылки существования *Ae. aegypti* на Черноморском побережье Кавказа, в Крыму, Грузии и Азербайджане, которые частично реализуются с 2001 года по настоящее время (Ганушкина и др., 2013). При дальнейшем изменении климата его ареал в XXI в. будет расширяться и в предельном случае будет включать Краснодарский и Ставропольский края, южную часть Ростовской области, Дагестан, Калининградскую область, Молдову, южную часть Украины, Крым, западную часть Беларуси, примыкающие к побережью Балтийского моря районы Литвы, Латвии и Эстонии. Возможно его нахождение на локальных участках Кольского полуострова, полуострова Канин, крайнем юге Сахалина и Охотском побережье Камчатки. Сокращение климатического ареала выявлено только в высокогорье на границе Грузии и Армении (рис. 6.1.30 г, сценарий RCP8.5, период 2080–2099 гг.).

На рис. 6.1.31 и 6.1.32 показано возможное изменение климатического ареала азиатского тигрового комара *Ae. albopictus* при изменениях климата в соответствии со сценариями RCP4.5 и RCP8.5. Общие закономерности распространения этого вида аналогичны тем, что были изложены выше для *Ae. aegypti*. Однако, в силу большей морозоустойчивости он способен распространиться гораздо шире последнего.

Так, к концу XXI века складываются климатические условия, при которых *Ae. albopictus* потенциально сможет заселить не только южные, но и западные области России, всю Украину, Крым, Беларусь, Литву, Латвию и Эстонию. Появятся климатические предпосылки и для его укоренения на отдельных участках побережья Белого и Баренцева морей, в Приморье, Камчатке, южной части Сахалина. Заметим, что сейчас этот вид регистрируется в Японии, кроме самого северного острова Хоккайдо (Kobayashi et al., 2002; Kobayashi et al., 2008). Сокращение климатического ареала может произойти в бассейне Днестра и высокогорных районах Кавказа (рис. 6.1.32 г).

Как для *Ae. albopictus*, так и для *Ae. aegypti*, заселение отдельных, не связанных с основным ареалом, но пригодным по климатическим условиям, участков представляется более вероятным, чем для малярийных комаров (*Anopheles*). Это связано с тем, что яйца комаров рода *Aedes* по завершении эмбриогенеза сохраняют жизнеспособность в сухом состоянии в течение нескольких месяцев и могут за это время с различными товарами, материалами и т. д. быть перемещены на большие расстояния. Кроме того, личинки комаров этих видов могут развиваться в самых разных по размеру и степени эвтрофикации водоемах, вплоть до залитых дождевой водой консервных банок и цветочных ваз.

6.1.5. Адаптации

Меры адаптации к изменениям климата, направленные на снижение негативного влияния на здоровье населения, осуществляются по разным направлениям. Страны мира разрабатывают национальные программы с учетом своей специфики и оценок изменения климата регионов. В России, с ее огромным климатическим разнообразием, адаптационная деятельность должна значительно различаться на территориях с различным типом климата.

Для России в целом можно выделить несколько основных направлений адаптационной деятельности. Во-первых, это планы смягчения последствий для городов, население которых подвержено воздействию волн жары. Во-вторых, планы усиления эпидемиологического надзора за климаточувствительными инфекционными заболеваниями и внедрение соответствующих мер профилактики. В-третьих, планы развития межведомственного сотрудничества, особенно между метеорологической службой, службами здравоохранения, социальной защиты и другими подразделени-

OD-2-1-3n 12/15/14 8:04 PM Page 786

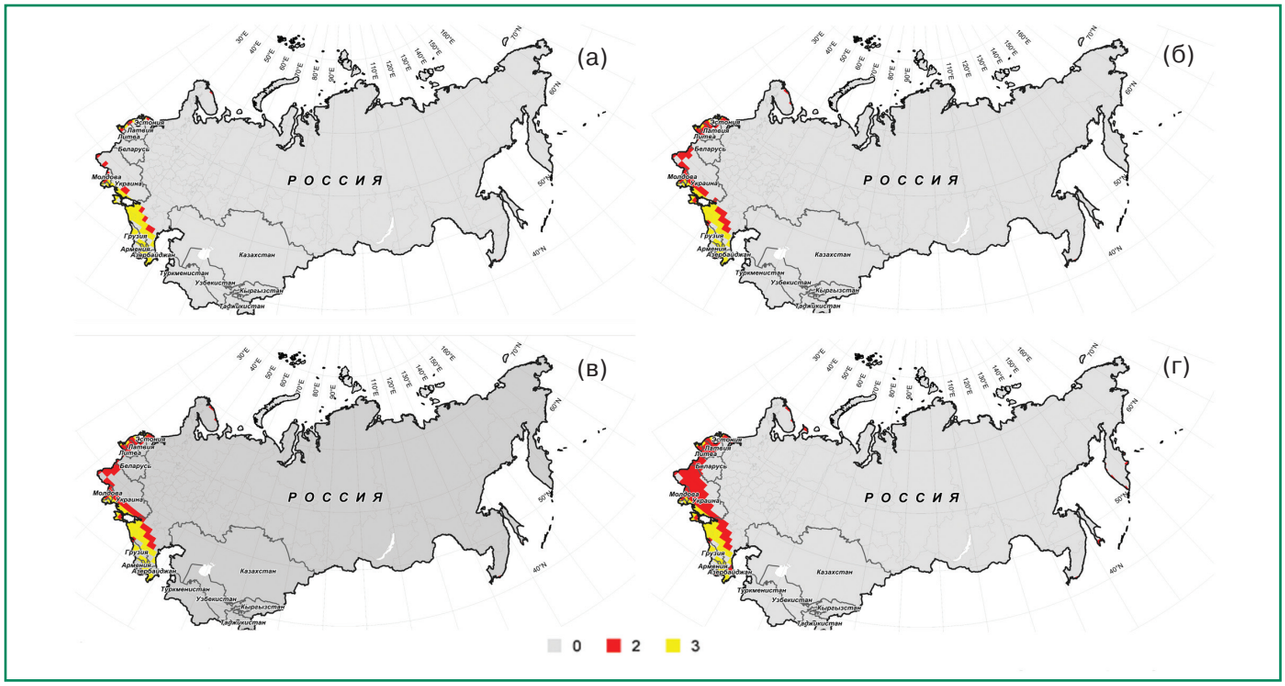


Рис. 6.1.31. Изменение климатического ареала *Ae. albopictus* в соответствии со сценарием умеренного антропогенного воздействия на климатическую систему RCP4.5: а) для периода 2011–2030 гг., б) для периода 2034–2053 гг. (потепление примерно на 1.5°С по сравнению с 1981–2000 гг.), в) для периода 2041–2060 гг., г) для периода 2080–2099 гг. Обозначения: как на рис. 6.1.16, позиция 1 отсутствует, так как сокращения ареала не выявлено (Попов и др., 2013).

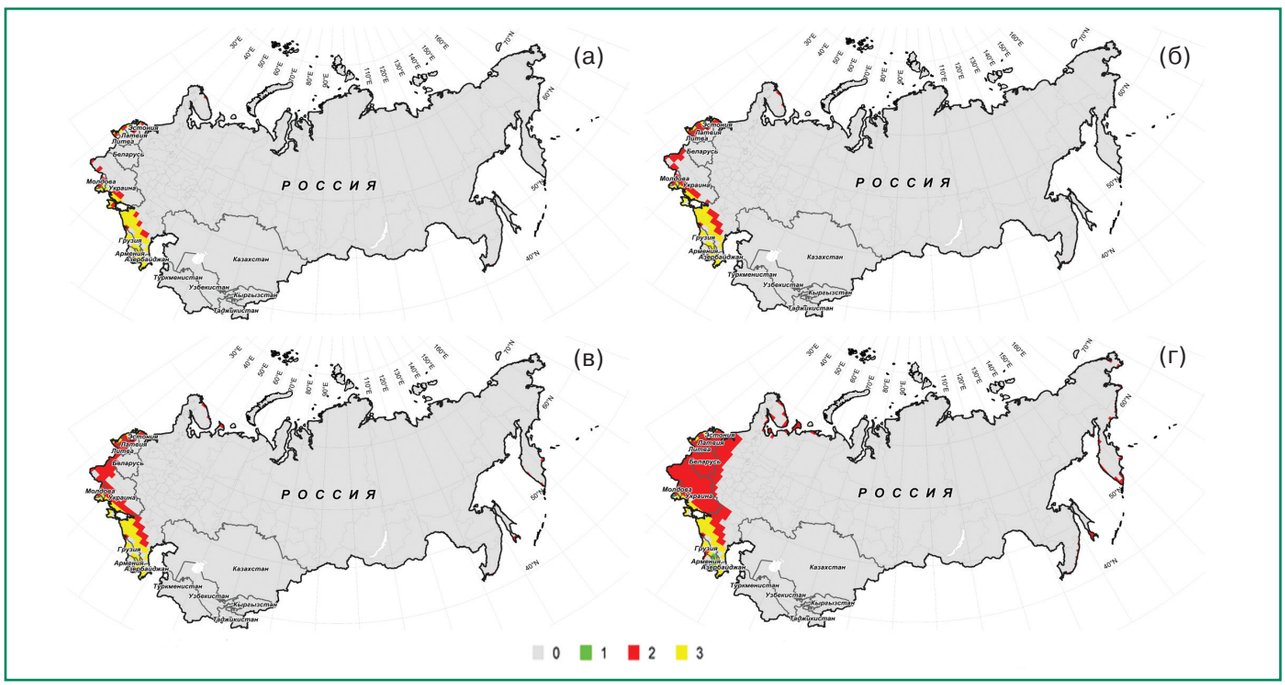


Рис. 6.1.32. Изменение климатического ареала *Ae. albopictus* в соответствии со сценарием экстремального антропогенного воздействия на климатическую систему RCP8.5: а) для периода 2011–2030 гг., б) для периода 2028–2047 гг. (потепление примерно на 1.5°С по сравнению с 1981–2000 гг.), в) для периода 2041–2060 гг., г) для периода 2080–2099 гг. Обозначения: как на рис. 6.1.16 (Попов и др., 2013).

OD-2-1-3n 12/15/14 8:04 PM Page 787

ями исполнительной власти на местном (муниципальном, городском), региональном и федеральном уровне. Важное значение имеет их взаимодействие со средствами массовой информации.

Для крупных городов с повышенным уровнем загрязнения атмосферного воздуха адаптации – это, в первую очередь, внедрение системы раннего оповещения о волне жары и других неблагоприятных метеорологических явлениях и опасном загрязнении воздуха. Такие системы уже действуют во многих странах мира. Так, например, общее для западноевропейских стран средство оповещения населения – "ALARM" (http://meteoalarm.eu) основано на расчете вероятности возникновения различных метеорологических опасностей. Информация о категории степени опасной ситуации отправляется на общий сайт ЕС, где формируется карта предостережений для всей Европы. В России созданием подобной системы занимается Гидрометцентр России. Для Мурманской области и Краснодарского края проходят испытания такой системы, а для Московского региона она находится в стадии разработки, для чего проведены предварительные статистические исследования (Ширяев, Рубинштейн, 2010).

После жары 2010 г. по инициативе Департамента природопользования и охраны окружающей среды города Москвы при участии Гидрометцентра РФ, Метеобюро Москвы и Московской области, Института народнохозяйственного прогнозирования РАН и других организаций разработан "План действий органов исполнительной власти города Москвы по снижению воздействия аномальной жары и загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения". План утвержден мэром Москвы 5 августа 2013 г. Этот план был разработан на основе руководства Европейского бюро ВОЗ (Планы действий по защите здоровья населения…, 2011) в соответствии с письмом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 18 апреля 2012 г. № 14-3/10/2-3936.

План действий включает следующие элементы:

– систему раннего оповещения об аномальной жаре и повышенном загрязнении атмосферного воздуха для г. Москвы;

– порядок объявления предупреждений и прекращения действия предупреждений об уровнях опасности воздействия жары и загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения;

– план информирования населения при аномальной жаре и загрязнении атмосферного воздуха;

– план ежегодных и оперативных мероприятий по снижению воздействия жары и высокого загрязнения воздуха на здоровье населения;

– концепцию среднесрочных мероприятий по защите здоровья населения от жары и высокого загрязнения воздуха;

– порядок надзора и оценки эффективности реализации Плана действий.

Участниками плана действий по снижению воздействия аномальной жары и загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения являются многие структуры исполнительной власти города Москвы, в том числе: Департаменты природопользования и охраны окружающей среды; – здравоохранения; – социальной защиты; – образования; – транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры; – строительства; – средств массовой информации и другие. Подключены также префектуры административных округов и управы районов. Необходимость подобного межсекторального сотрудничества указывается во многих документах ВОЗ и других организаций.

В этом Плане приведены также уровни опасности жары и загрязнения атмосферного воздуха для здоровья населения, разработанные на основании анализа последствий аномальной жары (Ревич, Шапошников, 2004). Устанавливается три уровня опасности жары и загрязнения атмосферного воздуха для здоровья населения и для каждого из них предусмотрена своя система мер, направленных на снижение совокупного воздействия жары и загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения. Уровни опасности устанавливаются в зависимости от среднесуточной температуры воздуха, среднесуточной концентрации взвешенных частиц PM10 и среднесуточной концентрации озона.

Необходимость такого плана объясняется и тем, что жители мегаполисов в наибольшей степени страдают от волн жары вследствие недостаточной аэрации селитебных кварталов, огромных асфальтированных территорий, "островов жары" в центре городов, интенсивного движения автотранспорта и многих других факторов.

OD-2-1-3n 12/15/14 8:04 PM Page 788

Опыт Москвы также важен для своевременной информации населения о наступлении сезона цветения, опасного для людей, страдающих аллергическими заболеваниями. К сожалению, только в Москве функционирует аэропалинологическая станция на кафедре высших растений биологического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова, созданная в 1992 г. и входящая в систему единой европейской аэропалинологической сети (www.herba.msu.ru). Прогнозы специалистов этой станции публикуются на общедоступном медицинском портале www.allergology.ru , что позволяет жителям города своевременно предпринять защитные действия.

Чтобы противостоять возникновению, обострению и увеличению масштабов распространения аллергических заболеваний, связанных с изменением и изменчивостью климата, необходимы превентивные и адаптивные меры. К ним относятся, в частности:

– усиление мониторинга аэроаллергенов в атмосферном воздухе;

– прогнозирование содержания и поведения аэроаллергенов в зависимости от климатических изменений,

– развитие средств расчета изменения содержания и поведения аэроаллергенов при заданных изменениях климата;

– контроль видового состава и численности популяций растений в местах проживания людей;

– разработка и внедрение ландшафтной архитектуры, направленной на снижение содержания аэроаллергенов в атмосферном воздухе.

– работка и внедрение образовательных программ, направленных на разъяснение опасности аэроаллергенов и мерам профилактики, например, организация консультаций лиц с астмой по поведению вне дома во время высокого содержания аэроаллергенов и другие меры.

Кроме плана действий по Москве, также разработана и реализуется “Стратегия адаптации к воздействию изменений климата на здоровье населения для Архангельской области и Ненецкого автономного округа…” (2012), подготовленная в рамках проекта ВОЗ “Воздействие изменений климата на здоровье населения и оценка возможностей адаптации на севере РФ” на 2009–2010 гг. Этот проект выполнен на основе соглашения между Министерством здравоохранения и социального развития Российской Федерации и ВОЗ и разработан Министерством здравоохранения Архангельской области, Северным государственным медицинским университетом, Территориальным управлением Роспотребнадзора совместно с Северным управлением Росгидромета, Департаментом социальной защиты, Региональным управлением Министерства по чрезвычайным ситуациям и другими органами исполнительной власти. В настоящее время это единственная территория (кроме Москвы), для которой создан концептуальный документ, направленный на внедрение механизмов адаптации в различные сферы деятельности с учетом региональной специфики, и на него могут ориентироваться другие северные регионы. Стратегией предусмотрено усиление взаимодействием с региональным управлением по чрезвычайным ситуациям, что очень важно, учитывая наводнения в регионе, укрепление лабораторной базы санитарной службы, развитие медицинской службы в отдаленных районах НАО, создание мобильных медицинских отрядов. Министерство здравоохранения Архангельской области, утвердившее эту стратегию, ставит задачу оптимизации системы здравоохранения в ситуации меняющего климата. В этих целях планируется изменение графика работ медицинских учреждений во время жары, временный отказ от плановых операций, мобильное медицинское обслуживание населения, усиление медицинского просвещения населения об опасности волн жары и других климатических изменений. Важно отметить, что в Стратегии особенное внимание уделяется группам населения повышенного риска – пожилым людям, детям, социальным группам риска.

Определенные адаптационные механизмы должны быть задействованы и по климаточувствительным инфекционным заболеваниям. Так, экспансия иксодовых клещей на север вызывает необходимость усовершенствования профилактики инфекций, передаваемых ими человеку. В первую очередь это касается северных территорий, где происходит рост числа нападений клещей и заболеваемости клещевым энцефалитом (Тронин и др., 2008).

В связи с тем, что вспышки лихорадки Западного Нила в России уже перестали быть эпизоди-

OD-2-1-3n 12/15/14 8:04 PM Page 789

ческим явлением, необходимы профилактические работы и в тех регионах, где их ранее не было. Вспышки ЛЗН в 1999, 2010 и 2012 гг. продемонстрировали опасность дальнейшего распространения этого заболевания. Роспотребнадзор в 2012 г. впервые принял Методические указания МУК 3.2.3009-12 “Порядок организации и проведения лабораторной диагностики лихорадки Западного Нила для лабораторий территориального, регионального и федерального уровней”, направленные на усиление контроля над этим заболеванием. В этом документе (пункт 4) указано, что в России ареал вируса Западного Нила охватывает территории юга ее европейской части, регионы Сибири и Дальнего Востока и при условии потепления климата возможно расширение ареала вируса, в том числе и на центральные регионы России, о чем свидетельствует заболеваемость последних лет. В стране также создан Референс-центр по мониторингу за лихорадкой Западного Нила. Информацию о выявленных положительных пробах передают в соответствии с действующей нормативной документацией и направляют в Референс-центр по мониторингу за лихорадкой Западного Нила, Региональный центр по мониторингу за возбудителями инфекционных болезней I–II групп патогенности или в Центр индикации и диагностики возбудителей опасных инфекционных болезней (www.rospotrebmadzor.ru). Роспотребнадзором разработан проект Санитарно-эпидемиологических правил по профилактике лихорадки Западного Нила, в которых предусмотрено усиление государственного санитарно-эпидемиологического надзора за ЛЗН, включающее постоянное динамическое наблюдение за эпидемическим процессом – мониторинг заболеваемости, изучение эндемичности территории, слежение за циркуляцией возбудителя, оценку ситуации, прогнозирование и контроль эффективности проводимых мероприятий.

Своевременно проведенные дезинсекционные мероприятия позволяет снизить численность переносчиков на территории природных и антропургических очагов ЛЗН (или в зонах риска). Органы управления здравоохранением субъектов Российской Федерации, муниципальных образований и лечебно-профилактических организаций ориентированы на:

• выявление, диагностику, своевременную госпитализацию и лечение больных ЛЗН;

• лабораторно-диагностическое обследование больных, имеющих схожую с ЛЗН симптоматику в эпидемический сезон;

• лабораторное обследование на ЛЗН (с использованием полимеразной цепной реакции) доноров крови и органов для трансплантации в эпидемический сезон на территориях с высоким уровнем эпидемического риска (по решению органов исполнительной власти субъекта);

• регистрацию, учет случаев заболевания ЛЗН и статистический анализ заболеваемости;

• информирование органов, осуществляющих государственный санитарно-эпидемиологический надзор, о случаях заболеваний ЛЗН в установленные сроки;

• подготовку медицинских работников по вопросам клиники, лабораторной диагностики, эпидемиологии и профилактики ЛЗН;

• работу по гигиеническому обучению населения мерам профилактики ЛЗН.

• проведение профилактических дезинсекционных мероприятий в лечебно-профилактических учреждениях по энтомологическим и зоопаразитологическим показаниям, содержание учреждений в удовлетворительном санитарно-техническом состоянии, препятствующем размножению переносчиков инфекции.

На территории субъектов Российской Федерации, где регистрируются случаи заболевания ЛЗН людей или животных, а также выявляются маркеры ЛЗН в переносчиках, должны быть разработаны целевые программы и комплексные планы по профилактике ЛЗН, утвержденные органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации, муниципального образования. Комплексные планы разрабатываются органами, осуществляющими государственный санитарно-эпидемиологический надзор при участии органов, осуществляющих государственный ветеринарный надзор, органов управления здравоохранением, противочумных учреждений и других. Аналогичные комплексные планы разрабатываются для административных территорий субъекта Российской Федерации.

За последние пять лет Роспотребнадзором также введены в действие такие санитарно-эпиде-

OD-2-1-3n 12/15/14 8:04 PM Page 790

миологические правила в отношении климаточувствительных инфекционных заболеваний как СП 3.1.7.2614-10 “Профилактика геморрагической лихорадки с почечным синдромом”, Методические указания 3.1.1. 2488-09 “Организация и проведение профилактических и противоэпидемических мероприятий против крымской геморрагической лихорадки”, Методические указания МУ 3.2.2568-09 по контролю численности кровососущих комаров *p. Culex*, места выплода которых находятся в населенных пунктах”.

Наряду с принятием приведенных выше нормативных актов, мерами адаптации могут быть:

- мониторинг распространения и численности популяций переносчиков, а также их прокормителей и резервуаров инфекций в более широких масштабах, чем в настоящее время; активизация борьбы с ними;
- разработка средств специфической профилактики (вакцин) заболеваний, для которых эти средства в настоящее время не существуют, например, для болезни Лайма и лихорадки Денге;
- вакцинация населения и домашних животных в уязвимых в отношении того или иного заболевания регионах;
- расширение санитарно-просветительной работы среди населения.

Эффективным способом профилактики клещевого энцефалита является вакцинация. В 2009–2011 годах было вакцинировано и ревакцинировано по 3 млн человек. Важной мерой сдерживания заболевания являются также мероприятия по уничтожению прокормителей и переносчиков – дератизация и акарицидные обработки как в природных, так и в антропургических очагах. Большое значение имеет санитарно-профилактическая работа среди населения – разъяснение правил индивидуальной защиты от присасывания клеща и применения репеллентов (О санитарно-эпидемиологической обстановке…, 2010, 2011; О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения…, 2012). Для усиления надзора за клещевым энцефалитом и его профилактики в 2008 г. были введены санитарно-эпидемиологические правила “Профилактика клещевого энцефалита” СП 3.1.3.2352–08. Они предписывают 95% вакцинацию населения в эндемичных по этому заболеванию районов.

Профилактические меры и климатические риски в отношении болезни Лайма и клещевого сыпного тифа (клещевого риккетсиоза) Северной Азии те же, что и в отношении клещевого энцефалита, за исключением того, что средства специфической профилактики не разработаны и вакцинация не производится.

Мерами профилактики КГЛ являются индивидуальная защита от нападения клещей и применение репеллентов. Климатический риск – расширение ареала переносчиков.

Меры специфической профилактики при ЛЗН отсутствуют, поэтому мерой профилактики является уничтожение комаров, особенно в городах. Большое значение в этом имеет осушение затопленных подвалов, обеспечивающих круглогодичное размножение *Culex pipiens molestus* в населенных пунктах.

Средствами противодействия возобновлению передачи малярии на территории России являются меры по сокращению ее завоза, своевременное выявление и изоляция больных, мониторинг численности и видового состава переносчиков – комаров рода *Anopheles* и борьба с ними.

Эпидемиологический контроль в связи с потеплением климата следует усиливать не только за традиционными для России инфекционными заболеваниями, но и такими относительно новыми, как лихорадка Западного Нила, крымская геморрагическая лихорадка, лихорадка Денге, а также редко встречающимися – лихорадка Ку, астраханский риккетсиоз.

Оценка воздействия климатических изменений на здоровье населения за последние годы стала одним из основных направлений деятельности ВОЗ и других агентств ООН, что стимулировало в свою очередь значительный рост исследований в различных странах мира, а также в разработке национальных планов действий по защите здоровья населения от воздействия этого фактора. Это произошло и в России. Аномальная жара 2010 г. и ее последствия для здоровья привели к активизации и федеральных органов управления. На сайте Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации были размещены Медико-санитарные рекомендации ВОЗ “Природные пожары и аномальная жара в Российской Федерации”. Позднее в письме этого ведомства от 18 апреля 2012 г. N 14-3/10/2-3936 было указано

OD-2-1-3n 12/15/14 8:04 PM Page 791

на необходимость разработки и утверждения региональных планов действий по защите здоровья населения от воздействия жары с учетом особенностей субъектов Российской Федерации. Указанные региональные планы действий должны быть разработаны на основании руководства "План действий по защите здоровья населения от воздействия аномальной жары", разработанного Министерством здравоохранения и социального развития Российской Федерации в соответствии с соглашением между ВОЗ и Правительством Российской Федерации от 18 января 2009 года. По инициативе Департамента природопользования и охраны окружающей среды города Москвы разработаны научно-методические основы системы информирования населения при аномальных погодных условиях и высоком уровне загрязнении атмосферного воздуха, системы раннего оповещения о наступлении жары в Москве. Кроме того, санитарно-эпидемиологическая служба страны ориентирована на необходимость оценки последствий изменений климата. Руководителем Роспотребнадзора Г. Г. Онищенко утверждены Методические рекомендации "Оценка риска и ущерба от климатических изменений, влияющих на повышение уровня заболеваемости и смертности в группах населения повышенного риска" (МР 2.1.10.0057-12).

Перед лицом усиливающейся угрозы распространения заболеваний и их переносчиков в связи с прогнозируемым потеплением климата, возможно, стоит поставить вопрос о создании сети паразитологических станций (в дополнение к имеющейся сети санитарно-эпидемиологических станций), задачей которых и будет проведение широкомасштабного мониторинга этих заболеваний и переносчиков.

Необходимо усилить контроль над состоянием сибиреязвенных могильников на всей территории России, проводить регулярное их обследование, проверку ограждений и соответствующей документации. Особое внимание должно уделяться могильникам, расположенным в зоне многолетней мерзлоты, где требуется дополнительно детальное изучение состояния многолетнемерзлых грунтов непосредственно вокруг могильников, так как показано, что даже в пределах одного административного района показатели изменения температуры грунтов значительно различаются (Павлов, Малкова, 2005).

Для снижения указанных рисков здоровью от климатических изменений необходим как Федеральный, так и региональные планы действий. На региональном уровне в отдельных населенных пунктах важно определить, насколько опасны климатические изменения, регистрируемые метеослужбой, для здоровья различных возрастных, социальных и этнических групп населения (особенно для коренных малочисленных народов). Кроме того, необходимо разработать рекомендации по внедрению системы медицинских мер по предупреждению негативных последствий для здоровья населения в связи с наступлением сильной жары, резкого похолодания или другими резкими изменениями климата. Российским научно-практическим кардиологическим комплексом разработаны и направлены на утверждение в Минздрав РФ "Медико-санитарные рекомендации по уменьшению негативного влияния аномальной жары на состояние здоровья уязвимых групп населения". Медицинские предупреждения являются инструментом для смягчения негативного воздействия экстремальных погодных явлений на здоровье, при этом используются и прогнозы погоды. Особое внимание следует уделить группам риска по сердечно-сосудистой, респираторной и эндокринной патологии, которые целесообразно срочно формировать на основе планируемой в Национальной программе здоровья диспансеризации населения с составлением регистров отдельных климатопатогенных нозологий и проведением образовательных и профилактических мероприятий во вновь созданных кабинетах здорового образа жизни.

6.1.6. Заключение

Изменения климата уже привели к заметному ущербу здоровью населения в различных регионах России. В ряде городов ЕЧР, а также в северных городах участившиеся волны жары являются причиной дополнительной смертности населения. Несмотря на возможный положительный эффект от потепления климата в осенне-зимний период в северных городах, волны жары будут причиной нарушений здоровья людей.

Волны жары – это фактор влияния не только на качество здоровья населения, но и на экономический сектор. Так, экономические потери от преждевременной смертности жителей Москвы трудоспо-

OD-2-1-3n 12/15/14 8:04 PM Page 792

собного возраста волн жары весьма существенен и только в Москве в 2010 г. находился в пределах 97–123 млрд руб., или 1.23–1.57% ВВП столицы.

Потепление климата может повлиять и на снижение качества атмосферного воздуха, особенно при дальнейшем использовании твердых видов топлива, недостаточном контроле выбросов промышленных предприятий и энергетических установок, отсутствии современных экологических стандартов на транспортные средства.

Изменение климата на территории России оказывает существенное влияние и на эпидемиологическую обстановку и особенно ярко это проявляется в годы с теплыми зимами. Так, за последние 15 лет зафиксированы вспышки лихорадки Западного Нила (1999, 2010, 2012 гг.), происходит расширение нозоареала этой инфекции. Если в 2010 г. случаи заболевания были в 9 субъектах РФ, а в 2011 г. в 10, то в 2012 г. количество субъектов РФ, где регистрировалась заболеваемость ЛЗН, достигло 21. Отмечено постепенное продвижение на север крымской геморрагической лихорадки. Для северных регионов (Архангельская область и республика Коми) характерно повышение заболеваемости клещевым энцефалитом и появление этого заболеваниях на территориях, где ранее это заболевание не регистрировалось, показана связь заболеваемости сальмонеллезом с температурой воздуха.

На территории России и соседних стран (территория бывшего СССР) для всех рассмотренных видов переносчиков трансмиссивных заболеваний человека (переносчики малярии человека – комары комплекса *Anopheles maculipennis*, переносчики арбовирусов – комары *Ae. aegypti* и *Ae. albopictus*; иксодовые клещи *I. ricinus* и *I. persulcatus* – переносчики энцефалита, бореллиоза, риккетсиоза) по мере наблюдаемого и предполагаемого в XXI в. изменения климата характерно существенное расширение климатических ареалов в северном, северо-восточном и восточном направлениях. Сокращения ареалов в большинстве случаев не произойдет. Исключение составляет *I. persulcatus*, западная граница ареала которого на протяжении всего XXI века будет смещаться к востоку. Для *Ae. aegypti*, и *Ae. albopictus* в конце XXI века возможно небольшое сокращение ареалов в высокогорных районах Кавказа, а для последнего – и в бассейне Днестра.

Последствия изменений климата в соответствии со сценариями умеренного RCP4.5 и экстремального RCP8.5 антропогенного воздействия на климатическую систему для ареалов рассмотренных переносчиков в первой половине XXI века сходны. Различия (более существенное расширение ареалов в условиях сценария RCP8.5) будут проявляться во второй половине XXI века.

Расчетные оценки климатообусловленных изменений климатических ареалов переносчиков трансмиссивных заболеваний, полученные в рамках предположения "+1.5°C" глобального потепления по сравнению с уровнем 1981–2000 гг." и климата, возникающего в 2034–2053 гг. в условиях сценария RCP4.5, (или же климата, возникающего в условиях сценария RCP8.5 в 2028–2047 гг.), для которого характерно примерно такое же глобальное потепление, оказались сходными. Это свидетельствует о достаточной надежности расчетных оценок изменений климатических ареалов переносчиков для такого изменения климата на территории России и соседних стран.

К факторам климатического риска относятся расширение ареалов членистоногих переносчиков и повышение их численности, а также аналогичное повышение численности и расширение ареалов позвоночных, преимущественно мышевидных грызунов, являющихся резервуарами природноочаговых инфекций и прокормителями переносчиков в природе. Новым фактором риска является завоз экзотических переносчиков на территорию России и их укоренение, значение которых усиливается при предполагаемом потеплении.

6.1.7. Литература

Алексеев А. Н., 2004. Возможные последствия вероятного глобального потепления климата для распространения кровососущих эктопаразитов и передаваемых ими патогенов. В кн.: Изменение климата и здоровье России в XXI веке. Сборник материалов международного семинара (5–6 апреля 2004 г.) Н. Ф. Измеров, Б. А. Ревич, Э. И. Коренберга (ред.), М., Издательское товарищество "АдамантЪ". с. 67–79.

Алексеев А. Н., 2006. Влияние глобального изменения климата на кровососущих эктопаразитов и передаваемых ими возбудителей болезней. Вестник РАМН, № 3. с. 21–25.

OD-2-1-3n 12/15/14 8:04 PM Page 793

Арумова Е. А., Воронцова Т. В., 2000. Клещевой боррелиоз (болезнь Лайма) в России, Дезинфекционное дело, № 2, с. 5–7.

Баранова А. М., 2010. Почему не укоренилась малярия в современной России, Медицинская паразитология и паразитарные болезни, № 2, с. 22–24.

Баранова А. М., 2011. *Plasmodium knowlesi:* распространенный и опасный для человека вид возбудителей малярии из Юго-Восточной Азии и островов Тихого океана, Медицинская паразитология и паразитарные болезни, № 1. с. 8–10.

Беклемишев В. Н., 1970. Биоценологические основы сравнительной паразитологии, М.: Наука, 502 с.

Бернштейн А. Д., Апекина Н. С., Коротков Ю. С., Демина В. Т., Хворенков А. В., 2004. Геморрагическая лихорадка с почечным синдромом: экологические предпосылки активизации европейских лесных очагов. В кн.: Изменение климата и здоровье России в XXI веке. Сборник материалов международного семинара (5–6 апреля 2004 г.). Н. Ф. Измеров, Б. А. Ревич, Э. И. Коренберга (ред.), М., Издательское товарищество “АдамантЪ”. с. 105–113.

Богова А. В., Ильина Н. И., Лусс Л. В., 2008. Тенденции в изучении эпидемиологии аллергических заболеваний в России за последние 10 лет, Российский аллергологический журнал, № 6, с. 3–14

Букварева Е. Н., 2010. Роль наземных экосистем в регуляции климата и место России в посткиотском процессе. М., Товарищество научных изданий КМК. 97 С.

Буренкова Л. А., 2012. Итоги двадцатилетних наблюдений за динамикой численности популяций *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodidae) и изменением ее зараженности возбудителями клещевых бореллиозов на севере Калужской области, Медицинская паразитология и паразитарные болезни, № 4. с. 30–32.

Бутенко А. М., Ларичев В. Ф., 2004. Влияние климата на активность и распространение очагов крымской геморрагической лихорадки в северной части ареала вируса КГЛ. Изменение климата и здоровье России в XXI веке, Сборник материалов международного семинара (5–6 апреля 2004 г.). Н. Ф. Измеров, Б. А. Ревич, Э. И. Коренберга (ред.), М., Издательское товарищество “АдамантЪ”, с. 134–138.

Варакина Ж. Л., Юрасова Е. Д., Ревич Б. А. и др., 2011. Оценка влияния температуры воздуха на смертность населения Архангельска в 1999–2008 годах, Экология человека, № 6, с. 28–36.

Васильев Г. К., 2000. Исторический опыт борьбы с малярией, Медицинская паразитология и паразитарные болезни, № 2, с. 54–56.

Васильев К. Г., 2001. История эпидемий и борьбы с ними в XX столетии. М., Медицина, 256 с.

Гаврилов В. А., 2010. Перспективы решения проблемы биологической опасности сибироязвенных скотомогильников, Дезинфекция и антисептика, т. 1, № 3, с. 12–15.

Галкин В. В., Локтионова М. Н., Симонова Е. Г., Хадарцев О. С., 2007. Проблемы безопасности сибиреязвенных скотомогильников. Эпидемиология и инфекционные болезни, № 6, с. 54–56.

Гамбурцев А. Г., Сигачев А. В., 2012. Динамика вызовов скорой помощи Москвы за последние пять лет, Вестник Российской академии наук, т. 82, № 5, с. 415–424.

Ганушкина Л. А., Дремова В. П. 2011., Комары *Aedes aegypti* и *Aedes albopictus* – переносчики арбовирусных инфекций, биология, экология, распространение, отличительные признаки видов, Медицинская паразитология и паразитарные болезни. № 4, с. 24–28.

Ганушкина Л. А., Дремова В. П., 2012. Комары *Aedes aegypti* L. и *Aedes albopictus* Skuse – новая биологическая угроза для юга России. Медицинская паразитология и паразитарные болезни, № 3, с. 49–55.

Ганушкина Л. А., Таныгина Е. Ю., Безжонова О. В., Сергиев В. П., 2012. Об обнаружении комаров *Aedes (Stegomyia) albopictus Skus.* на териитории Российской Федерации, Медицинская паразитология и паразитарные болезни. № 1. с. 3–4.

Ганушкина Л. А., Безжонова О. В., Патраман И. В., Таныгина Е. Ю., Сергиев В. П., 2013. Распространение комаров *Aedes (Stegomyia) aegypti L.* и *Aedes (Stegomyia) albopictus Skus*. на Черноморском побережье Кавказа, Медицинская паразитология и паразитарные болезни, № 1, с. 45–46.

OD-2-1-3n 12/15/14 8:04 PM Page 794

Глушкова Л. И., Корабельников И. В., Егорова Ю. И., 2011. Распространение *Ixodes persulcatus Schulze* в южных и центральных районах Республики Коми, Медицинская паразитология и паразитарные болезни, № 3, с. 48–50.

Гнатив Б. Р., 2010. Эпидемиологические особенности проявления активности природного очага клещевого энцефалита на территории Республики Коми, Развитие научных исследований и надзор за инфекционными заболеваниями. СПб., НИИЭМ им. Пастера, с. 26.

Гордеев М. И., Званцов А. Б., Горячева И. И. и др., 2005. Описание нового вида *Anopheles artemievi sp. n.* (Diptera, Culicidae), Медицинская паразитология и паразитарные болезни, № 2, с. 4–5.

Гордеев М. И., Званцов А. Б., Усенбаев Н. Т., 2006. Фауна комаров рода *Anopheles* (Diptera, Culicidae) Тянь-Шаня. Материалы I Всероссийского совещания по кровососущим насекомым, Санкт-Петербург, 24–27 октября 2006 г. С.Пб., с. 59–61.

Гордеев М. И., Безжонова О. В., Горячева И. И. и др., 2010. Молекулярно-генентический анализ малярийных комаров комплекса *Anopheles maculipennis* (Diptera, Culicidae) Азербайджана, Медицинская паразитология и паразитарные болезни, № 4, с. 43–45.

Гуцевич В. А., Мончадский А. С., Штакельберг А. А., 1970. Комары (семейство Culicidae). Фауна СССР. Насекомые двукрылые. т. 3, вып. 4, Л., Наука, 384 с.

Злобин В. И., 2010. Эпидемиологическая обстановка и проблемы профилактики клещевого энцефалита в Российской Федерации, Прикладная энтомология, №1, с. 14–28.

Злобин В. И., Данчинова Г. А., Сунцова О. В., Бадуева Л. Б., 2004. Климат как один из факторов, влияющих на уровень заболеваемости клещевым энцефалитом. В кн.: Изменение климата и здоровье России в XXI веке. Сборник материалов международного семинара (5–6 апреля 2004 г.) Н. Ф. Измеров, Б. А. Ревич, Э. И. Коренберга (ред.), М., Издательское товарищество “АдамантЪ”. с. 121–124.

Инфекционная заболеваемость в Российской Федерации в 2003–2004 гг. Информационный сборник статистических и аналитических материалов. 2005. М., Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора.

Инфекционная заболеваемость в Российской Федерации в 2008–2009 гг. Информационный сборник статистических и аналитических материалов. 2010. М., Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора.

Кадамов Д. С., 2010. Кровососущие комары (Culicidae) Гиссарской долины Таджикистана. Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. кандидата биол. наук. М., 27 с.

Кадастр стационарно неблагополучных по сибирской язве пунктов Российской Федерации., 2005. Справочник, Б. Л. Черкасского (ред.), М., Интерсэн, 829 с.

Казановский Е. С., Карабанов В. П., Клебенсон К. А., 2006. Некоторые факторы экосистемы тундры Европейского Севера России и ветеринарные проблемы оленеводства, Аграрная наука Евро-Северо-Востока, № 8, с. 189–192.

Каратаева Т. Д., Васильева А. А., 2007. Эпизоотическая обстановка по сибирской язве и ее профилактике в Республике Саха (Якутия). Вестник ветеринарии, № 40–41, с. 106–112.

Катцов В.М., Говоркова В.А., 2013. Ожидаемые изменения приземной температуры воздуха, осадков и годового стока на территории России в XXI веке: результаты расчетов с помощью ансамбля глобальных климатических моделей (CMIP5), Труды ГГО, вып. 569, с. 75–97.

Кершенгольц Б. М., Чернявский В. Ф., Репин В. Е., Никифоров О. И., Софронова О. Н., 2009. Влияние глобальных климатических изменений на реализацию потенциала инфекционных заболеваний населения в Российской Арктике (на примере Якутии), Экология человека, № 6, с. 34–39.

Кондрашин А. В., Баранова А. М., Морозова Л. Ф., Степанова Е. В., 2011. Тенденции в борьбе с малярией в мире. Прогресс и актуальные задачи в программах борьбы с малярией, Медицинская паразитология и паразитарные болезни. № 4. с. 3–8.

Корабельников И. В., Егорова Ю. И., 2009. Влияние антропогенной деятельности на распро-

OD-2-1-3n 12/15/14 8:04 PM Page 795

странение природно-очаговых заболеваний в республике Коми, Дезинфекционное дело, № 4, с. 36–38.

Коренберг Э. И., 2004. Экологические предпосылки возможного влияния изменений климата на природные очаги и их эпидемическое проявление. В кн.: Изменение климата и здоровье России в XXI веке. Сборник материалов международного семинара (5–6 апреля 2004 г.). Н. Ф. Измеров, Б. А. Ревич, Э. И. Коренберга (ред.), М., Издательское товарищество "АдамантЪ". с. 54–67.

Коренберг Э. И., 2008. Современные черты клещевого энцефалита: новые или хорошо забытые? Медицинская паразитология и паразитарные болезни. № 3. с. 3–8.

Коротков Ю. С., Кисленко Г. С., Буренкова Л. А., Рудникова Н. А., Карань Л. С., 2008. Пространственная и временная изменчивость зараженности клещей *Ixodes ricinus* и *Ixodes persulcatus* возбудителем болезни Лайма в Московской области, Паразитология, т. 42, № 6. с. 441–451.

Куролап С. А., 2012. Региональные особенности и прогнозные оценки влияния климатических изменений на здоровье населения Центрального Черноземья. Региональные эффекты глобальных изменений климата (причины, последствия, прогнозы). Материалы международной научной конф. Воронеж, Изд-во "Научная книга", 2012, с. 403–409.

Лейзерман Л. И., 1943. Малярия. Сталинабад. 174 с.

Лифиренко Д. В., 2012. Анализ роста числа умерших среди населения Самарской области в августе 2010 годы. Материалы 1У Всерос. Конф. Молодых ученых и специалистов "Окружающая среда и здоровье". М., ФГБУ "НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А. Н. Сысина", с. 201–204.

Лифиренко Д. В., Лифиренко Н. Г., 2012. Увеличение смертности населения Волжского бассейна как следствие аномальной жары лета 2010 года, Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 14, № 1. с. 272–275.

Лихорадка Западного Нила в мире., 2013. http://rospotrebnadzor.ru/epidemiologic_sytuation/

Лобан К. М., Лобзин Ю. В., Лукин Е. П., 2002. Риккетсиозы человека (руководство для врачей). С.-Пб., Элби. 474 С.

Лобзин Ю. В., Козлов С. С., 2004. Изменения климата, как один из факторов, определяющих расширение спектра паразитарных болезней в вооруженных силах РФ. В кн.: Изменение климата и здоровье России в XXI веке. Сборник материалов международного семинара (5–6 апреля 2004 г.). Н. Ф. Измеров, Б. А. Ревич, Э. И. Коренберга (ред.), М., Издательское товарищество "АдамантЪ", с. 166–170.

Лопатин О. Е., Катохин А. В., Шевченко А.И. и др., 2006. Исследование видового состава представителей рода Anopheles в Западной Сибири, Казахстане и Узбекистане с помощью молекулярно-генетических маркеров. Материалы I Всероссийского совещания по кровососущим насекомым. Санкт-Петербург, 24–27 октября 2006 г. С.Пб., с. 112–113.

Лысенко А. Я., Кондрашин А. А., Ежов М. Н., 2003. Маляриология. М.: Открытые системы, 512 с.

Львов Д. К., Клименко С. М., Гайдамович С. Я., Березина Л. К. и др., 1989. Арбовирусы и арбовирусные инфекции. М., Медицина. 336 с.

Лялина Л. В., 2004. Проблемы оценки влияния глобальных изменений климата на эпидемический процесс. В кн.: Изменение климата и здоровье России в XXI веке. Сборник материалов международного семинара (5–6 апреля 2004 г.). Н. Ф. Измеров, Б. А. Ревич, Э. И. Коренберга (ред.), М., Издательское товарищество "АдамантЪ". с. 80–84.

Малхазова С. М., Крайнов В. Н., Шартова Н. В., 2011. Прогноз влияния потепления на распространенность малярии. Эколого-географические последствия глобального потепления климата XXIвека на Восточно-Европейской равнине и в Западной Сибири. Н. С. Касимов, А. В. Кислов (ред.), М., МАКС Пресс, с. 389–408.

Манзенюк И. Н., Манзенюк О. Ю., 2005. Клещевые боррелиозы (болезнь Лайма). Кольцово. 85 с.

Маркович Н. Я., 1997. Мировая торговля старыми автопокрышками и современный ареал комаров *Aedes (Stegomya) albopictus,* Медицинская паразитология и паразитарные болезни, № 4, с. 54–59.

OD-2-1-3n 12/15/14 8:04 PM Page 796

Маркович Н. Я., Артемьев М. М., Дарченкова Н. Н., 2001. Видовой состав и географическое распространение основных переносчиков малярии – комаров комплекса *An. maculipennis* в России. РЭТ-ИНФО, № 3, с. 5–9.

Миронова В. А., 2006. Тенденции изменения климата и малярия в Московском регионе, Медицинская паразитология и паразитарные болезни, № 4, 20–25.

Нафеев А. А., Салина Г. В., 2012. Проблемы в организации эпидемиологического надзора за природно-очаговыми инфекциями и пути их решения, Медицинская паразитология и паразитарные болезни, № 2. с. 27–30.

Немцов А. В., 2008. Периодичность заболеваемости алкогольными психозами. Сообщение 2. Климатический фактор, Наркология, № 12, с. 42–50.

Немцов А. В., Нечаев А. К., 2006. Климатические факторы заболеваемости алкогольными психозами. Климат, качество атмосферного воздуха и здоровье москвичей. М., изд-во "АдамантЪ", с. 197–213.

Немцов А. В., Ревич Б. А., Савельев Д. В., Клепиков П. Н., 2013. Алкогольные психозы и погодные условия в Москве в 2005–2011 годах, Вопросы наркологии, № 2, с. 16–26.

О санитарно-эпидемиологической обстановке в Российской Федерации в 1998 году: Государственный доклад., 1999. М., Федеральный центр госсанэпид-надзора Минздрава России, 222 с.

О санитарно-эпидемиологической обстановке в Российской Федерации в 2000 году: Государственный доклад., 2001. М., Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 188 с.

О санитарно-эпидемиологической обстановке в Российской Федерации в 2002 году: Государственный доклад. 2003. М., Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 221 с.

О санитарно-эпидемиологической обстановке в Российской Федерации в 2003 году: Государственный доклад., 2004. М., Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 239 с.

О санитарно-эпидемиологической обстановке в Российской Федерации в 2004 году: Государственный доклад., 2005. М., Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 269 с.

О санитарно-эпидемиологической обстановке в Российской Федерации в 2005 году: Государственный доклад., 2006. М., Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 301 с.

О санитарно-эпидемиологической обстановке в Российской Федерации в 2006 году: Государственный доклад., 2007. М., Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 360 с.

О санитарно-эпидемиологической обстановке в Российской Федерации в 2007 году: Государственный доклад., 2008. М., Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 397 с.

О санитарно-эпидемиологической обстановке в Российской Федерации в 2008 году: Государственный доклад., 2009. М., Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 467 с.

О санитарно-эпидемиологической обстановке в Российской Федерации в 2009 году: Государственный доклад., 2010. М., Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 456 с.

О санитарно-эпидемиологической обстановке в Российской Федерации в 2010 году: Государственный доклад., 2011. М., Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 431 с.

О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2011 году: Государственный доклад., 2012. М., Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 316 с.

Об эпидситуации по заболеваемости лихорадкой Денге., 2013. http://49.rospotrebnadzor.ru/rss_all/-/asset_publisher/Kq6J/content/id/150331

Орехов И. В., Москвитина Э. А., Пичурина Н. Л., Забашта М. В., Водяницкая С. Ю., Адаменко В. И., 2008. Кровососущие комары, составляющие паразитарную систему при лихорадке Западного Нила в Ростовской области, Медицинская паразитология и паразитарные болезни. № 1. с. 30–32.

Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Россий-

OD-2-1-3n 12/15/14 8:04 PM Page 797

ской Федерации., 2008а. т. 1. Изменения климата. М., Росгидромет. 227 с.

Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации., 2008б. т. II.Последствия изменений климата. М., Росгидромет. 288 с.

Павлов А. В., Малкова Г. В., 2005. Современные изменения климата на севере России: Альбом мелкомасшабных карт. Новосибирск, Академическое издательство "ГЕО", 54 с.

Перевозкин В. П., Бондарчук С. С., Гордеев М. И., 2012. Популяционно-видовая структура малярийных комаров (Diptera, Culicidae) Прикаспийской низменности и Кумо-Манычской впадины, Медицинская паразитология и паразитарные болезни, № 1, с. 12–17.

Планы действий по защите здоровья населения от воздействия аномальной жары., 2011. Ф. Маттиес, Г. Биклер, Н. Марин, С. Халес (ред.), Руководство. Копенгаген. Европейское Бюро ВОЗ, 50 с.

Платонов А. Е., 2006. Влияние погодных условий на эпидемиологию трансмиссивных инфекций (на примере лихорадки Западного Нила в России), Вестник РАМН, № 2, с. 25–29.

Платонов А. Е., Рудникова Н. А., Лазоренко В. В., Журавлев В. И., 2004. Влияние погодных условий на эпидемиологию лихорадки Западного Нила в южных регионах России. Изменение климата и здоровье России в XXI веке. Сборник материалов международного семинара (5–6 апреля 2004 г.). Н. Ф. Измеров, Б. А. Ревич, Э. И. Коренберга (ред.), М., Издательское товарищество "АдамантЪ", с. 113–121.

Платонова Л. В., Михеев В. Н., Локтев В. Б., Кононова Ю. В., Шестопалов А. М., Дупал Т. А., 2006. О первых результатах эпидемиологического мониторинга лихорадки Западного Нила в Новосибирской области, Сибирь-Восток, № 3, с. 45–48.

Попов И. О., Титкина С. Н., Семенов С. М., Ясюкевич В. В., 2013. Модельные оценки распространения переносчиков некоторых болезней человека в XXI веке в России и соседних странах, Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, М., ИГКЭ. т. 25, с. 395–427.

Порфирьев Б. Н., 2013. Экономическая оценка людских потерь при чрезвычайных ситуациях, Вопросы экономики, № 1, с. 46–68.

Ревич Б. А., Шапошников Д. А., Семутникова Е. Г., 2008. Климатические условия и качество атмосферного воздуха как факторы риска смертности населения Москвы в 2000–2006 гг., Медицина труда и промышленная экология, № 9, с. 29–35.

Ревич Б. А., 2011. Волны жары, качество атмосферного воздуха и смертность населения Европейской части России летом 2010 года: результаты предварительной оценки, Экология человека, № 7, с. 3–9.

Ревич Б. А., Малеев В. В., 2011. Изменения климата и здоровье населения России: анализ ситуации и прогнозные оценки. М.: ЛЕНАНД, 208 с.

Ревич Б. А., Шапошников Д. И., 2004. Высокие температуры воздуха в городах – реальная угроза здоровья населения. Изменение климата и здоровье населения России в XXI веке. Сборник материалов международного семинара (5–6 апреля 2004 г.). Н. Ф. Измеров, Б. А. Ревич, Э. И. Коренберга (ред.), М., Издательское товарищество "АдамантЪ", с. 175–184.

Ревич Б. А., Шапошников Д. А., 2012. Изменения климата, волны жары и холода как факторы риска повышенной смертности населения в некоторых регионах России, Проблемы прогнозирования, № 2, с. 122–138.

Рудаков Н. В., Шпынов С. Н., Самойленко И. Е., Кумпан Л. В., Решетникова Т. А., Рудакова С. А., Омск: Омский НИИ природно-очаговых инфекций, Омская медицинская академия. www.oniipi.org .

Руководство по зоонозам., 1983. В. И. Покровский (ред.), Л., Медицина. 320 с.

Рябова Т. Е., Юничева Ю. В., Маркович Н. Я., Ганушкина Л. А., Орабей Г. В., Сергиев В. П., 2005. Обнаружение комаров *Aedes (Stegomyia) aegypti L.* в г. Сочи, Медицинская паразитология и паразитарные болезни, № 3, с. 3–5.

Семенов С. М., Ясюкевич В. В., Гельвер Е. С., 2006. Выявление климатогенных изменений. М., Издательский центр "Метеорология и гидрология". 324 с.

Семенов С. М., Груза Г. В., Ранькова Э. Я., Попов И. О., Титкина С. Н., 2013. Распределе-

OD-2-1-3n 12/15/14 8:04 PM Page 798

ние приповерхностной температуры на территории России и соседних стран при заданном уровне глобального потепления, Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, М., ИГКЭ. т. 25, с. 29–41.

Сергиев В. П., 2011. Появление экзотических переносчиков арбовирусных лихорадок – новая недостаточно оцениваемая биологическая угроза южным регионам России, Журнал инфектологии, т. 3, № 1, с. 59–63.

Сергиев В. П., Баранова А. М., Маркович Н. Я., Супряга В. Г., Ганушкина Л. А., 2004. Возможное влияние изменения климата на распространение трансмиссивных болезней на территории России. Изменение климата и здоровье России в XXI веке. Сборник материалов международного семинара (5–6 апреля 2004 г.). Н. Ф. Измеров, Б. А. Ревич, Э. И. Коренберга (ред.), М., Издательское товарищество “АдамантЪ”, с. 143–147.

Стратегия адаптации к воздействию изменения климата на здоровье населения для Архангельской области и Ненецкого автономного округа Российской Федерации., 2012. Архангельск. Министерство здравоохранения и социального развития Архангельской области, ГБОУ ВПО Северный государственный медицинский институт, Министерство здравоохранения и социального развития Российской Федерации, 98 с.

Тарасов В. В., 2002. Эпидемиология трансмиссивных болезней. М., Изд-во МГУ. 336 С.

Тронин А. А., Токаревич Н. К., Бузинов Р. В., 2008. Изменение климата и число пострадавших от нападения клещей в Архангельской области. Влияние глобальных климатических изменений на здоровье населения российской Арктики. Представительство ООН в Российской Федерации. с. 21–23.

Федорова М. В., 2007. Комары (Diptera, Culicidae) – переносчики вируса лихорадки Западного Нила на территории России. РЭТ-инфо, № 3, с. 11–15.

Филиппова Н. А., 1971. О видах группы *Ixodes persulcatus* (Parasitiiormes, Ixodidae). Особенности ареалов *I. pavlovskyi Pom.* и I. *persulcatus Schulze* в связи с их палеогенезом, Паразитология, т. 5, № 5, с. 385–391.

Филиппова Н. А., 1973. О видах группы *Ixodes persulcatus* (Parasitiformes, Ixodidae). 7. Палеогенез южной ветви группы *Ixodes persulcatus* и взаимоотношения с *I. ricinus* (L.). Паразитология, т. 7, № 1, с. 3–13.

Хайнес А., Коватс Р. С., Кемпбелл-Лендрум Д., Корвалан К., 2004. Изменение климата и здоровье человека – воздействия, уязвимость и адаптация. Всемирная конференция по изменению климата. Москва, 29 сентября – 3 октября 2003 г. Труды конференции. М., с. 307–322.

Чазов Е. И., Бойцов А. И., 2012. Влияние аномального повышения температуры воздуха на смертность населения, Терапевтический архив, № 1, с. 29–36.

Чубирко М. И., Пичужкина Н. М., Масайлова Л. А., Механтьев И. И., Подрезкова И. С., 2012. Оценка риска и ущерба здоровью в условиях чрезвычайной ситуации, связанной с пожарами. Региональные эффекты глобальных изменений климата (причины, последствия, прогнозы). Воронеж, изд-во “Научная книга”, с. 442–444.

Шерстюков Б. Г., 2013. Оценки потенциальной горимости леса по месячным метеорологическим данным, Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. М., ИГКЭ. т. 25. с. 288–299.

Шерстюков Б. Г., Шерстюков А. Б., 2013. Лесные пожары при потеплении климата в XXIвеке, Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. М., ИГКЭ. т. 25. с. 300–313.

Ширяев М. В., Рубинштейн А. Г., 2010. Прогноз категорий опасности метеорологических явлений, Труды Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации. вып. 347. с. 144–158.

Эпидемиологический надзор за особо опасными и природно-очаговыми инфекциями в условиях Крайнего Севера., 2000. И. Я. Егоров А. Д. Ботвинкин (ред.), Якутск, 248 с.

Юничева Ю. В., Рябова Т. Е., Маркович Н. Я., Безжонова О. В., и др., 2008. Первые данные о наличии размножающейся популяции комаров Aedes aegypti L. в районе Большого Сочи и в отдельных городах Абхазии, Медицинская паразитология и паразитарные болезни, № 3, с. 40–43.

OD-2-1-3n 12/15/14 8:04 PM Page 799

Ясюкевич В. В., 2002. Малярия в России и ее ближайшем географическом окружении: анализ ситуации в связи с предполагаемым изменением климата, Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. СПб. Гидрометеоиздат, т. 18, с. 142–157.

Ясюкевич В. В., Гельвер Е. С., 2007. Последствия изменений климата для переносчиков и возбудителей малярии человека в России и ее ближайшем географическом окружении, Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. СПб., Гидрометеоиздат, т. 21, с. 293–347.

Ясюкевич В. В., Ревич Б. А., 2009. Изменение климата на территории России и здоровье населения, Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. М., ИГКЭ. т. 22. с. 147–169.

Ясюкевич В. В., Титкина С. Н., Семенов С. М., Давидович Е. А., Ясюкевич Н. В., 2012. Возможные изменения климатообусловленных ареалов основных переносчиков малярии на территории России и сопредельных стран во второй половине XX–начале XXI веков, связанные с наблюдаемым изменением климата. Труды Ставропольского отделения Русского Энтомологического общества. вып. 8. Материалы V международной научно-практической Интернет-конференции “Актуальные вопросы энтомологии” Ставрополь, Ставропольское издательство “Параграф”, с. 76–82.

Ясюкевич В. В., Титкина С. Н., Семенов С. М., Давидович Е. А., Ясюкевич Н. В., 2013а. Изменения климата во второй половине XX–начале XXI веков и связанные с ними изменения климатообусловленных ареалов основных переносчиков малярии на территории России и сопредельных стран, Прикладная энтомология, т. 4, № 1 (9), с. 24–30.

Ясюкевич В. В., Титкина С. Н., Попов И. О., Давидович Е. А., Ясюкевич Н. В., 2013б. Климатозависимые заболевания и членистоногие переносчики: возможное влияние наблюдаемого на территории России изменения климата, Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, М., ИГКЭ, т. 25, с. 314–359.

A**ir quality monitoring in Moscow., 2010.** News Letter WHO collaborating Centre for quality management and air pollution control at the Federal Environment Agency, Germany, 2010 – No460 December 2010:9–14

D’Amato G., Liccardi G. Frenguelli G., 2007. Thunderstorm-asthma and pollen allergy, Allergy, vol. 62, no. 1, pp. 11–16.

D’Amato G., Cecchi L. Amato M., Liccardi G., 2010. Urban air pollution and climate change as environmental as environmental risk factors of respiratory allergy: an update, J. Investig. Allergol. Clin. Immunol. vol. 20, no. 2, pp. 95–102.

Anenberg S. C., Schwartz J., Shindel D., et al., 2012. Global Air Quality and Co-benefits of Mitigating Near-Term Climate Change through Methane and Black Carbon Emission Controls, Environmental Health Perspectives. vol. 12, pp. 831–839. DOI.org/10.1289/ehp.1104301|

Beggs P. J., 2010. Adaptation to impacts of climate change on aeroallergens and allergic respiratory diseases, International Journal of Environmental Research and Public Health. vol. 7, no. 8, pp. 3006–3021. doi:10.3390/ijerph7083006

Berry H. L., Bowen K., Kjellstrom T., 2010. Climate change and mental health: a causal pathways framework, Int. J. Public Health, no. 55, pp. 123–132.

Breton M.C., Garneau M., Fortier I., Guay F., Louis J. 2006. Relation between climate, pollen concentrations of Ambrosia and medical consultations for allergic rhinitis in Montreal, 1994–2002. Science of theTotal Environmental, vol. 370, no. 1, pp. 39–50.

Climate Change 2007. 2007. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change. Parry M., Canziani O., Paluticof J. et al., (eds), Cambridge University Press. 976 pp.

Djadid N. D., Gholizadeh S., Tafsiri E., Romi R., Gordeev M., Zakeri S., 2007. Molecular identification of Palearctic members of Anopheles maculipennis in northern Iran. Malaria Journal., vol. 6. http://www.malariajournal.com/content/6/1/6

Elton C. S., 1958. The ecology of invasions by animals and plants. London: Chapman and Hall, 181 p.

OD-2-1-3n 12/15/14 8:04 PM Page 800

Fouillet A., Rey G., Wagner M, Laaidi K., Empereur-Bissonnet K. Tertre L., Frayssinet P., Bessemoulin P., Laurent F., De Crouy-Chanel P., Jougla E., Haymon D., 2008. 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, vol. 37, no. 2, pp. 309–317.

Grjibovski A. M., Bushueva V., Boltenkov V. P. et al., 2012. Climate variations and salmonellosis in northwest Russia: a time-series analysis, Epidemiology and Infection, vol. 141, no. 2. pp. 269–276. doi10:1017/S0950268812000544

Guidelines for the surveillance of invasive mosquitoes in Europe., 2012. European Centre for Disease Prevention and Control. Stockholm: ECDC. 100 p.

Hansen, J., Ruedy R., Sato M., Lo K.., 2010. Global surface temperature change, Rev. Geophys. vol. 48. RG4004. 29 p. doi:10.1029/2010RG000345.

Heguy L., Garneau M., Goldberg M. S., Raphoz M., Guay F., Valois M., 2008. Associations between grass and weed pollen and emergency department visits for asthma among children in Montreal, Environmental Research, vol. 106, no. 2, pp. 203–211.

Health Effects of Climate Change in the UK 2012., 2012. Current evidence, recommendations and research gaps. S. Vardoulakis, C. Heaviside (eds.). London: Health Protection Agency, 236 p.

IPCC WGI SPM., 2014. Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers.

Keatinge W., 2003. Death in heat wave: simple preventive measures may help reduce mortality, British Medical Journal, vol. 327, pp. 512–513.

Kim Y., Kim H., Kim D. S., 2011. Association between daily environmental temperature and suicide mortality in Korea (2001–2005), Psychiatry Res., vol. 186, no. 2–3. pp. 390–396.

Knudsen A. B., 1995. Global distribution and continuing spread of Aedes albopictus, Parasitologia, vol. 37, no. 2–3, pp. 91–97.

Kobayashi M., Komagata O., Nihei N., 2008. GlobalWarming and Vector-borne Infectious Diseases, Journal of Disaster Research, vol. 3, no. 2, pp. 105–112.

Kobayashi M., Nihei N., Kurihara T., 2002. Analysis of Northern Distribution of Aedes albopictus (Diptera: Culicidae) in Japan by Geographical Information System, J. Med. Entomol., vol. 39, no. 1, pp. 4–11.

Lieshout van M., Kovats R. S., Livermore M. T. J., Martens P., 2004. Climate change and malaria: analysis of the SRES climate and socio-economic scenarios, Global Environmental Change 14, pp. 87–99.

Likhvar V., Honda Y., Ono M., 2011. Relation between temperature and suicide mortality in Japan in the presence of other confounding factors using time – series analysis with a semparametric approach, Environ. Health Prev. Med., no. 16. pp. 36–43.

Lindgren E., Talleklint L., Polfeldt T., 2000. Impact of climatic change on the northern latitude limit and population density of the disease-transmitting European tick *Ixodes ricinus*, Environmental Health Perspectives , vol. 108, no. 2, pp. 119–123.

Martens P., Kovats R. S., Nijhof S., de Vries P., Livermore M. T. J., Bradley D. J., Cox J., McMichael A. J., 1999. Climate change and future populations at risk of malaria, Global Environmental Change 9, pp. 89–107.

Mogi M., 1996. Overwintering strategies of mosquitoes (Diptera, Culicidae) on warmer islands may predict impact of global warming on Kyushu, Japan, J. Med. Entomol., vol. 33, no. 3, pp. 438–444.

Neteler M., Roiz D., Rocchini D., Castellani C., Rizzoli A., 2011. Terra and Aqua satellites track tiger mosquito invasion: modelling the potential distribution of Aedes albopictus in north-eastern Italy, International Journal of Health Geographics, vol. 10. http://www.ijhealthgeographics.com/content/10/1/49.

Page L. A., Hajat S., Kovats R. S., 2007. Relationship between daily suicide counts and temperature in England and wales, British Journal of Psychiatry, vol. 191, pp. 106–112.

Page L. A., Hajat S., Kovats R. S., Howard L. M., 2012. Temperature-related deaths in people with psychosis, dementia and substance misuse, British Journal of Psychiatry. vol. 200. pp. 485–490.

OD-2-1-3n 12/15/14 5:12 PM Page 801

Platonov A. E., Fedorova M. V., Karan L. S., Shopenskaya T. A., Platonova O. V., Zhuravlev V. I., 2008. Epidemiology of West Nile infection in Volgograd, Russia, in relation to climate change and mosquito (Diptera: Culicidae) bionomics. Parasitology research. (Suppl 1). vol. 103. pp. 45–53. DOI 10.1007/s00436-008-1050-0

Revich B. A, Podolnaya M. A., 2011. Thawing of permafrost may disturb historic cattle burial grounds in East Siberia. Global Action Plan. no. 4. DOI: 10.3402/gva.v4i0.8482

Revich B. A., Shaposhnikov D. A., 2010. Extreme temperature episodes and mortality in Yakutsk, East Siberia. Rural and Remote Health. vol. 10, pp. 1338 (online).

Rienecker M. M., Suarez M. J., Gelaro R., Todling R., Bacmeister J., Liu E., Bosilovich M. G., Schubert S. D., Takacs L., Kim G.-K., Bloom S., Chen J., Collins D., Conaty A., et al., 2011. MERRA: NASA's Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications, J. Climate, 24, pp. 3624–3648, doi:10.1175/JCLI-D-11-00015.1. Link.

Shaposhnikov D. A., Revich B. A., Meleshko V., Govorkova V., Pavlova T., 2011. Climate change may reduce annual temperature-dependent mortality in Subarctic: a case-study of Archangelsk, Russia Federation Environment and natural research, vol. 1, no. 1, pp. 75–91.

Sherry R.A., Zhou X., Gu S., Arnone J. A., Schimel D. S., Verburg P. S., Wallace L. L., Luo Y., 2007. Divergence of reproductive phenology under climate warming, Proceedings of the National Academy of Sciences, vol. 104, no. 1, pp. 198–202.

Tatem A. J.; Hay S. I., Rogers D. J., 2006. Global traffic and disease vector dispersal, Proceedings of National Academy of Sciences of the USA, vol. 103, no. 16, pp. 6242–6247.

Todhunter P. E., 1996. Environmental indices for the twin cities metropolitan area (Minnesota, USA) urban heat island – 1989, Climate Res., vol. 6. pp. 59–69.

Tokarevich N. K., Tronin A. A., Blinova O. V., Buzinov R V., Boltenkov V P., Yurasova E. D., Nurse J., 2011. The impact of climate change on the expansion of Ixodes persulcatus habitat and the incidence of tick-borne encephalitis in the north of European Russia. Global Health Action 2011, vol. 4: 8448. DOI: 10.3402/gha.v4i0.8448.

Xie P., Arkin P. A., 1998. Global monthly precipitation estimates from satellite-observed outgoing-longwave radiation, J. Climate, vol. 11, pp. 137–164. (updated).

Глава 6.2. СТРОИТЕЛЬСТВО, НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ, ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

Е. И. Хлебникова

Т. А. Дацюк

6.2.1. Введение

В настоящей главе обсуждаются современные представления о влиянии изменений климата на топливно-энергетический комплекс, строительство и наземный транспорт на территории России*. Эти секторы экономики вносят наиболее заметный вклад в суммарный российский выброс парниковых газов. Однако изменение климата, в свою очередь, влияет на эффективность функционирования этих отраслей хозяйства, требует определенных мер адаптации к изменениям климата, оказывая тем самым косвенное воздействие на технологическое обновление и развитие рассматриваемых секторов и экономики в целом.

Традиционно считается, что сельское хозяйство является наиболее уязвимым к неблагоприятным метеорологическим условиям. Однако, как показывают статистические данные по США (Lazo et al., 2011), на первом месте по уровню вариабельности доходов, связанных с воздействием метеорологических факторов, с учетом влияния рыночных механизмов, находится отрасль, принадлежащая к технической сфере экономики, а именно, добывающая промышленность.

*Проблемы безопасности сооружений, связанные с состоянием грунтов, рассматриваются в гл. 6.4. Вопросы функционирования гидротехнических сооружений обсуждаются в гл. 6.5; остальные вопросы, касающиеся возобновляемых энергетических ресурсов, – в гл. 6.3.

OD-2-1-3n 12/15/14 5:12 PM Page 802

В предыдущем, первом "Оценочном докладе об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации" (Оценочный доклад…, 2008) – далее ОД_РФ-1 – нашли отражение позитивные и негативные эффекты воздействия климатических изменений на состояние зданий и сооружений, наземный транспорт, энергопотребление. В частности, даны относительные оценки наблюдаемого уменьшения продолжительности отопительного периода (около 5% за 30 лет) и дефицита тепла (около 10% на юге страны и 5–8% на остальной территории). Приведены количественные оценки ожидаемых изменений характеристик отопительного периода, основанные на применении результатов моделирования средних месячных климатических характеристик с помощью некоторых глобальных моделей общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) поколения CMIP3 (Meehl et al., 2005), а также более ранних версий глобальных климатических моделей.

В ОД_РФ-1 было обращено внимание на тенденцию уменьшения долговечности зданий, на снеговые нагрузки как на основную причину разрушительного воздействия на здания, а также на возможное в перспективе увеличение гололедных и ветровых нагрузок в отдельных регионах. На качественном уровне отмечены такие негативные последствия происходящего потепления как уменьшение продолжительности эксплуатации сезонных транспортных коридоров в районах Крайнего Севера, увеличение числа ураганов, шквалов и других опасных для транспорта и энергетики явлений.

В этой главе приведены результаты, отражающие влияние изменения климата на рассматриваемые виды хозяйственной деятельности, которые получены за последние годы. Анализ климатического воздействия в будущем выполнен на основе результатов расчетов с помощью глобальных климатических моделей поколения CMIP5 (Taylor et al., 2011), а также региональной климатической модели высокого пространственного разрешения (см. раздел 3, а также (Катцов, Говоркова, 2013)).

6.2.2. Строительство

Строительная индустрия России – вследствие большой капиталоемкости и длительных сроков окупаемости создаваемых сооружений – принадлежит к секторам экономики, требующим принятия неотложных мер по адаптации к наблюдаемым и ожидаемым изменениям климата. Существующие здания, построенные в середине XX в. и последующие десятилетия, проектировались на основе климатических параметров середины прошлого века, и в настоящее время не всегда обеспечивают возможность создания оптимального микроклимата внутри зданий. На фоне возникающих экстремальных атмосферных нагрузок многие конструкции функционируют только благодаря запасу прочности, что влечет за собой высокую вероятность разрушений.

Климатические условия учитываются в строительстве на различных стадиях строительного проектирования, организации и проведения строительных работ, эксплуатации зданий и сооружений (Анапольская, Гандин, 1973; Заварина, 1976; Руководство…, 2008). Для решения всей совокупности задач необходимы данные об изменении метеорологических переменных (температура воздуха и почвы, осадки, влажность воздуха, ветер, солнечная радиация) и атмосферных явлениях (метели, гололедные явления и др.) в регионе строительстве. На основании этой информации определяются специализированные климатические показатели, соответствующие методам инженерных расчетов, которые используются при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений. Изменение этих показателей дает возможность проанализировать последствия климатических изменений для существующих и проектируемых объектов строительства.

Уже в ОД_РФ-1 обращалось внимание на основные виды воздействия изменений климата на состояние зданий и сооружений (сокращение продолжительности отопительного периода, уменьшение долговечности зданий и сооружений и пр.). Данные последних лет и современные результаты климатического моделирования демонстрируют сохранение тенденций, отмеченных в ОД_РФ-1, и их возможное усиление в будущем.

Уменьшение продолжительности отопительного периода* является положительным следстви-

*Началом отопительного периода считается дата устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха вниз через уровень +8°С осенью, а окончанием периода – дата устойчивого температурного перехода вверх через этот уровень весной. При этом переход считается устойчивым, если температура остается ниже (выше) соответствующего уровня не только в те сутки, когда произошел переход, но также и в течение пяти последующих суток.

OD-2-1-3n 12/15/14 5:12 PM Page 803

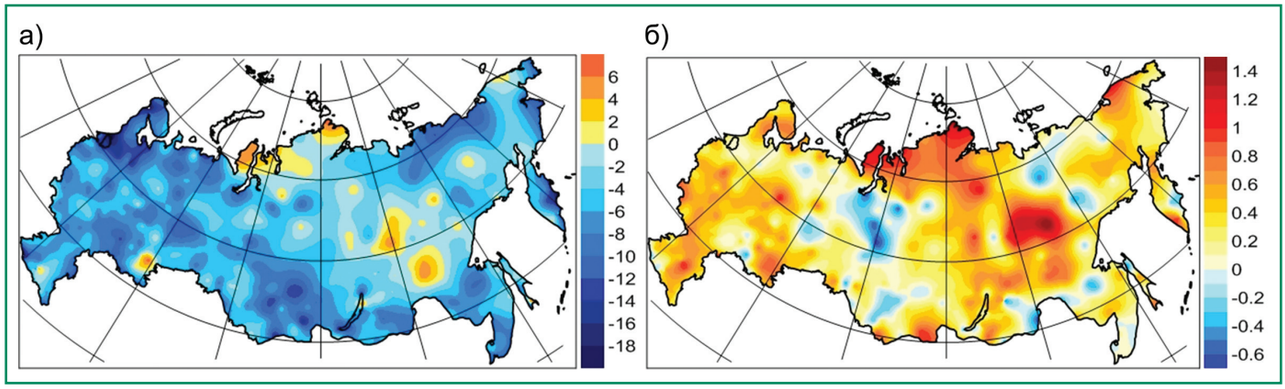


Рис. 6.2.1. Изменение характеристик отопительного периода по данным наблюдений в 1991–2010 гг. по отношению к 1971–1990 гг. Слева – продолжительность (сут), справа – средняя температура воздуха (°С).

ем происходящего потепления, которое создает предпосылки для сокращения расходов на отопление. Сравнительный анализ данных метеорологических наблюдений за два предшествующих двадцатилетия (рис. 6.2.1) показывает, что на территории России за это время продолжительность отопительного периода значительно уменьшилась (до 5 сут/10 лет на севере ЕЧР). Одновременно произошло повышение средней температуры. В меньшей степени изменение продолжительности отопительного периода проявляется в районах АЧР с суровыми климатическими условиями. В этих же районах регистрируется наибольшее увеличение средней температуры отопительного периода (до 1.5°С).

По данным о средних многолетних значениях продолжительности и средней температуры отопительного периода в районе строительства рассчитывается величина, называемая “градусо-сутки отопительного периода”*, которая является одним из основных климатических параметров, используемых на этапе строительного проектирования ограждающих конструкций зданий.

При проведении теплотехнических расчетов (в частности, при проектировании систем отопления и вентиляции), наряду с характеристиками отопительного периода, используются климатические параметры, отражающие экстремальные условия термического режима в холодное и теплое время года. В качестве расчетных параметров используются квантили редкой повторяемости для температуры воздуха различного временного осреднения. Для зимнего сезона обычно употребляют значения температуры воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0.92.

Специалисты в области строительства обращают внимание на то, что тенденция к потеплению климата хорошо проявляется в повышении средних месячных температур и сокращении продолжении отопительного периода. Вместе с тем, в зимний сезон по-прежнему наблюдаются экстремально низкие температуры воздуха (Самарин, 2009). Вследствие этого, расчетные зимние температуры, оцениваемые по многолетним историческим рядам наблюдений в предположении стационарности, меняются сравнительно слабо.

В последние десятилетия стандарты проектирования, имеющие отношение к тепловой защите зданий, претерпевали существенные изменения. В наибольшей степени эти изменения были обусловлены необходимостью уменьшения антропогенного влияния на климат и последовавшего ужесточения требований к энергоэффективности зданий.

В работе (Гринфельд, 2012) представлена последовательная смена декларируемых целей тепловой защиты, начиная с 1920-х годов. На начальном этапе методология нормирования теплозащитных свойств ограждающих конструкций базировалась на принципе минимизации затрат на строительство при обеспечении комфортности пребывания в помещении. В это время, вплоть до

*Величина “градусо-сутки отопительного периода” рассчитывается путем умножения разности между температурой комфорта внутри помещения конкретного назначения и средней температурой наружного воздуха за отопительный период на значение продолжительности отопительного периода.

OD-2-1-3n 12/15/14 5:12 PM Page 804

1995 г., в качестве основного климатического параметра региона строительства, определяющего теплотехнические свойства ограждающих конструкций, использовалась температура наиболее холодной пятидневки (или суток – в зависимости от назначения и тепловой инерции здания). В 2003 г., с введением СНиП "Тепловая защита зданий", задачей проектирования тепловой защиты становится минимизации расхода энергии на отопление зданий (точнее, на поддержание требуемых параметров микроклимата при обеспечении комфортности пребывания в них). При этом основным расчетным климатическим параметром региона строительства становится величина градусо-суток отопительного периода.

В 2013 г. введена в действие актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 "Тепловая защита зданий", призванная повысить энергоэффективность проектируемых зданий. Актуализация была нацелена на достижение гармонизации действующих российских требований с зарубежными нормами проектировании. Как отмечается авторами разработки (Гагарин, Козлов, 2011), структура требований российского документа аналогична структуре норм Дании. Однако, как показывают (Ватин и др., 2012), потери тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции здания, построенного по минимальным требованиям действующего СНиП 23-02-2003, более чем в два раза превысят соответствующие потери для здания, построенного согласно минимальным требованиям строительных норм Финляндии.

Вопросы дальнейшего развития и совершенствования норм тепловой защиты зданий в современных условиях, предполагающих смягчение изменений климата и адаптацию к ним, являются предметом широких дискуссий (Котин, 2012; Самарин, 2012). В работе (Аверьянов и др., 2012) представлена региональная концепция обеспечения энергоэффективности зданий, реализуемая в Санкт-Петербурге, которая основана на комплексном учете всех видов потребляемых зданиями энергетических ресурсов. Обращается внимание на то, что в СНиП 23-02-2003 "требования к сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций были значительно увеличены, а требования к уровню инженерного обеспечения зданий и к сокращению затрат энергии на вентиляцию помещений были проигнорированы". Авторами справедливо утверждается, что для реального уменьшения потребляемой зданиями тепловой энергии в условиях потепления необходима соответствующая инженерная поддержка (Дацюк, 2009) – внедрение систем автоматического регулирования параметров теплоносителя и пр. Отмечается также, что уже сейчас имеются здания, объем потребляемой энергии которыми на кондиционирование воздуха сопоставим с годовыми затратами тепловой энергии на отопление.

Анализ срока окупаемости различных энергосберегающих мероприятий в зависимости от фактического значения градусо-суток отопительного периода (Самарин, 2009) продемонстрировал влияние "рассогласования" расчетных и фактических значений климатических параметров, которое затрудняет корректное технико-экономическое обоснование планируемых мероприятий. Обращается внимание на целесообразность более оперативной корректировки нормативных и справочных документов (СНиП), а также важность учета прогнозов изменения климатических и стоимостных факторов для оптимизации решений.

Еще один комплекс проблем в строительном секторе, связанных с воздействием климатических изменений, – обеспечение долговечности ограждающих конструкций зданий.

В последние десятилетия наблюдается тенденция к ускоренному старению и уменьшению долговечности ограждающих конструкций зданий и сооружений, определяемой "сроком их службы без потери эксплуатационных качеств в данных климатических условиях при заданном режиме эксплуатации" (СНиП 11-В.6-62). Требуемая степень долговечности обеспечивается "применением материалов, имеющих надлежащую стойкость (морозостойкость, влагостойкость, биостойкость, стойкость против коррозии, высокой температуры, циклических температурных колебаний и против других разрушающих воздействий окружающей среды)".

Наиболее распространенным видом разрушающего воздействия являются температурно-влажностные деформации. Материалы ограждающих конструкций под переменным воздействием тепла и холода разрушаются, и это разрушение

OD-2-1-3n 12/15/14 5:12 PM Page 805



Рис. 6.2.2. Влияние циклов замораживания и оттаивания на температурно-влажностные деформации, приводящие к разрушению ограждающих конструкций.

происходит интенсивнее при быстрой смене температур и особенно при перепадах температуры, связанных с переходами через 0°С. Увеличение количества жидких осадков, сопровождающих оттепели, является дополнительным фактором, усиливающим процесс старения. Увлажнение стен зданий, особенно интенсивное при сильном ветре, и последующее охлаждение приводит к замерзанию воды в порах материалов и оказывает разрушительное воздействие на конструкции (рис. 6.2.2). Наибольшую опасность представляют кристаллы льда и солей, оказывающие расклинивающее воздействие на стеновой материал.

В настоящее время цокольная часть кирпичных зданий Якутска, построенных 40–50 лет назад, в значительной степени разрушена из-за конденсации влаги в стенах, и эти здания часто находятся в аварийном состоянии (Уваров, 2012). Но, как отмечается в монографии (Александровский, 2004), необходимы специальные исследования долговечности зданий, эксплуатирующихся не только в условиях северной строительно-климатической зоны, но и в районах с частыми периодическими оттепелями и заморозками без значительного понижения температуры воздуха.

Долговечность напрямую зависит от количества циклов замораживания и оттаивания стенового материала (Ельчищева, Ельчищев, 2012). Тенденция к увеличению числа переходов температуры воздуха через 0°С, наблюдаемая в последние десятилетия на Европейской части России (ЕЧР) и в южных регионах Сибири (рис. 6.2.3),

OD-2-1-3n 12/15/14 5:12 PM Page 806

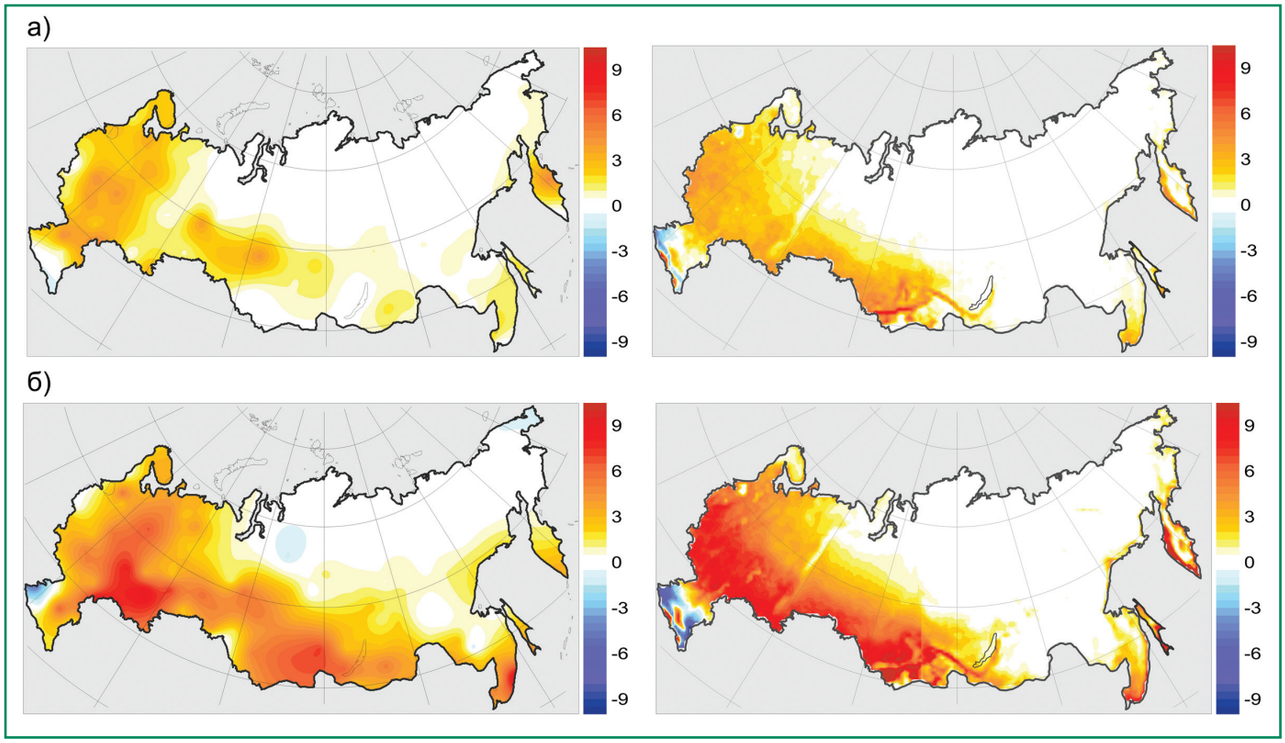


Рис. 6.2.3. Изменение климатических факторов долговечности сооружений по данным наблюдений (слева) и результатам расчетов с помощью РКМ ГГО* (справа): а) число переходов средней суточной температуры воздуха через 0°С (ноябрь–март); б) число внутрисуточных переходов температуры воздуха через 0°С (ноябрь–март). Изменение оценивалось: по данным наблюдений – для периода 1981–2000 гг. по отношению к 1951–1980 гг. (слева); по результатам моделирования – для периода 2041–2060 гг. по отношению к 1981–2000 гг. (справа).

свидетельствует об усилении разрушающего воздействия среды, которое приводит к ускоренному старению ограждающих конструкций зданий, автодорог и других сооружений.

Важно обратить внимание на взаимосвязь проблем тепловой защиты зданий и их долговечности. Необходимость смягчения изменений климата и усиление внимания к вопросам энергоэффективности зданий привели в 1990-х годах к существенному повышению (в 2.5–3 раза) требований к сопротивлению теплопередаче стен зданий. Выполнение этих требований стало возможным лишь в многослойных конструкциях с применением эффективных теплоизоляционных материалов. При этом применение многослойных конструкций стало настолько стремительным, а разнообразие материалов столь обширным, что научное сопровождение не успевало за этими объемами (Куприянов, Иванцов, 2011). Десятки зданий оказались аварийными после 7–9 лет эксплуатации вследствие разрушения фасадных систем (Лобов, Ананьев, 2009).

Особенно острая ситуация сложилась при строительстве капитальных объектов в северной строительно-климатической зоне. При большой амплитуде колебаний температуры воздуха и при постоянном перемещении точки росы в утеплителе в зависимости от температуры наружного воздуха происходило ускоренное разрушения клея, минераловатных утеплителей и структуры пенополистирола, что привело к ухудшению потребительских качеств объектов и сокращению сроков их службы. При совершенствовании строительных норм по тепловой защите зданий необходимо в полном объеме учитывать особенности климатических условий в различных регионах страны и отрегулировать разработку региональных строительных правил (Уваров, 2012). В северных регионах рекомендует-

*Здесь и далее РКМ ГГО означает Региональную климатическую модель Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова.

OD-2-1-3n 12/15/14 5:12 PM Page 807

ся использование долговечных строительных материалов с большой теплоемкостью и большим коэффициентом теплопроницания.

Взаимосвязь тепловой защиты зданий и их долговечности имеет вполне определенное экономическое содержание. С применением эффективных теплоизоляционных конструкций снижаются расходы на отопление зданий, однако при проведении расчетов энергоэффективности зданий не учитываются расходы на капитальный ремонт наружного ограждения в процессе эксплуатации. В работе (Кнатько и др., 2008) отмечается, что "при долговечности материалов и конструкций менее 50 лет затраты на ремонт многослойных стеновых конструкций... превышают ожидаемую экономию средств от снижения расходов на отопление при эксплуатации". С этой точки зрения, сроку службы наружного ограждения и долговечности используемых материалов следует уделять не меньше внимания, чем обеспечению его теплозащиты (Куприянов, Иванцов, 2011). В работе (Уваров, 2012) предлагается отнести к числу главных требований, предъявляемых к проектам тепловой защиты капитальных зданий, обеспечение соответствия долговечности ограждающих конструкций срокам эксплуатации таких зданий – 50, 100 и 150 лет.

Задача обеспечения долговечности ограждающих конструкций на стадии их проектирования является актуальной, но современная нормативная база не в состоянии ее решить. Целесообразно продолжение работ по нормированию долговечности ограждающих конструкций, которые в 1972 г. были приостановлены более чем на 30 лет. В последние годы в нормативных документах наметился возврат к проблеме долговечности ограждающих конструкций (Технические рекомендации …, 2005). Однако произошло видоизменение понятия "долговечность": исчезла ориентация на режим эксплуатации ограждений и климатические условия. Это ставит под сомнение адекватность предложенных методов по оценке долговечности. Необходимо развитие методологии оценки долговечности и создание базы данных по долговечности материалов ограждений. При этом режимы испытаний материалов на старение (долговечность) должны адекватно моделировать эксплуатационные воздействия в различных климатических условиях (Куприянов, Иванцов, 2012). Такой подход в принципе позволит учесть влияние изменений климатических воздействий на материалы ограждений, соответствующих сценарным прогнозам климата будущего.

В ОД_РФ-1 обращалось внимание на снеговые нагрузки как на основную причину разрушительного воздействия на здания в последние десятилетия. Следует заметить, что такие случаи происходили, в основном, со зданиями, имеющими легкие покрытия, собственный вес которых меньше, чем нормативная снеговая нагрузка. Для таких сооружений особое значение имеют кратковременные снеговые нагрузки, возникающие при сильных снегопадах. Происходящие изменения климата, характеризующиеся ростом интенсивности осадков (в особенности зимних), являются дополнительным фактором риска. Необходимо, однако, заметить, что в 2011 г. при актуализации СНиП 2.01.07-85 "Нагрузки и воздействия" требования к значениям снеговым нагрузок были существенно повышены.

Имеющиеся данные не дают оснований говорить об увеличении ветровых нагрузок. Ряды наблюдений за скоростью ветра на метеорологических станциях (однородность которых вызывает определенные сомнения) обнаруживают даже слабо выраженную отрицательную тенденцию (Булыгина и др., 2013). Однако при сохранении средних значений скоростей ветра в некоторых регионах возможна трансформация их вероятностных распределений к виду распределений с "тяжелыми" хвостами за счет увеличения вклада штормовых скоростей (Gastineau, Soden, 2009). В этом отношении требуются дополнительные региональные исследования. В связи с ростом экстремально высоких температур и увеличением количества осадков можно ожидать также усиления эффектов, обусловленных совместным воздействием ветровых нагрузок, температурных деформаций и коррозионного разрушения.

В глобальном масштабе объем исследований, посвященных проблеме влияния ожидаемых изменений климата на здания и сооружения, быстро растет. Оценка последствий изменений климата для конкретных объектов строительства предполагает задание климатических условий будущего (сценарий климатических изменений и контроль-

OD-2-1-3n 12/15/14 5:12 PM Page 808

ные параметры), выбор исследуемого объекта (здание или его подсистемы), определение измеряемого показателя функционирования. С точки зрения строителей изменения условий окружающей среды, связанные с глобальными изменениями климата, в той или иной местности варьируют весьма значительно: от сравнительно медленных изменений средней температуры воздуха до высокой вероятности экстремальных событий (например, затоплений), которые могут полностью уничтожить строительный объект (de Wilde, Coley, 2012). Поэтому разработка методологии учета неопределенностей региональных и локальных сценарных прогнозов является чрезвычайно важной в контексте строительного проектирования капитальных сооружений (de Wilde, Tian, 2001; 2009; Tian, de Wilde, 2011).

Подавляющее большинство импактных исследований в области строительства посвящено проблеме энергоэффективности зданий. При этом в качестве измеряемых показателей функционирования зданий рассматриваются, в основном, такие как потребление энергии на отопление, потребление энергии на охлаждение, число часов с перегревом зданий, т. е. с температурой внутри зданий выше порогового значения (+26°C). Большое внимание уделяется функционированию систем вентиляции и кондиционирования (Lomas, Ji, 2009; Delfani, 2010). В работе (Barclay et al., 2012) к анализу влияния климатических изменений на вентиляцию зданий дополнительно привлекается информация об ожидаемых изменениях ветрового режима.

Детальные исследования энергоэффективности зданий базируются на применении физических моделей тепло-влагопереноса и соответствующих программных средств, которые настроены на использование в качестве входных данных информации о совокупности метеорологических параметров внешней среды с высоким временным разрешением (см., например, (Гагарин и др., 2013)). В специальной литературе уделяется много внимания разработке методов построения таких многомерных рядов данных (так называемого “типового года”) для будущего климата. Различают две группы подходов (Guan, 2009): эмпирические методы, базирующиеся на исторических данных (Crawley, 2008), и методы, основанные на результатах физико-математического моделирования. В настоящее время наиболее обоснованными являются, по-видимому, те, которые сочетают в себе применение глобальных МОЦАО и встроенных региональных моделей высокого разрешения с широким использованием вероятностного подхода и привлечением стохастических моделей (Mylona, 2012; Nik et al., 2012; Eames et al., 2011; Kershaw et al., 2011; Jenkins et al., 2011).

Анализ возможностей создания оптимального микроклимата в условиях потепления климата представлен в многочисленных работах по отношению к различным типам зданий, расположенным в разных регионах Европы, Азии, Австралии, Америки и Африки. В частности, в работе (Du, 2012) в методологическом контексте рассматривается широкая база типов зданий и сооружений. Она включает аэропорты, отели, музеи, школы, тюрьмы, архивы, театры, библиотеки, больницы, а также жилые дома и офисы. Проблема рассматривается в условиях сценариев изменений климата для Великобритании для периода времени до 2080 г. Ясно, что в этом направлении необходимо дальнейшее продвижение и для России.

Гораздо менее исследованным является вопрос о воздействии изменений режима увлажнения на здания и сооружения. Вопросы проектирования дренажных систем в условиях изменений режима увлажнения, рассматриваемые в (Jack, Kelly, 2012), а также обустройства канализационных сетей (Васильев, Чистяков, 2011), представляются чрезвычайно важными для России, где наблюдается увеличение интенсивности осадков и ожидается усиление этой тенденции. В (Huijbregts et al., 2012) обращается также внимание на увеличение относительной влажности, которая влияет на рост плесени и приводит к повреждениям музейных объектов; предлагается метод для оценки таких рисков в условиях изменения климата.

В работе (Steenbergen et al., 2012) обсуждается возможность оценки изменений экстремальных ветровых нагрузок по результатам моделирования с помощью современных глобальных и региональных климатических моделей. Предлагается метод статистической интерпретации результатов моделирования для определения возможных изменений требуемых нормативных парамет-

OD-2-1-3n 12/15/14 5:12 PM Page 809

ров ветрового режима. Сделан методологически важный вывод о необходимости учета особенностей естественной изменчивости для корректной интерпретации модельных данных с целью определения нормируемых климатических характеристик экстремумов.

На территории России к середине XXI в. ожидается дальнейшее сокращение продолжительности и повышение средней температуры отопительного периода, создающие условия для сокращения потребления тепловой энергии (см. раздел 6.2.2), но при этом будет становиться все более актуальной проблема борьбы с перегревом зданий. Предпосылкой к этому является ожидаемое увеличение вероятности экстремально теплых летних сезонов (Оценка…, 2011.). Для создания оптимального микроклимата внутри зданий – как в зимнее, так и в летнее время – необходимы разработка и внедрение эффективных систем отопления, вентиляции и кондиционирования, обеспечивающих соблюдение необходимых стандартов на энергопотребление зданий (Аверьянов и др., 2012).

Ожидаемое увеличение температуры наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0.92 (Оценка…, 2011), которое наиболее заметно проявляется в ЕЧР, приведет к повышению тепловой эффективности существующих зданий. При этом, однако, необходимо иметь в виду высокую степень неопределенности локальных оценок экстремальных характеристик, рассчитываемых по отдельным климатическим реализациям. Как показали эксперименты с региональной климатической моделью (рис. 6.2.4), изменения температурных экстремумов редкой повторяемости на значительной части территории России характеризуются большой внутриансамблевой изменчивостью. Для повышения достоверности оценок изменений и их адекватного применения необходимо дальнейшее

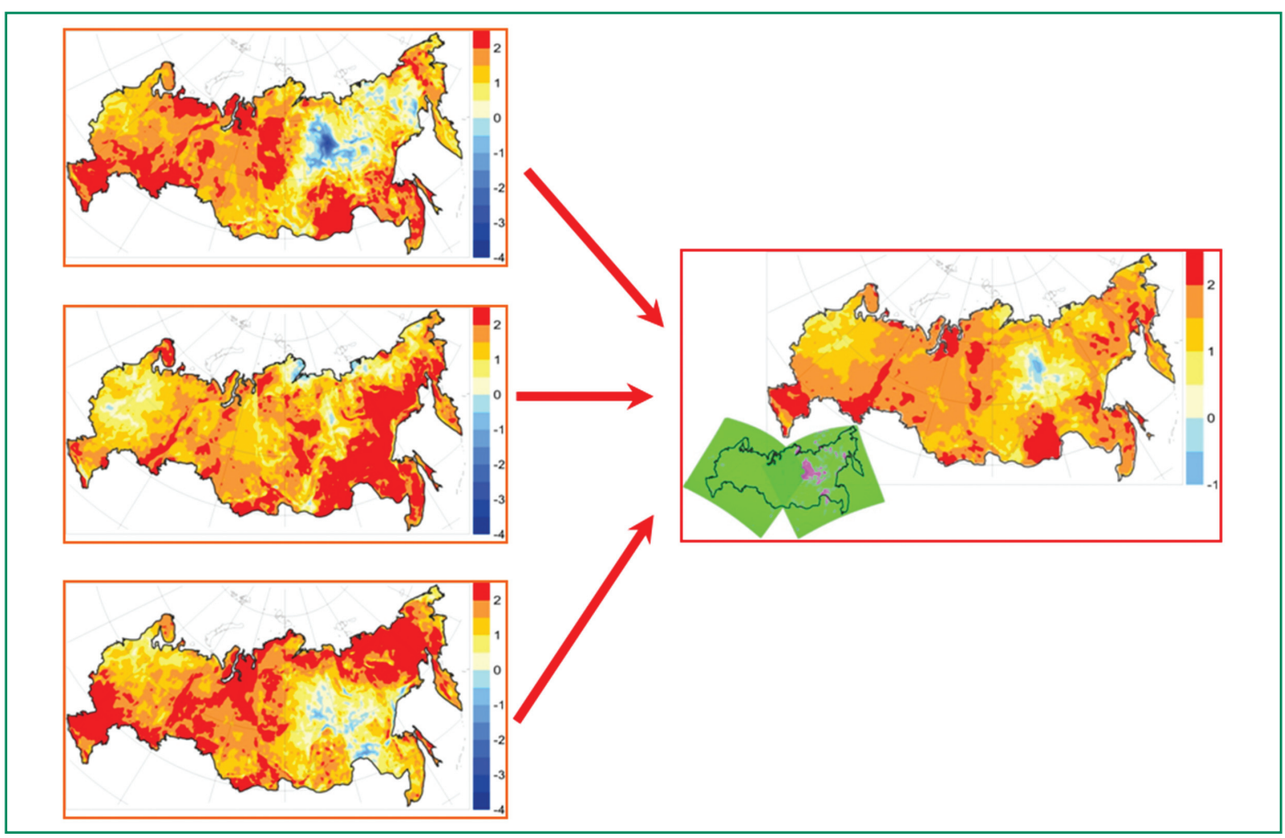


Рис. 6.2.4. Изменения экстремальных характеристик средней суточной температуры воздуха летнего сезона к середине XX в. по отношению к 1981–2000 гг.: слева – оценки изменений среднего годового максимума в отдельных экспериментах; справа – оценки изменений, осредненные по всем экспериментам, и индикатор неопределенности оценок (розовым цветом выделены области с вариацией знака изменений в различных экспериментах).

OD-2-1-3n 12/15/14 5:13 PM Page 810

развитие методов интерпретации результатов моделирования на основе комбинирования динамических и статистических методов. Это утверждение согласуется с выводами, которые сделаны в отношении анализа экстремальных характеристик ветровых нагрузок (Steenbergen et al., 2012).

Повышение уровня потребления энергии может привести к критическим нагрузкам и связанным с этим сбоям в электрических сетях и функционировании всей городской инфраструктуры (водоснабжении и пр.). Многие из этих проблем должны рассматриваться в терминах риска. Примером такого анализа является работа (Aerts, Botzen, 2011), посвященная вопросу страхования от наводнений в Нидерландах. Направление исследований, связанное с оценкой рисков по отношению к зданиям и сооружениям (риски разрушений, уязвимость и пр.), несомненно, заслуживает внимания, но пока еще развито недостаточно (Liso, 2006; Тамразян, 2012; Кокодеева и др., 2012).

Как показывают результаты проведенных модельных экспериментов (см. рис. 6.2.3), которые хорошо согласуются с данными наблюдений, к середине XXI в. ожидается сохранение и даже некоторое усиление тенденции к увеличению числа переходов температуры воздуха через 0°С, приводящей к ускоренному разрушению конструкций (Хлебникова и др., 2012б). Это потребует серьезного увеличения эксплуатационных расходов существующих объектов и должно учитываться при проектировании новых сооружений.

Важным аспектом обеспечения надежности и долговечности зданий и сооружений является учет атмосферных нагрузок, к которым относятся и температурные климатические воздействия (СНиП “Нагрузки и воздействия”). Расчет температурных климатических воздействий предполагает определение возможных перепадов температуры по сечению элементов используемых конструкций на основе задания внутригодовых изменений характеристик среды – в первую очередь, температуры наружного воздуха. При этом диапазон колебаний температуры воздуха в зимний и летний сезоны описывается с помощью таких параметров как средние месячные значения температуры воздуха в январе и июле, а также отклонения температуры воздуха наиболее холодных (жарких) суток от средних месячных значений.

В зимний сезон на значительной части территории России (ЕЧР, Западная и Средняя Сибирь) ожидается уменьшение абсолютных значений отклонений средних январских минимумов от средних месячных значений (рис. 6.2.5). В то же время на территории России выявляются регионы, где потепление может сопровождаться увеличением отклонений экстремально низких температур от средних значений зимой и – что особенно важно – экстремально высоких температур от средних значений – летом. Однако для повышения достоверности оценок целесообразно дальнейшее проведение модельных экспериментов с применением ансамблевого подхода и привлечением статистических методов интерпретации. Более пол-

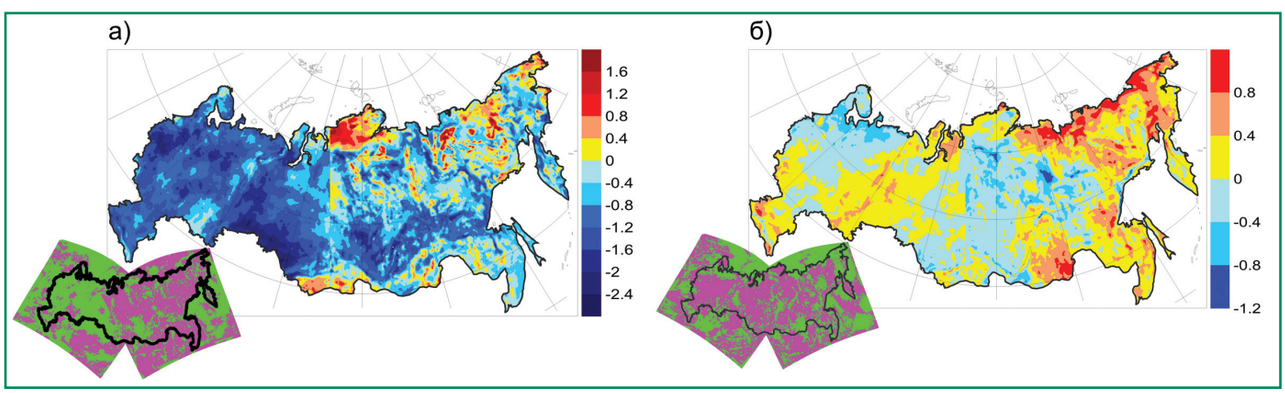


Рис. 6.2.5. Изменение параметров атмосферных нагрузок, характеризующих температурные климатические воздействия, к середине XXI в. по отношению к 1981–2000 гг.: абсолютные отклонения среднего годового минимума (а) и среднего годового максимума (б) средней суточной температуры воздуха (°С) от средней месячной температуры воздуха и индикаторы неопределенности оценок (пояснения – см. рис. 6.2.4).

OD-2-1-3n 12/15/14 5:13 PM Page 811

ная оценка изменения климатического воздействия на объекты строительства требует расширения круга анализируемых климатических переменных, возможности воспроизведения которых современными климатическими моделями не вполне ясны. Вместе с тем, изменение многих прикладных характеристик проявляется достаточно отчетливо и свидетельствует об актуальности принятия адаптационных мер, которые имеют слабую чувствительность по отношению к скорости антропогенного потепления. К числу наиболее заметных климатических эффектов, проявляющихся на территории России, которые необходимо принимать во внимание, следует отнести: увеличение тепловой эффективности зданий, ухудшение внутреннего микроклимата помещений в летнее время, рост увлажненности ограждающих конструкций, ускоренное старение зданий и сооружений, увеличение кратковременных снеговых нагрузок и др.

В различных статьях, посвященных проблеме влияния меняющегося климата на здания и сооружения, отражены некоторые общие положения (de Wilde, Coley, 2012), которые хорошо согласуются с представлениями, сформировавшимися в среде российских специалистов:

– многие из существующих нормативных и регламентирующих документов основаны на климатических данных прошлого и требуют переосмысления;

– техническая эксплуатация зданий, их ремонт и реновация играют важную роль в обеспечении эффективности зданий в долгосрочной перспективе, и тем самым оказывают значительное влияние на адаптацию зданий к изменениям климата;

– создание эффективных систем отопления, вентиляции, кондиционирования и другого инженерного оборудования зданий является одной из первоочередных задач адаптации;

– понимание и управление эффектом городского “острова тепла” должны стать важным элементом градостроительной политики.

С точки зрения представителей строительной науки необходимо расширить круг исследований с привлечением климатических сценариев для разных регионов и рассмотрением разнообразных типов зданий. Стратегической целью таких исследований должна стать разработка концепции гибкого и надежного проекта зданий, объединяющего представление о долговечности с высоким адаптационным потенциалом.

В обзоре (de Wilde, Coley, 2012) отмечается необходимость развития работ, способствующих повышению информативности климатических сценариев – в первую очередь, в отношении экстремальных событий. В связи с недостаточностью имеющихся знаний важно соблюдать баланс усилий, направленных на развитие методологии оценки климатических воздействий и реальными практическими действиями.

6.2.3. Наземный транспорт

Климат и его изменения оказывают значительное воздействие на состояние наземной транспортной инфраструктуры (автомобильные и железные дороги, мосты, тоннели, портовая инфраструктура, взлетно-посадочные полосы и т. д.), а также обеспечение организации движения и эффективность функционирования транспорта (расходы на содержание объектов, безопасность движения, скорость транспортных потоков и т. д.).

Сокращение продолжительности периода с отрицательными температурами воздуха, является фактором, благоприятствующим работе транспорта. Однако в целом наблюдаемые и ожидаемые климатические изменения температуры воздуха и режима увлажнения оказывают негативное воздействие на состояние и функционирование наземной транспортной инфраструктуры (Chapman, 2007; Koetse, Rietveld, 2009; Jarosweski et al., 2010; Самодурова, 2008; Хлебникова, Салль, 2012). Основные виды неблагоприятных воздействий, обусловленных происходящими изменениями климата, проявляются уже в настоящее время. К середине XX1 в. ожидается усиление этих тенденций.

Повышение температуры воздуха в холодный период года в России сопровождается частыми перепадами температуры, которые способствуют ускоренному разрушению покрытия автомобильных дорог. Особенно интенсивно процесс разрушения материалов происходит при частых переходах температуры воздуха через 0°С. Увеличение количества жидких осадков, сопровождаю-

OD-2-1-3n 12/15/14 5:13 PM Page 812

щих оттепели, является дополнительным фактором, усиливающим процесс разрушения. Влияние этих эффектов наглядно проявляется в состоянии автодорог в стране уже в настоящее время. При этом увеличиваются расходы на локальный ремонт поврежденных участков ("ямочный" ремонт).

Возможный рост температуры воздуха в летний сезон приведет к большему числу дней с экстремально высокими температурами воздуха, что отрицательно скажется на состоянии автомобильных дорог. В таких условиях происходит размягчение асфальтового покрытия и быстрое ухудшение эксплуатационных качеств автодорог. Это может оказаться особенно существенным для дорог местного значения, не рассчитанных на большую нагрузку, покрытие которых обладает более низкой температурой плавления.

При экстремально высоких температурах воздуха происходит значительный перегрев рельсов и последующая деформация железнодорожных путей, приводящая к уменьшению скорости передвижения и увеличивающая риск схода с рельсов. В работе (Chapman et al., 2008) отмечается высокая чувствительность числа случаев изгиба рельсов к повышению летней температуры, что дает возможность установить соответствующую регрессионную зависимость. В экстремальное жаркое европейское лето 2003 г. на территории Великобритании число аварийных ситуаций такого рода почти в три раза превысило среднее значение.

Состояние и функционирование транспортной инфраструктуры в большой степени зависит от количества осадков и режима их выпадения.

Возможный рост количества осадков в зимний сезон и увеличение их суточных максимумов (рис. 6.2.6) повлечет за собой необходимость принятия дополнительных мер по организации движения и обеспечения безопасности на дорогах и приведет к увеличению эксплуатационных расходов на зимнее содержание дорог (Самодурова, 2008). Более частые переходы через нулевую отметку, продолжительные снегопады, выпадение жидких осадков в холодное время года также негативно отразятся на безопасности дорожного

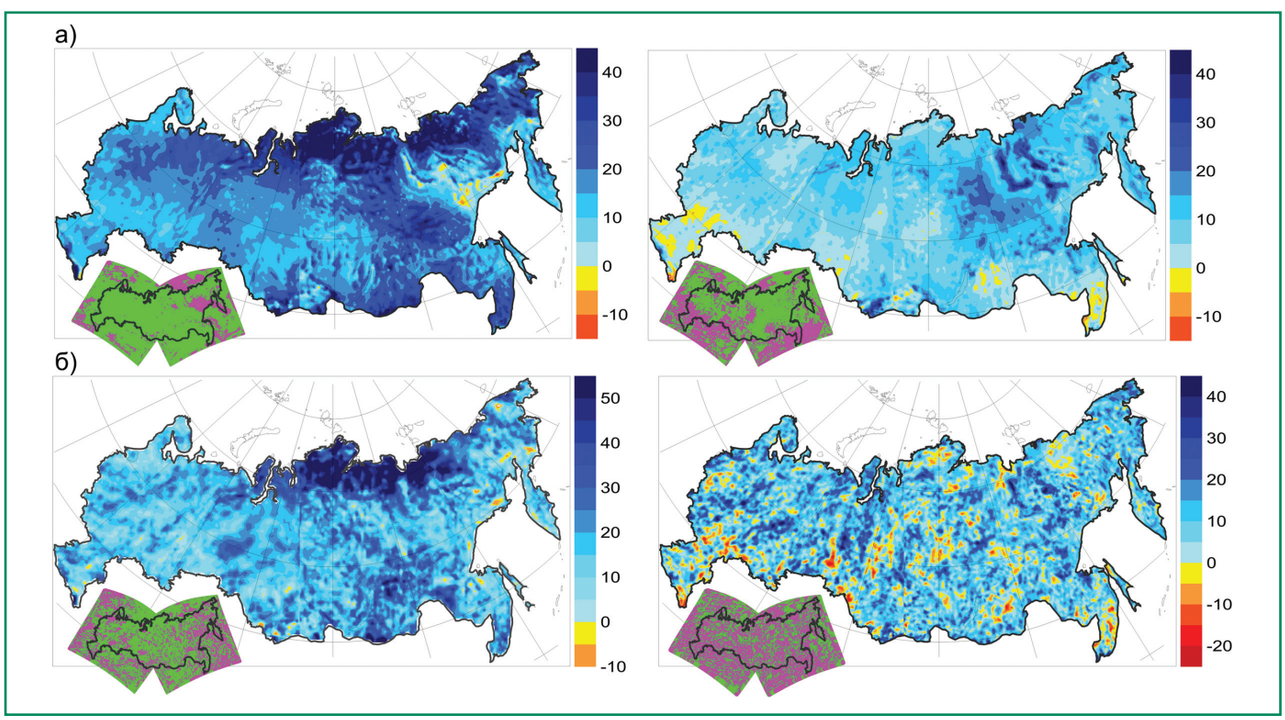


Рис. 6.2.6. Изменение характеристик увлажнения для холодного (слева) и теплого (справа) сезонов к середине XXI в. по сравнению с 1981-2000 гг. и индикаторы неопределенности оценок (пояснение – см. рис. 6.2.4): а) средние сезонные суммы осадков (в процентах от нормы 1981-2000 гг.); б) средние сезонные максимумы суточных сумм осадков (в процентах от нормы 1981-2000 гг.).

OD-2-1-3n 12/15/14 5:13 PM Page 813

движения и потребуют принятия специальных мер по уменьшению скользкости на дорогах (Псаломщикова и др., 2009).

К середине XXI в. на территории России ожидается преимущественно увеличение суммы осадков в теплый сезон (рис. 6.2.6). Важным фактором является сопутствующий этому увеличению рост суточной интенсивности осадков. Лишь в южных районах ЕЧР, Средней Сибири, в Забайкалье и Приморье (Дальний Восток) степень неопределенности оценок, обусловленная влиянием внутренней климатической изменчивости, не позволяет говорить о наличии выраженной тенденции.

Сильные дожди негативно сказываются на скорости транспортных потоков и безопасности дорожного движения. Существующие дренажные системы могут не соответствовать ожидаемому увеличению интенсивности осадков, что может повлечь разрушение грунтовых зон автомобильных и железнодорожных магистралей и других объектов. Рост количества и интенсивности осадков в теплое время года увеличит риски возникновения опасных последствий, связанных с потерей устойчивости склонов, – оползней, лавин. Такие риски особенно возрастают в случаях, когда сухие периоды чередуются с периодами интенсивных ливней. Неоднократные факты разрушения новой автодороги, построенной в Приморье к саммиту АТЭС в 2012 г., привели к большому материальному ущербу и наглядно продемонстрировали важность и экономическую целесообразность учета климатических факторов на этапе проектирования и строительства инженерных сооружений.

Рост интенсивности ливневых осадков представляет особую опасность, так как при этом повышается вероятность речных ливневых наводнений, которые могут вызвать затопление и разрушение всей прибрежной инфраструктуры.. В горных районах в случае выпадения сильных дождей большой интенсивности наблюдается процесс забивания почвенных пор мелкодисперсными частицами почвы, резко увеличивается коэффициент поверхностного стока, и паводки принимают характер катастрофических наводнений, особенно в случае охвата большими осадками значительной площади речного бассейна (Борщ и др., 2012). При этом от момента выпадения осадков до начала интенсивного подъема уровня воды в реке может проходить менее 1–3 ч. При отсутствии превентивных адаптационных мероприятий такие наводнения могут иметь тяжелые последствия. Известный пример – Крымск, июль 2012 г.

Особое внимание в отечественной и зарубежной литературе уделяется вопросу о влиянии климатических изменений на состояние трубопроводного транспорта (Природные факторы…, 2009; Власова, Ракитина, 2011). Наиболее опасные последствия связаны, несомненно, с деградацией многолетней мерзлоты (см. гл. 6.4). В зоне сезонного промерзания грунтов аварийные разрушения трубопроводов часто происходят в районах со сложными гидрогеологическими условиями, для которых характерен высокий риск возникновения оползневых и селевых процессов (Казаков, Генсиоровский, 2008). Важнейшим фактором, определяющим степень развития этих процессов, является количество и интенсивность осадков. В таких условиях ожидаемое увеличение сезонных сумм осадков и особенно их интенсивности в теплый сезон (рис. 6.2.6) является серьезным дополнительным фактором риска, который необходимо принимать во внимание при эксплуатации существующих и проектировании новых трубопроводов.

6.2.4. Топливно-энергетический комплекс

Топливно-энергетический комплекс России включает в себя объекты добычи первичных энергоресурсов, а также объекты энергетики, осуществляющие генерацию энергии, ее транспортировку и доведение до потребителей.

Как отмечается в докладе (Оценка…, 2011), климатические условия и их изменения – во всем их многообразии – оказывают существенное воздействие на работы по разведке, добыче и транспортировке углеводородного топлива. В наибольшей степени происходящие изменения затрагивают объекты нефтегазодобычи, расположенные в районах с суровыми климатическими условиями.

Влияние температуры воздуха отражается на выборе материалов конструкций, смазочных масел, уплотнительных материалов и при подготовке верхних строений объектов добычи к эксплуатации в зимних условиях. Несмотря на то, что ис-

OD-2-1-3n 12/15/14 5:13 PM Page 814

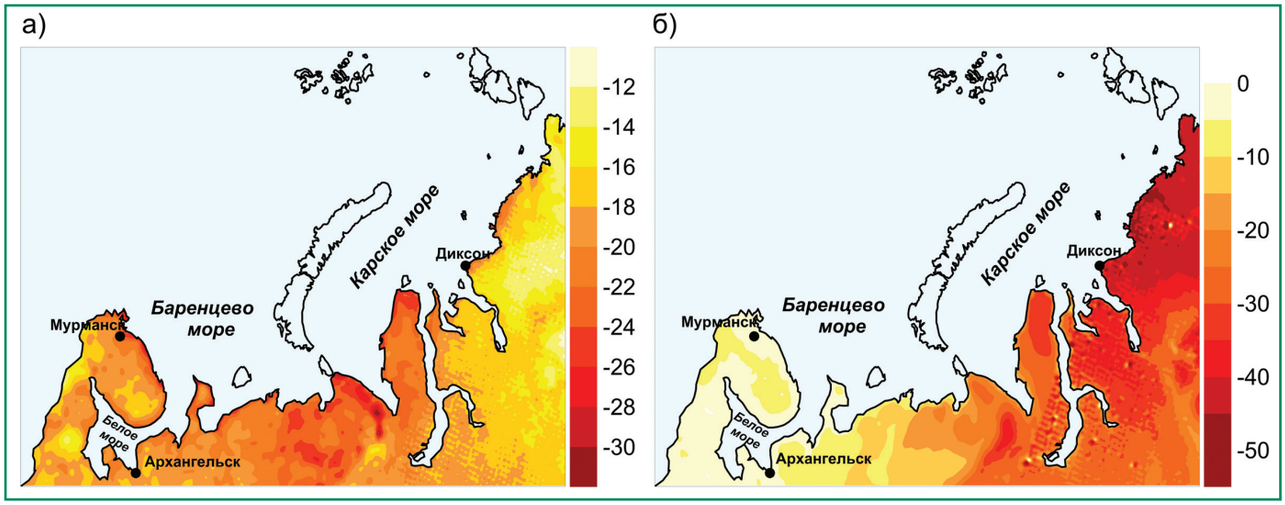


Рис. 6.2.7. Изменение продолжительности периода с температурой ниже 0°С (а) и числа суток с минимальной температурой воздуха ниже –30°С (б) к середине XX1 в. по сравнению с 1981–2000 гг. по результатам расчетов с использованием РКМ ГГО в условиях сценария А2 (Special Report on Emission Scenarios, 2000).

пользуемое оборудование рассчитано на работу в широком диапазоне температур, приближение температуры воздуха к критическим значениям влияет на износ оборудования и уменьшает надежность конструкций.

Происходящее потепление климата сопровождается сокращением продолжительности периода года с отрицательными температурами воздуха и приводит к уменьшению числа дней с экстремально низкими температурами (см. гл. 1.7).

На протяжении XXI в. ожидается сохранение этой тенденции. Сокращение зимнего периода и числа дней с температурой воздуха ниже –30°С (рис. 6.2.7) приведет к уменьшению простоев в работе, положительно отразится на работоспособности оборудования и величине эксплуатационных расходов.

На фоне смягчения температурного режима в зимний период уже в настоящее время происходят изменения климата, являющиеся – с точки зрения функционирования нефтегазового сектора в регионе – неблагоприятными. Эти изменения касаются осадков и режима их выпадения. На большей части территории страны в зимний сезон наблюдается рост экстремально сильных осадков (см. гл. 1.3, 1.7).

На протяжении XXI в. ожидается усиление отмеченных тенденций. Увеличение зимних осадков и их интенсивности (рис. 6.2.6) окажет отрицательное воздействие на сооружения нефтегазодобычи и машинное оборудование.

Изменения климата влияют на производство энергии, ее передачу и потребление, оказывая тем самым существенное воздействие на функционирование всего энергетического комплекса. Поэтому учет климатических изменений должен быть обязательной составляющей прогнозирования балансов в энергетике.

Происходящее сокращение продолжительности периода с отрицательными температурами воздуха и уменьшение частоты экстремально низких температур (см. гл. 1.7) приводит, в том числе, к уменьшению коррозии и повышению работоспособности энергетического оборудования, улучшению условий доставки и хранения топлива (угля) на ТЭС (меньше смерзаемость угля).

Однако в теплое время года воздействие потепления оказывается негативным. Увеличение температуры воздуха снижает эффективность теплового преобразования, что приводит к сокращению производства энергии на электростанциях.

В ЕЧР в настоящее время отмечается еще одна неблагоприятная климатическая тенденция, наиболее выраженная на юге территории. В этом регионе наряду с ростом числа дней с экстремально высокими температурами воздуха одновременно наблюдается увеличение продолжительности “сухих” периодов (Хлебникова и др., 2012а).

OD-2-1-3n 12/15/14 5:13 PM Page 815

К середине XXI в. ожидается усиление отмеченных тенденций (рис. 6.2.8, 6.2.9). Рост температуры воздуха в летнее время, сопровождаемый увеличением дефицита осадков, может привести к уменьшению доступности воды для охлаждения и понижению порогового уровня отключения, что также отразится на совокупной генерируемой мощности. Для территории России влияние отмеченных факторов может оказаться особенно существенным для электростанций южного региона, в частности, для Ростовской АЭС.

Точные оценки уменьшения производства энергии под влиянием потепления зависят от технологических особенностей конкретных энергетических объектов. Вместе с тем, для ориентировочной характеристики ожидаемых потерь мощности на территории России полезно учитывать результаты, полученные для зарубежных стран Европы и Северной Америки. Согласно результа-

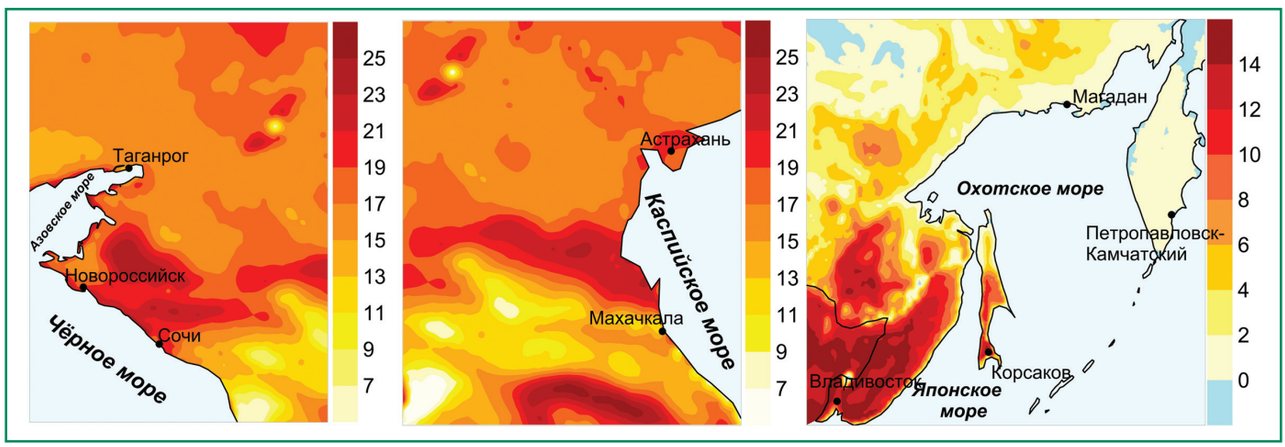


Рис. 6.2.8. Изменение числа дней за год с максимальной температурой воздуха > +25°С к середине XXI в. по сравнению с 1981–2000 гг.

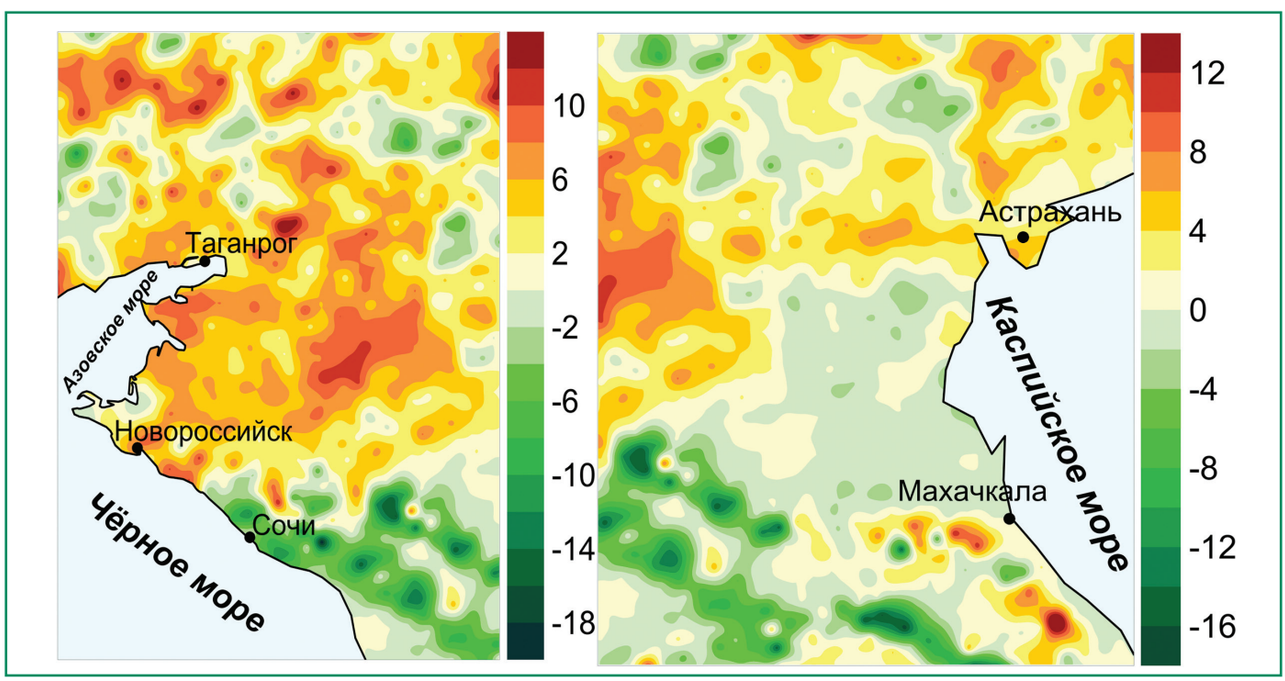


Рис. 6.2.9. Изменение максимальной продолжительности периода с отсутствием эффективных осадков (P < 5 мм/сут) в течение теплого сезона к середине XXI в. по сравнению с 1981–2000 гг.

OD-2-1-3n 12/15/14 5:13 PM Page 816

там исследований (Mideksa, Kallbekken, 2010; Linnerud et al., 2011), потеря генерируемой мощности в условиях потепления оценивается в 1–2% на каждый градус потепления.

Ожидаемое потепление в летний сезон, сопровождаемое увеличением числа суток с экстремально высокими значениями температуры воздуха, негативно повлияет на процесс передачи электроэнергии, приводя к уменьшению исходной передаваемой мощности. При превышении уровня +25°C передаваемая мощность уменьшается на 2.25%/1°C по сравнению со штатным режимом. Дополнительно увеличиваются потери на ЛЭП (на 0.4%/1°C). При превышении уровня +35°C возможно возникновение критических ситуаций, связанное с полным прекращением передачи электроэнергии из-за опасности перегрева линий электропередач (Александров, 2006).

Системы передачи электроэнергии окажутся более уязвимыми вследствие ожидаемого усиления конвективных процессов в атмосфере (см. гл. 3.3), связанного с ростом числа таких опасных явлений как грозы, смерчи, шквалы, которые сопровождаются экстремальными ветровыми нагрузками на ЛЭП и приводят к их разрыву. Рост количества зимних осадков и их суточных максимумов, частые повышения температуры воздуха и увеличение числа случаев выпадения жидких осадков в зимний сезон, создает предпосылки для возникновения аварий на ЛЭП, обусловленных высокими гололедно-ветровыми нагрузками (разрыв проводов и разрушение опор).

В отличие от процесса генерации энергии, чувствительного к дефициту осадков, угрозу для нормальной передачи энергии представляют сильные дожди, которые могут привести к замыканиям в цепи. Вероятность таких явлений также имеет тенденцию к увеличению (см. гл. 1.3 и рис. 6.2.6). Наводнения, лавины и оползни, связанные с выпадением интенсивных осадков, могут привести к повреждениям кабеля, подстанций и другого оборудования.

С методологической точки зрения представляет интерес работа (McColl et al., 2012), в которой на примере Великобритании выполнено исследование ожидаемого воздействия изменений климата на электрические сети. На основе углубленного статистического анализа информации о погодо-зависимых сетевых аварийных ситуациях, сопутствующих метеорологических данных и перспективных оценок климата, полученных с применением региональной климатической модели, дана количественная оценка возможных изменений частоты различных отказов в будущем. При этом рассматривались ситуации, связанные с метелями, грозами, перегревом линий и др. Как отмечается в работе, это исследование могло быть выполнено только при тесном сотрудничестве специалистов-климатологов и экспертов из области энергетики, которые имеют ясное представление о конкретных пороговых значениях различных метеорологических величин, а также о совокупности управленческих действий, которые могут быть приняты в тех или иных критических ситуациях.

Изменение уровня потребления энергии для создания оптимальных условий внутри зданий различного назначения (обогрева или охлаждения помещений) обоснованно считается одним из существенных проявлений изменений климата. Наиболее распространенными климатическими показателями потребления энергии на обогрев и охлаждение помещений (индексами потребления энергии) являются характеристики дефицита тепла (HDD) или дефицита холода (CDD), которые рассчитываются для года в целом или определенного периода года путем суммирования абсолютных отклонений средней суточной температуры воздуха от выбранной базовой температуры. При расчете дефицита тепла рассматриваются только те сутки, когда температура воздуха была ниже базовой, а при расчете дефицита холода – только сутки с превышением базовой температуры.

Вопрос о выборе базовой температуры, а также методики расчета индексов потребления энергии (в частности, масштаба временного осреднения температуры) для последующего использования при оптимизации потребления энергии обсуждается в (Day et al., 2003; Krese et al., 2012) и других работах. В Великобритании при расчете величины HDD в качестве базовой температуры используется величина +15.5°C, а при расчете CDD – значение +22°C. Как отмечается в работе (Isaac, van Vuuren, 2009), оптимальным является выбор в качестве базовой температуры значения, при котором достигается минимум потребления

OD-2-1-3n 12/15/14 5:13 PM Page 817

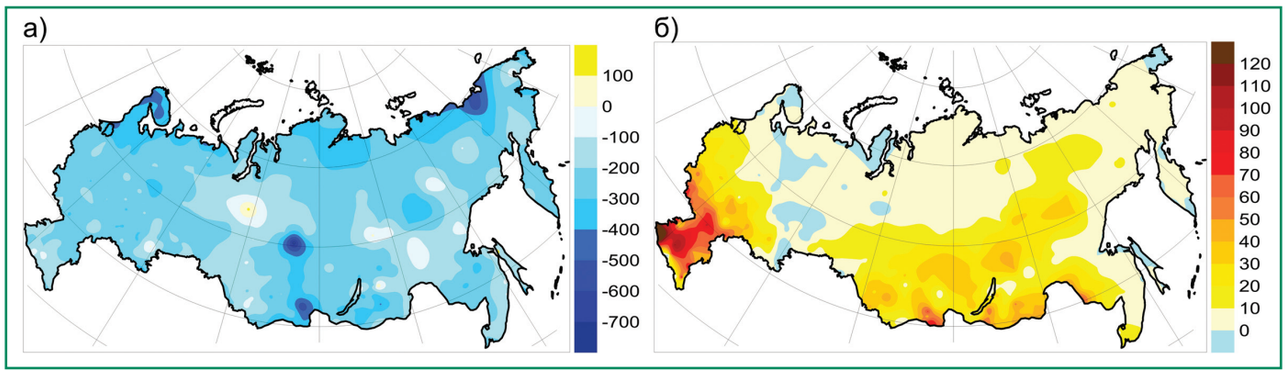


Рис. 6.2.10. Изменение дефицита тепла (а) и дефицита холода (б) по данным наблюдений за 1991–2010 гг. по сравнению с 1971–1990 гг.

энергии в годовом ходе. В этом случае обеспечивается наилучшая связь между рассчитываемыми характеристиками дефицита тепла и холода и соответствующим потреблением энергии. Такое значение базовой температуры может быть определено эмпирически для каждой местности.

Наиболее распространенным является выбор в качестве базовой температуры значения 18.3°С, рассматриваемого как порог комфортности. В России, являющейся в целом очень холодной страной, основное внимание уделяется оценке дефицита тепла, рассчитываемого с использованием базовой температуры 18.3°С для отопительного периода* (Оценочный доклад…, 2008). Аналогично характеристике дефицита тепла HDD за отопительный период, при использовании базовой температуры +18.3°С для года в целом рассчитывается характеристика дефицита холода CDD.

Анализ данных наблюдений за 1971–2010 гг. показывает, что отрицательная тенденция в изменении дефицита тепла проявляется на всей территории России. Среднее значение дефицита тепла за 1991–2010 гг. оказалось меньше соответствующего значения для интервала 1971–1990 гг. в среднем на 200–400°С · сут. Хорошо выраженной является и тенденция к увеличению дефицита холода (рис. 6.2.10).

Особенно заметным оказался рост дефицита холода на юге ЕЧР. При этом важно подчеркнуть, что изменение абсолютной величины “мягких” экстремумов (наблюдаемых примерно 1 раз в 5 лет), которые предъявляют повышенные требования к системе энергоснабжения, в значительной степени определяется именно трендовой составляющей (рис. 6.2.11).

Перспективные оценки изменений дефицита тепла и дефицита холода на территории России (рис. 6.2.12) отвечают современным возможностям моделирования климата и рекомендованным сценариям антропогенного воздействия (Taylor et al., 2011). Оценки основаны на использовании результатов численных экспериментов суточного разрешения в условиях сценария RCP4.5 для 10 моделей CMIP5, см. (Хлебникова, Салль, 2013). Осредненные по совокупности моделей значения ожидаемых к середине XXI в. изменений индексов потребления энергии (по сравнению с базовым периодом 1981–2000 гг.) варьируют по территории России весьма значительно, однако знак изменений рассматриваемых характеристик не меняется по всей территории. Значимые изменения дефицита холода (по сравнению с базовым периодом 1991–2010 гг.) выявляются и на интервале 2021–2040 гг.

Заметим, что население распределено по территории России крайне неравномерно, и наибольшее сокращение дефицита тепла ожидается именно в малонаселенных районах с суровыми климатическими условиями, где характерное значения дефицита тепла в течение отопительного периода приближается к величине 10000°С · сут. При

*По существу эта величина совпадает с величиной градусо-суток отопительного периода, применяемой в строительном проектировании, где в качестве нормативных параметров используются упрощенные оценки, основанные на средних многолетних значениях продолжительности и средней температуры отопительного периода, а базовая температура выбирается в зависимости от назначения здания (жилое, общественное, детское учреждение и т. д.).

OD-2-1-3n 12/15/14 5:13 PM Page 818

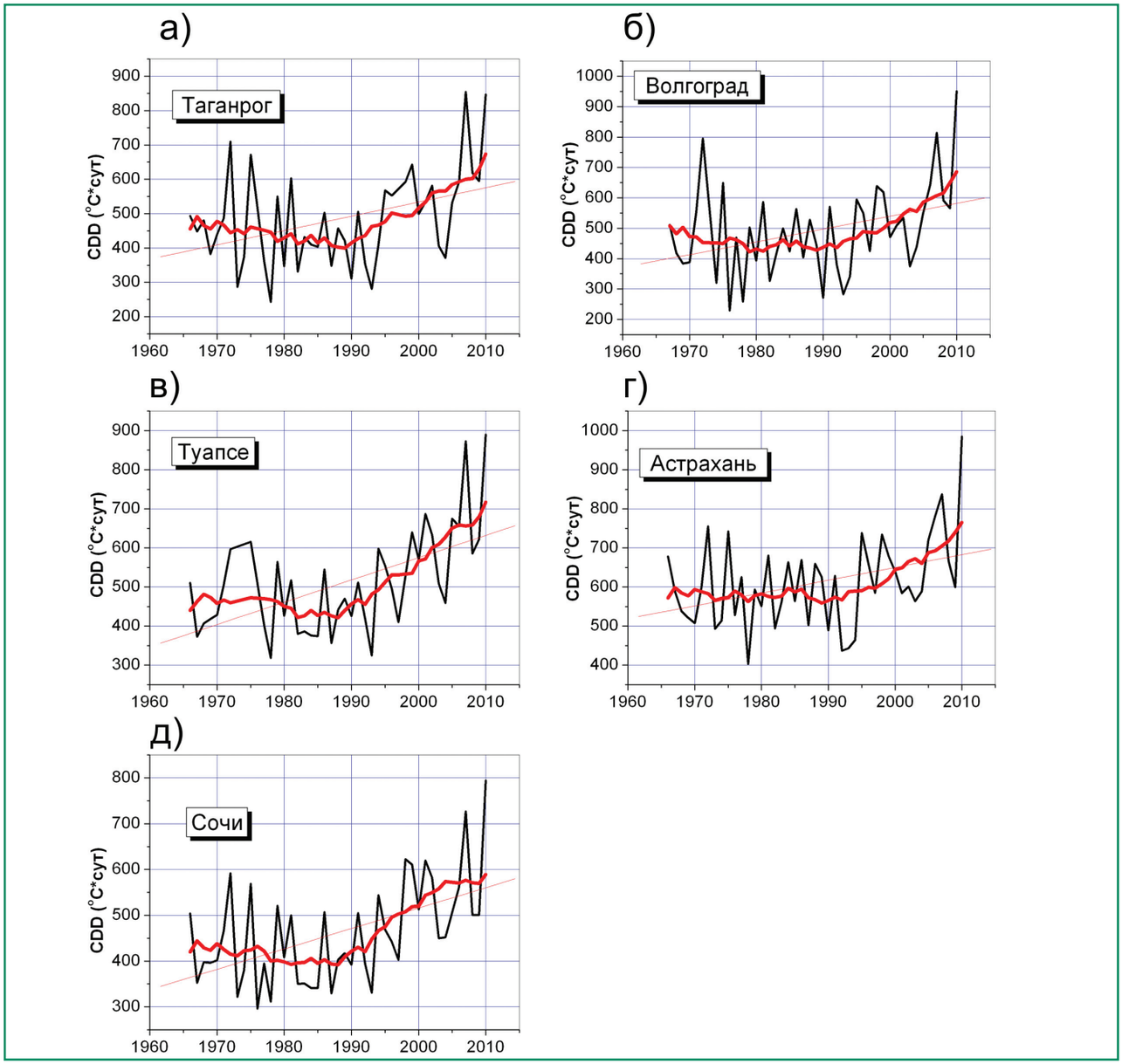


Рис. 6.2.11. Межгодовые изменения дефицита холода на юге ЕЧР. 1966–2010 гг.

этом осредненное по территории России – с учетом плотности населения – значение дефицита тепла для конца XX в. составляет менее 5000°C · сут, см., например, (Isaac, van Vuuren, 2009).

Для получения более полного представления о влиянии климатических факторов на изменение структуры энергопотребления полезны взвешенные (по численности населения) оценки изменения индексов потребления энергии. Относительные изменения величины теплопотребления для крупных регионов России (см. табл. 6.2.1) показывают, что в наибольшей степени эффект зимнего потепления отразится на совокупном теплопотреблении в Северо-Западном ФО. В то же время существенно изменится потребность в кондиционировании помещений на юге страны. На территории Южного ФО (в границах 2009 г.) к середине XXI в. в среднем ожидается увеличение индекса CDD до 700°C · сут при возможном уменьшении индекса HDD до величины 2200–2300°C · сут (рис. 6.2.14).

OD-2-1-3n 12/15/14 5:13 PM Page 819

Соотношение между величинами HDD и CDD (рис. 6.2.15.) не дает возможности точно судить о соответствующих расходах первичных энергоресурсов и связанной с ними эмиссии парниковых газов, так как это определяется техническими характеристиками различного оборудования. Заметим, что согласно (Willbanks, 2007а, б), значение HDD = 2200°C · сут близко к пороговому: в области превышения этого значения потепление климата связано с уменьшением энергопотребления, а в зоне, где HDD меньше этой величины, дополнительные расходы на кондиционирование, скорее всего, превысят их сокращение на обогрев помещений.

Влияние изменений климатических индексов энергопотребления на ожидаемое реальное потребление рассматривается, как правило, с помощью построения эконометрических многомерных регрессионных моделей, в которые – кроме климатических индексов – включаются многие экономические показатели, характеризующие уровень развития страны. В работе (Pilli-Sihvola et al., 2010) на основе таких моделей и привлечения региональных перспективных оценок климата показано, что странах Северной и Центральной Европы (Финляндии, Германии, Франции) доминирующим фактором, влияющим на потребление и стоимость электрической энергии в середине XXI в., будет уменьшение потребления энергии на отопление, в то время как в Южной Европе потребность в электроэнергии и ее стоимость будут возрастать (например, в Испании на 2.5–4%).

В глобальном контексте вопрос о влиянии изменений климата на энергопотребление в жилом секторе обсуждается в работе (Isaac, van Vuuren, 2009). Для 11 крупных регионов – стран или частей континентов, являющихся крупными потребителями энергии – даны оценки изменения уровня энергопотребления на обогрев и кондиционирование жилых помещений к середине и концу

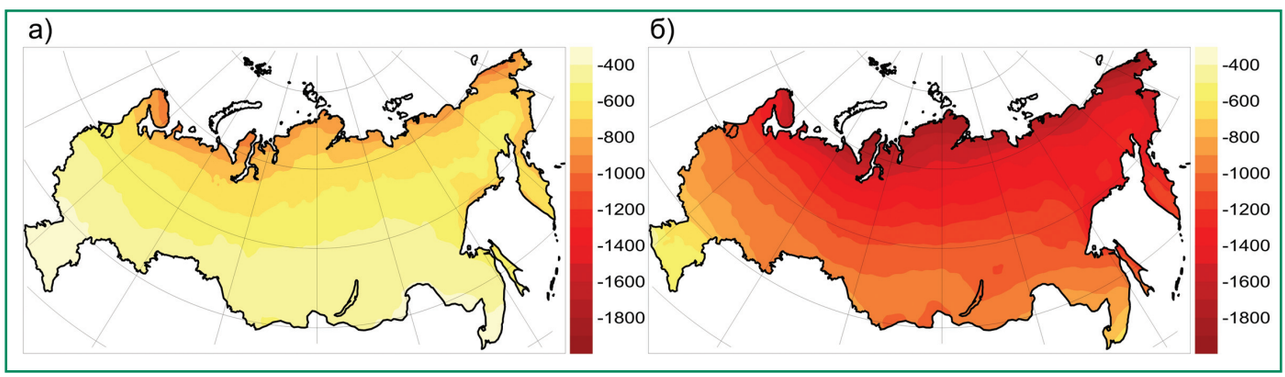


Рис. 6.2.12. Изменения индекса теплопотребления за отопительный период (HDD, °C сут) в ближайшие десятилетия (2021–2040 гг.) (а) и в середине XXI века (2041–2060 гг.) (б).

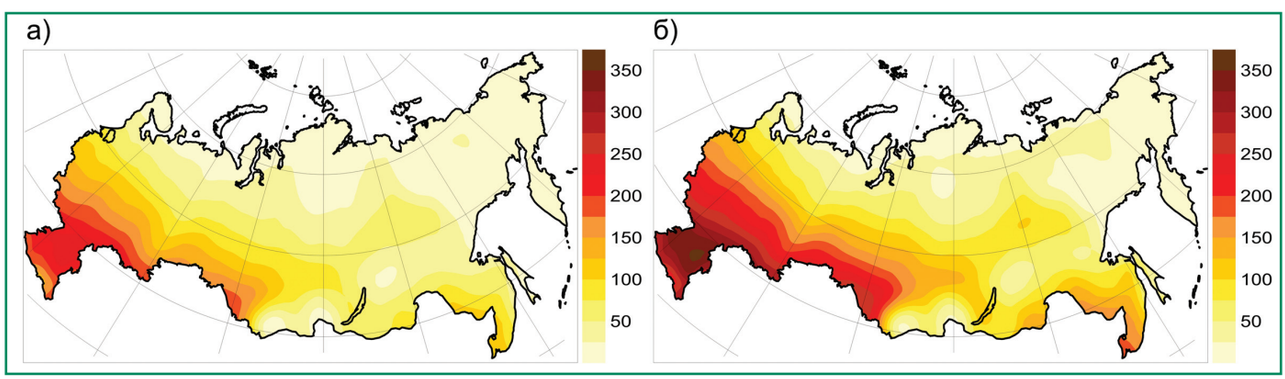


Рис. 6.2.13. Изменения индекса энергопотребления в теплый сезон (CDD, °C сут) в ближайшие десятилетия (2021–2040 гг.) (а) и к середине XXI века (2041–2060 гг.) (б).

OD-2-1-3n 12/15/14 5:14 PM Page 820

Таблица 6.2.1. Мультимодельные вероятностные оценки региональных изменений индексов энергопотребления на отопление (HDD) и охлаждение зданий (CDD) в 2041–2060 гг. по отношению к 1981–2000 гг, рассчитанные с учетом численности населения (Хлебникова, Салль, 2013)

Федеральный Округ	Квартили межмодельного распределения					
	HDD (%)			CDD (°C сут)		
	0.25	Медиана, 0.50	0.75	0.25	Медиана, 0.50	0.75
Северо-Западный	–27	–24	–20	31	100	169
Центральный	–24	–22	–19	130	155	253
Южный	–25	–22	–17	261	318	381
Приволжский	–23	–21	–17	170	192	258
Уральский	–20	–19	–16	124	154	220
Сибирский	–18	–17	–14	130	164	226
Дальневосточный	–17	–16	–14	95	132	171
Россия в целом	**–22**	**–20**	**–18**	**160**	**175**	**264**

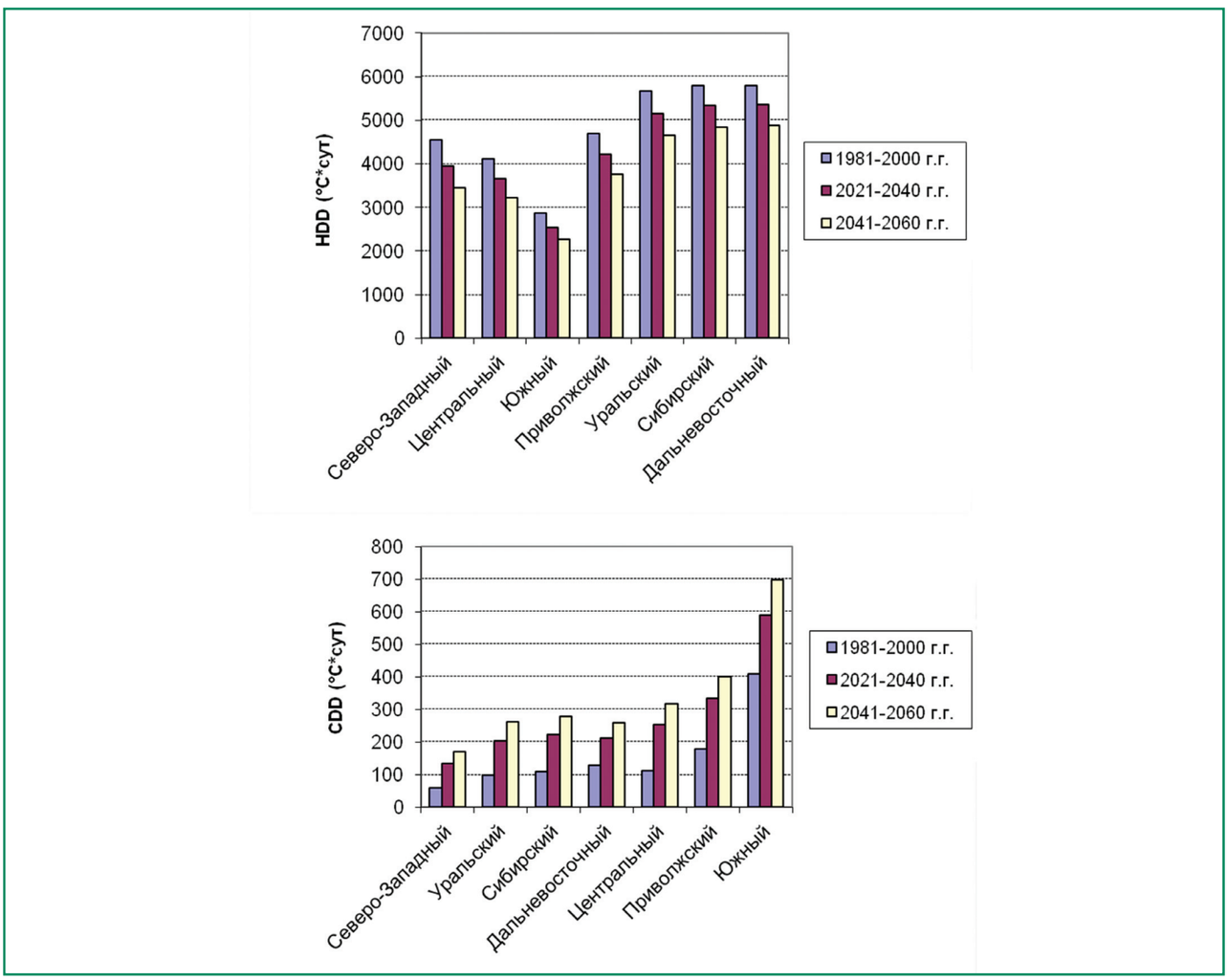


Рис. 6.2.14. Региональные оценки индексов энергопотребления в холодный (HDD, °C сут) и теплый (CDD, °C сут) сезоны, рассчитанные с учетом численности населения, для различных 30-летних интервалов (Хлебникова, Салль, 2013).

OD-2-1-3n 12/15/14 5:14 PM Page 821

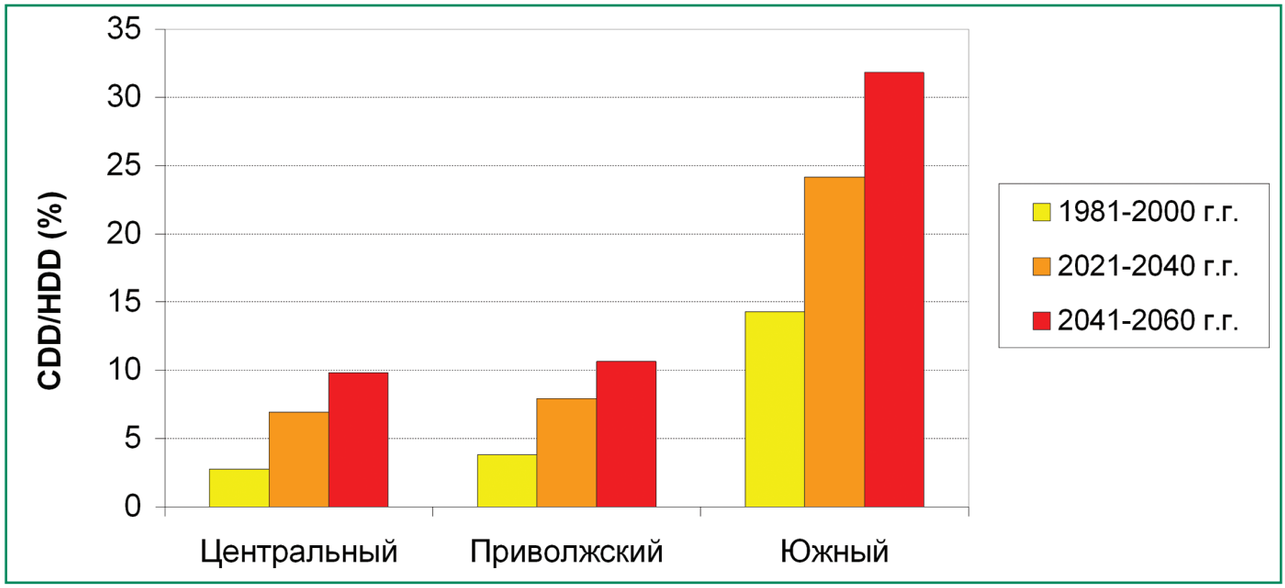


Рис. 6.2.15. Изменение соотношения между климатически обусловленным энергопотреблением на обогрев (HDD) и охлаждение (CDD) зданий в регионах с высокой подверженностью риску перегрева зданий и большой плотностью населения (Хлебникова, Салль, 2013).

XXI в. В число рассматриваемых регионов включена и Россия. Эти результаты основаны на использовании интегрированного подхода к оценке глобальных изменений окружающей среды (van Vuuren et al., 2006). К совокупности влияющих факторов отнесены такие как численность населения, жилая площадь на душу населения, интенсивность энергопотребления (зависящая от доходов), энергоэффективность оборудования и др. В качестве климатических факторов задаются индексы HDD и CDD. К середине XXI в. прогнозируется уменьшение потребления энергии на отопление на 3%, а энергопотребление на кондиционирование по модельным оценкам должно увеличиться более чем в 40 раз (при этом, однако, не учитывалось лимитирующее воздействие доступных электрических мощностей).

6.2.5. Адаптации

Строительство. Одной из первоочередных задач адаптации является повышение эффективности систем отопления, вентиляции, кондиционирования и другого инженерного оборудования зданий. Для реального уменьшения потребляемой зданиями тепловой энергии необходимым является не только установка приборов учета, но и модернизация индивидуальных тепловых пунктов и качественное регулирование параметров теплоносителя в зависимости от метеорологических условий.

В рамках дальнейшего развития норм тепловой защиты целесообразно исходить из повышения уровня инженерного обеспечения зданий с учетом увеличения экстремальных летних температур и роста летнего энергопотребления. Желательно предусмотреть учет особенностей климатических условий и их изменений в различных регионах страны на основе разработки региональных строительных правил.

С целью соблюдения требований по долговечности зданий при строительстве новых объектов необходимо обеспечить использование материалов, имеющих надлежащую стойкость в отношении циклов замораживания и оттаивания, повышенную коррозийную устойчивость различных элементов, а также конструктивные решения, исключающие повышение влагосодержания строительных конструкций за счет атмосферных воздействий.

Актуально развитие методологии оценки и создание базы данных по долговечности материалов ограждений на основе моделирования эксплуатационных воздействий в различных климатиче-

OD-2-1-3n 12/15/14 5:14 PM Page 822

ских условиях. Полученная информация даст основу для оптимизации выбора материалов ограждений, соответствующих сценарным прогнозам климата будущего.

При оценке рисков, связанных с ветровыми и снеговыми нагрузками, целесообразно устанавливать нормативные нагрузки на основе принятия достаточно высокой вероятности их непревышения в течение всего расчетного периода эксплуатации. Для минимизации рисков аварий, связанных с некорректным установлением нормативных значений атмосферных нагрузок, полезно проведение региональных исследований на основе существующих данных наблюдений с целью перехода от схематического районирования территории России к получению детализированной картины пространственных вариаций нагрузок в различных регионах страны.

Нормативные и регламентирующие документы (СНиП и др.), которые являются информационной основой адаптации строительной индустрии к изменениям климата, должны быть гармонизированы с действующими международными нормами. Необходимо регулярное обновление нормативных параметров с учетом данных метеорологических наблюдений за последние годы. Представляется целесообразным расширение перечня рассматриваемых показателей, отражающее особенности происходящих климатических изменений.

Наземный транспорт. Комплекс мер, направленных на адаптацию к изменениям климата наземной транспортной системы, может быть разделен на две группы.

Первая группа включает в себя меры, предотвращающие ускоренное разрушение дорог и транспортной инфраструктуры под воздействием неблагоприятных погодных условий (участившиеся переходы температуры воздуха через нулевую отметку в сочетании с увлажненностью поверхности, высокие температуры дорожного покрытия летом и др.). Для предотвращения негативных последствий в настоящее время при строительстве новых объектов целесообразно использование материалов, имеющих надлежащую стойкость по отношению к высоким температурам воздуха и рассчитанных на большее число циклов замораживания и оттаивания.

Вторая группа мероприятий направлена на обеспечение безопасности дорожного движения в условиях неблагоприятных погодно-климатических условий (обильные снегопады, гололедица и др.). С этой целью целесообразна организация системы мониторинга, прогнозирования и раннего оповещения об ожидаемых неблагоприятных погодных условиях, а также принятие специальных мер по уменьшению скользкости на дорогах. Следует также обратить внимание на необходимость принятия адаптационных мер по обеспечению комфортных условий для пассажиров общественного транспорта, включая железнодорожный и автомобильный транспорт, а также метрополитен, в условиях повышенных летних температур – в том числе внедрение систем кондиционирования воздуха.

Топливно-энергетический комплекс. К мерам адаптации, прежде всего, следует отнести диверсификацию и децентрализацию энергетики с максимально полным использованием возможностей источников энергии, альтернативных ископаемому топливу. В свете растущего спроса на электроэнергию, в том числе и в контексте воздействия изменений климата, для обеспечения устойчивого функционирования энергетики оптимальным является сочетание крупных и локальных источников мощности.

Для адаптации традиционного сегмента электроэнергетики – ТЭС, АЭС – необходима разработка и внедрение технологических решений, повышающих их устойчивость в условиях неблагоприятных погодно-климатических воздействий. Актуальным является создание эффективных систем охлаждения на электростанциях, способных функционировать в условиях экстремально высоких температур.

Оптимальное сочетание крупных и локальных источников мощности предполагает опережающее развитие сетевой инфраструктуры. В свете этого важной мерой адаптации является включение в Правила установки электрооборудования (ПУЭ) научно-обоснованных стандартов по атмосферным нагрузкам, разработанных на базе региональных исследований гололедных и других видов нагрузок.

Учитывая состояние энергообеспечения в России, в основе которого лежит раздельное про-

OD-2-1-3n 12/15/14 5:14 PM Page 823

изводство электрической и тепловой энергии, и постоянный рост потребления электроэнергии, для полноценного извлечения выгод, связанных с потеплением, требуется широкое внедрение современных технологий производства энергии в сочетании с комплексной модернизацией системы теплоснабжения и тепловых сетей.

6.2.6. Заключение

Сравнительный анализ оценок наблюдаемых и ожидаемых изменений климата и его воздействия на объекты строительства, наземный транспорт и топливно-энергетический комплекс позволил выявить определенные тенденции, которые в той или иной степени наблюдаются уже в настоящее время, а в перспективе – согласно расчетным оценкам – будут усиливаться.

Многие изменения проявляются достаточно отчетливо и свидетельствуют о необходимости принятия адаптационных мер, направленных на минимизацию крупных потерь и/или обеспечивающих создание условий для извлечения потенциальных выгод.

Строительство. К числу наиболее заметных последствий происходящего потепления климата для объектов строительства – зданий и технических сооружений – относится изменение характеристик отопительного периода, которое создает предпосылки для сокращения расходов на отопление зданий при сохранении теплозащитных свойств ограждающих конструкций. Анализ данных метеорологических наблюдений за два предшествующих двадцатилетия показал, что тенденция уменьшения продолжительности отопительного периода (до 5 сут/10 лет на севере ЕЧР) и повышения его средней температуры является хорошо выраженной практически на всей территории России.

В меньшей степени изменение продолжительности отопительного периода проявляется в районах АЧР с суровыми климатическими условиями. Однако в этих же районах регистрируется наибольшее увеличение средней температуры отопительного периода (до +1.5°С за 20 лет). Уменьшение продолжительности и рост средней температуры отопительного периода способствует повышению тепловой эффективности существующих зданий и приводит к снижению требований к теплозащитным свойствам ограждающих конструкций проектируемых объектов.

Несмотря на выраженный положительный тренд в рядах годовых минимумов температуры воздуха, изменение некоторых параметров (например, температуры наиболее холодной пятидневки заданной обеспеченности), используемых при теплотехнических расчетах, по данным наблюдений проявляется сравнительно слабо. Это связано с тем, что в зимний сезон по-прежнему наблюдаются экстремально низкие температуры воздуха, что препятствует заметному повышению расчетных зимних температур, оцениваемых на практике по всей совокупности наблюдений за многолетний период, и незначительно отражается на проектируемой мощности систем отопления.

К середине XXI в. ожидается дальнейшее сокращение продолжительности и повышение температуры отопительного периода. Это создает условия для сокращения потребления тепловой энергии в существующих зданиях. Однако при этом будет становиться все более актуальной проблема борьбы с перегревом зданий в теплый период года.

Повышение температуры в летний сезон и значительное увеличение повторяемости экстремально высоких температур уже в настоящее время приводит к нарушению соответствующих санитарно-гигиенических показателей в домах старой постройки. В перспективе – при отсутствии адаптации – проблема борьбы с перегревом зданий значительно обострится. Ожидаемый рост летних температурных экстремумов повысит требования к сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций, а также к инженерному оборудованию зданий.

Обеспечение долговечности ограждающих конструкций зданий является одной из современных проблем, связанных с прямым и косвенным воздействием изменений климата.

В последние десятилетия отмечается тенденция к ускоренному старению и уменьшению долговечности ограждающих конструкций зданий, определяемой сроком их службы без потери эксплуатационных качеств. Наблюдаемое усиление разрушающего воздействия температурно-влажностных деформаций связано с такими особенно-

OD-2-1-3n 12/15/14 5:14 PM Page 824

стями происходящих изменений климата, как рост количества жидких и смешанных осадков в зимний сезон, увеличение числа циклов замораживания и оттаивания, повышенное увлажнение стен зданий с последующим охлаждением. Эти особенности не были учтены при выборе соответствующих материалов ограждающих конструкций. По этой причине находятся в аварийном состоянии многие здания 1960-х годов постройки (например, в Якутске).

Негативное влияние роста числа циклов замораживания и оттаивания наиболее выражено на территории ЕЧР. В сочетании с увеличением количества жидких осадков в холодное время года это приводит к ускоренному старению зданий и сооружений. Согласно модельным оценкам в ближайшие десятилетия эта тенденция сохранится и потребует серьезного увеличения эксплуатационных расходов.

Еще одна причина уменьшения долговечности существующих зданий в значительной мере связана с принятием в 1990-х годах регламентирующих мер по повышению энергоэффективности зданий. Выполнение соответствующих требований привело к использованию многослойных конструкций и широкому применению теплоизоляционных материалов, долговечность которых – при условии их эксплуатации в разнообразных климатических условиях России – не была должным образом изучена. В результате десятки зданий оказались аварийными после 7–9 лет эксплуатации вследствие разрушения фасадных систем. Особенно острая ситуация сложилась при строительстве капитальных объектов в северной строительно-климатической зоне (в Центральной Якутии и прилегающих районах).

Важным аспектом обеспечения надежности, безопасности и долговечности сооружений является учет атмосферных нагрузок. Имеющиеся данные наблюдений не дают оснований говорить о заметном увеличении ветровых нагрузок. Ряды наблюдений за скоростью ветра на метеорологических станциях (однородность которых вызывает, правда, определенные сомнения) обнаруживают даже слабо выраженную отрицательную тенденцию. Однако при сохранении или слабом изменении средних значений скоростей ветра в некоторых регионах возможна трансформация их вероятностных распределений за счет увеличения вклада штормовых скоростей. В этом отношении требуются дополнительные региональные исследования. В связи с ростом экстремально высоких температур и увеличением количества осадков можно ожидать также усиления эффектов, обусловленных совместным воздействием ветровых нагрузок, температурных деформаций и коррозионного разрушения.

Вопрос о нормировании снеговых нагрузок вызывает широкие дискуссии среди специалистов. За последние десятилетия нормативные значения этого вида нагрузок, определяемые по данным о годовых максимумах веса снежного покрова, неоднократно менялись в сторону повышения. В условиях изменений климата, когда наблюдается увеличение интенсивности зимних осадков, особое значение для объектов строительства приобретают кратковременные снеговые нагрузки, возникающие при сильных снегопадах. Ожидаемые изменения, характеризующиеся усилением этой тенденции, являются дополнительным фактором риска для зданий и сооружений с легкими покрытиями.

Наземный транспорт. В последние годы наземная транспортная инфраструктура (автомобильные и железные дороги, мосты, тоннели, портовая инфраструктура, взлетно-посадочные полосы и пр.) в России испытывает преимущественно негативное воздействие происходящих климатических изменений, связанных с повышением температуры воздуха и изменением режима увлажнения.

Общее сокращение продолжительности периода с отрицательными температурами воздуха является фактором, благоприятствующим работе транспорта. Однако на большой части территории России (ЕЧР, южные районы Сибири и Дальнего Востока), повышение температуры воздуха в холодный период года сопровождалось увеличением числа переходов температуры воздуха через 0°С, что способствовало ускоренному разрушению покрытия автомобильных дорог.

Увеличение количества жидких осадков усиливает разрушающее воздействие температурно-влажностных деформаций. Согласно расчетным оценкам на протяжении первой половины XXI в. эта тенденция сохранится, что потребует увели-

OD-2-1-3n 12/15/14 5:14 PM Page 825

чения расходов на содержание существующих автодорог.

Наблюдаемое увеличение числа суток с экстремально высокими температурами в летний сезон является фактором, способствующим быстрому ухудшению эксплуатационных качеств автодорог из-за происходящего размягчения асфальтового покрытия. Этот эффект хорошо проявляется на дорогах местного значения, не рассчитанных на большую нагрузку, покрытие которых обладает низкой температурой плавления.

Экстремально высокие летние температуры, повторяемость которых в последние десятилетия значительно увеличилась на большей части территории страны, способствовали повышению риска аварий железнодорожных составов, вследствие значительного перегрева рельсов и последующей деформации железнодорожных путей. Предотвращение аварий требовало снижения скорости передвижения и приводило к увеличению транспортных издержек.

Ожидаемое усиление тенденции роста количества осадков в зимний сезон и их суточных максимумов потребует принятия специальных мер по уменьшению скользкости на дорогах, приведет к увеличению эксплуатационных расходов на зимнее содержание дорог. Это повлечет за собой необходимость принятия дополнительных мер по организации движения и обеспечения безопасности на дорогах.

Наиболее высокие риски связаны с ростом интенсивности осадков в теплый сезон. Существующие дренажные системы могут не соответствовать ожидаемому увеличению интенсивности осадков, что может привести к разрушению грунтовых зон автомобильных и железнодорожных магистралей и других объектов. Рост количества и интенсивности осадков в теплое время года увеличивает риски, связанные с потерей устойчивости склонов, – возникновение оползней, лавин (пример: неоднократные факты разрушения новой автодороги, построенной в Приморье к саммиту АТЭС в 2012 г.).

Рост интенсивности ливневых осадков представляет особую опасность, так как при этом повышается вероятность речных ливневых наводнений, которые могут вызвать затопление и разрушение прибрежной инфраструктуры. В горных районах паводки принимают характер катастрофических наводнений (пример: Крымск, 2012 г.).

В районах со сложными гидрогеологическими условиями, где проложены магистральные трубопроводы, повышенный риск возникновения оползневых и селевых процессов создает угрозу опасных экологических последствий. Ожидаемое увеличение сезонных сумм осадков, и особенно их интенсивности в теплый сезон, является серьезным дополнительным фактором риска, который необходимо принимать во внимание при эксплуатации существующих и проектировании новых трубопроводов.

Топливно-энергетический комплекс. Происходящее сокращение продолжительности периода с отрицательными температурами воздуха, уменьшение частоты экстремально низких температур приводит к уменьшению коррозии и повышению работоспособности энергетического оборудования, улучшению условий доставки и хранения топлива на тепловых электростанциях.

В теплое время года потепление оказывает негативное воздействие. Увеличение температуры воздуха снижает эффективность теплового преобразования и приводит к сокращению производства энергии на электростанциях. Ориентировочная оценка потери генерируемой мощности в условиях потепления составляет 1–2% на каждый градус потепления.

На территории ЕЧР уже в настоящее время рост температуры воздуха в летний сезон сопровождается увеличением максимальной длины периода без осадков. Усиление этой тенденции может привести к уменьшению доступности воды для охлаждения и понижению порогового уровня отключения, что также отразится на совокупной генерируемой мощности. Влияние отмеченных факторов может оказаться особенно существенным для электростанций юга России, в частности, для Ростовской АЭС.

Ожидаемое потепление в летний сезон, сопровождаемое увеличением числа дней с экстремально высокими значениями температуры воздуха, негативно повлияет также на процесс передачи электроэнергии, приводя к уменьшению исходной передаваемой мощности. При превышении уровня +25°С передаваемая мощность уменьшается на 2.25%/1°С по сравнению со штатным режимом. Дополнительно увеличиваются потери

OD-2-1-3n 12/15/14 5:14 PM Page 826

на ЛЭП (на 0.4%/1°С). При превышении уровня +35°С возможно возникновение критических ситуаций, связанных с полным прекращением передачи электроэнергии из-за опасности перегрева линий электропередач.

Системы передачи электроэнергии окажутся более уязвимыми вследствие ожидаемого усиления конвективных процессов в атмосфере, сопровождаемого ростом числа таких опасных явлений как грозы, смерчи, шквалы, и экстремальными ветровыми нагрузками на ЛЭП, которые приводят к их разрыву. В перспективе рост суточной интенсивности зимних осадков, частые повышения температуры воздуха и увеличение числа случаев выпадения жидких осадков в зимний сезон, создает предпосылки для возникновения аварий на ЛЭП, обусловленных высокими гололедно-ветровыми нагрузками (разрыв проводов и разрушение опор).

В отличие от процесса генерации энергии, чувствительного к дефициту осадков, угрозу для нормальной передачи энергии представляют сильные дожди, приводящие к замыканиям в цепи. Согласно расчетным оценкам к середине XXI в. вероятность таких явлений увеличится. Наводнения, лавины и оползни, связанные с выпадением интенсивных осадков, могут привести к повреждениям кабеля, подстанций и другого оборудования.

Изменение уровня потребления энергии на обогрев зданий обоснованно считается одним из значимых проявлений изменений климата. Анализ данных наблюдений за 1971–2010 гг. показал, что отрицательная тенденция в изменении индекса теплопотребления (дефицита тепла) проявляется на всей территории России. Среднее значение дефицита тепла за 1991–2010 гг. оказалось меньше соответствующего значения для интервала 1971–1990 гг. в среднем на 200–400°С сут.

Согласно расчетным оценкам к середине XXI в. отрицательная тенденция в изменении индекса теплопотребления проявится на всей территории России. Пространственное обобщение оценок, выполненное с учетом неравномерности распределения населения, показывает, что по сравнению с существующим уровнем наибольшее потенциально достижимое относительное сокращение энергопотребления на отопление зданий ожидается в Северо-Западном регионе (ориентировочно на 20%).

В летнее время на протяжении последних 20 лет зафиксирован значительный рост климатически обусловленной потребности в электроэнергии на юге страны (около 150°С сут/10лет). В настоящее время рост реального потребления электроэнергии в летнее время сдерживается недостаточно высокими доходами населения, однако ситуация постепенно меняется. К середине XXI в. ожидается увеличение индекса энергопотребления в теплый сезон в среднем до 700°С сут. Это приведет к заметному изменению внутригодовой структуры энергопотребления, которое необходимо учитывать при развитии региональных энергетических систем.

6.2.7. Литература

Аверьянов В. К. , Байкова С. А., Горшков А. С. и др., 2012. Региональная концепция обеспечения энергетической эффективности жилых и общественных зданий, Жилищное строительство, № 3, с. 2–4.

Александров Г. Н., 2006. Режимы работы воздушных линий электропередач. Центр подготовки кадров энергетики. СПб. 139 с.

Александровский С. В., 2004. Долговечность наружных ограждающих конструкций. М., НИИСФ РААСН, 332 с.

Анапольская Л. Е., Гандин Л. С., 1973. Метеорологические факторы теплового режима зданий, Л., Гидрометеоиздат, 239 с.

Борщ С. В., Асарин А. Е., Болгов М. В., Полунин А. Я., 2012. Наводнения. В кн.” Методы оценки последствий изменений климата для физических и биологических систем” С. М. Семенов (ред.). Росгидромет, с. 87–125.

Булыгина О. Н., Коршунова Н. Н., Разуваев В. Н., 2013. Изменения режима ветра на территории России в последние десятилетия, Труды ГГО, вып. 568, с. 156–172.

Васильев Ю. Э., Чистяков И. В., 2011. Сток ливневых вод с территорий населенных пунктов, Жилищное строительство, 2011, № 9, с. 50–51.

Ватин Н. И., Немова Д. В., Рымкевич П. П., Горшков А. С., 2012. Влияние уровня тепловой защиты ограждающих конструкций на величину потерь тепловой энергии в здании, Инженерно-строительный журнал, № 8., с. 4–14.

OD-2-1-3n 12/15/14 5:14 PM Page 827

Власова Л. В., 2009. Природные факторы при аварийности газопроводов. Геоэкология, Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. № 3. с. 264–270.

Власова Л. В., Ракитина Г. С., 2010. Результаты статистической обработки информации в целях идентификации природных рисков для газотранспортной системы России и роль климатической информации при управлении рисками в условиях глобального изменения климата, Труды ВНИИГМИ-МЦД, вып. 174, http://meteo.ru/publish_tr/trudy174/st19.htm

Гагарин В. Г., Иванов Д. С., Малявина Е. Г., 2013. Разработка климатической информации в форме специализированного "типового года", Вестник ВолгГАСУ, серия "Строительство и архитектура", вып. 31 (50), ч. 1: "Города России. Проблемы проектирования и реализации", с. 343–349.

Гагарин, Козлов, 2011. Требования к теплозащите и энергетической эффективности в проекте актуализированного СНиП "Тепловая защита зданий", Жилищное строительство, № 8, с. 2–6.

Гринфельд Г. И., 2012. Диалектика нормативных требований к сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций, Жилищное строительство, № 1, с. 22–24.

Дацюк Т. А., 2009. Инженерные аспекты энергосбережения зданий, Academia, Архитектура и строительство, № 5. с. 326–328.

Ельчищева Т. Ф., Ельчищев М. М., 2012. Влияние режима заморозков на долговечность наружных ограждающих конструкций в Центрально-Черноземном регионе, Жилищное строительство, № 6, с. 32–34.

Заварина М. В., 1976. Строительная климатология. Гидрометеоиздат, 312 с.

Казаков Н. А., Генсиоровский Ю. В., 2008. Экзогенные геодинамические и русловые процессы в низкогорье о. Сахалин как факторы риска для нефтегазопроводов "Сахалин-2", Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология, № 6, с. 483–496.

Катцов В. М., Говоркова В. А., 2013. Ожидаемые изменения приземной температуры воздуха, осадков и годового стока на территории России в XXI веке: результаты расчетов с помощью ансамбля глобальных климатических моделей (CMIP5), Труды ГГО, вып. 569, с. 75–97.

Кнатько М. В., Ефименко М. Н., Горшков А. С., 2008. К вопросу о долговечности и энергоэффективности современных ограждающих стеновых конструкций жилых, административных и производственных зданий, Инженерно-строительный журнал, № 2, с. 50–53.

Кокодеева Н. Е., Талалай В. В., Аржанухина С. П., Янковский Л. В., 2012. Стандарты долговечного строительства, Жилищное строительство, № 1, с. 14–18.

Котин В. Я., 2012. Каким быть СНиПу по тепловой защите зданий. Развитие и совершенствование норм тепловой защиты зданий, Жилищное строительство, № 3, с. 5–8.

Куприянов В. Н., Иванцов А. И., 2011. К вопросу о долговечности многослойных ограждающих конструкций, Известия КГАСУ, № 3 (17), с. 63–70.

Куприянов В. Н., Иванцов А. И., 2012. Обеспечение долговечности ограждающих конструкций на стадии их проектирования, Жилищное строительство, № 6, с. 35–36.

Лобов О. И., Ананьев А. И., 2008. Долговечность облицовочных слоев наружных стен многоэтажных зданий с повышенным уровнем теплоизоляции, Строительные материалы. № 4, с. 56–59.

Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 года и дальнейшую перспективу. 2011. Катцов В. М., Порфирьев Б. Н., (ред.), М., Росгидромет, 251 с.

Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. 2008. т. 1, 2, М., Росгидромет.

Псаломщикова Л. М., Салль И. А., Стадник В. В., Трофимова О. В., 2009. Использование метеорологической информации в целях содержании автомобильных дорог в зимний период, Труды ГГО, 2009, вып. 565.

Руководство по специализированному климатологическому обслуживанию экономики. 2008. СПб., Росгидромет, 336 с.

Самарин О. Д., 2009. Влияние изменения параметров наружного климата на окупаемость

OD-2-1-3n 12/15/14 5:14 PM Page 828

энергосберегающих мероприятий, Известия вузов. Строительство, № 6. с. 43–48.

Самарин О. Д., 2012. Предложения по совершенствованию актуализированной редакции СНиП 23-02, Жилищное строительство, № 6, с. 13–15.

Самодурова Т. В., 2008. Физико-статистические модели для прогноза образования зимней скользкости на дорожных покрытиях, Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного ун-та, № 1, с. 126–129.

Тамразян А. Г., 2012. Анализ риска как инструмент принятия решений строительства подземных сооружений, Жилищное строительство, № 2, с. 6–7.

Технические рекомендации по установлению долговечности (срока службы) строительных материалов и изделий (ТР 165-05), 2005. Москва, ГУП “НИИМОССТРОЙ”, 10 с.

Уваров П. П., 2012. Актуальные проблемы тепловой защиты зданий на Севере, Жилищное строительство, № 1, с. 25–27.

Хлебникова Е. И., Салль И. А., 2012. Климатические воздействия на инфраструктуру прибрежных территорий России в первой половине 21 в., Труды ГГО, вып. 567, с. 83–126.

Хлебникова Е. И., Салль И. А., 2013. Климатические факторы энергопотребления в России: тенденции, вариабельность, неопределенность оценок, Труды ГГО, вып. 569, с. 7–19.

Хлебникова Е. И., Павлова Т. В., Сперанская Н. А., 2012а. Засухи. В кн.”Методы оценки последствий изменений климата для физических и биологических систем” С. М. Семенов (ред.), Росгидромет, с. 126–164.

Хлебникова Е. И., Салль И. А., Школьник И. М., 2012б. Региональные климатические изменения как факторы влияния на объекты строительства и инфраструктуры, Метеорология и гидрология, 2012, № 12, с. 19–34.

Aerts J. C. J. H., Botzen W. J. W., 2011. Climate change impacts on pricing long-term flood insurance: a comprehensive study for the Netherlands, Glob. Environ. Change, vol. 21, no. 3, pp. 1045–1060.

Barclay M., Sharples S., Kang J., Watkins R., 2012. The natural ventilation performance of buildings under alternative future weather projections, Building Serv. Eng. Res. Technol, Sage Publications, Ltd. vol. 33, pp. 35–50.

Chapman L., 2007. Climate Change and Transport: A Review, Journal of Transport Geography, vol. 15, pp. 354–367.

Chapman L., Thornes J. E., Huang Y., Cai X., Sanderson V. L., White S. P., 2008. Modelling of rail surface temperatures: a preliminary study, Theor. Appl. Climatol, vol. 92, pp. 121–131.

Crawley D. B., 2008. Estimating the impacts of climate change and urbanization on building performance, J. Building Perform Simulation, vol. 1, pp. 91–115.

Day A. R., Knight I., Gunn D., Gaddas R. 2003. Improved methods for evaluating base temperature for use in building energy performance lines, Build. Serv. Eng. Res. Technol, vol. 24, no. 4, pp. 221–228.

de Wilde P., Coley D., 2012 The implications of a changing climate for buildings, Building Environ, vol. 55, pp.1–7.

de Wilde P., Tian W., 2009. Identification of key factors for uncertainty in the prediction of the thermal performance of an office building under climate change, Building Simulation, vol. 2, no. 3, pp. 157–174.

de Wilde P., Tian W., 2001. Towards probabilistic performance indicators for climate change impact studies, Energ Buildings, vol. 43, pp. 3013–3018.

Delfani S., Karami M., Pasdarshahri H., 2010. The effects of climate change on energy consumption of cooling systems in Tehran, Energ Buildings, vol. 42, pp. 1952–7195.

Du H., Underwood C. P., Edge J. S., 2012. Generating design reference years from the UKCP09 projections and their application to future air-conditioning loads, Building Serv. Eng. Res. Technol. Sage Publications, Ltd.; vol. 33. pp. 63–79.

Eames M., Kershaw T., Coley D., 2011. The appropriate spatial resolution of future weather files for building simulation, J. Building Perform Simulation, pp. 1–12.

Gastineau G., Soden B. J., 2009. Model projected changes of extreme wind events in response to global warming, Geophys. Res. Lett., vol. 36, L10810.

OD-2-1-3n 12/15/14 5:14 PM Page 829

Guan L., 2009. Preparation of future weather data to study the impact of climate change on buildings, Building Environ, vol. 44, pp. 793–800.

Huijbregts Z., Kramer R. P., Martens M. H. J., van Schijndel A. W. M., Schellen H. L., 2012. A proposed method to assess the damage risk of future climate change to museum objects in historic buildings, Building Environ, vol. 55, pp. 43–56.

Isaac, M., vanVuuren D. P., 2009. Modeling global residential sector energy demand for heating and air conditioning in the context of climate change, Energy Policy, vol., no. 2, 37 pp. 507–521

Jack L. B., Kelly D. A., 2012. Property-based rainwater drainage design and the impacts of climate change, Building Serv. Eng. Res. Technol. Sage Publications, Ltd., vol. 33, pp. 19–33.

Jaroszweski D., Chapman L., Petts J., 2010. Assessing the potential impact of climate change on transportation: The need for an interdisciplinary approach, Journal of Transport Geography, vol. 18, pp. 331–335.

Jenkins D. P., Patidar S., Banfill P. F. G., Gibson G. J., 2011. Probabilistic climate projections with dynamic building simulation: predicting overheating in dwellings, Energ. Buildings, vol. 43, pp. 1723–1731.

Kershaw T., Eames M., Coley D., 2011. Assessing the risk of climate change for buildings: a comparison between multi-year and probabilistic reference year simulations, Building Environ, vol. 46, pp. 1303–1308.

Koetse M. J., Rietveld, P., 2009. The impact of climate change and weather on transport: An overview of empirical findings, Transportation Research, Part D 14, pp. 205–221.

Krese G., Prek M., Butala V., 2012. Analysis of Building Electric Energy Consumption Data Using an Improved Cooling Degree Day Method, Journal of Mechanical Engineering, vol. 58, no. 2, pp. 107–114.

Lazo J. K., Lawson M., Larsen P. H., Waldman, D. M., 2011. US economic sensitivity to weather variability, Bulletin of the American Meteorological Society, vol. 92, pp. 709–720.

Linnerud K., Mideksa T. K., Eskeland G. S., 2011. The Impact of Climate Change on Nuclear Power Supply, The Energy Journal, vol. 32, Issue 1, pp. 149–168.

Liso K. R., 2006. Integrated approach to risk management of future climate change impacts, Building Research & Information: Routledge, pp. 1–10.

Lomas K. J, Ji Y., 2009. Resilience of naturally ventilated buildings to climate change: advanced natural ventilation and hospital wards, Energ. Buildings, vol. 41, pp. 629–653.

McColl L., Palin E. J., Thornton H. E., Sexton D. M. N., Betts R., Mylne K., 2012. Assessing the potential impact of climate change on the UK's electricity network, Climatic Change, May, pp. 821–835, DOI 10.1007/s10584-012-0469-6012.

Meehl G. A., Covey C., McAvaney B., Latif M., Stouffer R. J., 2005. Overview of the coupled model intercomparison project, Bull. Am. Meteorol. Soc., vol. 86, pp. 89–93.

Mideksa T., Kallbekken S., 2010. The impact of climate change on the electricity market, A review. Energy Policy, vol. 38, no. 7, pp. 3579–3585.

Mylona A., 2012. The use of UKCP09 to produce weather files for building simulation, Building Serv. Eng. Res. Technol. Sage Publications, Ltd., vol. 33, pp. 51–62.

Nik V, Sasic Kalagasidis A, Kjellstrom E., 2012. Statistical methods for assessing and analysing the building performance in respect to the future climate, Building Environ, vol. 53, pp. 107–118.

Pilli-Sihvola K., Aatola P., Ollikainen M., Tuomenvirta H., 2010. Climate change and electricity consumption – Witnessing increasing or decreasing use and costs? Energy Policy, vol. 38, no. 5, pp. 2409–2419.

Special Report on Emission Scenarios 2000. N. Nakicenovich et al. (eds.), A special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, 599 pp.

Steenbergen R. D. J. M., Koster T., Geurts C. P. W., 2012. The effect of climate change and natural variability on wind loading values for buildings, Building Environ, vol. 55, pp. 178–186.

Taylor K. E., Stouffer R. J., Meehl G. A., 2011. A Summary of the CMIP5 Experiment Design (Program for Climate Model Diagnosis and Intercomparison (PCMDI); available at http://cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5/docs/Taylor_CMIP5_design.pdf.

OD-2-1-3n 12/15/14 5:22 PM Page 830

Tian W, de Wilde P., 2011. Thermal building simulation using the UKCP09 probabilistic climate projections, J Building Perform Simulation, vol. 4, pp. 105–124.

van Vuuren D. P., van Ruijven B., Hoogwijk M. M., Isaac M., de Vries H. J. M., 2006. TIMER 2: model description and application. In: Bouwman, A. F., Kram, T., Klein Goldewijk, K. (eds.), Integrated Modelling of Global Environmental Change. An Overview of IMAGE 2.4. Netherlands Environmental Assessment Agency (MNP), Bilthoven, The Netherlands, pp. 39–59.

Wilbanks T., Romero-Lankao P., Bao M., Berkhout F., Cairncross S., Ceron J.-P., Kapshe M., Muir-Wood R., Zapata-Marti R., 2007a. Industry, Settlement and Society. In: Parry, M. L., Canziani, O. F., Palutikof, J. P., Linden, P. J. v. d., Hanson C. E. (eds.), 2007a. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovern mental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 357–390.

Wilbanks T. J., Bhatt V., Bilello D. E., 2007b. Final review draft: effects of climate change on energy production and use in the United States, Synthesis and assessment product 4.5. US Climate Change Science Program.

Глава 6.3. ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

В. В. Стадник

В. В. Елистратов

6.3.1. Введение

Возобновляемыми источниками энергии (ВИЭ) считаются те, доступность которых не меняется или же быстро возобновляется при их использовании, изъятии человеком. Речь идет о малой гидроэнергетике (без учета крупных гидроэлектростанций – ГЭС), солнечной, геотермальной, ветровой, волновой, приливной энергии, а также о тепловой энергии, выделяющейся при горении биомассы. В противоположность ВИЭ энергия, запасенная в ископаемом топливе – угле, нефти, газе – возобновляется медленно, за геологические времена. Такие источники энергии к возобновляемым – с точки зрения современного потребителя – не относятся.

Интерес к ВИЭ стал увеличиваться во второй половине XX века по двум причинам:

– интенсивное потребление угля, нефти и газа, зависимость современного мирового хозяйства от этих энергоносителей и заметный процесс исчерпания их запасов в перспективе столетий;

– существенное смягчение антропогенного воздействия на климатическую систему при переходе на ВИЭ вследствие того, что их использование не связано с эмиссией парниковых газов в атмосферу (ведь даже при сжигании дров в атмосферу выделяется ровно столько углерода, сколько было поглощено и связано в биомассе в процессе роста дерева).

Первый “Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации” (2008) не дал отдельно освещения проблемы ВИЭ. В этой главе этот пробел будет восполнен.

6.3.2. Общая характеристика

В 2011 г. Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК) был подготовлен “Специальный доклад по возобновляемым источникам энергии и смягчению воздействий на изменение климата” (СДВИЭ), в англоязычной оригинальной версии SRREN – “IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation” (2011). Он приобрел особую важность, поскольку правительства многих стран рассматривают вопрос о роли возобновляемых источников энергии в контексте своих усилий по смягчению воздействий на изменения климата путем уменьшения выброса парниковых газов при использовании ископаемого топлива.

OD-2-1-3n 12/15/14 5:22 PM Page 831

На начало XXI века доля возобновляемой энергетики без крупных гидроэлектростанций в мировом потреблении составляла около 10–11%. К 2020 г. ожидается удвоение мирового рынка экологически чистых технологий и увеличение вклада "зеленой" экономики в мировой ВВП до 6–7%. В частности, к 2019 г. только в трех секторах энергетики, использующей в качестве источников биотопливо, ветер и солнце, прогнозируется увеличение производства до 343 млрд долл., количества занятых – до 3.3 млн человек, что, соответственно, почти в 2.4 и 4 раза больше, чем в 2009 г. (Hoogwijk, 2009).

В России за период с 2000 по 2003 г. выработка электрической энергии всеми видами электростанций, работающих на возобновляемых источниках энергии, увеличилась с 4.2 млрд кВт · ч до 5.4 млрд кВт · ч, что составляет 0.6% от общей выработки электроэнергии (Безруких, Стребков, 2005). В 2012 году доля ВИЭ в общей выработке электроэнергии составила 1.1% (Безруких, 2012; Елистратов, 2013).

По данным Госкомстата в России на 2007 год общая доля ВИЭ всех видов в суммарной выработке тепловой энергии составила около 5%, а электрической (без крупных ГЭС) около 0.9% (Статистический сборник, 2007).

Согласно государственной программе Российской Федерации "Энергоэффективность и развитие энергетики", откорректированной и утвержденной распоряжением Правительства РФ от 3 апреля 2013 г. № 512-р, доля ВИЭ в выработке электрической энергии к 2020 г. должна составить 2.5%.

Практически в любом российском регионе уже сегодня можно использовать тот или иной вид возобновляемых источников энергии. Так, наиболее перспективными для развития гелиоэнергетики являются южные районы Европейской части России (ЕЧР), а также юг Сибири и Дальнего Востока. Побережья Северного Ледовитого океана и дальневосточных морей обладают высоким потенциалом ветровой энергии. Что касается малой гидроэнергетики и производства биотоплива, то природные условия для развития этих отраслей существуют почти на всей территории страны (табл. 6.3.1).

Несмотря на наличие в России больших ресурсов различных видов ВИЭ, масштабного использования возобновляемых источников энергии пока нет. Однако в настоящее время придается определенный импульс их развитию.

В ближайшие десятилетия использование возобновляемых источников энергии согласно "Энергетической стратегии России на 2030 г." (2009) будет развиваться в Южном Федеральном Округе, на севере Сибирского Федерального Округа, в Прибайкалье и других районах децентрализованного энергообеспечения. В Дальневосточном Федеральном Округе преодоление дефицита тепло- и электроэнергии будет происходить как за счет дальнейшего развития традиционной гидроэнергетики, так и за счет стимулирования развития возобновляемых источников энергии.

К стратегическим целям России по расширению использования ВИЭ и местных видов топлива следует отнести:

– обеспечение устойчивого тепло- и электроснабжения населения и производства в зонах децентрализованного энергоснабжения, в первую очередь, в районах Крайнего Севера и на приравненных к ним территориях;

– создание в этих регионах независимых энергопроизводителей, что позволит повысить надеж-

Таблица 6.3.1. Ресурсы возобновляемых источников энергии России, ТВт · ч/год (Бальзаминов, Елистратов, 2008)

Вид источника энергии	Теоретический потенциал	Технический потенциал	Экономический потенциал
Вода (малая гидроэнергетика*)	2930	1017	529
Солнце (гелиоэнергетика)	18700000	18720	102
Ветер (ветроэнергетика)	212000	16280	81
Биомасса	81400	431	285
Недра Земли (геотермальная энергетика)	180	20	936
Итого по ВИЭ	**18996510**	**36468**	**1933**

**Без крупных гидроэлектростанций.*

OD-2-1-3n 12/15/14 5:22 PM Page 832

ность энергоснабжения, предотвратить ущерб от аварийных и ограничительных отключений, который сейчас оценивается миллиардами долларов США в год;

– снижение вредных выбросов от традиционных энергетических установок в отдельных городах и населенных пунктах со сложной экологической обстановкой, а также в местах массового отдыха населения;

– создание дополнительных рабочих мест на всех стадиях реализации проектов по возобновляемой энергетике.

Развитию возобновляемой энергетики в России пока препятствует целый комплекс барьеров психологического, экономического, законодательного, информационного и технического характера. При этом приоритет принадлежит психологическому аспекту, связанному, в первую очередь, с привычкой к централизованным поставкам топлива, тепла и электричества, а также с традиционными представлениями об обеспеченности России большими запасами всех видов органического топлива на обозримый период.

Доступность ВИЭ во многом зависит от климата, глобальное изменение которого будет воздействовать на их ресурсную базу, но точная природа и масштаб таких последствий пока не оценены. Вопросу чувствительности ВИЭ к изменению климата посвящено много исследований, но они находятся на начальном этапе. Во многих работах отмечается, что климатообусловленное изменение ресурсного потенциала солнечной, ветровой и биоэнергии будет носить преимущественно региональный характер, а на объем и географическое распределение геотермальных и океанических энергетических ресурсов изменение климата не окажет значительного воздействия (Елистратов, и др., (ред.), 2010; Чернокульский, 2012; Pryor, Schoof, 2010; Breslow, Sailor, 2002; Martinez et al., 2007; Burnett, Harrison, 2009; Crook, 2011).

6.3.3. Солнечная энергия

6.3.3.1. Оценки ресурсов солнечной энергии

Солнце является основным источником энергии на Земле. Поток солнечной энергии, проходящей в виде излучения в единицу времени через площадку в 1 м^2, перпендикулярную прямой, проведенной через центры Земли и Солнца, на входе в атмосферу Земли составляет 1367 Вт/м^2 – "солнечная постоянная". Поток солнечной энергии, поступающий на верхнюю границу атмосферы, составляет в среднем 341 Вт/м^2, на земную поверхность 184 Вт/м^2 (Trenberth et al., 2009). Это излучение, в основном, в диапазоне длин волн 0.3–2.5 мкм, называется коротковолновым; этот диапазон включает видимую часть спектра.

Полное количество солнечной энергии, поступающей на поверхность Земли, составляет $(7.5–10) \cdot 10^{17}$ кВт · ч/год и превышает энергию всех мировых запасов нефти, газа, угля и урана (Виссарионов и др., 2008).

Основными характеристиками солнечных энергетических ресурсов в заданном пункте или районе являются продолжительность солнечного сияния и количество суммарной солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность.

Продолжительность солнечного сияния (суммарное число часов, когда светит солнце) определяется широтой места, долготой дня и количеством облаков.

На территории России в целом за год наибольшее – более 2400–2600 – число часов солнечного сияния характерно для Забайкалья, Амурской области и юга Приморского края, а наименьшее – 1200 часов и менее – для северных прибрежных районов Камчатки и Курильских островов (рис. 6.3.1) (Кобышева и др., (ред.), 2001). Территории, где годовая продолжительность солнечного сияния ≥ 2000 часов, считаются благоприятными для практического использования солнечной энергии (Стребков, 1993).

Суммарная солнечная радиация представляет собой сумму потока прямого солнечного излучения *S*, поступающего непосредственно от Солнца, и потока рассеянного солнечного излучения, приходящего от толщи атмосферы. Последний возникает вследствие молекулярного и аэрозольного рассеяния солнечного излучения и его диффузного отражения от облаков *D*.

Под валовым потенциалом солнечной энергии в заданной точке земной поверхности обычно понимается среднемноголетняя величина солнечной радиации, поступающей на горизонтальную по-

OD-2-1-3n 12/15/14 5:22 PM Page 833

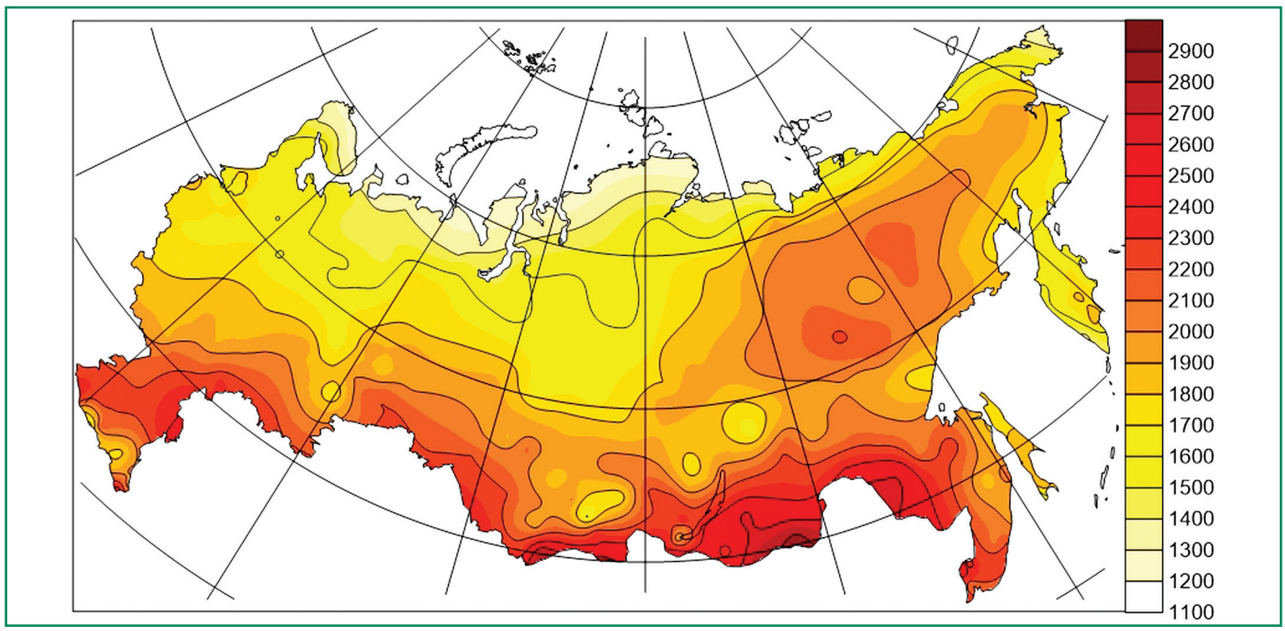


Рис. 6.3.1. Продолжительность солнечного сияния за год (часы).

верхность площадью один квадратный метр за период, равный одному календарному году.

При безоблачном небе прямая и суммарная солнечная радиация увеличивается с севера на юг. Из-за различий в прозрачности атмосферы приход солнечной радиации в целом на Азиатской части России (АЧР) больше, чем на ЕЧР (Пивоварова, 1977; Пивоварова, Стадник, 1988).

Облачность снижает реальный месячный и годовой приход суммарной радиации. Самые большие отклонения суммарной радиации при реальной облачности от возможной характерны для северо-запада ЕЧР, где сильно влияние влажных атлантических воздушных масс, и Дальнего Востока. Летом в дальневосточном регионе в условиях муссонной циркуляции фактический приход суммарного потока солнечной радиации на 40–60% меньше возможного при безоблачном небе.

При оценке гелиоэнергетических ресурсов для проектирования солнечных энергетических установок, в том числе с концентраторами солнечного излучения, важно знать долю прямой и рассеянной радиации в суммарном приходе (в устройствах с концентраторами усиливается лишь прямая составляющая солнечной радиации, сконцентрировать рассеянную составляющую практически невозможно).

При действительных условиях облачности в России вклад прямой радиации в суммарный приход достигает максимума в летние месяцы и составляет в среднем 50–60%, за исключением районов Приморского края, где наибольший вклад прямой радиации в суммарную приходится на осенние и зимние месяцы (60–65%). Доля рассеянной радиации самая большая на побережье северных морей (60–70%). В умеренных широтах и на юге Дальнего Востока рассеянная радиация составляет около половины суммарной.

Обеспеченность солнечными ресурсами территории России иллюстрирует рис. 6.3.2, на котором приведена современная карта годовых сумм суммарной радиации. Она построена по данным актинометрической сети за период с 1981 по 2000 год (Стадник и др., 2013, в печати). Как видно из представленной карты, практически вся южная часть России обладает достаточно высокими солнечными ресурсами, которые могут быть использованы для выработки электрической и тепловой энергии.

Годовой приход суммарной солнечной радиации возрастает в целом с севера на юг в соответствии с астрономическим фактором – ростом высоты Солнца. Однако влияние циркуляционного фактора, проявляющееся через облачность, и прозрачности атмосферы нарушают строгое широтное распределение. В результате этого коли-

OD-2-1-3n 12/15/14 5:22 PM Page 834

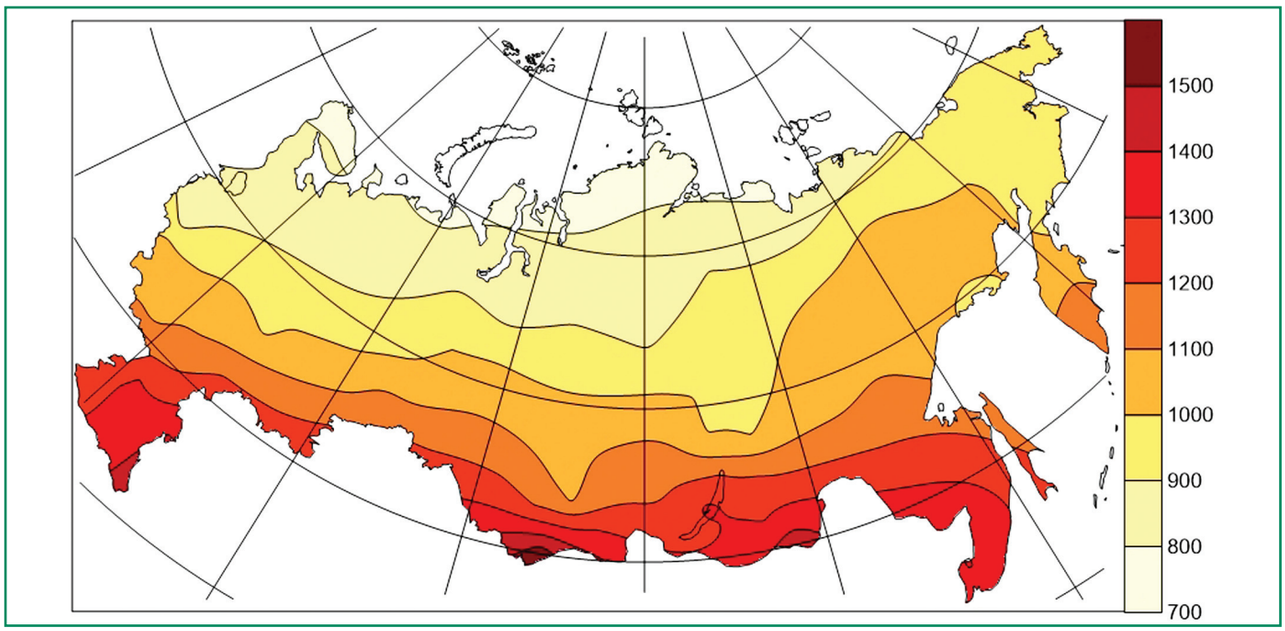


Рис. 6.3.2. Годовая сумма суммарной солнечной радиации, поступающей на горизонтальную поверхность (кВт · ч/м2).

чество приходящей к земной поверхности радиации в южной половине ЕЧР и на северо-востоке АЧР практически одинаково. Такой характер распределения приходящей радиации еще более резко выражен в весенне-летний период, особенно в апреле и мае, когда месячные суммы суммарной радиации в северных районах Якутии так же высоки, как на Северном Кавказе и в Астраханской области – более 165 кВт · ч/м^2 (600 МДж/м^2).

Наибольшая изменчивость годового прихода суммарной радиации характерна для северных и северо-западных районов ЕЧР, а наименьшая – для южной половины АЧР (коэффициент вариации годовых сумм соответственно 12 и 4–6%).

Подробный анализ климатических изменений солнечной радиации и определяющих эти изменения характеристик облачности и прозрачности атмосферы по данным актинометрической сети России на временном интервале 1961–2010 гг. приводятся в главе 1.4 настоящего доклада.

6.3.3.2. Технологические особенности использования солнечной энергии

Существует три основных направления использования солнечной энергии: преобразование в тепло на установках для отопления и горячего водоснабжения с помощью солнечных коллекторов, прямое преобразование в электрическую (фотоэлектричество) и преобразование солнечной энергии в электрическую по термодинамическому циклу (*солнечные термодинамические электрические станции*). При термодинамическом способе происходит последовательное преобразование солнечной энергии в теплоту, а затем и в электроэнергию. Наиболее наукоемким и технологичным направлением солнечной энергетики в конце XX века признано фотоэлектрическое преобразование солнечной энергии. В производстве солнечных фотоэлектрических модулей в мире и снижении их удельной стоимости отмечается колоссальный прогресс (Geyer, Quaschning, 2000).

В настоящее время в мире установлено свыше 250 тысяч фотоэлектрических систем различной мощности, обеспечивающих энергией более 1.5 мил жителей планеты. Пиковая мощность таких систем достигла 1400 МВт, а выработка энергии – около 2.3 млрд кВт · ч. Лидерами в производстве фотоэлектрических модулей являются Япония, США, Германия, Индия.

Объем производства фотоэлектрических модулей в России пока очень мал – ниже 1 МВт в год (Тарнижевский и др., 2001).

OD-2-1-3n 12/15/14 5:22 PM Page 835

Согласно выполненному в Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова (ГГО) районированию территории России по потенциалу солнечных ресурсов (Пивоварова, Стадник, 1988; Борисенко, Стадник, 1997) наиболее благоприятными условиями для использования фотоэлектрических модулей обладают южные районы Хабаровского края, Амурская область, Приморский край, Забайкалье и юг Алтайского края. В этих районах с 1 м^2 приемной поверхности фотоэлектрической установки, оптимально ориентируемой к солнечным лучам и имеющей КПД 15%, можно получить около 200 кВт · ч/м^2 электроэнергии за год (Стадник, Разгоняев, 2008) (рис. 6.3.3).

Высокая стоимость производства солнечных фотоэлектрических модулей и низкий КПД являются главным препятствием на пути их использования в России для электроснабжения в быту и промышленности. Их широкое внедрение рассматривается пока лишь в долгосрочной перспективе.

Тем не менее, в России уже имеются отдельные реализованные проекты по вводу в эксплуатацию солнечных электростанций (СЭС). В 2010 г. введена первая в стране солнечная электростанция (100 кВт) в Белгородской области (стоимость 1 кВт · ч составляет 9 руб.). В 2011 г. в Якутии в Кобяйском районе установлена СЭС мощностью 10 кВт, в 2012 г. на “полюсе холода” – в Оймяконском районе – была запущена вторая СЭС.

В настоящее время и в близкой перспективе в России наиболее реальным направлением использования солнечной энергии является теплоснабжение. Солнечные водонагревательные установки на базе солнечных коллекторов имеют небольшие сроки окупаемости и хорошие экологические показатели (Тарнижевский, 1996).

Существующие методики позволили оценить возможную удельную выработку тепловой энергии в разных регионах страны с использованием отечественных солнечных коллекторов (Бекман и др., 1982) (рис. 6.3.4).

В Южном и Северо-Кавказском Федеральных Округах, обладающих высоким солнечным потенциалом, удельная выработка тепловой энергии солнечным коллектором с жидким теплоносителем за безморозный период достигает 800–850 кВт · ч/м^2. В более северных густонаселенных промышленных областях России (до 60° с.ш.), где весьма актуальным является вопрос об энергосбережении, удельная выработка тепловой энергии составляет 550–700 кВт · ч/м^2. Это позволяет применять солнечные коллекторы при коттеджном строительстве для разработок новых современных проектов “гелиоархитектуры”, а также в качестве приставок для котельных и тепловых электростанций (ТЭЦ).

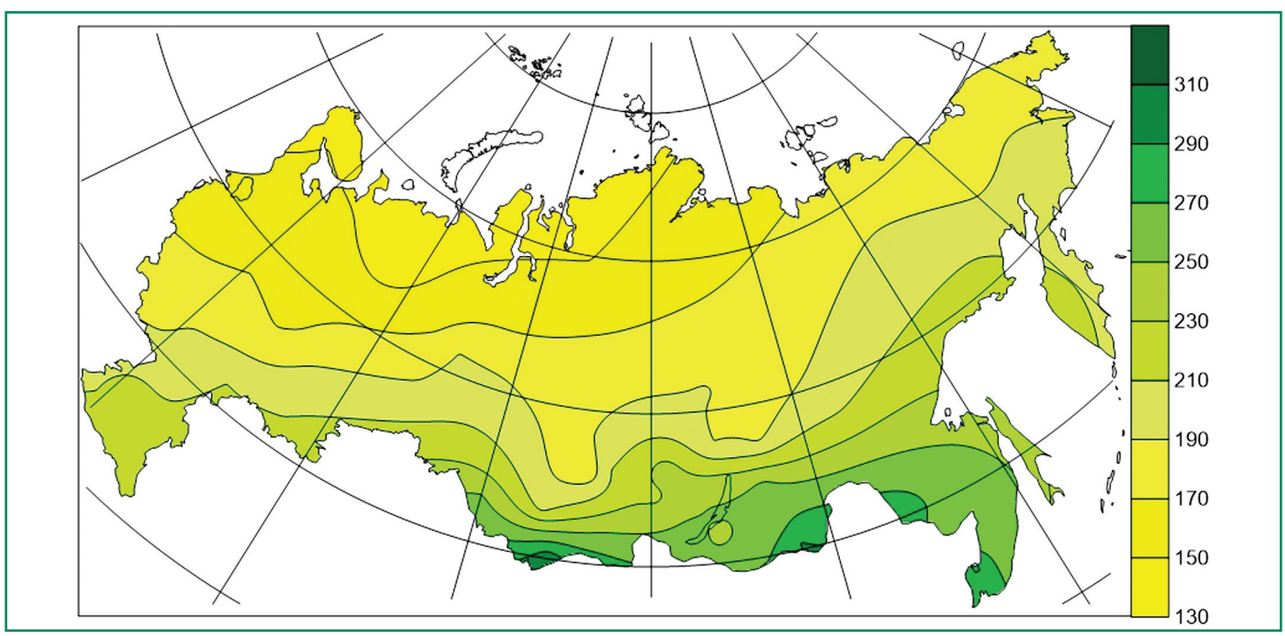


Рис. 6.3.3. Удельная годовая выработка электрической энергии фотогенератором при КПД 15% (кВт · ч/м^2).

OD-2-1-3n 12/15/14 5:22 PM Page 836

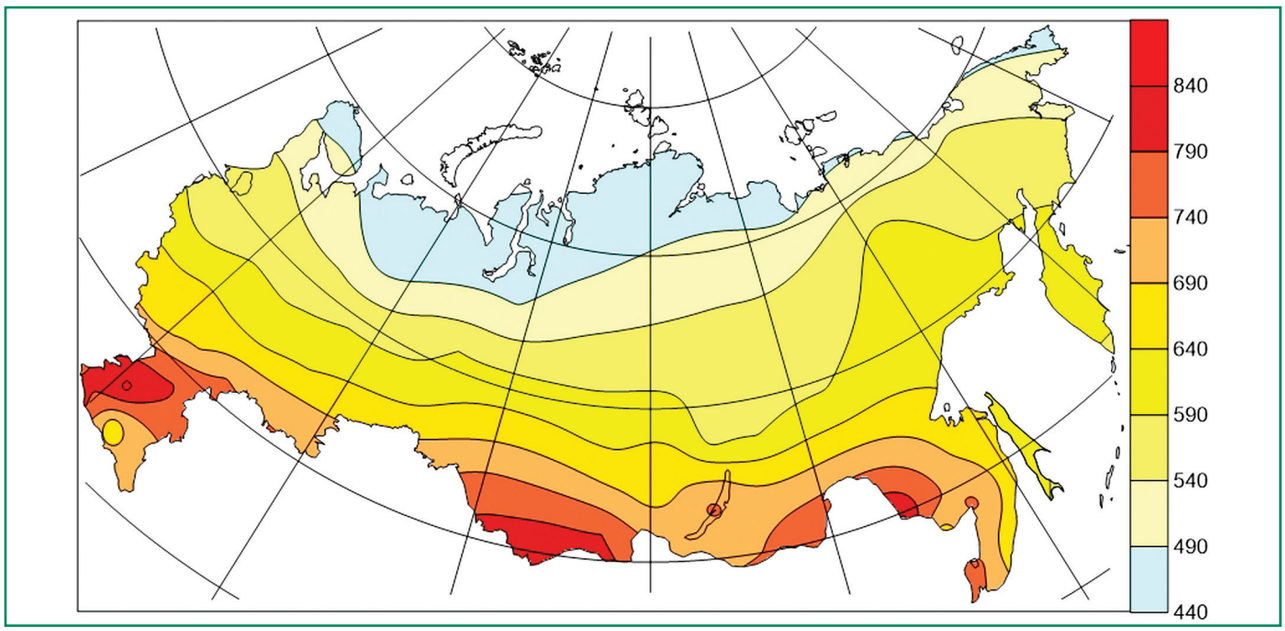


Рис. 6.3.4. Удельная годовая выработка тепловой энергии плоским солнечным коллектором (кВт · ч/м²).

Показателем развития солнечной тепловой энергетики является суммарная площадь солнечных коллекторов. На 2000 г. в мире эксплуатировалось 70 млн м² солнечных коллекторов. В России солнечные коллекторы пока не получили столь широкого применения. В настоящее время работает около 15 тыс. м² гелиоустановок, что на порядок меньше, чем было в СССР в 1990 г. (150 тыс. м²). Российские солнечные коллекторы сосредоточены, в основном, в Краснодарском крае и Бурятии.

В Краснодарском крае в летнее время 200 МВт установленной мощности местных электростанций используется на электронагрев. Эту мощность могут обеспечить и гелиоустановки. Для этого потребуется построить 100 тыс. м² солнечных коллекторов. В последние годы в Краснодарском крае было введено в эксплуатацию более 100 гелиоустановок с общей площадью солнечных коллекторов, превышающей 6000 м². Половина из них применяется для горячего водоснабжения санаториев и пансионатов. В Бурятии действует 70 установок площадью 3000 м² (Бутузов, Шетов, 2008).

Как показали расчеты (Елистратов и др. (ред.), 2010), коэффициент замещения нагрузки горячего водоснабжения за счет энергии солнца (доля солнечной энергии в покрытии нагрузки горячего водоснабжения) в южных широтах России составляет более 75% , а в средних – 55–60%.

Недостаточное использование гелиоустановок обусловлено в значительной мере экономическими причинами. Стоимость установок находится в пределах 30–90 тыс. руб. Срок окупаемости солнечных коллекторов небольшой – около 5–7 лет, реальный срок их службы 25–30 лет. При существующих и постоянно растущих ценах на органическое топливо перспективы использования энергии солнца в России связываются именно с выработкой тепловой энергии на базе плоских солнечных коллекторов.

6.3.3.3. Влияние изменений климата на гелиоэнергетические ресурсы

Для эффективного планирования развития солнечной энергетики в России необходимо иметь оценки не только естественной изменчивости потока солнечной радиации как источника энергии на Земле (Пивоварова, Стадник, 1988), но и оценить солнечные ресурсы в XXI веке в связи с глобальными климатическими изменениями.

Согласно (IPCC, 2011), в настоящее время нет убедительных оценок, указывающих на существенное влияние глобального потепления на региональные солнечные ресурсы Земли.

OD-2-1-3n 12/15/14 5:22 PM Page 837

Как, например, отмечено в работе (Burnett, Harrison, 2009), в Великобритании к 2050 г. суммарный годовой приход солнечной радиации возрастет в среднем на 2.6% (диапазон изменения по территории будет в пределах от –1.1 % до + 6.5%) по отношению к базовому периоду 1961–1990 гг. В отдельные месяцы прогнозируемое изменение солнечной радиации будет характеризоваться большей неопределенностью – оценки находятся в более широких пределах, но не более ±25% от значения базового периода.

Аналогичные выводы были получены для Мексики. Оценки, выполненные с помощью тринадцати моделей общей циркуляции, показали, что изменение месячного потенциала солнечной энергии к 2050 г. по отношению к базовому периоду 1971–2000 гг. также не выйдет за пределы ± 20% (Martinez et al., 2007).

Рассмотрим теперь возможные изменения суммарных ресурсов солнечной энергии, оцененные как средние для ансамбля 31 модели CMIP5 (здесь и далее эта группа моделей обозначается AN_31). Расчеты проводились в условиях сценария RCP 4.5 антропогенного воздействия на климатическую систему для трех периодов времени: 2011–2030 гг., 2041–2060 гг. и 2080–2099 гг. В ка-

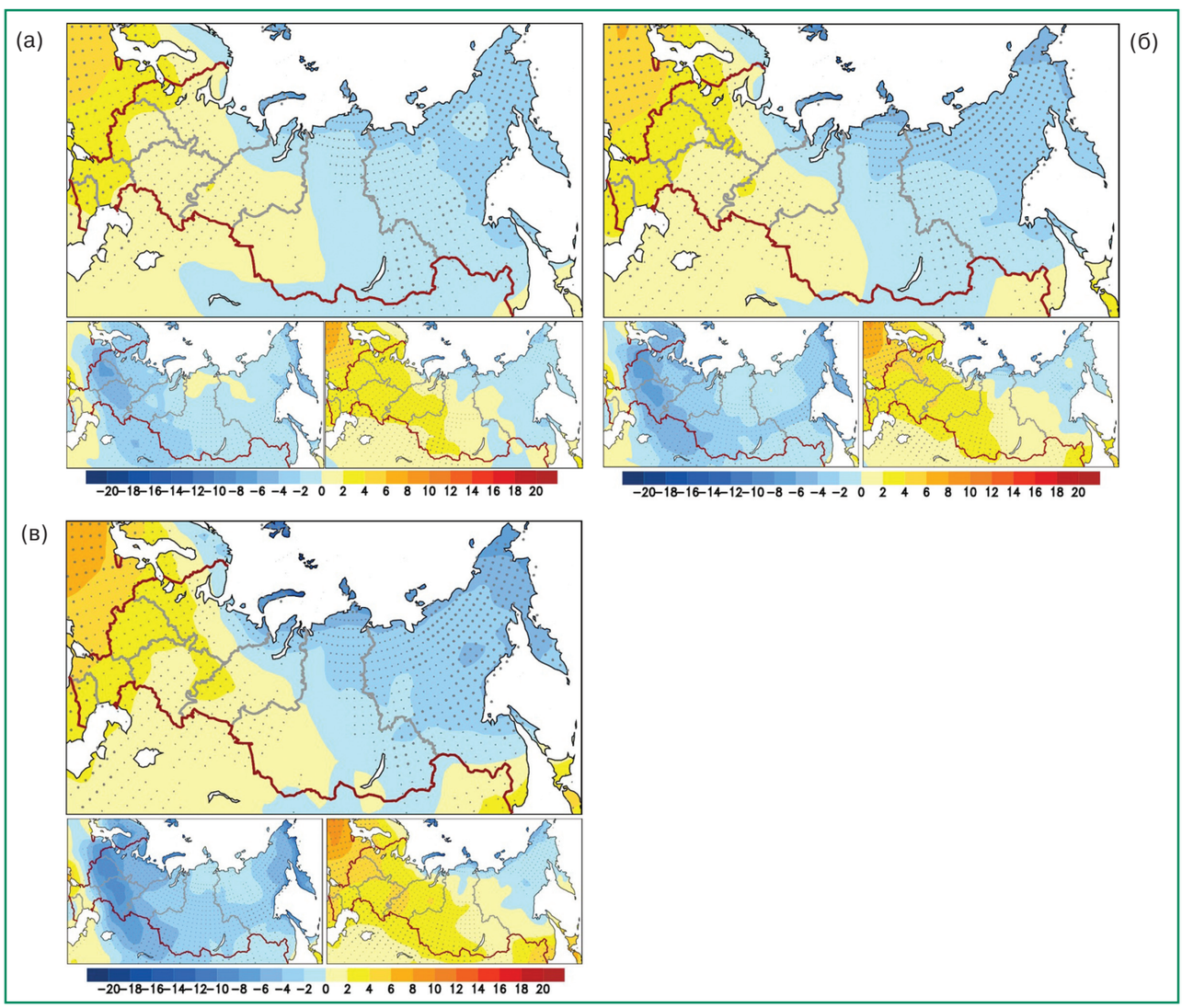


Рис. 6.3.5. Изменения (%) годового и сезонных (слева – зима, справа – лето) потоков суммарной солнечной радиации, рассчитанные по ансамблю AH_31 в условиях сценария RCP 4.5 для 2011–2030 гг. (а), 2041–2060 гг. (б) и 2081–2099 гг. (в) по отношению к базовому периоду 1981–2000 гг.

OD-2-1-3n 12/15/14 5:22 PM Page 838

честве базового периода был принят 1981–2000 гг. (Мелешко, Говоркова, 2013).

В начале XXI века (2011–2030 гг.) ожидается рост годового прихода суммарной солнечной радиации (до 2%) на ЕЧР, за исключением крайних северо-восточных районов, а также южной части Уральского и Сибирского Федеральных Округов (рис. 6.3.5).

В южной части Северо-Западного Федерального Округа, в Центральном, Южном и Северо-Кавказском Федеральных Округах ожидается рост ресурсов солнечной энергии до 4%. Практически на всей АЧР ожидается их снижение, причем интенсивность снижения будет возрастать в восточном направлении от 2 до 4%, а на островах северных морей и на Чукотке годовой приход суммарной радиации уменьшится до 6%. Уменьшение суммарного прихода солнечной радиации в восточной части страны будет происходить практически в течение всего года, а в западной части только в зимние месяцы (декабрь, январь, февраль), но на общем годовом приходе суммарной радиации в этом регионе это не скажется.

Аналогичная картина в годовом приходе солнечной радиации будет наблюдаться и в середине века (2041–2060 гг.), однако летом рост потока солнечной радиации будет более интенсивным, чем в первые десятилетия XXI века. Летний очаг положительной аномалии (2–4%) распространится практически на всю Россию, за исключением северных и северо-восточных районов АЧР, где аномалия будет слабо отрицательной (не ниже –2%). На ЕЧР, в южных районах Северо-Западного Федерального Округа и севере Центрального Федерального Округа ожидаемый рост составит 6%. В зимние месяцы приход радиации будет понижен по сравнению с базовым периодом на большей части страны на 4%, а в центральных областях ЕЧР ожидаемая отрицательная аномалия будет более глубокой (до –6%).

Не произойдет существенных изменений в годовом приходе солнечной радиации и к концу XXI века (2081–2099 гг.). По-прежнему практически вся территория ЕЧР, южная половина Уральского и Сибирского Федеральных Округов будут в зоне довольно слабой положительной аномалии (2–4%), а восточные регионы – в зоне отрицательной. В Дальневосточном Федеральном Округе ожидается более глубокая аномалия (до –4...–6%).

Проиллюстрируем влияние происходящих климатических изменений в приходе суммарной солнечной радиации на примере изменения удельной выработки тепловой энергии солнечными коллекторами, которая напрямую зависит не только от количества солнечной радиации, поступающей на его приемную поверхность, но и температуры окружающего воздуха (Бекман и др., 1982; Тарнижевский, 1996).

На приведенном выше рис. 6.3.4 удельная выработка тепловой энергии солнечным коллектором рассчитана для базового периода 1981–2000 гг. Ожидаемое изменение поступления солнечной радиации на земную поверхности может повлиять на эффективность работы солнечных коллекторов (рис. 6.3.6).

Во всех трех упомянутых периодах времени изменение эффективности выработки энергии тепловыми коллекторами будет происходить, главным образом, в соответствии с изменением потока поступающей на приемную поверхность солнечной радиации, о котором говорилось выше. В первые десятилетия XXI века возможно небольшое увеличение удельной выработки тепловой энергии на ЕЧР и в Западной Сибири (от 20 до 40 кВт · ч/м^2), а на побережье Охотского моря и на Чукотке применение солнечных коллекторов станет нерентабельным – удельная выработка может снизиться на 10 кВт · ч с квадратного метра установки. Прогнозируемый рост температуры воздуха не сможет перекрыть эффекта уменьшения потока солнечной радиации.

К середине XXI столетия и, особенно, к его концу, согласно модельному прогнозу, рост температуры будет более интенсивный, что положительно скажется на работе солнечных коллекторов даже в Дальневосточном Федеральном Округе, где приход солнечной радиации уменьшится. В западных и южных районах ЕЧР производительность работы солнечного коллектора увеличится более чем на 50–60 кВт · ч с каждого квадратного метра установки.

Приведенные оценки выполнены с использованием сегодняшних технических параметров коллекторов. Они могут измениться при достижении прогресса в технологиях создания приемных поверхностей солнечных установок.

OD-2-1-3n 12/15/14 5:22 PM Page 839

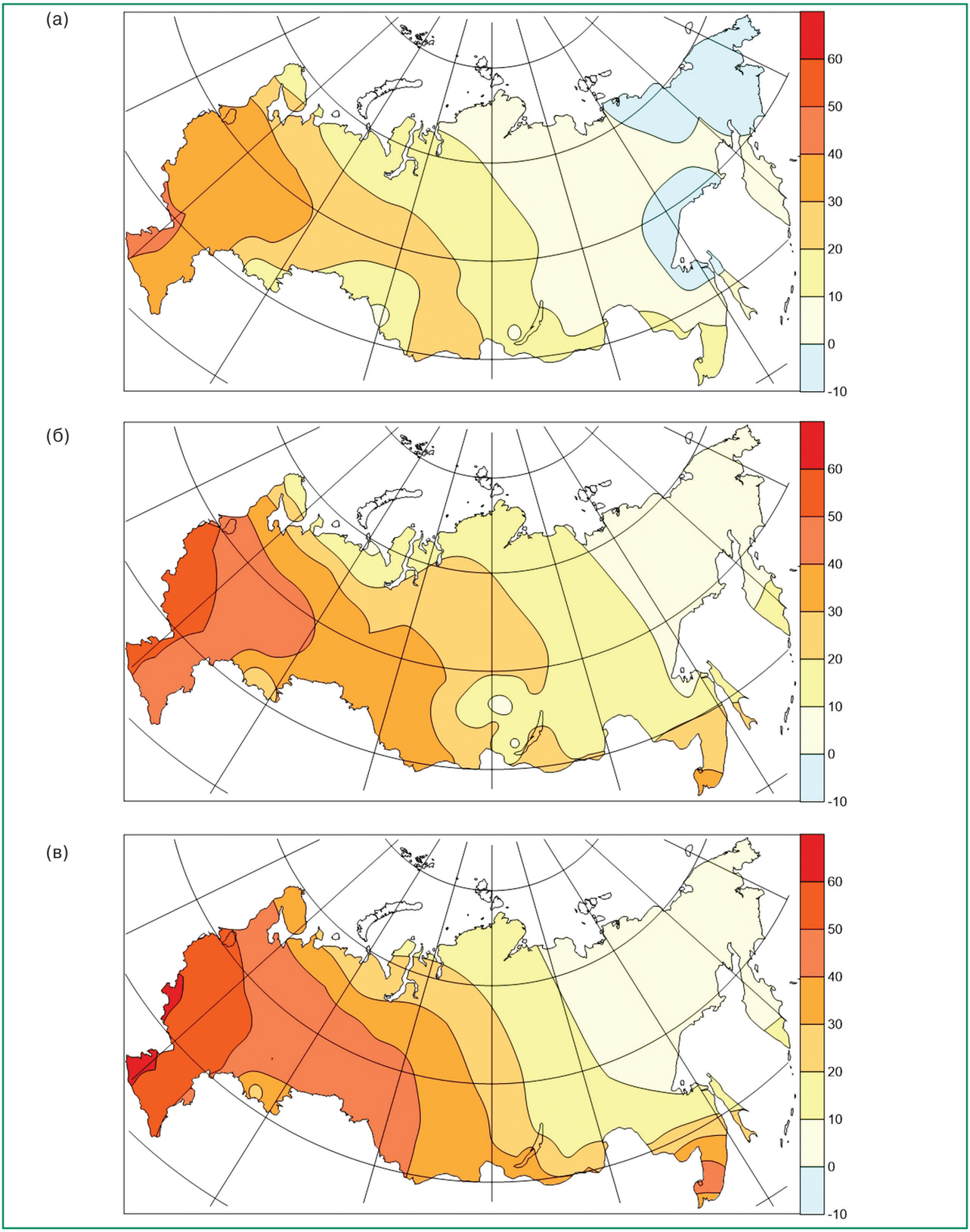


Рис. 6.3.6. Изменения (кВт · ч/м^2) удельной выработки тепловой энергии солнечным коллектором для периодов 2011–2030 гг. (а), 2041–2060 гг. (б) и 2080–2099 гг. (в) по отношению к базовому периоду 1981–2000 гг.

OD-2-1-3n 12/15/14 5:22 PM Page 840

6.3.4. Ветровая энергия

Ветер является одним из мощных источников энергии, которая может быть утилизирована в значительных масштабах. Ветровая энергия наиболее дешевая из возобновляемых видов энергии. В местах с хорошими ветровыми условиями ветроэнергетика успешно конкурирует с традиционными топливными и атомными электростанциями.

Согласно оценкам, полученным исходя из средних многолетних значений скорости ветра, мировой технический потенциал ветровой энергии на суше и в прибрежных акваториях составляет $10 \cdot 10^{20}$ Дж/год (Доклад Консультативного…, 2003).

Большая доля в мировом ветропотенциале приходится на морские ветроэнергетические ресурсы, активно осваиваемые за рубежом. Для оффшорных ветровых электростанций – ВЭС (станции морского базирования) может быть использовано до 150 тыс. км^2 шельфовых акваторий с глубиной до 35 м. Их суммарный ветровой потенциал достаточен для покрытия электропотребления, например, всей Европы (Snyder, Kaiser, 2009).

Согласно программе “Wind Force 12” (European wind association and Greenpeace) производство электроэнергии за счет энергии ветра в 2020 г. должно достичь 13% от общего производства электроэнергии в мире.

В 2009 г. на ВЭС в мире было выработано около 340 ТВт ч электроэнергии, что составило около 2% общей суммы произведенной электроэнергии. В отдельных странах это соотношение значительно больше. Например, в Дании около 20% электроэнергии вырабатывается ВЭС, в Португалии – 15%, Испании – 14%, Германии – 9%. Россия в развитии ветроэнергетики занимает пока очень низкие позиции.

Оценка технического ветроэнергетического потенциала России (Николаев и др., 2009) основывается на многолетних метеорологических и аэрологических данных и исходит из минимального расстояния между ветроэнергетическими установками, равного $10 \cdot D$ (D – диаметр ветроколеса ВЭУ (Vestas V90), $D_{v90} = 90$ м), и допустимой площади отвода земли под ВЭУ (12% от общей площади территории страны). Эта оценка показала, что технический потенциал ветроэнергетических ресурсов РФ почти в 14 раз превышает сегодняшнюю годовую выработку энергии всеми электростанциями страны – приблизительно 1000 ТВт · ч/год). Суммарная выработка установленных в России ВЭУ составляет около 180–200 ТВт · ч/год, что примерно в 70 раз меньше полученной оценки технического потенциала ветроэнергетических ресурсов.

В таблице 6.3.2, построенной по данным из (Старков, Ландберг и др., 2000), приведены оценки технического потенциала федеральных округов России.

Как видно из таблицы, хорошо обеспечены ветроэнергетическими ресурсами окраинные Федеральные Округа (Северо-Западный, Сибирский, Дальневосточный). Округа с развитой индустрией и большой плотностью населения (Центральный, Южный) обладают относительно меньшим техническим ветропотенциалом, что во многом обусловлено относительно малыми площадями их территорий.

Богатый ветроэнергетический потенциал во многих районах России создает все предпосылки к ускоренному развитию и внедрению ветроэнергетических станций.

Таблица 6.3.2. Технический потенциал ветроэнергетических ресурсов по федеральным округам России

Федеральный Округ	**Технический потенциал, млрд кВт • ч/год**
Центральный	735
Северо-западный	1785
Южный	705
Приволжский	1092
Уральский	1971
Сибирский	3442
Дальневосточный	4611
Итого	**16500**

OD-2-1-3n 12/15/14 5:22 PM Page 841

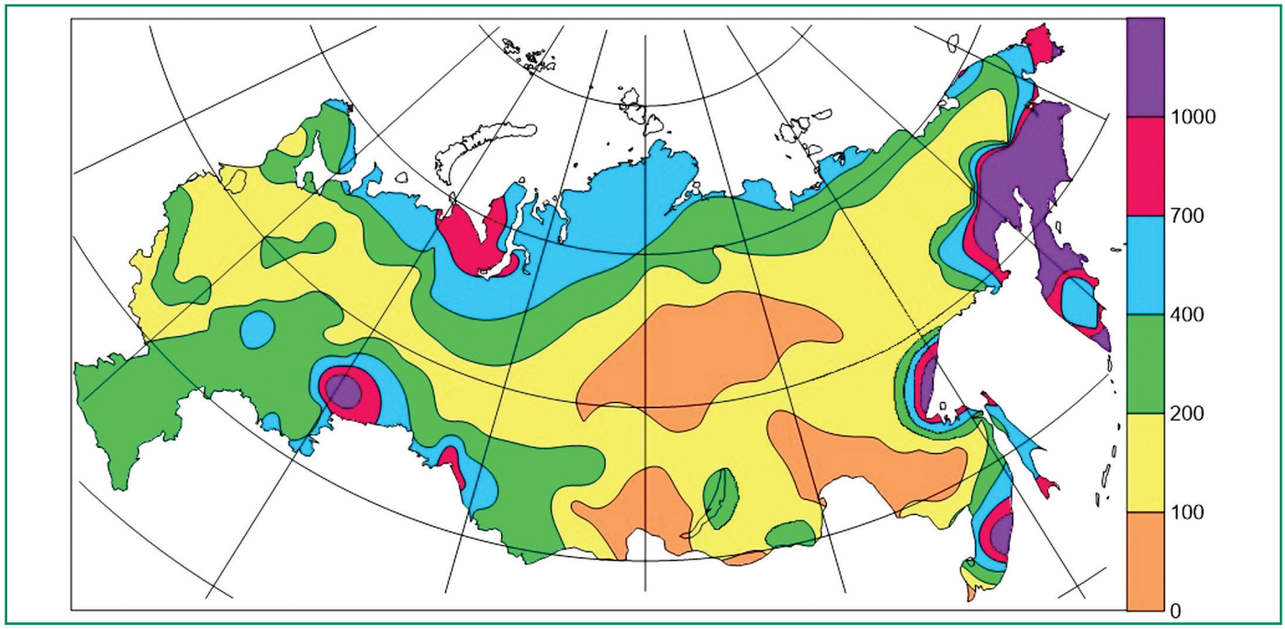


Рис. 6.3.7. Фоновое районирование территории России по значениям удельной мощности ветрового потока (Вт/м^2) на уровне 100 м над земной поверхностью.

Несмотря на то, что успехи в освоении ветроэнергетических установок в России до сих пор невелики, следует отметить положительные тенденции в решении этой проблемы. Ниже (табл. 6.3.3) приведены действующие ветроэнергетические станции и их мощности (Николаев и др., 2008).

Энергия ветра, которая может быть использована системой ветроэнергетических установок (ВЭУ), характеризуется средней годовой удельной мощностью горизонтальной составляющей ветрового потока и имеет размерность Вт/м^2. Мощность ветрового потока пропорциональна кубу скорости ветра (Николаев и др., 2009).

На рис. 6.3.7 представлена карта фонового районирования территории России по удельной мощности ветрового потока на высоте 100 м. В связи с созданием и внедрением, как в настоящее время, так и в перспективе, ВЭУ мегаваттного класса мощности ≈ 2–5 МВт с высотой башен 80–130 и более метров наибольший практический интерес представляет расчет удельной мощности ветрового потока на высоте именно 100 м. Существенным основанием для выбора высоты 100 м является также то, что эта высота является нижней границей планетарного пограничного слоя атмосферы и наличием для нее многолетних данных аэрологических измерений.

Как видно из представленной карты, наибольшим ветроэнергетическим потенциалом обладают районы вдоль берегов Карского, Берингова и

Таблица 6.3.3. Основные действующие ветроэнергетические станции (ВЭС) в России

ВЭС	Мощность	Оборудование
Воркутинская	1.25 МВт	250 кВт • 5
Калмыцкая	2 МВт	1 МВт • 2
Куликовская	5.1 МВт	21 ВЭУ(225 кВт • 20, 600 кВт • 1)
Анадырская	2.5 МВт	250 кВт • 10
Башкирская	2.2 МВт	550 кВт • 4
о. Беринга	0.5 МВт	250 кВт • 2
Ростовская	0.3 МВт	30 кВт • 10

OD-2-1-3n 12/15/14 5:22 PM Page 842

Охотского морей. Значительные ресурсы находятся в районах Среднего и Нижнего Поволжья, в степных районах Западной Сибири.

Эффективность работы ветроэнергетических установок напрямую зависит от скорости ветра, которая обладает выраженной временной изменчивостью. Исследование временной изменчивости скорости ветра за период 1960–2000 гг. показало, что в последние 15–20 лет этого периода произошло усиление ветровой активности в южной половине Восточной Сибири, особенно в Иркутской области и на севере Читинской области, на юго-западе Якутии, а также на обширных участках прибрежных зон Северного Ледовитого океана и Охотского моря. В перечисленных районах скорость ветра возросла в среднем на 15–20% (Белокрылова, 1989; Борисенко и др., 2008). Заметное уменьшение скорости ветра (от 10 до 20%) отмечалось на большей части ЕЧР (исключая ее крайний юг), в южных районах Западной Сибири, на севере Иркутской области, на большей части Республики Саха-Якутия, в Хабаровском и Приморском краях.

Особо следует отметить, что падение средней скорости ветра сочеталось с увеличением повторяемости слабых ветров (так называемых “энергетических” штилей) и уменьшением повторяемости “буревых” скоростей; исключения наблюдались лишь в некоторых прибрежных зонах (побережья Камчатки и Приморского края, о. Сахалин).

Также не отмечалось уменьшение повторяемости сильных ветров (со скоростью ≥ 20 м/с) на побережьях Ладоги и Финского залива. Над северной Европой повторяемость сильных ветров во второй половине XX века даже возросла, особенно в зимний сезон (Pryor et al., 2005).

Повторяемость “энергоактивных” скоростей ветра (≥ 5 м/с), то есть ветров умеренных, при которых происходит выработка основной доли энергии ветровыми установками, в последние 20 лет XX столетия в России мало изменилась по сравнению с предшествующими десятилетиями.

Были выполнены расчетные оценки (рис. 6.3.8) изменения среднегодовой скорости ветра у земной поверхности (h = 10 м), рассчитанные на ближайшие десятилетия (2021–2040 гг.) и середину XXI века (2041–2060 гг.) как средние по ансамблю 25 МОЦАО CMIP5 в % от значения для базового периода 1991–2010 гг. Существенных изменений в приземных скоростях ветра на большей части территории России в ближайшие десятилетия XXI века выявлено не было. По-прежнему ожидается небольшое снижение приземной скорости ветра в континентальной части России, которое составит не более 5%, и только в отдельных областях восточной части Европейской территории России, на Урале и в центре Азиатской территории прогнозируется более значительное снижение, но оно не превысит 10%.

На побережьях северных морей, в Магаданской области, на Чукотке, на побережье Охотского моря скорости ветра возрастут до 5–10%. Наибольший рост среднегодовой скорости ветра ожидается в прибрежных северных районах Европейской части до 10–15%, а на Кольском полуострове до 20%. Аналогичный характер поля приземного ветра сохранится и к середине XXI века (Мелешко и др., 2008; Мелешко, Говоркова, 2013).

Приведенные результаты достаточно хорошо согласуются с зарубежными данными модельных оценок, согласно которым изменение среднегодовой скорости ветра более чем на ± 25% на большей части Европы представляется маловероятным. К концу двадцать первого века прогнозируется небольшое снижение средней скорости ветра по сравнению с контрольным периодом 1961–1990 гг. и возможно увеличение экстремальных скоростей ветра. Согласно модельным прогнозам, в отличие от осадков и температуры, изменение ветра мало по сравнению с естественной изменчивостью, а неопределенность прогнозируемых изменений ветра остается относительно высокой (Palutikof et al., 1987; 1992; Breslow, Sailor, 2002; Pryor et al., 2005; 2006; Walter et al., 2006; Bloom et al., 2008; Sailor et al., 2008; Pryor, Schoof, 2010).

Среди воздействий на окружающую среду выделяют следующие: влияние на птиц и животных, шумовое воздействие, влияние на работу телекоммуникационных устройств, визуальное восприятие в ландшафте, потребность в земле для размещения ВЭУ и эрозия почв (Дмитриев, 2004).

Следует отметить, что никакие аварийные ситуации на ветроэнергетических станциях не могут иметь катастрофических последствий для окружающей среды в отличие от АЭС и крупных ГЭС.

OD-2-1-3n 12/15/14 5:23 PM Page 843

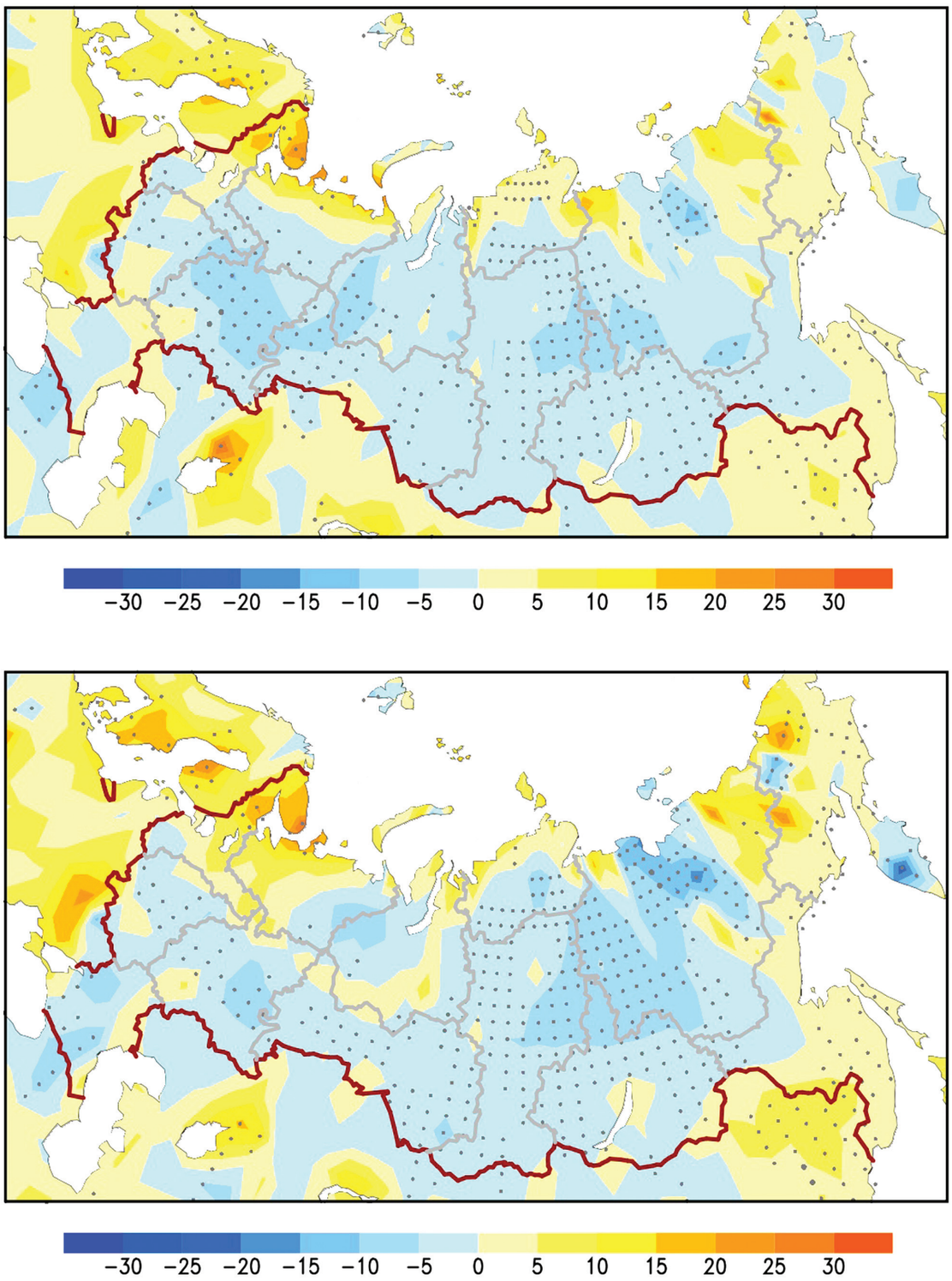


Рис. 6.3.8. Изменения среднегодовой скорости ветра у поверхности земли (*h* = 10 м), рассчитанные на ближайшие десятилетия (2021–2040 гг.) вверху и середину XXI века (2041–2060 гг.) внизу по ансамблю 25 МОЦАО CMIP5, в % по отношению к базовому периоду 1991–2010 гг.

OD-2-1-3n 12/15/14 5:23 PM Page 844

6.3.5. Биоэнергия

Биомасса – мощный потенциальный мировой источник энергии и топлива. Первично она образуется, в основном, в процессе фотосинтеза (очень немного – в процессе хемосинтеза), когда растения, используя воду, элементы минерального питания, диоксид углерода CO_2 и энергию солнечных лучей образуют первичную продукцию биомассы. Она впоследствии распределяется по более высоким трофическим уровням в экосистемах, а отмирающие организмы образуют детрит (мертвое органическое вещество), который в процессе деструкции в конце концов превращается в воду, CO_2 и минеральные вещества. Энергия солнца, запасенная в биомассе в ходе фотосинтеза и последующего перераспределения по трофическим уровням, и есть биоэнергия, которая может быть использована в хозяйственных целях.

Биоэнергия может быть получена из различных видов биологического сырья, в том числе из лесосечных и сельскохозяйственных отходов, а также из отходов животноводства, лесных насаждений с коротким оборотом рубки, “энергетических культур” (специальные виды/сорта растений, выращиваемые с целью последующего получения энергии из биомассы), органического компонента твердых бытовых отходов и других видов органических отходов.

Благодаря целому ряду процессов это сырье может непосредственно использоваться для производства электрической и тепловой энергии, а также для получения газообразного, жидкого или твердого топлива.

Кроме получения различных видов энергии, производство биотоплива предполагает и дополнительные выгоды. Например, уборка отходов лесного хозяйства улучшает условия восстановления древостоев, уменьшает риск лесных пожаров и распространения насекомых-вредителей. В сельском хозяйстве, участвуя в севообороте, “энергетические посевы” могут улучшить качество почвы. Многолетние травы препятствуют эрозии почвы, регулируют влагооборот, способствуют очищению воды от примесей. Немаловажным является возможность использования “энергетических” трав для освоения бросовых земель и пустошей, неподходящих для производства продуктов питания.

Применение топлива, производимого из биомассы, во временном масштабе столетий не ведет к увеличению содержания CO_2 в системе атмосфера-мировой океан. Образующийся при горении биомассы диоксид углерода количественно точно соответствует CO_2, который растения, являющиеся основой топлива, абсорбировали в процессе своего роста (Volk et al., 2004).

В настоящее время общие мировые запасы биомассы на земной поверхности составляют $36 \cdot 10^{21}$ Дж, тогда как ежегодное мировое коммерческое использование всей энергии составляет $3.9 \cdot 10^{20}$ Дж (Елистратов, 2013). Одна тонна биомассы, в среднем, содержит до $2 \cdot 10^{10}$ Дж энергии, что эквивалентно 0.625 т.у.т. – тонн условного топлива.

По разным оценкам к 2050 г., в зависимости от сценариев развития мирового хозяйства, мировой потенциал биотоплива может достичь 1500 ЭДж/год (при оптимистическом сценарии – высокотехнологичное сельское хозяйство, см. (Smeets et al., 2007)), а может стать нулевым (при пессимистическом сценарии – неконтролируемый рост населения, экстенсивное развитие сельского хозяйства, см. (Wolf et al., 2003)). Наиболее реалистичная оценка дана в работах (Hoogwijk et al., 2005; Bain, 2007): при учете использования для производства биотоплива бросовых земель и повышения эффективности сельского хозяйства авторы оценили мировой потенциал биотоплива в 2050 г. в 650 ЭДж/год.

В России биоэнергетика находится на начальной стадии развития – доля биотоплива в российской малой энергетике составляет всего 0.5%. Однако возможности для ее развития в России значительны.

Ежегодно в России по разным отраслям народного хозяйства производится до 300 млн т отходов биомассы (по сухому веществу), из них: 230 млн т в сельскохозяйственном производстве; 130 млн т в животноводстве и птицеводстве; 100 млн т в растениеводстве; – в городах 70 млн т (60 млн т твердых бытовых отходов и 10 млн т осадков сточных вод). Энергетический потенциал указанного количества отходов составляет 190 млн т.у.т.; реально можно получать в год до 45 млн т.у.т. Переработка такого количества отходов только по биогазовым технологиям может

OD-2-1-3n 12/15/14 5:23 PM Page 845

дать до 80 млрд м³ биогаза, что эквивалентно 56 млрд м³ природного газа.

В настоящее время в России отходы деревообрабатывающей промышленности наряду с другими видами топлива используют около 40 тепловых электростанций, около сотни заводов перерабатывают биомассу и сельскохозяйственные отходы в биогаз. Бытовые и промышленные отходы используются на крупных мусоросжигательных заводах. В городах России ежегодно образуется более 150 млн м³ твердых бытовых отходов (ТБО). В среднем в стране на каждого человека приходится выброс объемом 1 м³ или 200–250 кг отходов, что эквивалентно 50–60 кг угля средней теплотворной способности (Елистратов, 2013).

Первые научные разработки в области биогазовых технологий в России были сделаны более 70 лет назад. Одно из направлений – анаэробная переработка активного ила и осадков городских сточных вод. Этот радикальный метод переработки активного ила и осадков сточных вод был успешно реализован на станциях очистки в ряде городов России.

Второе направление – переработка отходов сельскохозяйственного производства, в первую очередь, животноводства и птицеводства, было начато во Всероссийском научно-исследовательском институте электрификации сельского хозяйства (ВИЭСХ) (Ковалев, Нажевникова, 1990) и продолжено в ЗАО "Экорос" (Панцхава, Пожарнов, 2003).

Биогазовые установки и станции могут функционировать в любых регионах России круглогодично в любое время суток. Необходимо лишь наличие органических отходов или доступной энергетической биомассы. Реализация и внедрение биогазовых технологий в народное хозяйство требует крупных разовых инвестиций, но они окупаются за очень короткий срок.

Наиболее перспективными источниками получения биотоплива являются отходы лесозаготовок и деревопереработки, а также отходы сельскохозяйственного производства. Так, например, объем сельскохозяйственных отходов при обработке урожая пшеницы составляет около 130% от объема полученного зерна; при производстве пиломатериалов отходы составляют 15–25%, фанеры 40–60%, целлюлозы 50–60%. В отдельных районах в качестве биотоплива может быть использован торф.

За валовой ресурс древесной биомассы обычно принимается энергия, сосредоточенная в расчетной лесосеке. Экономический потенциал биотоплива на основе отходов сельскохозяйственного производства составляет около 53.3 млн т.у.т. (434 млрд кВт · ч или 1.57 ЭДж) в год (Безруких и др., 2007).

Возможности агропромышленного комплекса РФ в производстве биотоплива не ограничиваются использованием продукции традиционного лесного хозяйства или отходов сельского хозяйства. В настоящее время уже доказана рентабельность многих энергетических культур (рапс, ива и т. д.), которые можно возделывать на неудобных для традиционных культур землях. Указанные факторы говорят о необходимости комплексного подхода к выбору сырья для получения биотоплива, наиболее соответствующего конкретным природным и экономическим условиям.

Все источники получения биотоплива в той или иной мере испытывают на себе влияние климата, но наиболее чувствительны к климатическим условиям и их изменениям лесное и сельское хозяйство – основные поставщики сырья для биотоплива в России

Процесс превращения биомассы в различные виды биотоплива на биоэнергетических заводах, как и любое производство, также подвержен влиянию климатических условий. Например, относительная влажность влияет на процессы коксования древесного угля, так как продолжительность этих процессов пропорциональна количеству древесной влаги. На производство биогаза оказывают влияние температура и влажность воздуха. Низкие температуры уменьшают производство биогаза, а высокие более благоприятны для производства. Высокая влажность может вызвать коррозию материала, а чрезмерная сухость – растрескивание оборудования. Поэтому для того, чтобы в полной мере реализовать потенциал биоэнергетики в России, планирование и проектирование биоэнергетических заводов должно производиться с учетом как современного климата, так и его ожидаемых изменений.

Будущий технический потенциал биоэнергетики может находиться под влиянием изменения

OD-2-1-3n 12/15/14 5:23 PM Page 846

климата через воздействие на процесс производства биомассы, например, через изменившиеся почвенные условия, осадки, урожайность сельскохозяйственных культур и другие факторы. Ожидается, что общее влияние на технический потенциал биоэнергии изменения средней глобальной температуры менее чем на 2°С по отношению к доиндустриальному уровню в глобальном масштабе будет относительно небольшим. Тем не менее, можно ожидать существенных региональных различий и больших неопределенностей, которые труднее оценить по сравнению с другими вариантами ВИЭ из-за большого количества задействованных механизмов обратной связи. Влияние происходящих изменений климата в связи с повышением температуры воздуха, увеличением количества осадков и повторяемости экстремальных явлений на ресурсный потенциал биомассы изучены пока недостаточно и, вероятно, оно в разных регионах будет различным.

Производство биоэнергии подвержено не только влиянию изменения климата. Оно характеризуется также сложным взаимодействием с социальными и экологическими системами. Без должного управления землепользованием возросшее производство биомассы может столкнуться с усиленной конкуренцией за водные ресурсы в критических областях, что является весьма нежелательным, и с проблемами в отношении изменения биоразнообразия.

Существенное расширение производства биоэнергии потребует сложного управления землепользованием и водопользованием, значительного усовершенствования технологий преобразования и более глубокого понимания социальных, энергетических и экологических взаимодействий, связанных с производством и использованием биоэнергии (Gale, Kaya, 2003).

6.3.6. Геотермальная энергия

Выше были рассмотрены наиболее известные виды возобновляемых источников энергии, на которых работают энергоустановки, для которых имеется достаточно отлаженное производство оборудования, что определяет их конкурентоспособность. Вместе с тем, имеются и другие виды возобновляемой энергии, возможные для практического использования. К ним относится, в частности, геотермальная энергия (Hiriart, 2007).

Геотермальная энергия – энергия термальных подземных вод или пароводяной смеси – представляет собой естественное тепло планеты. В аспекте хозяйственного использования тепла Земли можно выделить два вида энергии – высокопотенциальную и низкопотенциальную.

Энергетические установки на основе тепла земли (ГеоТЭС) используют высокую температуру воды или пароводяной смеси. В настоящее время функционируют такие электростанции во многих странах мира. Их общая мощность около 10000 МВт.

В России большие запасы подземных термальных вод находятся в Дагестане, Чечне, Ингушетии, в Ставропольском и Краснодарском краях, на Камчатке, Курильских островах и в ряде других районов (Бутузов и др., 2011).

В последние годы в России создано высокоэффективное энергетическое оборудование, введены в эксплуатацию Паужетская (18 МВт) и Верхне-Мутновская (12 МВт) ГеоТЭС, полностью автоматизированная Мутновская ГеоТЭС мощностью 50 МВт. В Краснодарском крае эксплуатируется 12 геотермальных месторождений. Все это способствовало началу интенсивного развития геотермальной энергетики и вывело Россию в число ведущих стран мира в области использования тепла Земли для производства электроэнергии (Елистратов, 2013).

Геотермальную энергию можно использовать не только для выработки электроэнергии, но и для других целей: систем отопления помещений, обогрева теплиц, горячего водоснабжения, полива, сушки древесины и др. Однако использование высокопотенциального тепла Земли ограничено районами с определенными геологическими параметрами.

Геотермальная энергия может играть существенную роль в сокращении выбросов парниковых газов (ПГ) и, следовательно, в смягчении антропогенного воздействия на глобальный климат. На общий потенциал геотермальных ресурсов и эффективность использования геотермальной энергии для изменения климата не будет иметь каких-либо серьезных последствий (IPCC, SRREN, Chapter 4 Geothermal Energy, 2011). Однако на ме-

OD-2-1-3n 12/15/14 5:23 PM Page 847

стном уровне изменение климата, в части распределения осадков, может оказать влияние на уровни воды в неглубоких геотермально нагреваемых водоносных горизонтах. Кроме того, доступность воды для охлаждения зависит от прихода поверхностных вод, и она может быть затронута изменениями в количестве осадков, что вызовет потребность в промышленных конденсатных установках с воздушным охлаждением. Влияние этих эффектов, если они возникнут, может быть компенсировано при внесении корректив в технологию при проектировании ГеоГЭС.

При происходящем в условиях современного потепления климата увеличении повторяемости экстремальных явлений погоды (проливных дождей с сильным ветром, резких изменений температуры и влажности и др.) возможны нарушения в выработке энергии на геотермальных станциях (www.ine.gob.mx/descargas/cclimatico/e2007q.pdf). Качественное описание возможного влияния на генерацию электроэнергии на ГеоГЭС и необходимых адаптационных мероприятий на примере действующих ГеоТЭС в Мексике приводится в работе (Hiriart, 2007).

В последнее время широкое распространение получило использование низкопотенциального тепла Земли на базе тепловых насосов. Они могут использоваться в различных типах зданий и сооружений для отопления, горячего водоснабжения, кондиционирования (охлаждения) воздуха, обогрева дорожек в зимнее время года, для предотвращения обледенения, подогрева полей на открытых стадионах и т. п. В англоязычной технической литературе такие системы обозначаются как “GHP” – “geothermal heat pumps” (геотермальные тепловые насосы).

Тепловые насосы представляют собой компактные экономичные и экологически чистые энергетические установки, принцип действия которых основан на переносе тепловой энергии от источника низкопотенциальной тепловой энергии (с низкой температурой) к потребителю (теплоносителю) с более высокой температурой.

Такие устройства уже более четверти века с успехом используются в быту и промышленности в США и Западной Европе. Причем во многих городах работают сотни крупных сооружений, обладающих значительной мощностью. Сегодня тепловые насосы обеспечивают теплом Стокгольм, используя в качестве низкопотенциального источника тепла Балтийское море с температурой воды всего +8°С. В Швеции тепловые насосы обеспечивают половину общей потребности в тепловой энергии, в США – 37%. В России с 1992 года установлено более 700 тепловых насосов, которые обеспечивают менее 0.1% общей потребности в тепловой энергии (Васильев, Шилкин, 2003).

По прогнозам Мирового энергетического комитета (МИРЭК) (World Energy Committee (WEC)), примерно к 2020 г. большинство развитых стран мира может перейти к теплоснабжению на основе использования тепловых насосов (Елистратов, 2013).

Проектирование, выбор определенного типа теплового насоса, глубины установки грунтовых зондов зависят от температурного режима грунта или водного бассейна. Территория, занятая многолетней мерзлотой, в том числе и “островной”, считалась ранее непригодной для использования тепловых насосов. Однако в настоящее время разрабатываются способы использования низкопотенциального тепла и на многолетней мерзлоте.

К числу климатических характеристик, влияющих на условия эффективного использования тепловых насосов в том или ином районе, следует отнести глубину сезонного промерзания почвы и среднюю годовую температуру воздуха. Кроме того, необходимо знать теплопотери зданий, для которых планируется отопление тепловым насосом, температуру воздуха, соответствующую точке баланса, т. е. температуру, для которой теплопотери дома равны производительности теплового насоса.

Опыт показывает, что тепловой насос может покрывать 70–90% общей годовой потребности в энергии для отопления и горячего водоснабжения. Например, тепловой насос при коэффициенте преобразования 3.5–4.0 потребляет электричества 3.0–2.5 кВт, а выделяет 10 кВт тепловой энергии для обогрева батарей или теплых полов, а также для нагрева воды для бытового потребления. При низких температурах зимой тепловой насос применяется с пиковым источником, которым он укомплектован или в сочетании с имеющимся котельным оборудованием (Васильев, 2006).

OD-2-1-3n 12/15/14 5:23 PM Page 848

Использование тепловых насосов позволяет обеспечить потребности в тепловой энергии без загрязнения окружающей среды вредными выбросами и чрезмерного потребления природных ресурсов. Тепловые насосы не выбрасывают в атмосферу ни углекислый газ, ни иные продукты горения. Системы тепловых насосов сегодня считаются более "чистыми" в экологическом плане, чем самые современные высокоэффективные газовые котлы. Это подтверждает сравнительный анализ воздействия на окружающую среду тепловых насосов и газовых котлов по годовым эксплуатационным показателям сгорания, объемам выбросов в атмосферу CO_2. Так, например, тепловой насос с показателем SEER – 3.0 (коэффициент сезонной производительности) по сравнению с газовым котлом, имеющим коэффициент годовой производительности на уровне 90% (уровень чрезвычайно высокий и труднодостижимый), выбрасывает в атмосферу CO_2 на 40% меньше, чем котел той же мощности за аналогичный промежуток времени (Laue, 1999).

По результатам оценок, полученных с помощью моделей общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО), на большей части территории России (без учета зоны многолетней мерзлоты) при наблюдаемом росте температуры воздуха использование тепловых насосов в качестве отопительных систем к середине XXI века станет еще более выгодным (Елистратов и др. (ред.), 2010). Однако в зарубежных исследованиях отмечается, что в некоторых энергетических установках изменение температуры окружающей среды может повлиять на отвод тепла и, возможно, будет неблагоприятно воздействовать на производство энергии (Hiriart, 2007).

6.3.7. Адаптации

Возобновляемые источники энергии являются ключевым инструментом в адаптации к изменяющемуся климату планеты. Программы адаптации, направленные на использование возобновляемых источников энергии, должны предусматривать комплекс научно-технических и организационно-управленческих мер.

Для России возобновляемые источники энергии – тема весьма непростая (www.ifc.org/wps/wcm/connect/.../Green+Giant+RUS.pdf?MOD=AJPERE).

С одной стороны, выражена политическая воля увеличивать использование ВИЭ и намечена цель: довести к 2020 году долю производства и потребления электрической энергии, вырабатываемой на основе использования технологий ВИЭ, до 2.5% от общего объема (цифра скорректирована распоряжением Правительства № 512-р от 3 апреля 2013 г. против 4.5%, заявленных ранее (Распоряжение Правительства…, 2009)). С другой стороны, конкретные меры поддержки разрабатываются очень медленно. Сегодня, спустя более двух лет после объявления целевых показателей, все еще отсутствует нормативно-правовая база, способная сделать инвестиции в ВИЭ в России экономически эффективными.

Необходимость использования ВИЭ в России в части защиты окружающей среды, экономики и энергетической безопасности очевидна. Любые задержки в принятии мер поддержки ВИЭ приведут к повышению стоимости достижения целевых показателей и к непрямым затратам, связанным с упущенной выгодой от использования генерации на основе ВИЭ.

Необходима детальная проработка законодательства по развитию и использованию возобновляемых источников энергии, чтобы адаптировать оптовый рынок электроэнергии под участие объектов ВИЭ. Для повышения конкурентоспособности объектов на базе ВИЭ необходимо подтвердить значимость объектов ВИЭ в Генеральной схеме размещения объектов электроэнергетики. В настоящее время генерирующие объекты ВИЭ неконкурентоспособны на оптовом рынке электроэнергии. Правила торговли электрической энергией и мощностью не адаптированы к особым характеристикам функционирования большинства генерирующих объектов ВИЭ. Федеральный закон "Об электроэнергетике" явным образом не определяет механизм поддержки ВИЭ на розничном рынке.

Есть примеры реализации региональной политики в области ВИЭ на розничном рынке, например, в Белгородской области. Одним из механизмов поддержки ВИЭ на региональном уровне может быть установление минимального уровня тарифов на электрическую энергию по типам

OD-2-1-3n 12/15/14 5:23 PM Page 849

объектов ВИЭ, исходя из методики определения экономически обоснованных капитальных затрат. Такие тарифы могут быть с достаточной степенью точности определены и установлены на долгосрочной период.

6.3.8. Заключение

Все возобновляемые источники энергии в той или иной степени основываются на климатическом потенциале региона, в котором предполагается их использование.

Во многих субъектах Российской Федерации имеются два-три вида ВИЭ, при комплексном использовании которых удаленные не электрифицированные потребители могут быть в значительной степени обеспечены энергоресурсами.

Регионы Крайнего севера (от Кольского полуострова до Камчатки), прибрежные зоны Северного Ледовитого и Тихого океанов, Балтийского и Каспийского морей обладают значительными энергоресурсами ветра. Зоны с благоприятными климатическими условиями для использования солнечной энергии (ежегодный приход солнечной радиации – более 1000 кВт · ч на м^2) составляют больше половины территории России, где проживает около 49 млн сельских жителей и производится около 60% валового объема сельскохозяйственной продукции. Горные районы Сибири, Дальнего Востока, Кавказа обладают значительными гидроэнергетическими ресурсами малых рек (технический потенциал микро- и малых ГЭС мощностью до 200 кВт оценивается в 86.3 млрд кВт · ч/год). Месторождения термальных вод в районах Северного Кавказа, Камчатки, Сибирского плоскогорья и некоторых районов Дальнего Востока оцениваются в 20 млн м^3 в сутки при температуре от 50 до 250°С. Отходы растениеводства и животноводства, которые частично используются в качестве топлива, составляют около 340 млн т в год.

Несмотря на наличие в России больших ресурсов различных видов ВИЭ, масштабного использования возобновляемых источников энергии пока нет, однако в настоящее время придается определенный импульс их развитию. Так, если общая доля ВИЭ всех видов в суммарной выработке тепловой энергии в России в 2007 году составила около 5%, а электрической (без крупных ГЭС) – около 0.9%, то к 2020 г. она должна возрасти до 2.5%.

Солнечная энергия. Основными характеристиками солнечных энергетических ресурсов в заданном районе являются продолжительность солнечного сияния, количество прямой и суммарной солнечной радиации, поступающей на земную поверхность.

Вся южная часть России обладает достаточно высокими солнечными ресурсами, которые могут быть использованы для выработки электрической и тепловой энергии. Особо следует отметить высокий солнечный потенциал Якутии, где в апреле и мае месячные суммы суммарной солнечной радиации в ее северных районах так же высоки, как на северном Кавказе и в Астраханской области – более 165 кВт · ч/м^2 (600 МДж/м^2).

При будущем климате, рассчитанном как средний по ансамблю моделей АН_31 в условиях сценария антропогенного воздействия на климатическую систему RCP 4.5 для трех периодов времени – 2011–2030 гг., 2041–2060 гг. и 2080–2099 гг., изменение годового прихода суммарной солнечной радиации во все три периода по отношению к базовому периоду 1981–2000 гг. будет практически одинаковым. Территория ЕЧР, южная половина Уральского и Сибирского Федеральных Округов будут в зоне довольно слабой положительной аномалии (2–4%), а восточные регионы – в зоне отрицательной. В Дальневосточном Федеральном Округе к концу века ожидается более глубокая отрицательная аномалия (до –4...–6%).

Перспективы использования энергии солнца в России, в основном, связываются с выработкой тепловой энергии на базе плоских солнечных коллекторов.

В областях Южного и Северо-Кавказского Федеральных Округов, обладающих высоким солнечным потенциалом, удельная выработка тепловой энергии солнечным коллектором с жидким теплоносителем за безморозный период составляет 850–900 кВт · ч/м^2. В более северных густонаселенных промышленных областях России (до 60° с.ш.), где весьма актуальным является вопрос об энергосбережении, удельная выработка тепловой энергии составляет 500–700 кВт · ч/м^2, и также имеется возможность применять солнеч-

OD-2-1-3n 12/15/14 5:23 PM Page 850

ные коллекторы в качестве приставок для котельных и ТЭЦ и для разработок новых современных проектов в строительстве.

Коэффициент замещения нагрузки горячего водоснабжения за счет солнечной энергии в средних широтах России составляет 55–60%, а в южных – более 75%.

Происходящие изменения климата могут повлиять на эффективность работы солнечных энергетических установок, в частности, на выработку тепловой энергии солнечными коллекторами, которая напрямую зависит не только от количества солнечной радиации, поступающей на его приемную поверхность, но и температуру окружающего воздуха.

В первые десятилетия XXI века возможно небольшое увеличение удельной выработки тепловой энергии на ЕЧР и в Западной Сибири (от 20 до 40 кВт · ч/м^2), а на побережье Охотского моря и на Чукотке применение солнечных коллекторов станет не рентабельным, поскольку удельная выработка может снизиться на 10 кВт · ч с квадратного метра установки. Прогнозируемый рост температуры воздуха не сможет компенсировать эффект снижения потока солнечной радиации. К середине XXI столетия и, особенно, к его концу, согласно оценке будущего климата, рост температуры будет более интенсивный, что положительно скажется на работе солнечных коллекторов даже в Дальневосточном Федеральном Округе. Особенно благоприятные условия для широкого использования тепловых солнечных установок будут в западных и южных районах ЕЧР, где удельная выработка тепловой энергии увеличится более, чем на 50–60 кВт · ч с каждого квадратного метра установки.

Ветровая энергия. Богатый ветроэнергетический потенциал во многих районах России создает все предпосылки к ускоренному развитию и внедрению ветроэнергетических станций и установок.

Хорошо обеспечены ветроэнергетическими ресурсами окраинные округа – Северо-Западный, Сибирский, Дальневосточный. Особенно большим ветроэнергетическим потенциалом обладают районы вдоль берегов Карского, Берингова и Охотского морей. Федеральные Округа с развитой индустрией и большой плотностью населения (Центральный, Южный) характеризуются меньшим ветропотенциалом, но районы Среднего и Нижнего Поволжья, степные районы Западной Сибири также богаты ветровыми ресурсами. Исследование временной изменчивости скорости ветра за период 1960–2000 гг. показало, что в последние 15–20 лет этого периода уменьшились скорости ветра на большей части территории России, увеличилась повторяемость слабых ветров (так называемых “энергетических” затиший), уменьшилась повторяемость “буревых” скоростей. Исключения наблюдались в прибрежных зонах (побережья Камчатки и Приморского края, о. Сахалин, побережья Ладоги и Финского залива), где мало изменилась повторяемость диапазона “энергоактивных” скоростей ветра (≥ 5 м/с), т. е. умеренных ветров, при которых происходит выработка основной доли энергии.

Были проведены специальные расчеты изменений среднегодовой скорости ветра у поверхности земли (h = 10 м), рассчитанные на ближайшие десятилетия (2021–2040 гг.) и середину XXI века (2041–2060 гг.). Климат рассчитывался как средний по ансамблю из 25 МОЦАО CMIP5, а изменения в среднегодовой скорости ветра – в % от значения базового периода 1991–2010 гг. (Мелешко, Говоркова, 2013). Существенных изменений в приземных скоростях ветра на большей части территории России в ближайшие десятилетия XXI века при этих расчетах обнаружено не было.

В первой половине XXI в. снижение приземной скорости ветра в континентальной части России составит не более 5%, в отдельных областях восточной части ЕЧР, на Урале и в центре АЧР – до 10%. На побережьях северных морей, в Магаданской области, на Чукотке, на побережье Охотского моря скорости ветра возрастут до 5–10%. Наибольший рост ожидается в прибрежных северных районах ЕЧР – до 10–15%, а на Кольском полуострове до 20%. Аналогичный характер поля приземного ветра сохранится и к середине XXI века.

Для России в области ветроэнергетики наиболее перспективным является развитие малой автономной ветроэнергетики (до 100 кВт на базе ВЭУ с номинальной мощностью порядка 1–30 кВт), автономной ветроэнергетики средней мощности (0.1–1 МВт на базе ВЭУ с номиналь-

OD-2-1-3n 12/15/14 5:23 PM Page 851

ной мощностью 100–800 кВт, работающих параллельно с дизельными электростанциями и малыми ГЭС), сетевой ветроэнергетики (2 МВт и выше на базе ВЭУ с мощностью порядка 1 МВт).

Биоэнергия. Биомасса или биоресурсы — мощный потенциальный мировой источник топлива и энергии. В России биоэнергетика находится в начальной стадии развития (доля биотоплива в российской малой энергетике составляет пока всего 0.5%). Однако возможности для ее развития в РФ значительны. Ежегодно в России по разным отраслям народного хозяйства производится до 300 млн т отходов биомассы (по сухому веществу). Энергетический потенциал указанного количества отходов составляет 190 млн т.у.т. Реально можно получать в год до 45 млн т.у.т. Переработка такого количества отходов только по биогазовым технологиям может дать до 80 млрд м^3 биогаза, что эквивалентно 56 млрд м^3 природного газа.

Будущий технический потенциал биоэнергетики может находиться под влиянием изменения климата через воздействие на производство биомассы, например, через изменившиеся почвенные условия, осадки, урожайность сельскохозяйственных культур и другие факторы. Ожидается, что общее влияние изменения средней глобальной температуры менее чем на 2°C на технический потенциал биоэнергии в глобальном масштабе будет относительно небольшим. Влияние происходящих изменений климата на ресурсный потенциал биомассы изучено пока недостаточно и, вероятно, оно в разных регионах будет различным. Производство биоэнергии зависимо не только от изменения климата. Оно характеризуется сложным взаимодействием с социальными и экологическими системами.

Геотермальная энергия. Геотермальная энергия представляет собой естественное тепло планеты. При использовании тепла Земли можно выделить два вида энергии – высокопотенциальную и низкопотенциальную. Большие запасы подземных термальных вод находятся в Дагестане, Чечне, Ингушетии, Северной Осетии, Ставропольском и Краснодарском краях, на Камчатке и ряде других районов России.

В последние годы в России создано высокоэффективное энергетическое оборудование, введены в эксплуатацию Паужетская и Мутновская ГеоТЭС. В Краснодарском крае эксплуатируется 12 геотермальных месторождений.

Геотермальную энергию можно использовать не только для выработки электроэнергии, но и других целей: систем отопления помещений, обогрева теплиц, горячего водоснабжения, полива, сушки древесины и др. Однако использование высокопотенциального тепла Земли ограничено районами с определенными геологическими параметрами.

В последнее время широкое распространение получило использование низкопотенциального тепла земли на базе тепловых насосов. Проектирование, выбор определенного типа теплового насоса, глубины установки грунтовых зондов зависят от температурного режима грунта или водного бассейна. На температурный режим верхних слоев грунта и тепловые процессы, определяющие характеристики грунта как источника низкопотенциальной тепловой энергии, оказывает влияние влага атмосферных осадков, а также грунтовые воды, от которых зависит влажность грунтового массива и миграция влаги в его поровом пространстве.

По результатам оценок, основанных на моделях МОЦАО, на большей части территории России (без учета зоны многолетней мерзлоты) при наблюдаемом росте температуры воздуха использование тепловых насосов в качестве отопительных систем к середине XXI века станет более рентабельным. В зарубежных исследованиях также отмечается, что постепенное повышение температуры окружающей среды, связанное с изменением климата, не окажет существенного влияния на работу тепловых насосов. Однако в некоторых энергетических установках резкие изменения температуры могут повлиять на отвод тепла и, возможно, будут неблагоприятно воздействовать на производство энергии.

Развитие новых энергетических направлений на базе ВИЭ в России, помимо большого энергетического, экономического, экологического эффекта, может оказать позитивное воздействие на возрождение и дальнейшее повышение технологического и индустриального уровня страны.

OD-2-1-3n 12/15/14 5:23 PM Page 852

6.3.9. Литература

Бальзаминов М. И., Елистратов В. В., 2008. Возобновляемые источники энергии: аспекты комплексного использования, Саратов, Изд-во Офорт, 305 с.

Безруких П. П., Стребков Д. С., 2005. Возобновляемая энергетика: Стратегия, ресурсы, технология. М., ГНУ ВИЭСХ, 264 с.

Безруких П. П. (ред.), 2007. Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии России и местным видам топлива (показатели по территориям), М., ИАЦ Энергия, 272 с.

Безруких П. П., 2012. О роли ВИЭ в устойчивом развитии и энергоэффективности, Сборник трудов 9 Международной конференции "Возобновляемая и малая энергетика 2012", М., Комитет ВИЭ РосСНИО, с. 166–180.

Бекман У., Клейн С., Даффи Дж., 1982. Расчет систем солнечного теплоснабжения, М., Энергоиздат., 78 с.

Белокрылова Т. А., 1989. Об изменении скоростей ветра на территории СССР, Труды ВНИИГМИ МЦД, вып. 150, с. 38–47.

Бутузов В. А., Шетов В. Х., 2008. Возобновляемые источники энергии. Региональный опыт Краснодарского края, Энергосбережение, № 6, с. 81–83.

Бутузов В. А., Томаров Г. В., Шетов В. Х., 2011. Модернизация геотермальной системы теплоснабжения, Энергосбережение, № 3, с. 78–81.

Борисенко М. М, Стадник В. В. (ред.), 1997. Атлас ветрового и солнечного климатов России, СПб, 173 с.

Борисенко М. М., Гобарова Е. О., Жильцова Е. Л., 2008. Оценка ветроэнергетических ресурсов на территории России, Труды ГГО, вып. 557, с. 53–66.

Васильев Г. П., Шилкин Н. В., 2003. Использование низкопотенциальной тепловой энергии Земли в теплонасосных системах, АВОК, № 2, с. 52–61.

Васильев Г. П., 2006. Теплоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев Земли, М., изд. дом "Граница", 176 с.

Виссарионов В. И., Дерюгина Г. В., Кузнецова В. А., Малинин Н. К., 2008. Солнечная энергетика. М., Изд. дом МЭИ, 276 с.

Дмитриев Г. С., 2004. Что несет с собой развитие ветроэнергетики (экологические аспекты), Энергия, № 8, с. 11–19.

Доклад Консультативного совета Германии по глобальным проблемам (WBGU), 2003. ("World in Transition – Towards Sustainable Energy Systems").

Елистратов В. В., Кобышева Н. В., Сидоренко Г. И. (ред.), 2010. Климатические факторы возобновляемых источников энергии, СПб, Наука, 235 с.

Елистратов В. В., 2013. Возобновляемая энергетика, СПб, Наука, 307 с.

Кобышева Н. В. (ред.) и др. , 2001. Климат России, СПб, 655 с.

Ковалев Ф. Ф., Нажевникова А. Н., 1990. Технологические линии утилизации отходов животноводства в биогаз и удобрения, М., Агропромиздат, 241 с.

Мелешко В. П., Говоркова В. А., 2013. Успешность расчета современного регионального климата с помощью ансамбля моделей CMIP3 и CMIP5, Труды ГГО, вып. 568, с. 26–50.

Мелешко В. П., Катцов В. М., Мирвис В. М., Говоркова А. А., Павлова Т. В., 2008. Климат России в XXI веке. Часть 3: Будущие изменения климата, рассчитанные с помощью ансамбля моделей общей циркуляции атмосферы и океана CMIP3, Метеорология и гидрология, № 9, с. 5–19.

Николаев В. Г., Ганага С. В., Кудряшов Ю. И., 2008. Национальный кадастр ветроэнергетических ресурсов России и методические основы их определения, М., Изд. "Атмограф", 584 с.

Николаев В. Г., Ганага С. В., Кудряшов Ю. И., Вальтер Р., Виллемс П., Санковский А. Г., 2009. Перспективы развития возобновляемых источников энергии в России. Результаты проекта TACIS Europe Aid/116951/C/SV/RU/, М., Изд. "Атмограф", 456 с.

Оценочный доклад об изменении климата и их последствиях на территории Российской Федерации, 2008. т. 1. Изменения климата, М., Росгидромет, 227 с.

OD-2-1-3n 12/15/14 5:23 PM Page 853

Панцхава Е. С., Пожарнов В. А., 2003. Высокорентабельные биогазовые технологии. Перспективы внедрения в России и их роль в экономике сельскохозяйственного производства, Сб. докладов МНТК "Возобновляемая энергетика", СПб, СПбГПУ, с. 122–128.

Пивоварова З. И., 1977. Радиационные характеристики климата СССР, Л., Гидрометеоиздат, 335 с.

Пивоварова З. И., Стадник В. В., 1988. Климатические характеристики солнечной радиации как источника энергии на территории СССР, Л., Гидрометеоиздат, 291 с.

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

Стадник В. В., Разгоняев Ю. В., 2008. Оценка суммарного прихода суммарной радиации, поступающей на наклонные поверхности, Труды ГГО, вып. 557, с. 67–84.

Стадник В. В. и др., 2013. О возможности совместного использования сумм солнечной радиации, полученных разными способами, Труды ГГО, вып. 569, с. 148–158.

Старков А. Н., Ландберг Л., Безруких П. П., Борисенко М. М., 2000. Атлас ветров России, М., Можайск–Терра, 560 с.

Стребков Д. С., 1993. О развитии солнечной энергетики в России, Труды международного симпозиума "Автономная энергетика сегодня и завтра", СПб, с. 36–39.

Статистический сборник. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2007. М., Федеральная служба государственной политики, 991 с.

Тарнижевский Б. В., 1996. Оценка эффективности применения солнечного теплоснабжения в России, Теплоэнергетика, № 5, с. 15–18.

Тарнижевский Б. В., Шмидт И. А., Додонов Л. Д. и др., 2001. Методика и результаты расчета выработки энергии солнечными фотоэлектрическими установками, Изв. РАН, Энергетика, № 6, с. 27–37.

Чернокульский А. В., 2012. Гелиоэнергетика и изменение климата, Академия Энергетики, т. 5, № 49, с. 36–40.

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

Bain R. L., 2007. World Biofuels Assessment, Worldwide Biomass Potential: Technology Characterizations, National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO, USA, 140 pp.

Bloom A., Kotroni V., Lagouvardos K., 2008. Climate change impact of wind energy availability in the Eastern Mediterranean using the regional climate model PRECIS, Natural Hazards and Earth System Sciences, vol. 8, pp. 1249–1257.

Breslow P. B., Sailor D. J., 2002. Vulnerability of wind power resources to climate change in the continental United States, Renewable Energy, vol. 27, pp. 585–598.

Burnett D., Harrison G., 2009. Climate Change and The UK Solar Energy Resource, Institute for Energy Systems The University of Edinburgh.

Crook J. A., 2011. Climate change impacts on future photovoltaic and concentrated solar power energy output, Energy and environmental science, vol. 4, pp. 3101–3109.

Gale J., Kaya Y., 2003. A life cycle analysis of biomass energy system tanking [sic] sustainable forest management into consideration .In: Greenhouse Gas Control Technologies – 6th International Conference, Kyoto, Japan, 1–4 October 2002. Pergamon, Oxford, pp. 1383–1388.

Geyer M., Quaschning V., 2000. Solar thermal power, Renewable Energy World, July–Aug., 2000, pp. 184–191.

Hiriart G., 2007. Impacto del cambio climatico sobre la generaciyn elqctrica con fuente de energia geotermica (Impact of climate change on power generation from geothermal energy source). In:. Escenarios de energias renovables en Mexico bajo cambio climatico, pp. 83–105.

Hoogwijk M. et al., 2005. Potential of biomass energy out to 2100, for four IPCC SRES land-use scenarios, Bimass and Bioenergy, 29 (4), 225–257.

Hoogwijk M., Supersberger N., von Winterfeld U., Samadi S., 2009. Role Potential of Renewable

OD-2-1-3n 12/15/14 6:45 PM Page 854

Energy and Energy Effi ciency for Global Energy Supply. Climate Change, 18. Federal Environment Agency, Dessau-Rosslau, Germany, 336 pp.

IPCC, 2011: Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Chapter 3. Direct Solar Energy. pp. 341–343.

Martinez A. T. et al., 2007. Scenarios de energias renovable en Mexico bajo cambio climatico, Instinuto de ecologia, A.C.

Palutikof J. P., Guo X., Halliday J.A., 1992. Climate variability and the UK wind resource, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, vol. 39, pp. 243–249.

Palutikof J. P., Kelly P. M., Davies T. D., Halliday J. A., 1987. Impacts of spatial and temporal windspeed variability on wind energy output, Journal of Climate and Applied Meteorology, vol. 26, pp. 1124–1133.

Pryor S. C., Barthelmie R. J., Kjellstrom E., 2005. Potential climate change impact on wind energy resources in northern Europe: analyses using a regional climate model, Climate Dynamics, vol. 25, pp. 815–835.

Pryor S. C., Schoof J. T., Barthelmie R. J., 2006. Winds of change? Projections of near-surface winds under climate change scenarios, Geophysical Research Letters, vol. 33, L11702.

Pryor S. C., Schoof J. T., 2010. Importance of the SRES in projections of climate change impacts on near-surface wind regimes, Meteorologische Zeitschrift, vol. 19, pp. 267–274.

Sailor D. J., Smith M., Hart M., 2008. Climate change implications for wind power resources in the Northwest United States, Renewable Energy, vol. 33, pp. 2393–2406.

Smeets E. V. W. et al., 2007. A botton-up assessment and review of dlobal bio-energy potentials to 2050, Progress in Energy and Combustion Science, vol. 33, no. 1, pp. 56–106.

Snyder B., Kaiser M. J., 2009. A comparison of offshore wind power development in Europe and the US: Patterns and drivers of development, Applied Energy, vol. 86, pp. 1845–1856.

Trenberth K. E., Fasullo J. T., Kiehl J., 2009. Earth's global energy budget, Bulletin of american meteorological society, March, pp. 311–323.

Walter A., Keuler K., Jacob D., Knoche R., Block A., Kotlarski S., MullerWestermeier G., Rechid D., Ahrens W., 2006. A high resolution reference dataset of German wind velocity 1951–2001 and comparison with regional climate model results, Meteorologische Zeitschrift, vol. 15, pp. 585–596.

Volk T. A, Tharakan P. J., Abrahamson L. P., White E. H., 2003. Greater Potential for Renewable Biomass Energy, BioSciense, vol. 53, no. 7, pp. 60–621.

"Wind Force 12" Summare Results in 2020, 2005. GWEC.

Wolf J., Bindraban P. S., Luijten J. C., Vleeshouwers L. M., 2003. Exploratory study on the land area required for global food supply and the potential global production of bioenergy, Agricultural systems, vol. 76, pp. 841–861.

Глава 6.4. ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ, РАСПОЛОЖЕННЫЕ НА МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЕ

О. А. Анисимов

В. И. Гребенец, Д. А. Стрелецкий

6.4.1. Введение

В России около 65% территории расположено в зоне распространения многолетнемерзлых пород (ММП), которые часто называют многолетней или вечной мерзлотой. Здесь сосредоточено свыше 30% разведанных и более 90% потенциальных запасов углеводородного сырья, находится значительная часть месторождений золота, олова, никеля, меди, каменного угля, торфа, ресурсов леса и пресной воды, а также гидроэнергии (Анисимов и др., 2012). На этой территории расположено около 370 деревень и поселков, более 80% из них находятся в береговой зоне арктических морей. В российской части Арктики имеются города с населением более 100 тыс. человек, крупные речные порты, развитая городская, транспортная и промышленная инфраструктура, в то время как в зарубежной Арктике наиболее распространено компактное проживание людей в небольших поселках и коммунах (Оценочный отчет…, 2010). На рис. 6.4.1 показаны

OD-2-1-3n 12/15/14 6:45 PM Page 855

основные элементы инфраструктуры нефтегазового комплекса в криолитозоне, надежное функционирование которого является важным фактором экономической безопасности страны.

Климатообусловленные изменения многолетнемерзлых грунтов, проявляющиеся в увеличении их температуры, мощности сезонно-талого слоя (СТС) и несущей способности, оказывают негативное воздействие на устойчивость сооружений и могут приводить к их разрушению. Проблема еще более обостряется на урбанизированных территориях криолитозоны, где инженерно-техническое воздействие приводит к изменению условий тепло- и массообмена, физических, тепловых и механических свойств мерзлых грунтов. В городах Севера это вызывает повышение температуры грунтов в зоне их инженерного освоения, активизацию опасных криогенных процессов и развитие массовых деформаций зданий и сооружений (Хрусталев и др., 2011).

В данной главе анализируется современное состояние сооружений в криолитозоне с учетом техногенного и климатического воздействия, выделяются наиболее уязвимые регионы и дается перспективная оценка региональных геокриологических рисков для инфраструктуры в условиях изменения климата.

Используемые в настоящей главе новые данные наблюдений и результаты моделирования будущих климатов на основе глобальных моделей поколения CMIP5 позволяют более полно охарактеризовать современные и прогнозируемые на бу-

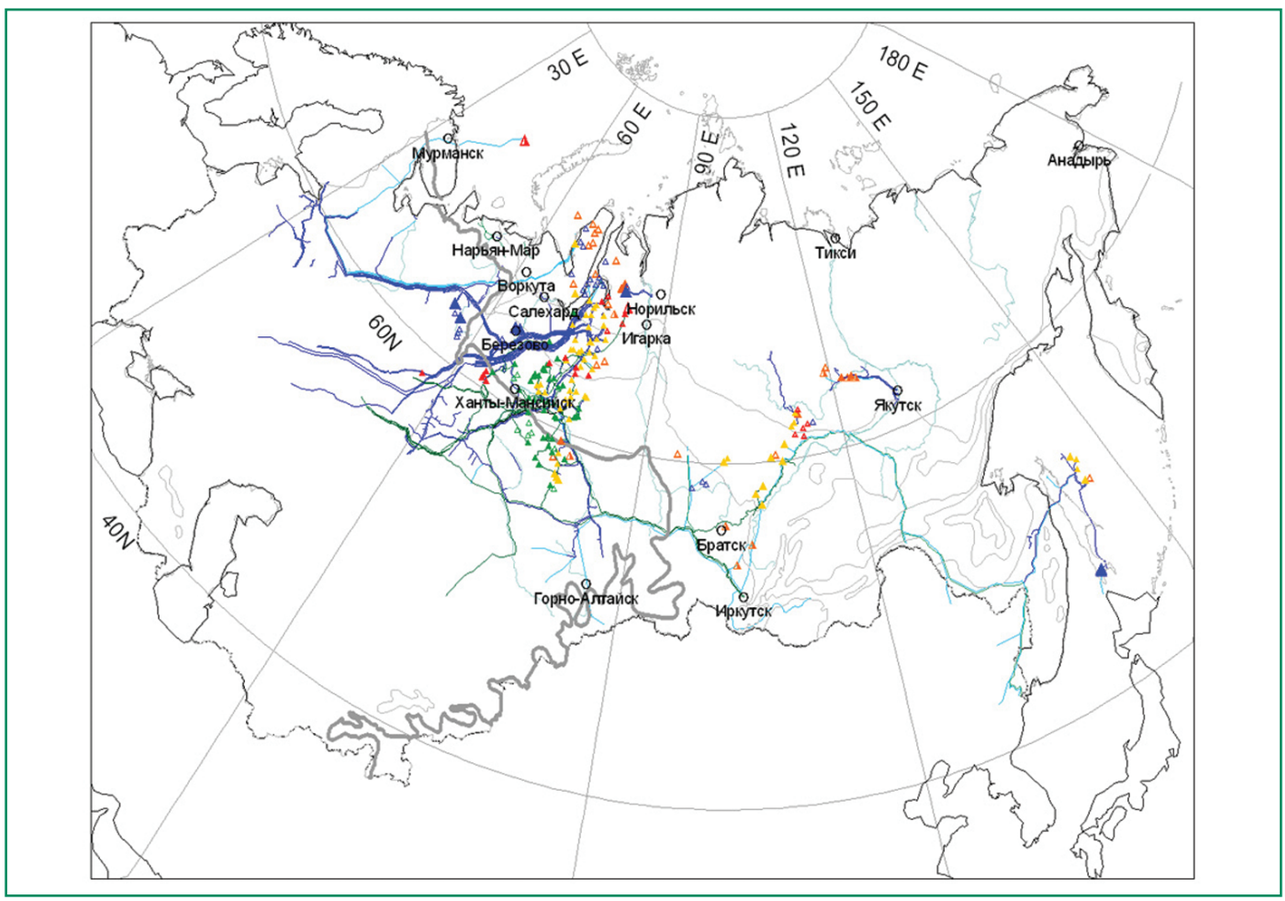


Рис. 6.4.1. Нефтегазовая инфраструктура криолитозоны России. Треугольниками на карте отмечены основные месторождения природного газа (голубой), газоконденсата (желтый), нефти (зеленый), нефтегазовые месторождения (красный); такими же цветами обозначены соответствующие трубопроводы. Границы различных типов многолетней мерзлоты (сплошная, прерывистая, островная) обозначены тонкими контурными линиями; утолщенной серой линией обозначено положение юго-западной границы распространения многолетней мерзлоты на территории России (Оценочный отчет..., 2010).

OD-2-1-3n 12/15/14 6:45 PM Page 856

дущее риски повреждения инфраструктуры, обусловленные таянием многолетнемерзлых грунтов. Исчерпывающей обзор современных методов прогноза состояния ММП на неурбанизированных территориях дан в разделе монографии "Методы изучения последствий изменений климата для физических и биологических систем" (Анисимов и др., 2012).

6.4.2. Краткий итог оценок, содержащихся в ОД_РФ-1

В первом "Оценочном докладе об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации" – ОД_РФ-1 (2008) было уделено большое внимание процессам деградации многолетнемерзлых грунтов и оценке последствий таких изменений, в том числе для зданий и сооружений. Было дано описание методов и моделей, которые используются совместно с перспективными оценками климата для прогнозирования физических параметров состояния многолетнемерзлых грунтов (температуры и глубины сезонного оттаивания). Было показано, что успешность этих методов во многом определяется наличием данных, необходимых для калибровки моделей. В докладе были приведены факты, подтверждающие негативное влияние таяния многолетнемерзлых грунтов на сооружения, расположенные в отдельных городах Крайнего Севере (Норильск, Якутск, Андерма, Воркута, Тикси), а также рассмотрен метод перспективной оценки геокриологических рисков для компонентов инфраструктуры, основанный на расчетном индексе. На основе этого метода при использовании климатической модели GFDL (относящейся к предшествующему поколению моделей по сравнению с современными перспективными оценками CMIP5) криолитозона России была разделена на районы, где к середине XXI века могут возникнуть высокие, средние и низкие риски повреждения инфраструктуры вследствие изменения климата.

С современных позиций представленные в ОД_РФ-1 выводы о влиянии изменения климата на хозяйственные объекты в области распространения ММП отчасти утратили актуальность по трем причинам. Во-первых, в докладе не были отражены результаты многочисленных исследований, согласно которым климат является лишь одним из факторов влияния на инфраструктуру ММП, который сочетается и зачастую усиливает другие факторы, такие как техногенное и прямое антропогенное воздействие. Во-вторых, за прошедшее после публикации ОД_РФ-1 время получены новые данные наблюдений, которые конкретизируют многие общие выводы этого доклада, иллюстрируя их конкретными примерами регионального уровня. И, наконец, изменилась сама парадигма прогностической климатологии. В ней произошел переход от детерминистического к вероятностно-статистическому описанию не только перспективных оценок климата, но и последствий, вызываемых его изменением. На практике это означает отказ от использования перспективной оценки по отдельно взятой модели. В настоящее время императивом является ансамблевый подход, при котором учитываются различные возможные траектории климатической системы и соответствующий им диапазон последствий. Таким образом, необходимой составной частью любого прогностического исследования в настоящее время является оценка неопределенности результатов. Излагаемые ниже материалы соответствуют этим новым методологическим принципам.

6.4.3. Техногенное воздействие на криолитозону

Города на Крайнем Севере – очаги концентрированного техногенного воздействия на ММП. На хозяйственно освоенных территориях развиваются опасные для зданий и сооружений криогенные и гляциальные процессы. Анализ взаимодействия объектов инфраструктуры с ММП дан в обзорной публикации (Instanes et al., 2005). Поскольку многие виды техногенного воздействия вызывают реакцию ММП, близкую отклику на изменение климата, целесообразно рассматривать их как дополнительный фактор дестабилизации многолетнемерзлых грунтов, особенно заметный на урбанизированной территории. Охарактеризуем кратко эти основные виды воздействия, которые в городах испытывают многолетнемерзлые грунты.

Механические воздействия. Разработка грунтов для фундаментов, устройство карьеров и выемок, прокладка шахт и штолен проводят к изме-

OD-2-1-3n 12/15/14 6:45 PM Page 857

нению прочностных свойств и сплошности мерзлых грунтов. Сооружение отвалов и техногенных подсыпок способствует новообразованию мерзлых пород или их деградации.

Техногенное засоление и подтопление. Сброс на поверхность неочищенных стоков, аварийные утечки из коммуникаций и проникновение загрязнителей в сезонно-талый слой. Заметное (иногда – чрезмерное) изменение геохимического фона характерно для Воркуты, Игарки и многих других городов криолитозоны. Например, для грунтовой влаги в СТС Норильска, где расположены крупнейшие в мире заводы цветной металлургии, характерна почти повсеместная сульфатно-хлоридная агрессия по отношению к бетону фундаментов. При этом максимальное засоление отмечается на территориях, застроенных в наиболее ранние сроки – до 21 мг/л в песках на территории Никелевого завода, построенного в 1940 г. (Гребенец, 1998). Химическое загрязнение грунтов понижает температуры их замерзания, способствует увеличению глубины СТС, протаиванию сильнольдистых горизонтов и развитию термокарста.

Изменение условий теплообмена через поверхность. Практически все промышленные зоны городов Севера лишены растительного покрова и, как правило, имеют асфальтовое покрытие. Асфальт способствует увеличению потока тепла в грунт за счет летнего нагревания и выхолаживанию зимой при уборке снега. Наблюдения показали (Grebents, 2003), что на участках постоянного снегоскладирования температура мерзлых пород на глубине нулевых годовых амплитуд на 2–3°С выше, чем под дорогами, с которых постоянно убирается снег.

Устройство проветриваемых подполий способствует понижению температуры грунтов за счет затенения летом и отсутствия снега зимой. При правильной эксплуатации холодных проветриваемых подполий температура пород может понизиться на 2–4°С (Основы геокриологии, 1999). Однако в их эксплуатации отмечаются многочисленные нарушения: отсутствие твердого водонепроницаемого покрытия и водоотводящих лотков, аварии санитарно-технических сетей, недостаточное количество продухов в проветриваемых подпольях или их снегозанос, заниженность отметок многих подполий и превращение их в водосборники. Около 85% обследованных зданий в г. Дудинка имели серьезные нарушения в эксплуатации холодных подполий (Grebenets, 2008). Это способствует деградации многолетнемерзлых грунтов, выражающейся в образовании локальных таликов или зон отепления.

Техногенные подсыпки без горизонтальных противофильтрационных экранов, в целом, негативно влияют на мерзлоту (Grebenets, 2003). Подсыпки состоят из плохо отсортированных отходов производств, щебня, гальки, песка; сюда попадает строительный мусор и снег. Перекрывая мохово-растительный покров, они препятствуют осуществлению его теплоизолирующей функции, что способствует увеличению теплопотока в грунты. Кроме того, значительные коэффициенты фильтрации материала подсыпок (10–50 м/сут) обеспечивают проникновение через подсыпку поверхностных вод. Например, построенные в 1975–1980 гг. жилые девятиэтажные здания по ул. Лауреатов в г. Норильске, в основаниях которых были устроены мощные (от 2–3 до 8–10 м) техногенные подсыпки, спустя несколько лет имели существенные деформации, связанные с потерей несущей способности грунтов. Это было обусловлено повышенной, по сравнению с расчетной, температурой грунтов ниже подсыпок, диапазон которой составил от +2°С до –2.5°С (Гребенец, 2001).

Тепловое воздействие. Дополнительное поступление тепла в грунт (тепловыделения промышленных предприятий, жилых зданий и коммуникаций, сброс воды от производств и при прорыве труб, отсутствие ливневой канализации и др.) приводит к деградации ММП. Особый вклад в отепление вносят мощные тепловыделяющие коллекторы для инженерных коммуникаций.

В Талнахе, Воркуте, Дудинке и в ряде других крупных городов подземные коллекторы взаимосвязаны и представляют собой мощную решетчатую техногенную систему, заглубленную на 4–6 м в грунт. Натурные наблюдения показали (Grebenets, 2003), что внутри существующих коллекторов фиксируется положительная среднегодовая температура, формируются ореолы оттаивания. Зимой в коллекторах нередко образуются наледи, а летом происходит сток талых и сточных вод. При надземной прокладке коммуникаций (например, в поселках Ямбург и Новозаполярный) удается избежать теплового влияния.

OD-2-1-3n 12/15/14 6:45 PM Page 858

В инженерной геокриологии принято считать, что изменение климата является лишь одним, причем не основным, фактором, определяющим динамику ММП в городах Заполярья. Состояние, температура, несущая способность грунтов, величина морозного выпучивания опор, сезонное оттаивание, активность криогенных процессов определяются рядом факторов, которые можно объединить в три блока: 1) геокриологический (характеристики и свойства мерзлоты в естественном состоянии до застройки); 2) геотехнический (градостроительные характеристики, тип техногенного воздействия, интенсивность и площадь его контакта с мерзлотой); 3) временной (длительность воздействия, климатические изменения) (Гребенец, 2007). Факторы зачастую воздействуют разнонаправленно, разномасштабно и несинхронно, что приводит к мозаичности изменений в многолетнемерзлых грунтах на урбанизированных территориях.

Характерен пример Норильского региона. При анализе изменения температуры наружного воздуха по данным метеостанций Норильска (период 1933–2005 гг.) и Диксона (1917–2003 гг.) в регионе не установлено заметных трендов к потеплению климата, при этом, температура мерзлых пород на глубине нулевых годовых колебаний варьировала до застройки (1940-е годы) в пределах от –0.1…–0.5 до –6…–7°С., а средняя температура грунтов в пределах Норильска составляла –3°С (Гребенец, Садовский, 1993). Однако в 2005 г. она повысилась до –2.5°С, при этом на 30 % территории сформировались обширные зоны отепления (вплоть до образования мощных техногенных таликов). Интенсивно развиваются термокарстовые процессы (вызывающие провалы асфальтовых покрытий). В связи с увеличением глубин сезонного оттаивания на застроенных территориях усилилось морозное пучение грунтов и выпучивание фундаментов. Поле температуры грунтов в г. Норильске чрезвычайно контрастно, см. рис. 6.4.2 (Гребенец, Ухова, 2008).

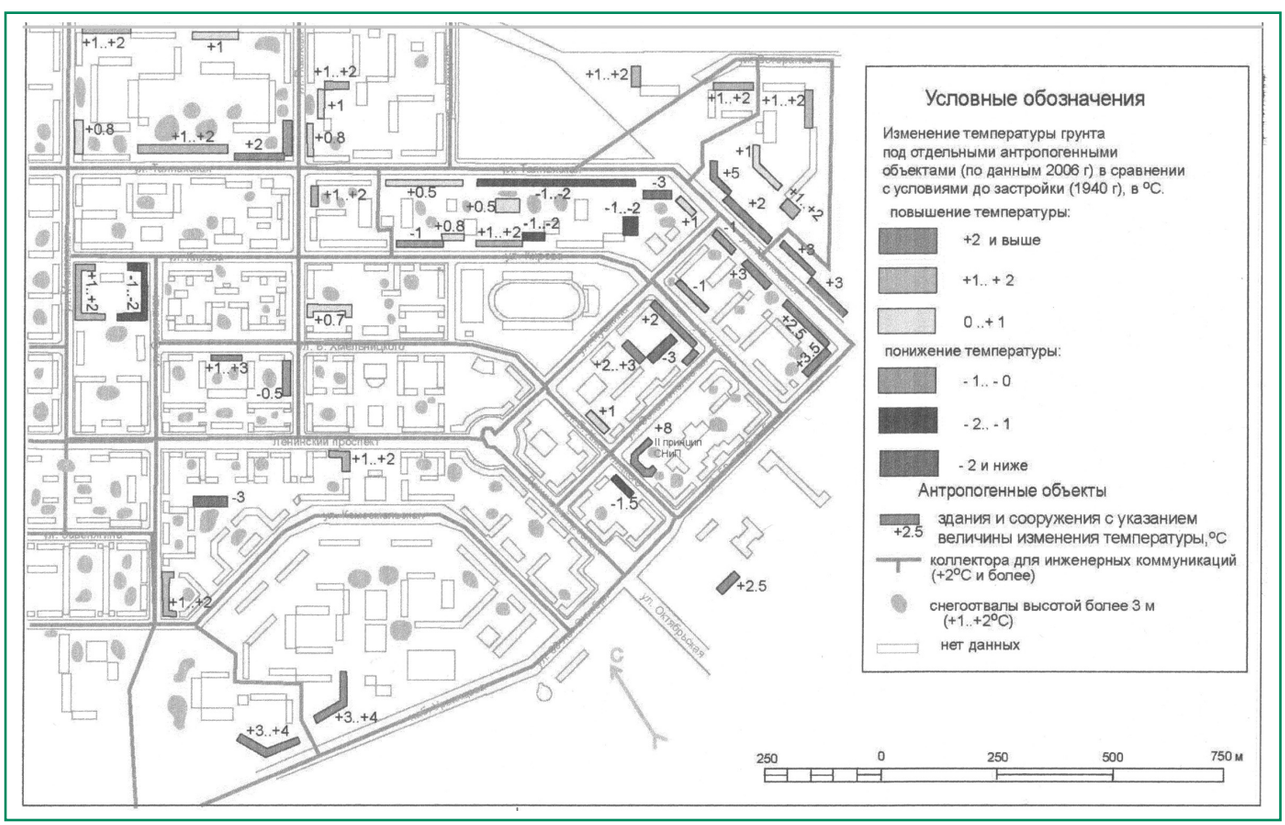


Рис. 6.4.2. Изменение температуры грунтов на глубине 10 м в восточной части г. Норильска по состоянию на 2006 г. в сравнении с 1940 г. (Гребенец, Ухова, 2008).

OD-2-1-3n 12/15/14 6:45 PM Page 859

Техногенные воздействия являются причиной изменения температуры по глубине. Например, наблюдения в глубокой скважине в центре г. Норильска показали, что в интервале глубин 20–60 м температура многолетнемерзлых пород повысилась за период 1955–1985 гг. на 0.5–1°С. Измерения температуры грунта в скважине глубиной 135 м на окраине Норильска выявили ее увеличение на 2°: от –3.5...–4°С до –1.5…–2°С в интервале глубин 20–90 м за последние 50 лет. Повышению температуры мерзлых пород и их деградации в Норильске – крупнейшем городе Заполярья – способствовали:

1) включение в единый мерзлый, достаточно холодный массив подземной тепловыделяющей решетчатообразная системы коллекторов для инженерных коммуникаций, создавшей обширные (от 3–5 м до 18–21 м по глубине) зоны протаивания и еще большие зоны отепления грунтов (Гребенец, 1991);

2) механизированное перераспределение снежных отложений с ежегодным формированием (на фактически одних и тех же дворовых участках или поверхностях коллекторов) отвалов высотой от 2–3 м до 7–8 м, которые многократно уменьшили приток зимнего холода в грунты;

3) наличие теплых сооружений с “полами по грунту” или объектов с нарушенным режимом эксплуатации подполий.

6.4.4. Современные разрушения инфраструктуры, обусловленные деградацией ММП

Изменение температурного режима и, соответственно, несущей способности грунтов, активизация опасных криогенных процессов привели к нарастанию деформированности объектов (Стрелецкий и др., 2012). Более 75% всех зданий и сооружений в криолитозоне России построено и эксплуатируется по принципу сохранения мерзлого состояния грунтов оснований: фундаменты вморожены в грунты, и за счет этого обеспечивается требуемая несущая способность. Совместное климатическое и техногенное воздействие приводит к массовым деформациям зданий и сооружений.

В настоящее время деформировано почти 60% зданий и сооружений в Игарке, Диксоне, Хатанге, фактически 100% в национальных поселках Таймырского округа, 22% в Тикси, 55% в Дудинке, 50% в Певеке и Амдерме, около 40% в Воркуте (Кроник, 2001; Гребенец, 2007). Число выявленных деформированных объектов в Норильском районе за последние 10 лет значительно превысило их количество за предыдущие 50 лет (Grebenets et al., 2012). К настоящему времени около 300 крупных сооружений в городах Норильского промышленного района имеют существенные деформации, связанные с ухудшением мерзлотно-геологических условий; более 100 объектов находятся в аварийном состоянии, почти 50 девяти- и пятиэтажных жилых дома, возведенных в 1960–1980-е годы, подверглись в последнее время трудоемкой разборке (рис. 6.4.3).

Активными факторами разрушения подземных конструкций являются техногенное подтопление и засоление грунтов сезонно-талого слоя, что связано с выбросами загрязняющих веществ в окружающую среду (рис. 6.4.4). В условиях г. Норильска мощная толща вечномерзлых грунтов исключает дренирование подземных вод и приводит к сохранению и дальнейшему накоплению агрессивных веществ в слое сезонного промерзания–оттаивания не только в глинистых, но и в песчаных грунтах.

В настоящее время под влиянием техногенных факторов в г. Норильске отчетливо прослеживается тенденция к деградации ММП, так как около 25% элементов городской застройки оказывают отепляющее воздействие на грунты.

Особые мерзлотно-экологические проблемы возникают при уплотнении городской застройки или проведении реконструкции объектов на территориях, где в течение предшествующих лет (или десятилетий) на многолетнемерзлые основания воздействовали различные техногенные нагрузки. Например, при подобной реконструкции в Талнахе (север Красноярского края, сейчас – район Норильска) на месте снесенных зданий (25–30 лет эксплуатации) потребовалось на 50–70% увеличивать глубину заложения в мерзлую зону свайных фундаментов для новых домов. Для Нового Уренгоя, Якутска и некоторых микрорайонов Норильска при повторной застройке участков на месте снесенных деформированных домов серьезной проблемой оказалось наличие

OD-2-1-3n 12/15/14 6:46 PM Page 860



Рис. 6.4.3. Разборка девятиэтажного деформированного жилого дома по ул. Лауреатов в г. Норильске после 21 года эксплуатации, июль 2001 г. (фото В. Гребенец).



Рис. 6.4.4. Выбросы заводами Норильска загрязняющих веществ в окружающую среду; на переднем плане – движущийся техногенный каменный глетчер, угрожающий объектам различного назначения. Июль 2013 г. (Фото Д. А. Стрелецкий).

OD-2-1-3n 12/15/14 6:46 PM Page 861

антропогенных криопэгов, т. е. переохлажденных засоленных подземных вод, сильноагрессивная среда которых вызвала чрезмерно активную коррозию железобетона свай новых зданий.

6.4.5. Воздействие изменения климата на инфраструктуру криолитозоны

6.4.5.1. Транспорт

Потенциально опасная ситуация прослеживается в сфере железнодорожного транспорта. Согласно оценке, приведенной в работе (Кроник, 2001), по состоянию на 1998 г. около 46% насыпи Байкало-Амурской магистрали (БАМ) было подвержено деформациям из-за неравномерного оттаивания ММП, что на 20% выше, чем в 1990 г. На трассе Сейда–Воркута в середине 1970-х гг. и в 1995 г. проводились исследования осадки дорожного полотна в теплый период. Было выявлено его увеличение с 10–15 см до 50 см за 20 лет, что связано с увеличением среднегодовой температуры ММП за этот период от –6° ... –7° до –3°С (Оценочный отчет…, 2010). Железные дороги в Норильске, на Ямале и в районе Нового Уренгоя также находятся в критическом состоянии из-за сильного увеличения сезонных просадок и связанных с этим деформаций (Стрелецкий и др., 2012).

Увеличение мощности СТС приводит к увеличению морозного пучения, что пагубно влияет на дорожное полотно, а также на малонагруженные опоры надземных газопроводов на севере Западной Сибири. Большинство постоянных дорог проходят в зоне прерывистого распространения ММП, где наиболее сильно выражены процессы пучения и осадки. Зимники играют огромную роль в транспортной системе арктических стран. Потепление климата вызвало сокращение эксплуатационного периода зимников и уменьшение их несущей способности. Согласно прогнозу (Stephenson et al., 2011), к середине XXI века в России на 13% сократится досягаемость удаленных поселков, в настоящее время обслуживаемых зимниками, при этом территория, на которой экономически целесообразно эксплуатировать зимники, уменьшится примерно на 1 млн км^2. На оставшихся зимниках сократится период эксплуатации, главным образом изменения затронут ноябрь и апрель. Притом, что с аналогичными транспортными проблемами сталкиваются все Арктические страны, в России они могут иметь наиболее сильные негативные последствия, поскольку, в отличие от Аляски и Северной Канады, у нас мало развит местный воздушный транспорт.

Высокой уязвимостью обладают объекты трубопроводной транспортной системы. На нефтяных месторождениях Ханты-Мансийского АО происходит в среднем 1900 аварий в год. Причиной аварий являются неравномерная осадка грунта при таянии вечной мерзлоты, или же выдавливание опор и фундаментов при промерзании. Вблизи Уренгоя был отмечен подъем секции трубопровода на 1.5 м в течение одного года. На поддержание работоспособности трубопроводов и ликвидацию их деформаций, связанных с изменениями многолетней мерзлоты, ежегодно тратится до 55 млрд рублей (Оценочный отчет…, 2010).

Естественные неравномерные термокарстовые осадки земной поверхности послужили одной из причин крупнейшей в мире наземной аварии на нефтепроводе Возей–Головные сооружения (республика Коми) в 1994 г. (Оберман, 2007). В результате множественных (до 6) разрывов трубы произошел разлив около 160 тысяч тонн нефтесодержащей жидкости. Мониторинг опытного неэксплуатируемого 45-километрового надземного трубопровода, выполненный институтом ПечорНИПИнефть, показал, что даже сезонные неравномерные термокарстовые осадки земной поверхности вызывают многочисленные аварийные ситуации (Оберман, 2007). Из-за неравномерных просадок грунта, вызванных таянием многолетней мерзлоты, газопровод Василково–Нарьян-Мар вынуждены были реконструировать уже через несколько лет после начала его эксплуатации. Причиной было то, что проектировщики учли только влияние газопровода на мерзлоту, но не учли воздействие на нее изменяющихся климатических условий (Стрелецкий и др., 2012).

Показательны результаты мониторинга состояния полотна Северной железной дороги на рубеже двух столетий. Всего лишь за три года, с 1998 по 2001 г., общая протяженность участков с ежегодными весенними термокарстовыми просадками грунта под полотном железной дороги увеличилась в полтора раза, с 10 км почти до 15 км (Оценочный отчет…, 2010).

OD-2-1-3n 12/15/14 6:46 PM Page 862

6.4.5.2. Здания

Потепление климата прослеживается на большей части Арктики (ACIA, 2004), в том числе в российском ее секторе (Павлов, Малкова, 2005). По оценке (Romanovsky et al., 2010) температура многолетней мерзлоты на глубине нулевых внутригодовых колебаний увеличилась на 0.5–2.0°C за последние 20–30 лет в целом по криолитозоне России. Сложившаяся ситуация стала дополнительной, но весьма важной причиной массовых деформаций и в отдельных случаях обрушений зданий и сооружений во многих населенных пунктах Арктики.

По оценке Я. А. Кроника (Кроник, 2001) около четверти всех деформаций зданий и сооружений в криолитозоне России может быть связано с тем, что изменение климата превысило заложенные при строительстве нормативные пределы, по которым рассчитывался запас устойчивости. Этот вывод был подтвержден модельными расчетами, которые показали, что к концу первого десятилетия XXI века потепление климата по сравнению с нормой 1961–1990 гг. привело к уменьшению несущей способности оснований зданий и сооружений в среднем по криолитозоне России на 17%, а в некоторых районах до 45% (Стрелецкий и др., 2012).

Похожее исследование, проведенное для нескольких регионов российской Арктики, показало значительное уменьшение несущей способности в западной части Чукотского АО, в Республике Саха и в южной части Ямало-Ненецкого АО (Streletskiy et al., 2012a). Уменьшение несущей способности ММП по сравнению с 1970 гг. составило: 5–10% в Норильске, Нерюнгри, Мирном, Якутске и Черском; 10–15% в районе Билибино и Дудинки; 15–20% в Салехарде, Надыме, Певеке и Анадыре. Ноябрьск и Провидения показали более чем 20% уменьшение несущей способности. Коэффициент запаса при строительстве в России, как правило, не превышает 1.6. Для сравнения, на Аляске и Севере Канады он обычно составляет 2–3.

Весьма показательны результаты мониторинга состояния жилого фонда Воркуты. Климатические условия в Воркуте, по сравнению со многими другими городами и населенными пунктами Крайнего Севере, менее суровы. Там встречаются обширные участки, на которых многолетняя мерзлота отсутствует. Это позволяет сравнить состояние жилых построек на многолетней мерзлоте и вне ее примерно в равных прочих условиях.

Результаты обследования большого количества жилых домов вне области распространения многолетней мерзлоты указывают на то, что их состояние и степень износа близки к расчетных показателям, заложенным при проектировании и строительстве. Совершенно иная картина для домов, построенных на многолетней мерзлоте. Фактическая степень их износа в 4–6 раз выше, чем расчетная; многие здания деформированы, находятся в аварийном состоянии и подлежат сносу или же требуется их капитальный ремонт (Оценочный отчет…., 2010). Зачастую здания приходят в негодность после 6–10 лет эксплуатации при нормативном сроке 50 лет. Примечательна приуроченность катастрофических деформаций зданий в Воркуте к 1980-м годам, характеризовавшимся заметным повышением температуры мерзлоты в регионе.

Еще один характерный пример – район г. Якутска, где вертикальная толща многолетней мерзлоты достигает 250–350 м. В естественных условиях глубина сезонно-талого слоя (СТС) составляет в среднем 1.5–1.7 м для суглинков, 1.6–2.0 м для супесей и 2.0–2.5 м для песков. Основными криогенными процессами на территории Якутска являются просадки из-за термокарста, морозобойное растрескивание, морозное пучение, заболачивание и подтопление. Активизация этих процессов неблагоприятно сказывается на функционировании городской инфраструктуры.

В последние десятилетия в Якутске отмечается расширение площадей распространения деструктивных криогенных процессов (рис. 6.4.5). Это выражается в разрушении дорожных покрытий и коммуникаций, деформациях насыпей, фундаментов зданий и технических сооружений, увеличении зон заболачивания. Именно обводнение грунтов является одним из наиболее неблагоприятных факторов, влияющих на потерю устойчивости оснований и несущих конструкций. Обводнение происходит зачастую не только пресными, но и минерализированными подземными водами (криопэгами). В результате этого, в середине 1990-х годов

OD-2-1-3n 12/15/14 6:46 PM Page 863

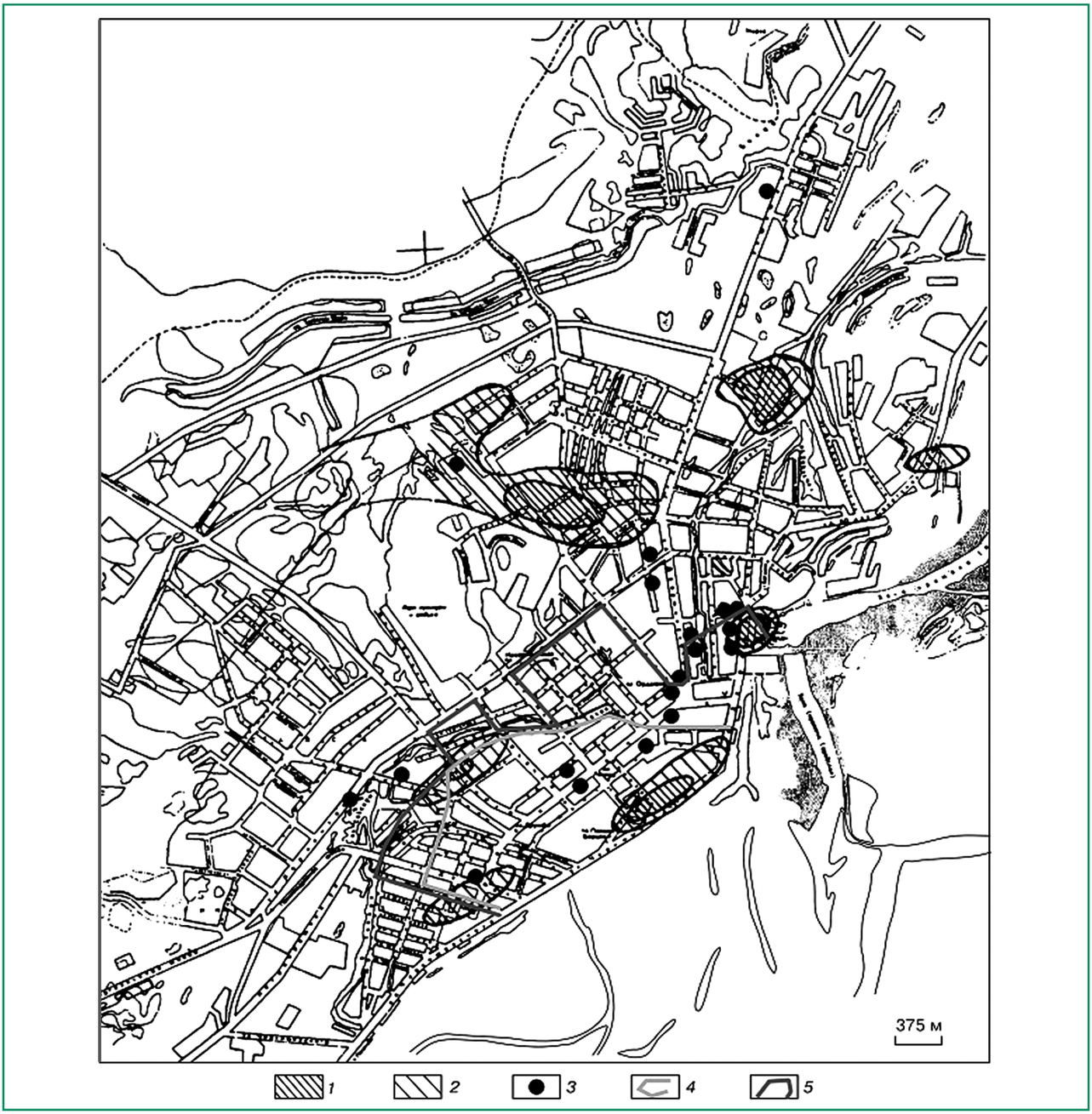


Рис. 6.4.5. Карта современной застройки Якутска на 2003 г. с нанесенными областями распространения засоленных грунтов (1, 2), зданиями, находящимися в аварийном состоянии (3), и границами исторической городской застройки 1821 г. (4) и 1908 г. (5) (Алексеева и др., 2007).

аэропорт Якутска пришел в аварийное состояние, поскольку значительная часть окружающей его территории, в том числе в непосредственной близости от взлетно-посадочной полосы, оказалась в зоне подтопления (Алексеева и др., 2007).

По данным Департамента жилищно-коммунального хозяйства администрации Якутска, число каменных строений составляет около 3000, в том числе 968 жилых домов. Состояние жилого фонда признано катастрофическим (Оценочный отчет…, 2010). Начиная с 1970 г. в городе произошло более 20 случаев крупных обрушений каменных зданий постройки 1950–1960 гг. Так, в 1999 г. произошло обрушение угловой части здания на одной из цент-

OD-2-1-3n 12/15/14 6:46 PM Page 864



Рис. 6.4.6. Обрушение угла здания в центральной части г. Якутска (площадь Орджоникидзе), 1999 г. (Фото М. Н. Григорьева).



Рис. 6.4.7. Обрушившаяся в результате ослабления фундамента секция здания в поселке Черский. (Фото В. Е. Романовского).

OD-2-1-3n 12/15/14 6:46 PM Page 865



Рис. 6.4.8. Спутниковой снимок г. Норильска, на котором отчетливо видны окружающие город накопители отходов. (Фото Google).

ральных площадей города (рис. 6.4.6). Подобные обрушения частей зданий происходили и в последующие годы. Так, в 2009 г. аналогичным образом обрушилась угловая часть здания, принадлежащего Управлению Геологоразведочных работ.

Причиной обрушения зданий в большинстве случаев является ослабление несущей способности многолетней мерзлоты. Однако преждевременным было бы делать вывод, что виной тому – потепление климата, хотя несомненно, что и оно сыграло определенную роль, усилив имевшие место деструктивные процессы. Анализ, проведенный органами городского управления с привлечением научных институтов, показал, что проблемы устойчивости инженерных сооружений на территории Якутска связаны главным образом с их неудовлетворительным проектированием, строительством и эксплуатацией, и лишь в малой степени обусловлены потеплением климата (Алексеева и др., 2007). Множество неклиматических факторов, среди которых можно указать на ошибки проектирования фундаментов, засоление и минерализацию грунтов из-за утечек сточных вод, отсутствие сети ливневой канализации, сами по себе вызывают деградацию мерзлых оснований, фундаментов зданий и сооружений, а потепление климата лишь усиливает эти процессы.

В Оценочном отчете… (2010) было показано, что антропогенное воздействие на многолетнюю мерзлоту способно само по себе вызвать деструктивные процессы и привести к повреждению расположенных на ней сооружений, при этом изменение климата усиливает их влияние. Иллюстрацией может служить обрушение секции жилого дома в июне 2001 г. в поселке Черский, расположенном в верхнем течение р. Колымы (рис. 6.4.7). Из-за периодических утечек воды из систем водо- и теплоснабжения и сточных вод началось развитие термокарста под фундаментом здания. Повышение температуры воздуха, произошедшее в конце 1990-х годов, способствовало ускорению этого процесса, что и привело в результате к обрушению части здания. Весьма вероятно, что при отсутствии протечек воды из инженерных сетей этого не случилось бы, т. е. в данном случае ключевую роль сыграло однонаправленное совместное воздействие всех, в том числе и неклиматических, факторов.

OD-2-1-3n 12/15/14 6:46 PM Page 866

6.4.5.3. Экологическая безопасность

Важным аспектом проблемы устойчивости сооружений на многолетней мерзлоте является экологическая безопасность. Годами в арктическом регионе росло загрязнение окружающей среды стойкими органическими соединениями и другими вредными веществами, которые накапливались в толще мерзлых пород (Оценочный отчет…, 2010). С ростом температуры они могут попасть из льда и многолетней мерзлоты в среду обитания человека. При потеплении климата и деградации мерзлоты возрастает опасность поступления токсичных веществ из мест захоронения химических и радиоактивных отходов. Это относится к местам расположения хранилищ радиоактивных отходов на Новой Земле, к накопителям отходов Норильского комбината, содержащих сульфаты, хлориды меди, никеля и другие токсичные вещества (см. рис. 6.4.8). Большую опасность представляют скотомогильники, расположенные на многолетней мерзлоте, в связи с возможностью распространения возбудителей опасных заболеваний (более подробно об этом см. главу 6.1 настоящего доклада).

6.4.5. Районирование территории по степени геокриологической опасности

Разные сочетания изменений климатических параметров по сезонам способствуют изменению ряда региональных геокриологических характеристик мерзлых толщ, приводят к активизации или затуханию криогенных процессов (Анисимов и др., 2012). Для таких криогенных процессов, как сезонное протаивание, термокарст, термоденудация, термоабразия, солифлюкция, курумообразование, первостепенное значение имеет летняя группа климатических характеристик. Соответственно, именно их изменчивость в первую очередь влияет на состояние многолетней мерзлоты. Напротив, развитие таких процессов, как сезонное промерзание, криогенное растрескивание, сезонное и многолетнее пучение, наледообразование, определяется зимней группой климатических характеристик.

Нередко особенности изменения морфометрических параметров криогенных явлений можно объяснить, только анализируя весь комплекс климатических характеристик и их внутригодовые вариации. Так, например, интенсивность сезонного пучения (отношение величины поднятия поверхности к глубине деятельного слоя; выражается в долях единицы) и суммарная величина пучения (наибольшая величина поднятия поверхности на момент завершения промерзания в данной точке) определяются не только ходом зимней температуры воздуха, но и количеством накопленной за лето влаги в деятельном слое (т. е. в конечном счете количеством осадков), а также самой глубиной деятельного слоя. Годовая амплитуда температуры воздуха оказывает существенное влияние на характер морозобойного растрескивания (размер полигонов, глубину трещин, толщину жил льда и пр.).

Анализ изменений температуры воздуха и осадков в теплый и холодный периоды года по данным с середины 1960-х годов позволил составить карту потенциальных геокриологических опасностей (Павлов, 2008), возникающих при современном потеплении климата (рис. 6.4.9). На карте выделены территории с сильной, умеренной и слабой степенью активизации криогенных геологических процессов в летний и зимний периоды.

Видно, что территории с сильной активизацией криогенных процессов одновременно как в теплый, так и в холодный периоды занимают малую долю. В ряде регионов сочетается сильная активизация процессов в теплый период и умеренная активизация в зимний (Таймыр), а также сильная активизация в зимний период и умеренная в теплый (Западная Сибирь, юг Якутии и Приамурье). Кроме того, отмечается пересечение территорий с умеренной активизацией процессов, как в теплый, так и в холодный периоды года (Западная Сибирь, Дальний Восток, Забайкалье).

Долговременное стабильное состояние криогенных процессов отмечается на большей части территории Европейского Севера, Яно-Индигирской низменности, на Северо-Востоке и на Чукотке. В отношении развития криогенных процессов наиболее неблагоприятное сочетание изменений климатических условий наблюдается в Западной Сибири, на северо-западе Таймыра, в Юж-

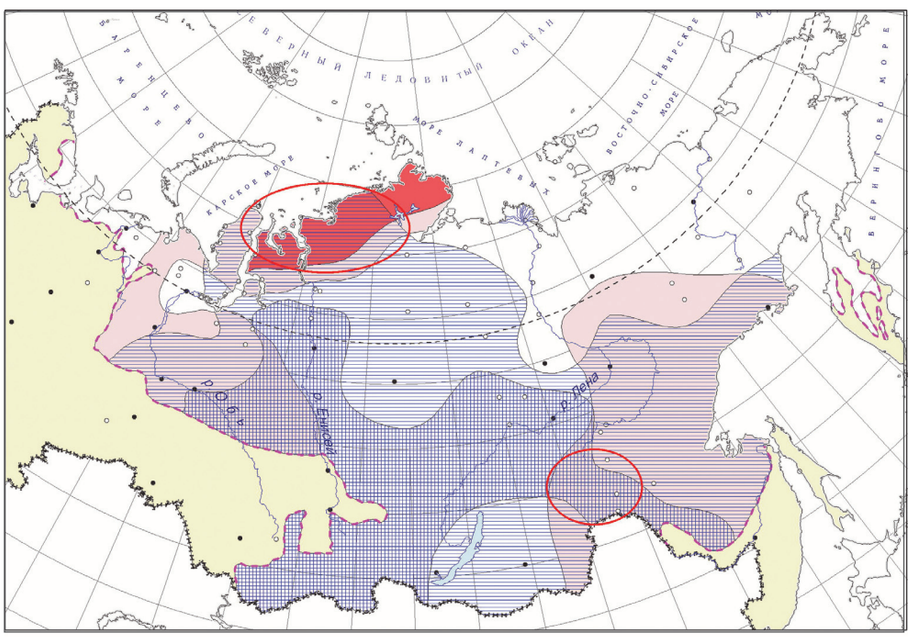
OD-2-1-3n 12/15/14 6:46 PM Page 867

ной Якутии и Приамурье. Эти неблагоприятные области выделены на карте красными овалами.

В целом, в пределах криолитозоны России в настоящее время на – площади сохраняются стабильные климатические условия и слабое проявление геокриологических опасностей. Для 10% территории характерно наиболее неблагоприятное сочетание климатических факторов и, следовательно, сильное проявление геокриологических опасностей. На остальной площади (65%) отмечается умеренная степень геокриологической опасности (Павлов, 2008).

6.4.6. Геокриологическая опасность на побережьях Арктических морей Восточной Сибири

Среди многочисленных последствий потепления климата в районах распространения многолетней мерзлоты особое место занимает разрушение берегов арктических морей и островов. Берега некоторых типов наиболее подвержены различного рода разрушительным процессам. Это те из них, которые содержат большие включения льда, так называемые ледовые комплексы (см. раздел 4.3.6 в главе 4.3).



Степень активации криогенных процессов в теплый период
- сильная
- средняя
- слабая

Степень активации криогенных процессов в холодный период
- сильная
- средняя
- слабая

области вне криолитозоны

Южная граница криолитозоны

Тренды повышения среднегодовой температуры воздуха град./год

Метеостанции РФ
- продолжительность наблюдений менее 100 лет
- продолжительность наблюдений более 100 лет

Северный полярный круг

Рис. 6.4.9. Карта потенциальных геокриологических опасностей, обусловленных современным изменением климата (Павлов, 2008).

OD-2-1-3n 12/15/14 6:46 PM Page 868

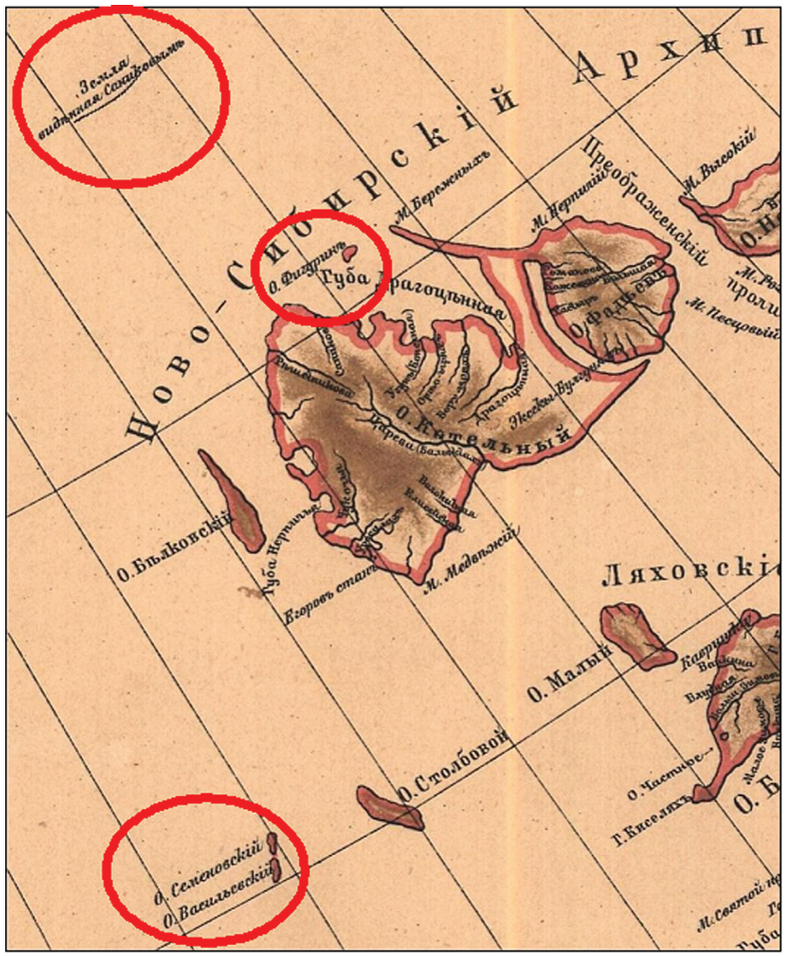


Рис. 6.4.10. Фрагмент “Карты Якутской Области”, составленной в 1890 г. на основе карт Генерального Штаба, изданных в 1884 г. и дополненных Г. Майдель. На карте отмечены малые арктические острова в море Лаптевых, полностью разрушившиеся и исчезнувшие в XX веке (Оценочный отчет..., 2010).

Влияние разрушительных процессов уже испытывают на себе населенные пункты, коммуникационные линии, средства навигационного обеспечения морского транспорта и другие объекты. Отмечены разрушения домов, кладбищ, геодезических знаков, навигационных и других береговых объектов.

Особую экологическую опасность в этой связи представляет утеря радиоизотопных термоэлектрических генераторов – источников питания маяков. Несмотря на то, что предпринимаются значительные усилия по обеспечению их нормативной эксплуатации, своевременной замене и надлежащей утилизации выработавших срок службы устройств, имеются случаи их утери, как при транспортировке (падение с тросов крепления при транспортировке вертолетами), так и из-за оттаивания и разрушения грунтов, на которых они установлены, с последующим их сползанием и смывом в море (Оценочный отчет…, 2010).

Немаловажен и геополитический аспект данной проблемы. Ежегодно за счет эрозии береговой линии только лишь в Восточной Сибири Россия теряет более 10 км^2 прибрежной суши, а по всему побережью Арктики – до 50 км^2. Сокращается площадь многих арктических островов, некоторые малые острова, как, например, легендарная “Земля Санникова”, исчезли, буквально растворившись в океане, в течение прошедшего столетия (рис. 6.4.10). Фотографии на рисунке 6.4.11 иллюстрируют современные процессы разрушения берегов арктических морей и то, как это влияет на прибрежную инфраструктуру.

OD-2-1-3n 12/15/14 6:47 PM Page 869

(а)



(б)



Рис. 6.4.11. Сверху – быстро разрушающийся льдистый берег вблизи поселка Быков Мыс, расположенного на Быковском полуострове, море Лаптевых (а). Снизу – навигационный знак “Ванькин”, вертикально сползший вниз и впоследствии разрушившийся. Южный берег острова Большой Ляховский, Восточно-Сибирское море (б). (Фото М. Н. Григорьева).

OD-2-1-3n 12/15/14 6:47 PM Page 870

Наступление моря на сушу провоцирует активизацию негативных процессов даже на большом удалении от берега. Происходит быстрое развитие оврагов и провалов, интенсифицируются оползни, разрушаются склоны. Эти сопутствующие разрушению и отступанию берегов процессы представляют большую опасность для инфраструктуры, поскольку они охватывают значительные площади, распространяясь с высокой скоростью вглубь суши.

До недавнего времени из-за недостатка информации прогнозирование скорости разрушения арктических берегов было затруднено. В настоящее время накоплен достаточный массив данных о многолетних трендах динамики берегов и развиты методы прогноза (Ostroumov et al., 2005; Rachold et al., 2005). Это позволяет предсказать, когда береговые сооружения должны быть перемещены вглубь суши или предложить своевременные меры для их защиты.

6.4.7. Прогноз геокриологических рисков для инфраструктуры

Современный анализ и прогноз геокриологических рисков основан на применении ГИС-технологий, общие принципы этой методики описаны в публикации (Streletskiy et al., 2012b). Для оценки геокриологических опасностей на длительную перспективу – до середины XXI века – и выявления областей, в которых построенные на ММП сооружения будут подвержены наибольшей опасности при изменении климата, был разработан достаточно простой метод, основанный на применении расчетного индекса, при помощи которого были получены оценки рисков для инфраструктуры (Анисимов, Белолуцкая, 2002; Анисимов, Лавров, 2004; Nelson et al., 2001: 2002; Anisimov, Reneva, 2006). На рис. 6.4.12 показаны карты геокриологической опасности, рассчитанные с использованием перспективных оценок по климатическим моделям CGCM2, CSM–1.4, ECHAM4/OPYC3, GFDL–R30c и HadCM3 на середину XXI века (Оценочный отчет…, 2010). Расчеты проводились для сценария эмиссии парниковых газов B2 (Special Report on Emissian Scenarios, 2000). При картировании, весь диапазон значений индекса геокриологической опасности был разбит на три категории, к которым отнесены области с малой (зеленая точечная заливка), средней (светло желтая) и большой (сиреневая) вероятностью развития деструктивных геоморфологических процессов, связанных с деградацией многолетней мерзлоты. Несмотря на видимые различия, определяемые особенностями климатических сценариев, имеются и некоторые общие черты пространственного распределения индекса. Так, на всех картах можно выделить несколько характерных областей.

На трех из пяти карт можно выделить юго-западную область с наибольшими значениями индекса. Она занимает значительную часть области островной многолетней мерзлоты, простираясь полосой вдоль границы криолитозоны от севера ЕЧР через Тюменскую область к Байкалу. В этих районах высокая опасность для инфраструктуры обусловлена интенсивным таянием островов вечной мерзлоты, большинство которых исчезнет к середине XXI столетия. Между тем на юге Сибири и Якутии при всех рассматриваемых будущих климатах, за исключением одного (рассчитанный с помощью модели ECHAM4), дают низкое значение индекса опасности.

Северная область высокого геокриологического риска охватывает большую часть арктического побережья от Карского моря на западе до Чукотского моря на востоке. При этом на трех из пяти карт она проникает далеко вглубь континента в виде больших островов в центральной части Сибири и в Якутии. В этой области многолетняя мерзлота в основном сохранится, и опасность связана главным образом с тем, что мощность СТС и температура мерзлых грунтов значительно возрастут и превысят допустимые пределы, заложенные в расчете конструкций, которые проектировались и были построены в прошедшие несколько десятилетий без учета будущих климатических изменений. Ожидаемое ослабление прочностных свойств многолетней мерзлоты в этой области не является серьезным препятствием для строительства на ранее неосвоенных территориях, поскольку его можно учесть на этапе проектирования.

Несколько иная ситуация будет складываться на Ямале и на самом севере ЕЧР из-за повсе-

OD-2-1-3n 12/15/14 6:47 PM Page 871

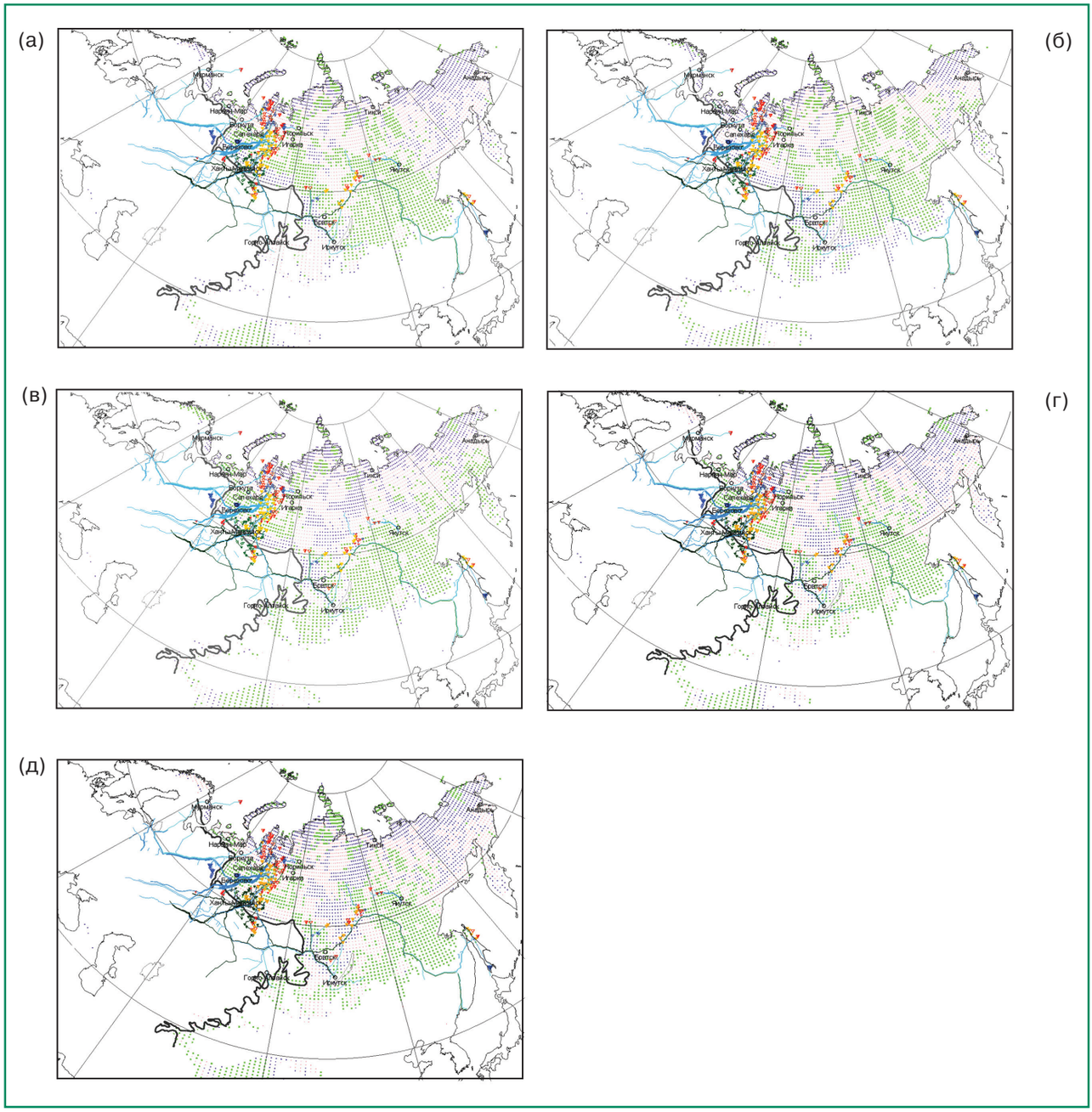


Рис. 6.4.12. Индекс геокриологической опасности для криолитозоны России, рассчитанный для середины XXI века с помощью пяти климатических моделей CGCM2 (а), ECHAM4/OPYC3 (б), GFDL–R30c (в), HadCM3 (г) и CSM–1.4 (д) для сценария эмиссии парниковых газов B2 (Оценочный отчет..., 2010).

местного распространения криопэгов. Здесь в процессе потепления будут спонтанно возникать очаги протаивания, которые могут приводить к возникновению просадок грунта, термокарсту и термоэрозии.

На всех картах рис. 6.4.12 показаны высокие значения индекса геокриологический опасности в восточной части криолитозоны (Чукотка, север Дальнего Востока). Для центральной части криолитозоны результаты расчетов заметно различаются, притом, что все они дают достаточно неоднородную картину, в которой встречаются все три градации индекса.

OD-2-1-3n 12/15/14 6:47 PM Page 872

6.4.8. Возможности адаптации к ожидаемым изменениям многолетней мерзлоты

При наличии перспективных оценок изменения многолетней мерзлоты и карт, указывающих наиболее уязвимые ее области, можно предложить общие принципы и комплекс мер по адаптации инфраструктуры и населения к будущим условиям.

Эту работу целесообразно провести на основе мерзлотно-климатических признаков, в соответствии с которыми можно выделить:

– северную область криолитозоны, характеризуемую наиболее суровым холодным климатом и высокой пространственной сомкнутостью многолетней мерзлоты;

– центральную область с прерывистым и островным распространением многолетней мерзлоты и с выраженным континентальным климатом;

– южную переферийную область, где встречаются отдельные острова вечной мерзлоты, а также

– отдельно, побережье арктических морей.

В каждой из этих зон можно предложить несколько разные адаптационные меры для точечных сооружений, таких как отдельные строения, и линейных сооружений, имеющих значительную протяженность, например, трубопроводов. Степень подверженности объектов деструктивному воздействию в пределах каждой зоны можно оценить, используя карты геокриологических рисков, показанные на рис. 6.4.12.

Особенности адаптаций линейных и точечных сооружений. Принципиальным отличием линейных сооружений, например, железных дорог, или даже протяженных зданий, является то, что для их нормальной эксплуатации необходимо, чтобы неизбежное воздействие криогенных процессов, таких как термокарстовые просадки при сезонном оттаивании или пучение грунта при промерзании, было достаточно равномерным в расчете на единицу длины сооружения. При этом условии даже высокие интенсивности этих процессов не столь опасны. В противном случае могут возникнуть значительные деформации, см. рис. 6.4.13.

Основной способ адаптации линейных сооружений к прогнозируемым изменениям – термостабилизация вечной мерзлоты с применением различных технических средств и инженерных решений (см. рис. 6.4.14). К таковым можно отнести установку парожидкостных термосифонов. Это достаточно простое устройство работает по принципу теплового насоса, “закачивая холод” из атмосферного воздуха в верхний слой многолетней мерзлоты и понижая ее температуру в холодный период года. Оно не потребляет энергии и представляет собой замкнутую с обоих концов трубу, внутри которой находится хладоагент, часто – сжиженная углекислота. Нижний конец трубы погружен в многолетнюю мерзлоту; на верхнем конце обычно имеется радиатор для улучшения теплообмена с воздухом.

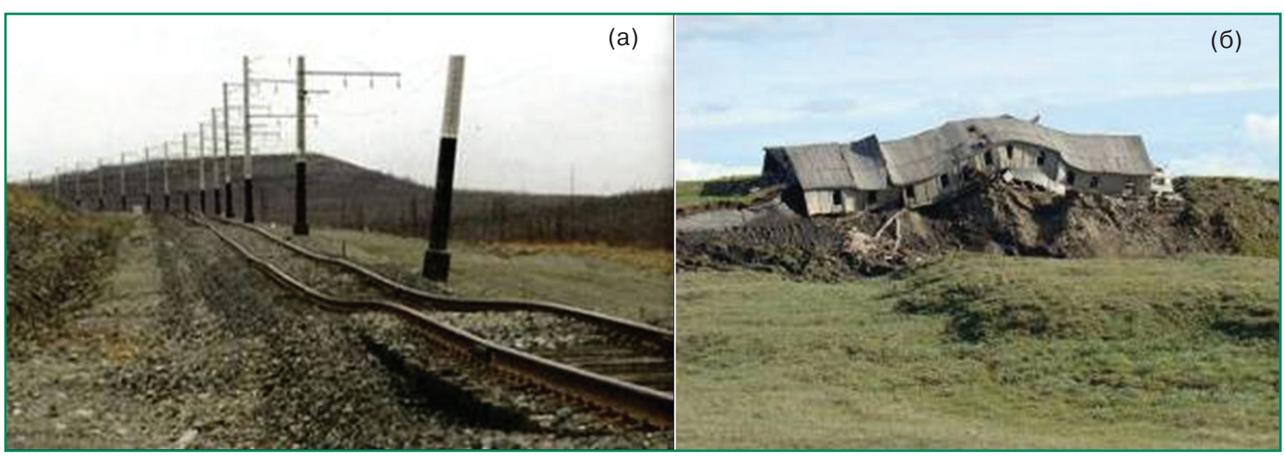


Рис. 6.4.13. Слева – участок Байкало-Амурской магистрали, подверженный деформации из-за неравномерной просадки и пучения грунта (а). Справа – Деформация здания заброшенной воинской части в низовье Енисея, возникшая за счет неравномерного вытаивания подземного льда (б). (Фото Д. С. Дроздова).

OD-2-1-3n 12/15/14 6:48 PM Page 873



Рис. 6.4.14. Примеры строительства линейных сооружений в условиях высокогорной многолетней мерзлоты на Тибетском плато (Китай), адаптированных к изменению климата. Слева – термостабилизация насыпи железнодорожного полотна и автомобильной дороги при помощи охлаждающих термосифонов (а, в). Справа вверху – установка охлаждающих вентиляционных каналов в дорожной насыпи (б). Справа внизу – автомобильная дорога, построенная на неустойчивом грунте по принципу эстакады с заглубленными опорами (г). (Фото Н. И. Шикломанова).

В холодный период года многолетняя мерзлота имеет достаточно высокую температуру (как правило, несколько градусов ниже 0) для того, чтобы хладоагент, находящийся на дне трубы, испарился. За счет затрат тепла на испарение происходит понижение температуры. Температура воздуха при этом может быть значительно – до десятков градусов – ниже температуры мерзлоты. Пары, поднимаясь вверх, быстро охлаждаются и конденсируются вблизи радиатора, при этом тепло конденсации отдается в атмосферу и там рассеивается. При этом сконденсировавшаяся жидкость стекает вниз трубы, и далее цикл повторяется. Это позволяет понизить среднегодовую температуры многолетней мерзлоты на 1–5°С без каких-либо затрат энергии. При невысокой стоимости термосифона и отсутствии энергозатрат на его эксплуатацию такой способ термостабилизации многолетней мерзлоты весьма эффективен также и с экономической точки зрения. Термосифоны широко использовались в России еще в 1960-е годы и находят применение и сейчас.

Еще более простой способ термостабилизации – устройство вентиляционных каналов в насыпях линейных сооружений, как показано на рис. 6.4.14. Это обеспечивает не столь эффективное, как при установке термосифона, но все же

OD-2-1-3n 12/15/14 6:48 PM Page 874

заметное охлаждение приповерхностного слоя насыпи, а также создает прослойку, изолирующую нижележащие слои от хорошо прогреваемой летом на солнце поверхности. Аналогом для точечных сооружений является обустройство вентилируемых подвалов и подполий, которые также широко применяются при городской застройке на многолетней мерзлоте.

Основным способом адаптации точечных объектов является усиление фундамента посредством установки дополнительных свай, а также термостабилизация с применением термосифонов и вентиляции.

Региональные особенности адаптации сооружений. При разработке мер по адаптации инфраструктуры необходимо принимать во внимание следующие региональные особенности.

В северной области изменения многолетней мерзлоты будут проявляться прежде всего в увеличении ее температуры и глубины сезонного оттаивания. Наибольшую опасность здесь представляет возможное повреждение фундаментов домов и сооружений на многолетней мерзлоте за счет уменьшения ее несущей способности. В этих регионах необходимо акцентировать внимание на организации мониторинга состояния фундаментов зданий с целью своевременного обнаружения их деформаций и принятия мер по стабилизации фундаментов за счет установки дополнительных свай или термосифонов, а в случаях, если это невозможно, по прекращению эксплуатации домов.

В южной области наибольшие проблемы связаны с тем, что здесь участки, занятые многолетней мерзлотой, соседствуют с теми, где она отсутствует. Под воздействием изменения климата границы между этими участками находятся в постоянном движении, что приводит к неравномерным просадкам грунта, часто сопряженным с выносом протаивающего материала и образованием термокарстовых просадочных воронок. Наибольшую опасность это представляет для линейных сооружений (дорог, взлетно-посадочных полос, трубопроводов), пересекающих участки с интенсивным развитием термокарста. В таких регионах необходимо организовать мониторинг состояния грунтов вдоль линейных сооружений, при этом особое внимание уделять участкам перехода от островов многолетнемерзлых грунтов к сезонно-промерзающим грунтам, вблизи границы которых возможны наиболее сильные нарушения рельефа. При необходимости применять инженерные меры, препятствующие термокарстовому размыву грунтов в насыпях.

Центральная область занимает промежуточное положение, и в ней могут происходить все перечисленные процессы, протекая, однако, с меньшей интенсивностью. Спецификой побережья арктических морей является ослабление деструктивных процессов по мере удаление от береговой линии, с одной стороны, и постепенное продвижение ее вглубь суши со скоростью от 1–2 до 25 метров в год, с другой. Из-за физической потери территории и отступания береговой линии адаптация существующей инфраструктуры не всегда возможна. Часто единственным решением является перенос объектов на значительное удаление от берега.

Адаптации населения. В настоящее время отсутствуют программы адаптации населения к будущим изменениям климата, принятые на государственном уровне. Отметим здесь лишь два аспекта этой проблемы.

Первый аспект – “поведенческий”, связанный с изменением видов, способов и приемов труда и отдыха, способов землепользования и т. д. Особую актуальность этот вид адаптации имеет для коренных народов Севера, в жизни которых значительную роль играют традиционные виды деятельности, такие как оленеводство, охота, рыболовство. Опыт и мастерство в этой деятельности, издавна передавшиеся от поколения к поколению, могут прийти в противоречие с меняющимися условиями внешней среды, в том числе и из-за изменений многолетней мерзлоты и других условий окружающей среды (Forbes, Stammler, 2009; Forbes et al., 2009).

Второй аспект связан со здравоохранением. При потеплении климата и деградации многолетней мерзлоты возможно ухудшение санитарно-эпидемиологической обстановки. Меры по адаптации в данном случае должны включать, в том числе, усиление контроля за качеством потребляемой воды и продуктов питания, в первую очередь рыбы и мяса, получаемых из локальных источников. Более подробно этот вопрос рассмотрен в главе 6.1, посвященной здоровью населения.

OD-2-1-3n 12/15/14 6:48 PM Page 875

6.4.9. Заключение

Представленные в главе материалы позволяют сделать несколько выводов относительно хозяйственных объектов в районах распространения ММП.

1. Многочисленные данные указывают на то, что климат является лишь одним из факторов влияния на инфраструктуру ММП. Объекты в криолитозоне испытывают сильное техногенное и антропогенное воздействие, которое зачастую оказывает большее деструктивное влияние, чем изменения климатических характеристик. Вместе с тем, конечной причиной большинства отказов и аварий является ослабление несущей способности ММП, которое прогнозируется повсеместно в криолитозоне на протяжении XXI века из-за увеличения температуры. Таким образом, современные проблемы с хозяйственными объектами, многие из которых обусловлены засолением мерзлых грунтов или же техногенным увеличением их температуры, можно рассматривать как физическую модель того, что может происходить с объектами при изменении климата в отсутствии иных видов воздействия.

2. Притом, что существуют неопределенности перспективных оценок климата, несомненно, что его изменение оказывает неблагоприятное воздействие на объекты инфраструктуры криолитозоны, что уже привело к повреждениям и разрушению многих из них. Согласно прогнозам, эти процессы будут усиливаться на протяжении XXI века, причем климатические факторы будут играть все более заметную роль по сравнению с техногенными и прямыми антропогенными воздействиями.

3. Для минимизации потерь необходима научно обоснованная стратегия адаптации инфраструктуры к предстоящим изменениям, которую еще предстоит выработать и принять на Федеральном уровне. Такая стратегия должна дифференцированно учитывать риски для инфраструктуры, связанные с уязвимостью объектов в различных регионах криолитозоны, что позволит наиболее эффективно использовать ресурсы, мобилизуемые на адаптационные меры.

4. Инструментом, способствующим принятию обоснованных решений и планированию адаптации, являются прогнозы геокриологических опасностей, основанные на модельных расчетах с применением перспективных оценок климата.

6.4.10. Литература

Алексеева О. И., Балобаев В. Т., Григорьев М. Н., Макаров В. Н., Чжан Р. В., Шац М. М., Шепелев В. В., 2007. О проблемах градостроительства в криолитозоне (на примере Якутска), Криосфера Земли, № 2, с. 76–83.

Анисимов, О. А., Белолуцкая М. А., 2002. Оценка влияния изменения климата и деградации вечной мерзлоты на инфраструктуру в северных регионах России, Метеорология и гидрология, № 6, с. 15–22.

Анисимов О. А., Лавров С. А., 2004. Глобальное потепление и таяние вечной мерзлоты: оценка рисков для производственных обьектов ТЭК, Технологии ТЭК, № 3, с. 78–83.

Анисимов О. А., Анохин Ю. А., Лавров С. А., Малкова Г. В., Павлов А. В., Романовский В. Е., Стрелецкий Д. А., Холодов А. Л., Шикломанов Н. И., 2012. Континентальная многолетняя мерзлота, в кн.: Методы изучения последствий изменений климата для физических и биологических систем. С. М. Семенов (ред.). М.: Росгидромет, с. 301–353.

Гребенец В. И., 1991. Управление тепловым режимом многолетнемерзлых грунтов на застроенных территориях, Новые конструкции фундаментов и методы подготовки оснований. Сб. научн. тр. ВНИИОСП, вып. 95. М.,: ВНИИОСП им. Н. М. Герсеванова Госстроя СССР, с. 68–76.

Гребенец В. И., 1998. Исследование техногенного подтопления и засоления в Норильском промышленном районе, Криосфера земли, т. 2, № 1, с. 44–48.

Гребенец В. И., 2001. Формирование специфических природно-техногенных комплексов в Норильском промышленном районе, Материалы Второй конф. геокриологов России. Инж. Геокриология. М.: изд. МГУ, т. 4, с. 59–65.

Гребенец В. И., 2007. Деформации объектов в криолитозоне при непрогнозируемых изменениях сложных инженерно-геокриологических условий оснований, Инженерная геология, № 3, с. 17–20.

OD-2-1-3n 12/15/14 6:48 PM Page 876

Гребенец В. И., Садовский А. В., 1993. Потепление климата и тепловой режим оснований северного города, Основания, фундаменты и механика грунтов, № 5, с. 27–30.

Гребенец В. И., Ухова Ю. А., 2008. Снижение геотехнической надежности при ухудшении мерзлотных условий оснований, Основания, фундаменты и механика грунтов, № 5, с. 24–28.

Кроник Я. А., 2001. Аварийность и безопасность природно-техногенных систем в криолитозоне. Материалы 2-й конф. Геокриологов России, МГУ, 6–8 июня 2001 г., М., изд. МГУ, т. 4, с. 138–147.

Методы оценки последствий изменений климата для физических и биологических систем, 2012. М.: Росгидромет, 512 с.

Оберман Н. Г., 2007. Глобальное потепление и изменение криолитозоны Печоро-Уральского региона, Разведка и охрана недр, № 4, с. 63–68.

Основы геокриологии., 1999. Инженерная геокриология, Э. Д. Ершов (ред.), ч. 5. М., изд-во МГУ, 526 с.

Оценочный отчет 2010. "Основные природные и социально-экономические последствия изменения климата в районах распространения многолетнемерзлых пород: прогноз на основе синтеза наблюдений и моделирования", О. А. Анисимов (ред.), М., Greenpeace, 43 с.

Павлов А. В., 2008. Мониторинг криолитозоны, Новосибирск, Гео, 229 с.

Павлов А. В., Малкова Г. В., 2005. Современные изменения климата на севере России. Альбом мелкомасштабных карт. Новосибирск: Акад. изд-во Гео, 54 с.

Стрелецкий Д. А., Шикломанов Н. И., Гребенец В. И., 2012. Изменение несущей способности мерзлых грунтов в связи с потеплением климата на севере Западной Сибири, Криосфера Земли, т. XVI, № 1, с. 22–32

Хрусталев Л. Н., Пармузин С. Ю., Емельянова Л. В., 2011. Надежность северной инфраструктуры в условиях меняющегося климата: монография. М, Университетская книга, 260 с.

ACIA, 2004: Impacts of a Warming Arctic: Arctic Climate Impact Assessment. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, 139 p.

Anisimov O. A., Reneva S. A., 2006. Permafrost and changing climate: the Russian perspective, Ambio, no. 4, pp. 169–175.

Forbes B. C., Stammler F., 2009. Arctic climate change discourse: the contrasting politics of research agendas in the West and Russia, Polar Research, vol. 28, no. 1, pp. 28–42.

Forbes B. C., Stammler F., Kumpula T., Meschtyb N., Pajunen A., Kaarlejarvi E., 2009. High resilience in the Yamal-Nenets social-ecological system, West Siberian Arctic, Russia, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, vol. 106, no. 52, pp. 22041–22048.

Grebenets V. I., 2003. Geocryological-geoecological problems occurring in urbanised territories in Nortcen Russia and methods for improvement of foundations. Proc. of the Eighth Intern. Conference on Permafrost, 21–25 Yuly 2003, Zurich, Switzerland, vol. 1, no. 3, pp. 303–307.

Grebenets V. I., 2008. Technocryogenesis controls on the permafrost and geotechnical factors in ttowns of the permafrost zone, Proc. of the Nincht Intern. Conference on Permafrost, 29 June–3 Yuly 2083, Fairbanks, USA. pp. 541–543.

Grebenets V., Streletskiy D., Shiklomanov N., 2012. Geotechnical safety issues in the cities of Polar Regions. Geography, Environment, Sustainability Journal, vol. 5, no. 3, pp. 104–119.

Instanes A., Anisimov O., Brigham L., Goering D., Khrustalev L. N., Ladanyi B., Larsen J. O., 2005. Infrastructure: buildings, support systems, and industrial facilities. In: Arctic Climate Impact Assessment. Cambridge University Press, Cambridge,UK, and New York, pp. 907–944.

Lantuit H., Overduin P.P., Nicole Couture N., Sebastian W., Are F., Atkinson D., Brown J., et al., 2012. The Arctic Coastal Dynamics Database: A New Classification Scheme and Statistics on Arctic Permafrost Coastlines, Estuaries and Coasts, vol. 35, pp. 383–400.

Nelson F. E., Anisimov O. A., Shiklomanov N. I., 2001. Subsidence risk from thawing permafrost, Nature, vol. 410, pp. 889–890.

Nelson F. E., Anisimov O. A., Shiklomanov N. I., 2002. Climate change and hazard zonation in the circum-Arctic permafrost regions, Natural Hazards, vol. 26, no. 3, pp. 203–225.

OD-2-1-3n 12/15/14 5:39 PM Page 877

Ostroumov V., Rachold V., Vasiliev A., Sorokovikov V., 2005. An application of a Markov-chain model of shore erosion for describing the dynamics of sediment flux, Geo-Marine Letters, vol. 25, pp. 196–203.

Rachold V., Are F., Atkinson D., Cherkashov G., Solomon S., 2005. Arctic Coastal Dynamics (ACD): an introduction, Geo-Mar Letters, vol. 25, pp. 63–68.

Romanovsky V. E., Smith S. L., Christiansen H. H., 2010. Permafrost Thermal State in the Polar Northern Hemisphere during the International Polar Year 2007–2009: a Synthesis. Permafrost and Periglacial Processes, vol. 21, pp. 106–116.

Special Report on Emission Scenarios, 2000. A Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, N. Nakicenovich et al. (eds.), Cambridge University Press, 599 p.

Stephenson S. R., Smith L. C., Agnew J. A., 2011. Divergent long-term trajectories of human access to the Arctic. 1 (3), pp. 156–160.

Streletskiy D. A., Shiklomanov N. I., Hatleberg E., 2012a. Infrastructure and a Changing Climate in the Russian Arctic: A Geographic Impact Assessment., Proceedings of the 10th International Conference on Permafrost, Salekhard, Russia, June 25–29.

Streletskiy D. A., Shiklomanov N. I., Nelson F. E., 2012b. Permafrost, infrastructure and climate change: A GIS-based landscape approach to geotechnical modeling, Arctic, Antarctic and Alpine Research, vol. 44, № 3, pp. 368–380.

6.5. ГИДРОЭНЕРГЕТИКА И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО

А. Л. Шалыгин

А. Е. Асарин, Ж. А. Балонишникова,
А. Н. Жиркевич, В. А. Семенов, И. В. Семенова

6.5.1. Введение

Гидрологический цикл является, с одной стороны, одним из основных климатообразующих факторов на Земле, а с другой – очень уязвимым к изменению климата элементом климатической системы нашей планеты. Участие воды в многочисленных прямых и обратных связях в климатической системе, присутствие во всех фазах – газообразной, жидкой и твердой – определяет уникальную климатообразующую роль как собственно ее межсредовых потоков, так и фазовых переходов.

При изменении климата изменение суммы осадков на водосборах рек, режима испарения и фильтрации в грунтах может оказать существенное влияние как на годовой сток рек, так и на его внутригодовое распределение. Это, в свою очередь, влияет на различные аспекты хозяйственного использования воды.

В данной главе рассматриваются важнейшие водохозяйственные аспекты – гидроэнергетика и водообеспеченность, проблемы опасных и неблагоприятных гидрологических явлений и качества вод. К освещению этих вопросов были привлечены в том числе материалы научных публикаций, вышедших после опубликования первого “Оценочного доклада об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации” – ОД_РФ-1 (2008).

6.5.2. Краткое резюме результатов ОД_РФ-1

В ОД_РФ-1 (2008 г.) были кратко изложены основные оценки последствий происходящих и ожидаемых изменений климата для водохозяйственной деятельности.

Последствия наблюдаемых изменений климата выражаются, во-первых, в увеличении годового стока основных рек страны, и, во-вторых, в значительном изменением внутригодового распределения стока в сторону увеличения меженного (главным образом зимнего) стока и уменьшения стока весеннего половодья.

Для построения перспективных оценок (до конца XXI века), на основе различных представлений о будущем климате (были использованы результаты расчетов с помощью глобальных климатический моделей семейства CMIP3 в условиях разных сценариев антропогенного воздействия на климатическую систему) были выполнены оценки водности крупных рек страны, изменения притока к водохранилищам крупнейших ГЭС, изменения водообеспеченности и характеристик, влияющих на речное судоходство.

OD-2-1-3n 12/15/14 5:39 PM Page 878

Ожидаемый повышенный приток воды к водохранилищам крупных гидроэлектростанций (ГЭС) России в целом благоприятно скажется на выработке электроэнергии в стране. Значительное увеличение притока воды в зимний период благоприятно для выработки электроэнергии, но потребует пересмотра режима работы отдельных водохранилищ и каскадов для создания оптимальных условий регулирования стока с учетом запросов всех водопользователей и минимизации возможных неблагоприятных экологических и социальных последствий.

Ожидаемое сокращение периода ледостава на реках и водоемах и уменьшение максимальной толщины льда, с одной стороны, способствуют заметному продлению времени речного судоходства, а с другой – сокращает период доставки грузов в труднодоступные районы по зимним автомобильным трассам, проложенным по замерзшим руслам больших рек. Ожидаемое вследствие изменения климата увеличение меженного стока и изменение продолжительности и сроков навигации практически для всех крупных рек России потенциально может благоприятствовать речному судоходству и увеличению объема грузоперевозок по рекам и водоемам.

6.5.3. Гидроэнергетика

Оценка последствий изменения климата для гидроэнергетики Европы была проведена с использованием макромасштабной гидрологической модели (Lehner et al., 2005). Эта оценка, выполненная в условиях сценария эмиссии IS92a (IPCC 2001, 2001) антропогенного воздействия на климатическую систему, показала, что к 2070-м годам потенциал выработки электроэнергии гидроэлектростанциями по сравнению с концом XX века возрастет на 15–30% в Скандинавии и северной части России. В Западной Европе значительную часть электроэнергии дает гидроэнергетика – от 19% (Финляндия) до – почти 100% (Норвегия). Для Португалии, Испании, Украины и Болгарии, где в настоящее время от 10% (Украина, Болгария) до 39% электроэнергии дает гидроэнергетика, ожидается снижение потенциала гидроэнергетики на 20–50%. В целом для Европы, где доля гидроэнергетики в выработке электроэнергии составляет 20%, к 2070-м годам ожидается снижение потенциала гидроэнергетики на 7–12% (IPCC, 2007).

Для проектирования и эксплуатации ГЭС очень важна информация о режиме осадков и запасах воды в снежном покрове на водосборе водохранилища, от которых зависят объем притока воды в водохранилище, а также уровни в верхнем и нижнем бьефах. Так, изменение в месячных суммах осадков на 1% в среднем вызывает 1%–ное изменение в выработке электроэнергии на ГЭС (Энциклопедия климатических ресурсов..., 2005).

Если объем притока воды оказывается значительно больше нормы, то могут потребоваться холостые сбросы воды, представляющие опасность для населенных пунктов, расположенных ниже по течению. Если же объем притока будет меньше нормы, то водохранилище может оказаться незаполненным до нормального подпорного уровня (НПУ). Возникающую при этом недовыработку ГЭС приходится в этих случаях компенсировать энергией от других источников.

Ожидаемое (в рамках ряда сценариев антропогенного воздействия на климатическую систему) в XXI в. увеличение осадков на территории России, с одной стороны, может привести к учащению затопления объектов, расположенных в нижних бьефах ГЭС, и к затратам, связанным с необходимостью изменения режима работы ГЭС. С другой стороны, ожидаемое изменение притока воды к действующим при ГЭС водохранилищам благоприятно повлияет на выработку электроэнергии. Исключение составят Цимлянская, Новосибирская и Зейская ГЭС, где ожидается уменьшение выработки электроэнергии (Кобышева, 2012). На рис. 6.5.1 показаны возможные изменения выработки электроэнергии на ГЭС к середине XXI в., рассчитанные по результатам моделирования стока на данный период (Климатические факторы…, 2010). Данные о слое стока получены осреднением результатов расчетов для группы (ансамбля) 16 моделей общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО) в рамках сценария A2 антропогенного воздействия на климатическую систему (Special Report on Emission Scenarios, 2000).

OD-2-1-3n 12/15/14 5:40 PM Page 879

Как было показано в разделе 4.1 “Водные системы суши” настоящего Доклада, в ближайшие десятилетия нет оснований ожидать каких-либо значительных изменений водных ресурсов основных рек страны в результате антропогенного потепления климата. Наиболее вероятно незначительное (в пределах 5%) увеличение годового стока (Шикломанов и др., 2008; Георгиевский, Шалыгин, 2012; Георгиевский и др., 2013). Согласно (Георгиади, Милюкова, 2012) в первой трети текущего столетия можно ожидать незначительного (до 5%) повышения годового стока в бассейне Волги.

Отметим, что такие изменения находятся в пределах естественной изменчивости годового стока и не могут оказать существенного влияния на суммарную годовую выработку электроэнергии на ГЭС страны.

Вместе с тем в разделе 4.1 “Водные системы суши” настоящего Доклада были также отмечены существенные климатообусловленные изменения во внутригодовом распределении стока рек страны. Они выражаются в значительном увеличении меженного стока, главным образом – зимнего. Так, в Европейской части России (ЕЧР), как правило, водность рек зимой увеличилась – на 50–120%. Отмечаются значимые положительные тренды зимнего стока и существенное увеличение его изменчивости. Увеличение притока воды в меженные периоды благоприятно для выработки гидроэлектроэнергии, но может потребовать пересмотра правил управления водными ресурсами водохранилищ и каскадов для создания оптимальных условий регулирования стока с учетом запросов всех водопользователей и при минимизации возможных негативных экологических и социальных последствий.

Волжско-Камский каскад ГЭС. В отношении влияния на гидроэнергетику страны происходящие изменения климата коснулись, в основном, бассейна Волги. Это влияние обусловлено не только и не столько повышением годового стока за счет увеличения осадков, а повышением температуры воздуха холодного периода года, в результате чего зимний сток рек за период 1978–2010 гг. увеличился на 70–120% по отношению к средним значениям за период 1946–1977 гг. (рис. 6.5.2).

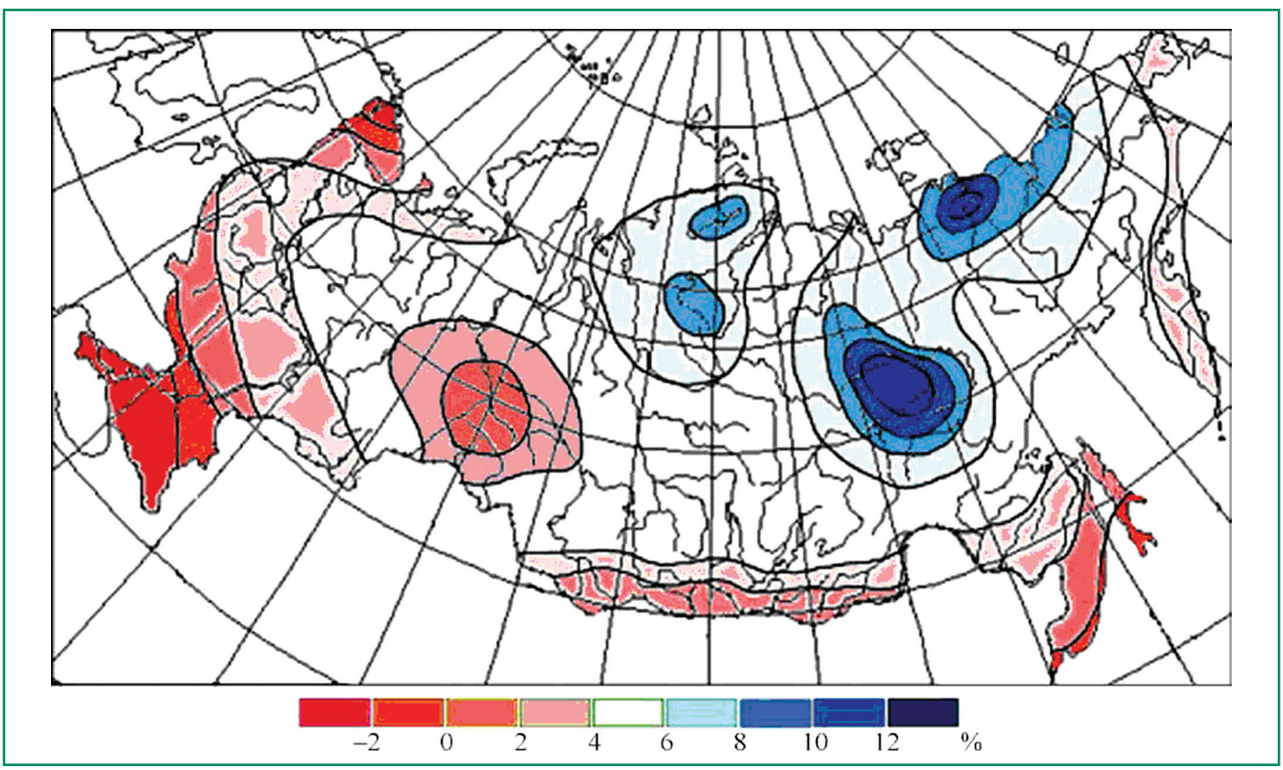


Рис. 6.5.1. Изменение выработки электроэнергии на ГЭС в середине XXI в. по сравнению с периодом 1981–2000 гг. (Климатические факторы..., 2011).

OD-2-1-3n 12/15/14 5:40 PM Page 880

В результате происходящего потепления климата со второй половины 1970-х гг. в бассейне Волги существенно изменились условия формирования стока – повсеместно увеличилась водность меженных месяцев, особенно зимних, повысился минимальный сток рек, значительно возросла межгодовая изменчивость ряда характеристик водного режима рек, в особенности зимнего стока.

К началу XXI века по сравнению со средним значением за период 1946–1977 гг. произошли существенные изменения в годовом притоке к водохранилищам Волжско-Камского каскада ГЭС (ВКК) – он увеличился на 8–26%, а суммарный приток возрос на 41 км^3 (Исследование изменений…. Кн. 1, 2010а). Значительно изменилось внутригодовое распределение притока к водохранилищам: практически для всех водохранилищ наблюдалось увеличение притока в декабре–марте – от ~70% для Камских водохранилищ до более 200% для Угличского водохранилища. Последние десятилетия характеризуются значительно большей изменчивостью естественного притока воды в водохранилища в меженные месяцы, а также в целом за год.

Наиболее значительные изменения климата и характеристик стока произошли в рассматриваемом регионе в течение относительно небольшого промежутка времени – во второй половине 1970-х гг. С тех пор и до настоящего времени сохраняются достигну-

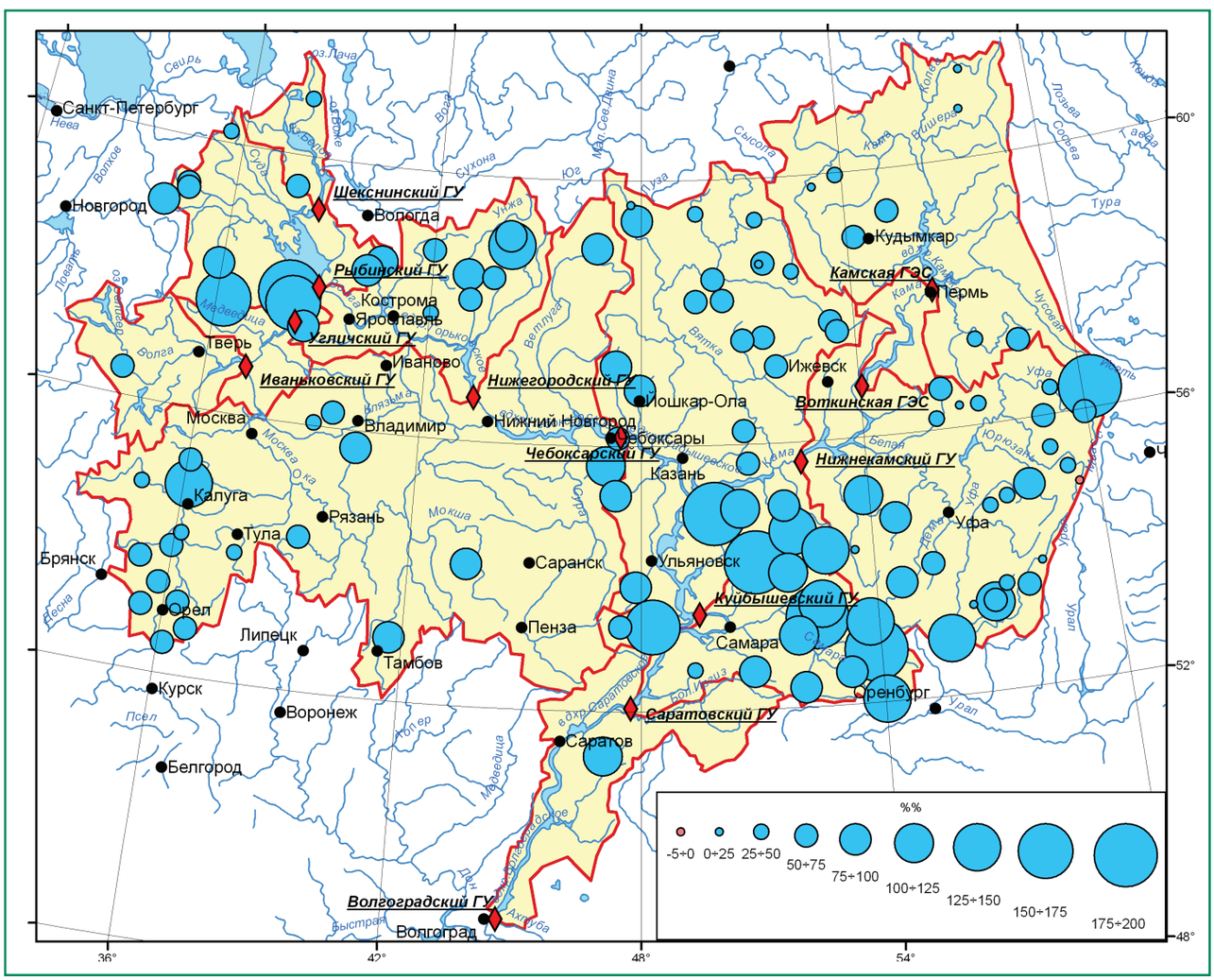


Рис. 6.5.2. Изменения зимнего стока (%) в бассейне Волги за период 1978–2010 гг. по отношению к средним значениям за период 1946–1977 гг.

OD-2-1-3n 12/15/14 5:40 PM Page 881

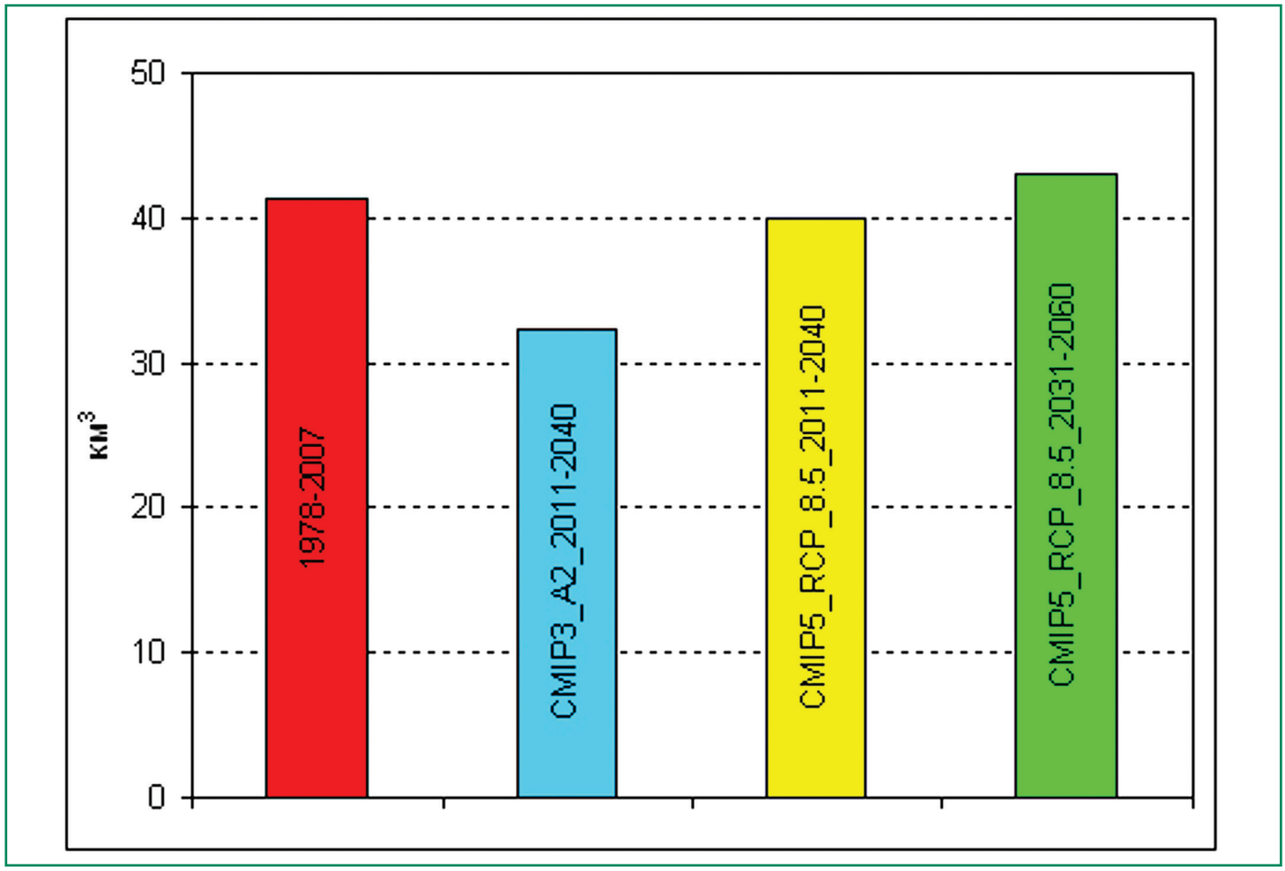


Рис. 6.5.3. Фактические изменения за 1978–2007 гг. и расчетные аномалии (по отношению к норме 1946–1977 гг.) годового притока к водохранилищам ВКК, км^3.

тые высокие уровни температуры воздуха, атмосферных осадков и притока к водохранилищам ВКК при сильной межгодовой изменчивости и практически при отсутствии значимых трендов. Это позволило выдвинуть гипотезу о том, что со второй половины 1970-х годов в бассейне Волги сформировался новый квазистационарный режим притока речных вод к водохранилищам ВКК, и о возможности использования рядов элементов водного баланса водохранилищ ВКК за последние три десятилетия в качестве аналогов (в статистическом смысле) на ближайшие десятилетия.

Для обоснования этой возможности, наряду со статистическим анализом рядов гидрометеорологических характеристик, выполнены оценки возможных изменений стока рек бассейна и притока в водохранилища ВКК с использованием перспективных оценок будущего климата, полученных расчетным путем с использованием групп (ансамблей) глобальных климатических моделей семейств CMIP3 и CMIP5. При этом в первом случае использовался сценарий A2 (Special Report on Emission Scenarios, 2000) антропогенного воздействия на климатическую систему, а во втором – сценарий RCP8.5 (Climate Change, 2013). Расчеты были проведены для 2011–2040 гг. и 2031–2060 гг. Перспективные оценки показали, что ожидаемое увеличение годового притока к водохранилищам ВКК в рассматриваемые два будущих периода времени по сравнению с концом 1970-х годов сравнимо с уже произошедшими изменениями за последние десятилетия, о чем говорилось выше (рис. 6.5.3).

Ожидаемое по результатам расчетов с помощью практически всех современных глобальных климатических моделей и в условиях существующих сценариев антропогенного воздействия на климатическую систему дальнейшее повышение зимних температур воздуха позволяет с высокой долей уверенности считать, что увеличенный

OD-2-1-3n 12/15/14 5:40 PM Page 882

зимний приток в водохранилища ВКК, наблюдающийся со второй половины 1970-х годов, сохранится и в ближайшие два–три десятилетия.

Что касается перспективных оценок для года в целом и для летне-осеннего периода, то неопределенность оценок здесь очень велика. Это связано в первую очередь с тем, что характеристики осадков имеют очень высокую временную и пространственную изменчивость. Вследствие этого для водохозяйственных и водноэнергетических расчетов нельзя принять какое-либо одно представление о гидроклиматических условиях ближайших десятилетий. Целесообразно рассмотрение нескольких возможностей.

Учитывая объективную значительную неопределенность будущих параметров притока к водохранилищам ВКК, особенно в отношении возникновения экстремальных по водности лет (или их группировок), основные водохозяйственные и водноэнергетические расчеты по гидроузлам ВКК выполнены для трех вариантов гидрометеорологических условий в бассейне Волги (Исследование изменений…. Кн. 2, 2010б):

- 61-летний период 1914/15–1974/75 гг. относительно стабильного климата;
- 30-летний период 1975/76–2004/05 гг., отражающий изменение водного режима в бассейне р. Волги в результате современного изменения климата;
- полный 91-летний период 1914/15–2004/05 гг., используемый в современных проектных водохозяйственных и водноэнергетических расчетах.

Сравнение расчетных, регламентированных “Правилами” и фактических показателей режима работы гидроузлов ВКК позволило сделать следующие выводы (ниже в пп. 1) – 6) дается сравнение показателей 1975/76–2004/05 гг. с показателями 1914/15–1974/75 гг.):

1) Сток в бассейне р. Волги в последние десятилетия увеличился по сравнению с предыдущим периодом. Расчетный объем стока Волги в нижнем бьефе Волгоградского гидроузла (ГУ) за год, половодье, летне-осеннюю и зимнюю межень увеличился соответственно на 15%, 6%, 23% и 24%.

2) Из-за увеличения стока в бассейне р. Волги увеличилась энергоотдача ГЭС ВКК (рис. 6.5.4), особенно заметно – зимняя. Так, суммарная средняя многолетняя выработка электроэнергии девяти ГЭС возросла на 13%, суммарная среднезимняя мощность 90%-ной обеспеченности – на 47%.

3) Возросла обеспеченность навигационных уровней воды в верхних бьефах гидроузлов ВКК. Так, обеспеченность уровней верхнего бьефа Куйбышевского ГУ в течение года на отметке 50.0 м возросла с 61% до 75%, на отметке 51.0 м – с 35% до 48%, а на отметке 49.0 м в период меженной навигации с июля до 2-й декады ноября – с 92.6% до 96.6% (рис. 6.5.5).

4) Повысилась обеспеченность навигационных и специальных весенних попусков в нижний бьеф Волгоградского ГУ (рис. 6.5.6): обеспеченность расхода воды в период навигации 5000 м^3/с повысилась на 65%, 4000 м^3/с – на 30%; объема стока 120 км^3 за IV–VI – на 22%, 90 км^3 – на 18%. Заметим, что пункты 3 и 4 относятся также и к следующему подразделу Доклада, посвященному речному судоходству.

5) При водохозяйственных и водноэнергетических расчетах рекомендуется учитывать всю имеющуюся информацию вплоть до последнего года наблюдений. Планирование будущей водохозяйственной обстановки и энергоотдачи ГЭС, исходя только из современных многоводных условий, а также на основе какого-либо одного представления о будущем климате, является рискованным. Например, даже при общем положительном тренде водности возможны маловодные годы и периоды.

6.5.4. Водообеспеченность

Полученные результаты современных и ожидаемых изменений годового и сезонного стока могут привести во многих регионах РФ к серьезным социально-экономическим последствиям. Действительно, сток рек, являясь интегральной характеристикой возобновляемых водных ресурсов, обеспечивает основной объем водопотребления, определяет количественные показатели водообеспеченности* населения и террито-

*Природная водообеспеченность того или иного региона (бассейна) – это количество возобновляемых водных ресурсов, которое приходится в год на одного жителя (тыс. м^3) или на единицу площади (объем на 1 км^2 площади, или слой в мм).

OD-2-1-3n 12/15/14 5:40 PM Page 883

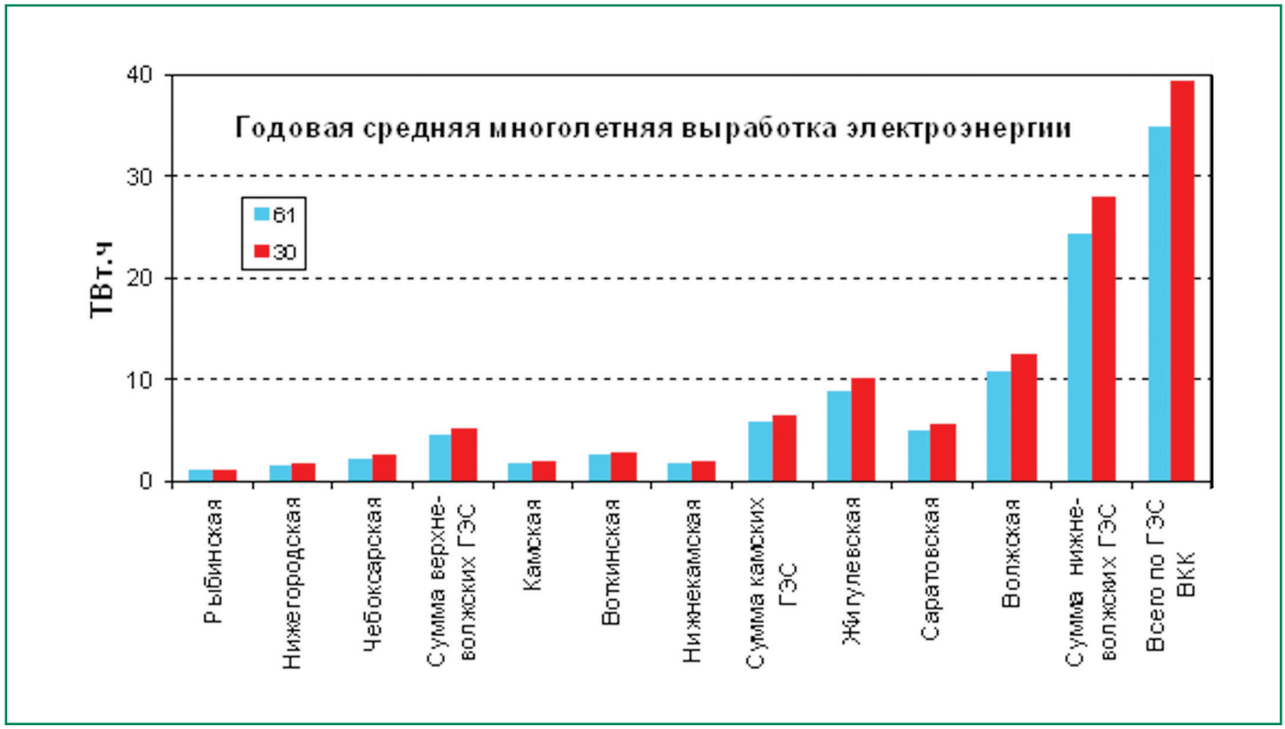


Рис. 6.5.4. Годовая средняя выработка электроэнергии на ГЭС ВКК за периоды 1914/15–1974/75 гг. (61) и 1975/76–2004/05 гг. (30).

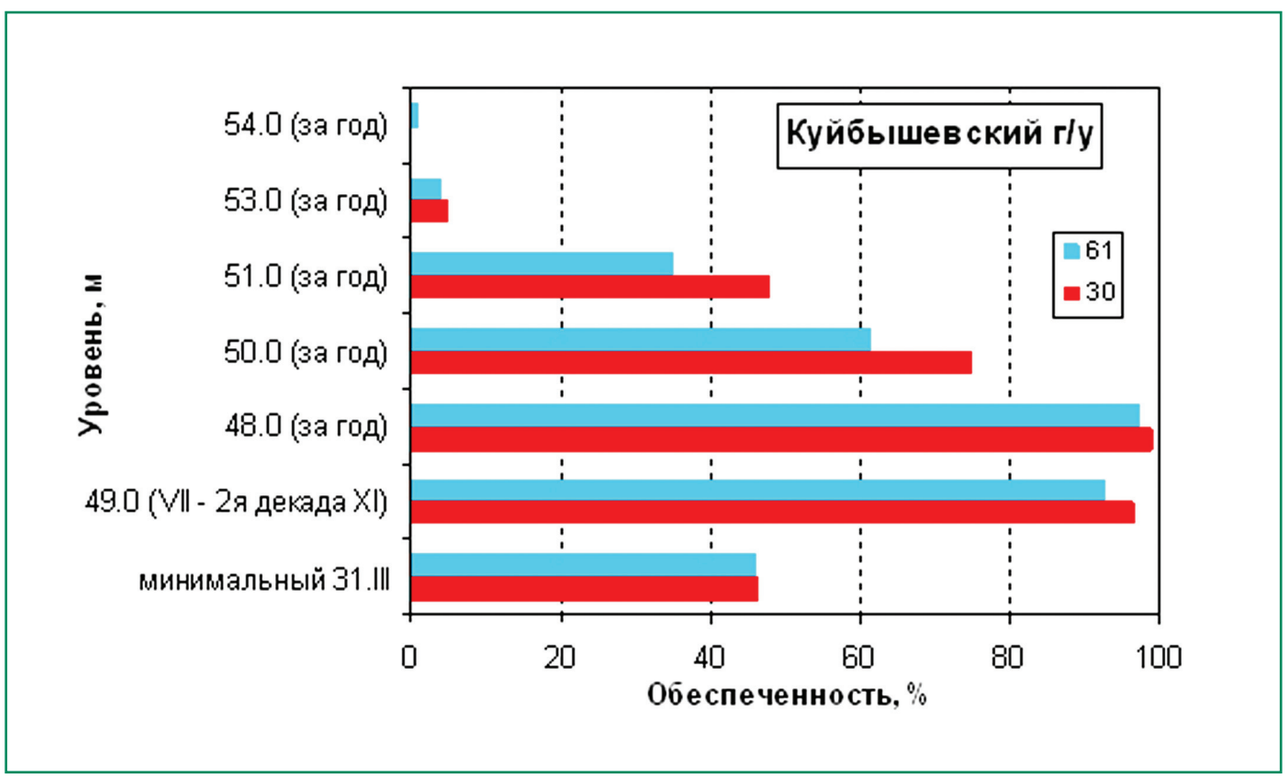


Рис. 6.5.5. Обеспеченность навигационных уровней воды в верхнем бьефе Куйбышевского ГУ за периоды 1914/15–1974/75 гг. (61) и 1975/76–2004/05 гг. (30).

OD-2-1-3n 12/15/14 5:40 PM Page 884

рии, дефицит водных ресурсов и степень нагрузки на них.

Водные ресурсы распределены на территории России крайне неравномерно и во многих случаях не соответствуют плотности населения и размещению промышленных и сельскохозяйственных объектов.

Наиболее полноводные реки России – Северная Двина, Печора, Обь, Енисей, Лена, Амур – протекают в слабообжитых и экономически малоразвитых регионах. В то же время речные водосборы юга Европейской части России – Дон, Кубань, Терек, Сулак и Волга – это густонаселенные районы страны, где сосредоточена значительная доля промышленного и сельскохозяйственного производства. Водные ресурсы рек России различаются в сотни раз, а водообеспеченность населения – в тысячи раз.

Основной объем ежегодно возобновляемых водных ресурсов России (Современная и перспективная оценка…, 2012) приходится на речные бассейны Оби (403 км^3/год), Печоры (133 км^3/год), Енисея (590 км^3/год), Ангары (109 км^3/год), Лены (545 км^3/год) и Амура (300 км^3/год).

Природная (потенциальная) водообеспеченность территории в бассейнах этих рек составляет соответственно 137 мм, 414 мм, 242 мм, 126 мм, 219 мм и 174 мм. Водообеспеченность населения в этих регионах очень высокая. Исключение составляет верховье Иртыша, где водообеспеченность населения очень низкая – 2.3 тыс. м^3/год на человека.

На ЕЧР водообеспеченность населения находится в пределах от 0.1 до 16 тыс. м^3/год на человека, т. е. от катастрофически низкой (Северский Донец) до высокой (бассейн р. Невы, р. Нарвы, Западной Двины и ряд участков р. Волги).

На юге ЕЧР потенциальная водообеспеченность всех речных водосборов является низкой и составляет в целом для Дона – 2.5 тыс. м^3/год на человека, Кубани – около 4.0 тыс. м^3/год на человека, Терека – 4.5 тыс. м^3/год на человека, Сунжи – 1.8 тыс. м^3/год на человека.

Серьезные проблемы водообеспечения имеют место и в достаточно увлажненных регионах, имеющих развитую экономику и высокую плотность населения; водообеспеченность населения в

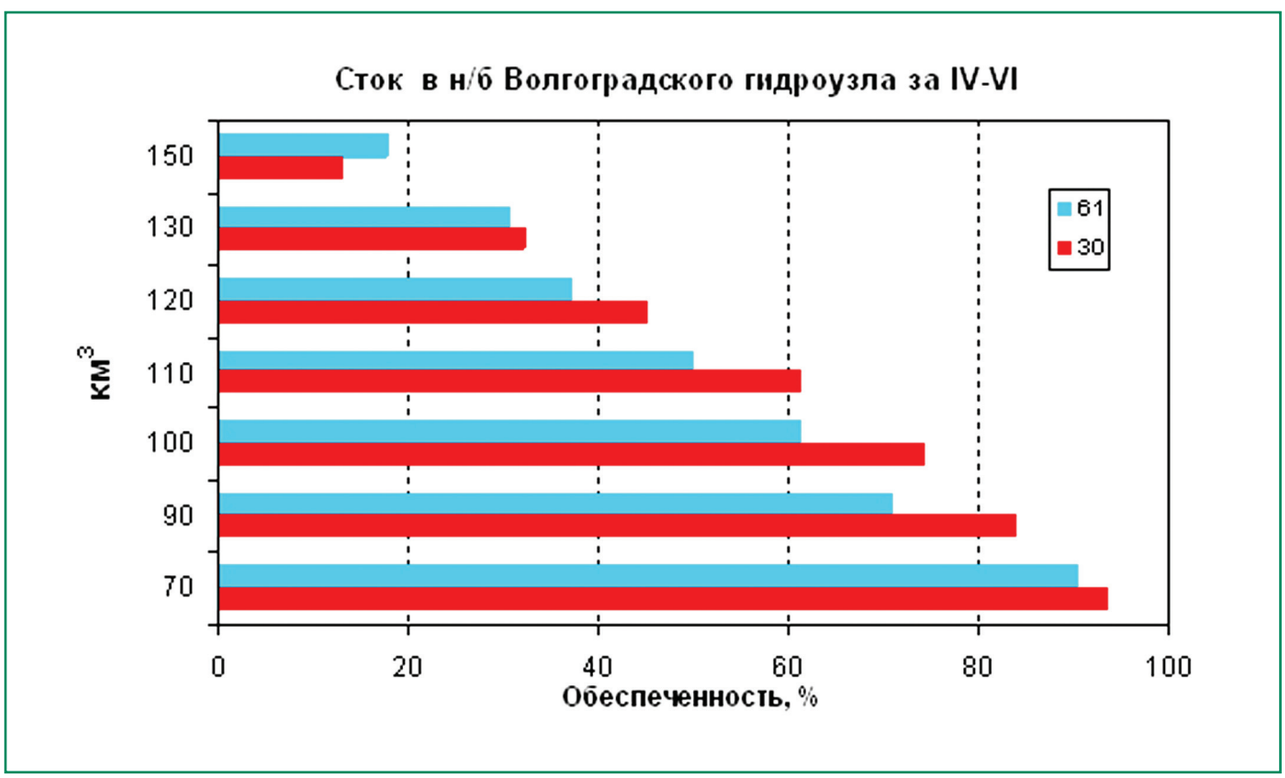


Рис. 6.5.6. Обеспеченность навигационных и специальных весенних попусков (за IV–VI) в нижнем бьефе Волгоградского ГУ за периоды 1914/15–1974/75 гг. (61) и 1975/76–2004/05 гг. (30).

OD-2-1-3n 12/15/14 5:40 PM Page 885

этих регионах обычно очень мала, а водные ресурсы имеют высокую степень загрязнения. При этом климатические изменения и хозяйственная деятельность в значительной степени обостряют проблемы водообеспечения в регионах с ограниченными водными ресурсами. Такими регионами являются бассейны рек Волга, Ока, Клязьма, Сура и Урал.

Отметим, что потенциальная водообеспеченность является несколько завышенной характеристикой, поскольку не учитывает безвозвратно потерянную воду в результате хозяйственной деятельности и водность года. Более показательной величиной обеспеченности является реальная водообеспеченность, рассчитанная с учетом безвозвратных потерь и на основе водных ресурсов за три последовательных маловодных года за весь период наблюдений.

В средние по водности годы катастрофически низкую водообеспеченность имеет водосбор Северского Донца (0.87 тыс. м^3/год на человека), низкую водообеспеченность (до 5 тыс. м^3/год на человека) имеют водосборы Дона (на разных водохозяйственных участках от 1.6 до 2.4 тыс. м^3/год на человека), Кубани (на участках до Краснодарского ГУ – 1.6–2.1 тыс. м^3/год на человека), Терека (водохозяйственный участок до Владикавказа – 2.8 тыс. м^3/год на человека), Волги (от Чебоксарского ГУ до створа Верхнее Лебяжье – 3.0–4.1 тыс. м^3/год на человека), Оки (1.3–4.5 тыс. м^3/год на человека), Клязьмы (1.0 тыс. м^3/год на человека), Суры (4.5 тыс. м^3/год на человека) и Урала (3.7 тыс. м^3/год на человека).

В маловодные годы все перечисленные участки водосборов, естественно, имеют еще более низкую водообеспеченность, а такие из них как участки, ограниченные створом р. Дон – Цимлянская ГЭС, станица. Раздорская, р. Кубань – устье, р. Сунжа – г. Грозный, р.Ока – г. Муром, р. Клязьма – г. Владимир, р. Урал – г. Верхнеуральск, переходят в категорию катастрофически низкой водообеспеченности (менее 1.0 тыс. м^3/год на человека).

Важно отметить, что указанные водохозяйственные участки бассейнов, имеющие наиболее острые проблемы водообеспечения, особенно, в маловодные годы, являются наиболее густонаселенными и экономически развитыми регионами нашей страны; общая площадь этих регионов составляет 14.7% территории РФ. Суммарные водные ресурсы на территории этих регионов составляют 9.14% от общероссийских, а проживает здесь 76% всего населения России.

Средняя водообеспеченность (5.0–10.0 тыс. м^3/год на человека) в настоящее время характерна для верхней Волги, р. Белой и нижнего Иртыша. В маловодные годы водообеспеченность этих регионов снижается до низкой (менее 5.0 тыс. м^3/год на человека).

На водосборах Северо-Запада водообеспеченность как в средние по водности годы, так и в маловодные остается достаточно высокой – до 20.0 тыс. м^3/год на человека.

Водообеспеченность водосборов северных и сибирских рек очень высокая. Значения реальной водообеспеченности находятся в пределах от 80.0 тыс. м^3/год на человека (Северная Двина) до 1350 тыс. м^3/год на человека (р. Камчатка). Исключение здесь бассейны верхней Оби, р. Томь и верхнего Иртыша, где водообеспеченность определяется на границе средней и высокой (10.0–11.0 тыс. м^3/год на человека).

В разрезе административных единиц РФ в настоящее время наименее обеспечены водными ресурсами ряд субъектов Центрального, Южного и Северо-Кавказского федеральных округов. Однако и в других федеральных округах имеются регионы с низкой водообеспеченностью. Ниже, в таблице 6.5.1 приводятся данные по реальной водообеспеченности населения тех субъектов РФ, которые в средние по водности и в маловодные годы имеют низкую (2.01–5.0 тыс. м^3/год), очень низкую (1.01–2.0 тыс. м^3/год) и катастрофически низкую (< 1.0 тыс. м^3/год) водообеспеченность. В настоящее время таких субъектов в РФ 23.

В соответствии с данными этой таблицы крайне неблагоприятные показатели имеют Белгородская, Курская, Липецкая, Московская (с г. Москва), Тамбовская, Оренбургская, Пензенская, Курганская и Челябинская области, Ставропольский край, Республики Калмыкия и Ингушетия.

Следует отметить, что по сравнению с данными за 2005 г. водообеспеченность изменилась в соответствии с наблюдаемым в настоящее время и прогнозируемым ранее (Шикломанов и др., 2007; Шикломанов и др., 2010) изменением речного стока. В тех регионах, где увеличился годо-

OD-2-1-3n 12/15/14 5:40 PM Page 886

Таблица 6.5.1. Субъекты РФ с низкой водообеспеченностью (< 5000 м³/год) относительно общих водных ресурсов в средние по водности и маловодные годы

Субъекты РФ	Численность населения, млн чел., 2010 г.	Средние многолетние водные ресурсы, км³/год	Водные ресурсы за маловодный период, км³/год	Водообеспеченность, тыс. м³/год на чел.	
				среднемноголетними водными ресурсами	водными ресурсами в маловодный период
Центральный ФО					
Белгородская обл.					
Брянская обл.	1.53	2.70	1.62	1.76	1.06
Воронежская обл.	1.28	7.30	5.10	5.70	3.98
Курская обл.	2.34	13.7	6.00	5.85	2.56
Липецкая обл.	1.13	3.80	2.13	3.36	1.88
Московская обл. и	1.17	6.30	3.30	5.38	2.82
г. Москва	18.6	18.0	12.2	0.97	0.66
Орловская обл.	0.79	4.10	2.60	5.19	3.29
Тамбовская обл.	1.09	4.10	2.52	3.76	2.31
Тульская обл.	1.55	10.6	7.60	6.84	4.90
Южный ФО					
Респ. Калмыкия	0.29	1.10	0.25	3.79	0.86
Краснодарский край	5.23	23.0	17.4	4.40	3.33
Ростовская обл.	4.28	26.2	12.7	6.12	2.97
Северо-Кавказский ФО					
Респ. Ингушетия	0.41	1.70	0.73	4.15	1.78
Ставропольский край	2.79	5.50	0.46	1.97	0.16
Приволжский ФО					
Респ. Башкортстан	4.07	34.2	19.0	8.40	4.67
Респ. Мордовия	0.83	4.90	2.54	5.90	3.06
Оренбургская обл.	2.03	12.6	3.5	6.21	1.72
Пензенская обл.	1.39	5.60	2.84	4.03	2.04
Уральский ФО					
Курганская обл.	0.91	3.50	0.69	3.85	0.76
Свердловская обл.	4.30	30.2	15.7	7.02	3.65
Челябинская обл.	3.48	7.40	3.35	2.13	0.96
Сибирский ФО					
Омская обл.	1.98	41.3	9.5	20.9	4.80

вой сток, водообеспеченность незначительно повысилась (все отмеченные субъекты Центрального, Приволжского, Уральского и Сибирского федеральных округов). В южных регионах, снижение годового стока привело к еще более низкой водообеспеченности. Эта тенденция совпадает с прогнозами, которые были сделаны ранее в Государственном гидрологическом институте (Шикломанов и др., 2008; Оценочный доклад.., 2008). Численность населения (2010 г.) по сравнению с 2005 г. повсеместно снизилась (за исключением Краснодарского края, г. Москвы и Московской обл.), что также привело в указанных выше субъектах к увеличению водообеспеченности.

Прогностические оценки водных ресурсов и численности населения позволяют оценить ожидаемое в ближайшей перспективе изменение потенциальной водообеспеченности. В целом, для территории России потенциальная водообеспеченность на одного жителя может увеличиться на 5–10% за счет прогнозируемого увеличения водных ресурсов и сокращения численности населения. Увеличение водообеспеченности (до 10%) можно ожидать на большей части территории

OD-2-1-3n 12/15/14 5:40 PM Page 887

России, где формируется более 95% водных ресурсов страны (Шикломанов и др., 2011). Вместе с тем, в ряде густонаселенных регионов – на территориях субъектов Южного и Северо-Кавказского федеральных округов, которые и в современных условиях имеют довольно ограниченные водные ресурсы, следует ожидать уменьшения водообеспеченности от 5 до 15%, за счет изменений климата, увеличения водопотребления и небольшого роста населения. В частности, наиболее значительное уменьшение водообеспеченности (до 10–15%) прогнозируется в Республике Башкортостан, Республике Калмыкия, Краснодарском и Ставропольском краях, Ростовской обл.

В остальных, субъектах РФ с малой водообеспеченностью (Республика Мордовия, Оренбургская, Белгородская, Воронежская, Курская, Липецкая, Орловская, Тамбовская, Пензенская, Курганская, Челябинская области) ожидается увеличение водообеспеченности не более 5%.

В маловодные годы водообеспеченность населения Белгородской, Курской, Оренбургской, Курганской и Челябинской областей может быть близкой к величинам 1000–1500 м^3 в год на одного человека, т. е. быть очень низкой или критически низкой.

В других указанных выше субъектах Центрального, Приволжского, Уральского и Сибирского федеральных округов водообеспеченность ожидается в пределах 2000–4500 м^3 в год на одного жителя, что также является низкой водообеспеченностью.

Следует отметить, что, несмотря на прогнозируемое заметное увеличение водных ресурсов в нечерноземных областях Центрального федерального округа, в некоторых регионах, прежде всего в Московской области (вместе с г. Москва), в результате постоянного роста населения, можно ожидать дальнейшего снижения водообеспеченности, которая в настоящее время уже находится на критическом уровне.

6.5.5. Опасные и неблагоприятные гидрологические явления

На территории России основными видами гидрологических опасностей являются речные наводнения во время весеннего половодья, при дождевых и снего-дождевых паводках, ледовых заторах, зажорах, ветровых нагонах в устьях рек, селевые потоки на горных реках, а также длительные маловодья во время засух.

6.5.5.1. Наводнения

Практически ежегодно в нашей стране происходят крупные наводнения. По площади охватываемых территорий и наносимому материальному ущербу эти стихийные бедствия превосходят все остальные. Потенциальному затоплению подвержена территория страны общей площадью 400 тыс. км^2, ежегодно затапливается около 50 тыс. км^2. В условиях подтопления могут оказаться в разное время более 300 городов, десятки тысяч мелких населенных пунктов с суммарным населением более 4.6 млн человек, множество хозяйственных объектов, более 7 млн га сельскохозяйственных угодий. По оценкам специалистов, среднемноголетний ущерб от наводнений составляет около 43 млрд руб. (Атлас природных …, 2004).

В ОД_РФ-1 отмечалось, что во многих экономических районах России в начале XXI века повторяемость катастрофических наводнений, обусловленных высокими паводками и половодьями, увеличилась на 15% по сравнению с последним десятилетием XX века, в особенности на горных реках Кавказа, в Восточной Сибири и на юге Дальнего Востока.

В вышедших после публикации ОД_РФ-1 монографиях (Экстремальные гидрологические…, 2010; Алексеевский и др., 2011; Методы оценки…, 2012) на основе анализа результатов стационарных гидрологических наблюдений сети Росгидромета делается вывод о том, что для большинства речных бассейнов России основной тип опасных наводнений связан с таянием снега. Проходят они исключительно в период весеннего половодья и, как правило, характерны для равнинных рек. Отмечается, что на АЧР наблюдательной сетью Росгидромета зарегистрирован рост числа наводнений за период 1990–2010 гг., а на ЕЧР этого не наблюдается.

На карте распределения различных видов ущербов от наводнений по территории РФ (Природные опасности…, 2001; Борщ и др., 2012) наи-

OD-2-1-3n 12/15/14 5:40 PM Page 888

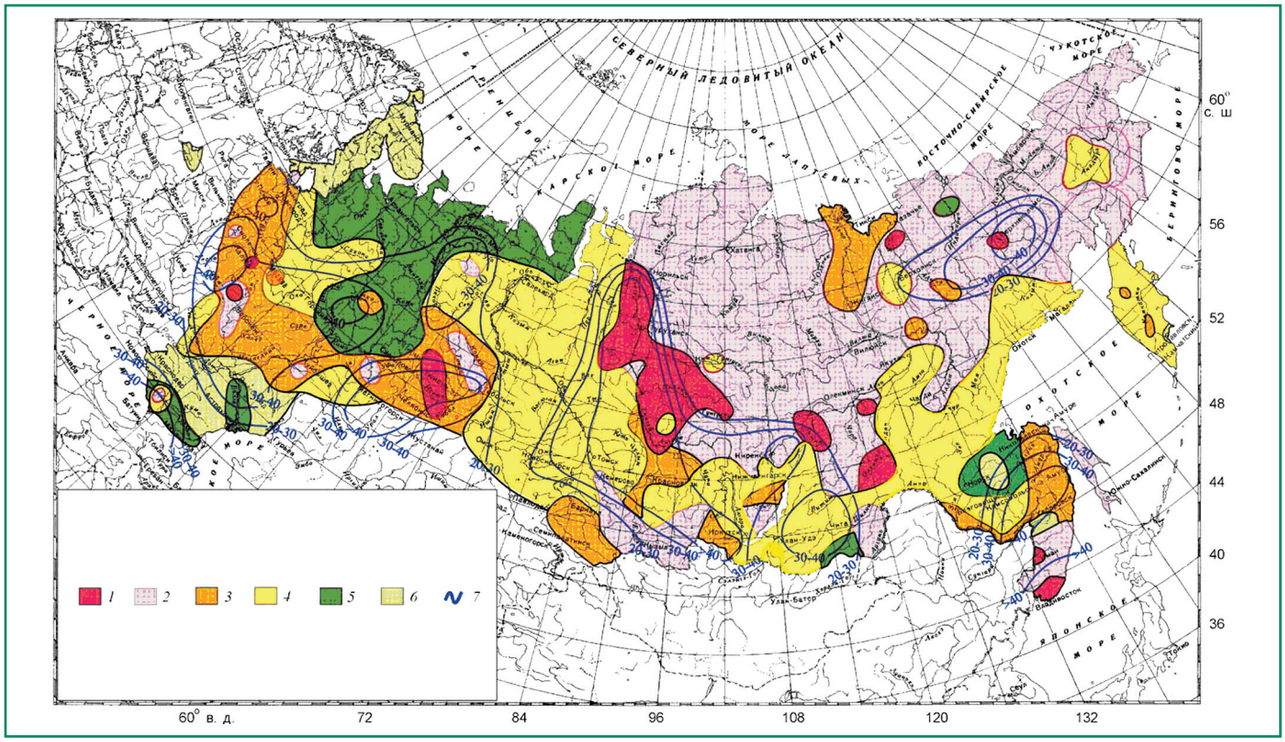


Рис. 6.5.7. Районирование территории РФ по степени опасности наводнений (Природные опасности России, 2001). 1 – район, где максимальный уровень более чем на 3.3 м превышает уровень начала затопления прибрежных территорий (чрезвычайно опасное наводнение); 2 – район с максимальным превышением уровня начала затопления на 2.1–3.2 м (весьма опасное наводнение); 3 – район с максимальным превышением на 1.5–2.0 м (опасное наводнение); 4 – район с максимальным превышением на 0.8–1.4 м (умеренно опасное наводнение); 5 – район с максимальным превышением на 0.3–0.7 м (малоопасное наводнение); 6 – район с максимальным превышением на 0.3 м (незначительно опасное); 7 – изолинии равных вероятностей превышения (%) уровней начала затопления прибрежных территорий.

большим ущербом отличается регион Северного Кавказа, а также бассейны рек Волги и Амура (рис. 6.5.7).

На картах районирования территории РФ по степени опасности наводнений (Алексеевский и др., 2011; Экстремальные гидрологические…, 2010) чрезвычайно опасные наводнения с максимальным превышением уровня начала затопления более чем на 3.3 м бывают в бассейнах рек Тобол, Енисей (средняя и нижняя часть бассейна), Лена (верхняя часть бассейна) и реки юга Приморья. Большая часть территории Сибири и Дальнего Востока, Сахалин относятся к районам весьма опасных наводнений с максимальным превышением уровня начала затопления на 2.1–3.2 м.

В монографии (Алексеевский и др., 2011) на основе обобщений сведений о наводнениях приводятся классификация наводнений по уровню социально-экономического ущерба, шкала балльности разрушений при наводнениях, предлагаются пути совершенствования системы гидрометрических наблюдений на реках с опасными половодьями или паводками.

Сведения об опасных гидрологических явлениях на реках страны с учтенным ущербом за 1991–2010 гг. приведены в обобщенном виде в табл. 6.5.2 (Семенов, 2012).

Общее число всех ОГЯ за первое десятилетие XXI века по сравнению с последним десятилетием XX века увеличилось почти в 1.5 раза. Количество опасных наводнений в половодье увеличилось на 12%, заторных наводнений – на 25%, опасных паводков – на 40%, селей с учтенным ущербом – почти в три раза; число опасных нагонных наводнений с учтенным ущербом уменьшилось в два раза.

Наибольшее увеличение числа наводнений за последние годы XX и первое десятилетие XXI

OD-2-1-3n 12/15/14 5:40 PM Page 889

столетия характерно для рек АЧР: горные и предгорные районы Южного Урала (реки Тобол, Белая) и юга Западной Сибири (Алтай, Саяны) (табл. 6.5.3), а также некоторых районов Дальнего Востока (Сахалин, Камчатка), где запасы воды в снежном покрове зимой обычно большие. Для рек этих районов характерно сохранение повышенной повторяемости опасных наводнений в период половодий.

Важным фактором увеличения повторяемости опасных наводнений в период весеннего половодья является существенное повышение весенней температуры, особенно ощутимое в горных районах, что способствует увеличению дружности половодья с одновременным формированием стока в нескольких высотных поясах, т. е. на большей площади бассейна. Например, в последнее двадцатилетие у больших, наиболее многоводных рек Алтая (Катунь и Бия), формирование стока которых происходит во всех высотных поясах, отрицательный тренд максимального стока сменился на положительный, хотя для средних и малых рек с формированием стока в одном высотном поясе это не характерно. Этому способствует также произошедшее увеличение в весенний период количества атмосферных осадков (Шерстюков, 2012).

На ЕЧР увеличение повторяемости высоких половодий до 2005 г. происходило на многих реках Северного Кавказа и в Северо-Западном ФО. В Приволжском ФО увеличение количества наводнений происходило на реках в Республике Марий Эл, в Кировской и Саратовской областях. На территории Центрального ФО редким годам с опасными наводнениями в весеннее половодье обычно предшествовали многоснежные зимы (1994, 1999 и 2005 годы). В последнее пятилетие общее количество опасных наводнений для всей территории России несколько снизилось (см. табл. 6.5.2).

Таблица 6.5.2. Изменение числа опасных гидрологических явлений (ОГЯ) на реках России с учтенным ущербом по пятилетним периодам за 1991–2010 гг.

Тип опасного гидрологического явления (ОГЯ)	Количество ОГЯ . за 1991-2010 гг.	Количество ОГЯ за периоды			
		1991-1995 гг.	1996-2000 гг.	2001-2005 гг.	2006-2010 гг.
Наводнения в половодье	257	55	66	97	39
Наводнения в паводки	332	64	74	110	84
Сели	167	16	28	55	68
Заторные наводнения	63	15	13	8	27
Зажорные наводнения	7	1		1	5
Нагонные наводнения	37	16	9	8	4
Общее число всех ОГЯ за периоды	863	167	190	279	227

Таблица 6.5.3. Изменение суммарной за год продолжительности (сут) высоких опасных наводнений в половодье на горных реках Алтая и Саян в пределах территорий субъектов РФ

Название субъекта РФ	Годы														
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Республика Алтай													1		19
Алтайский край	1	36	1	10	3	8	1	3	34	2	2	1	5	41	1
Иркутская обл.									10	1			9		
Кемеровская обл.	1						2	2	27	2	2	1	5	17	17
Красноярский край	1			1		19		12	15	25	5	12	11	11	
Тыва	4	3							1			11			
Хакассия											3	11		1	

OD-2-1-3n 12/15/14 5:40 PM Page 890

Таблица 6.5.4. Изменение суммарной за год продолжительности (сут) высоких опасных паводков на реках в субъектах РФ на Дальнем Востоке за 1991–2009 гг.

Название субъекта РФ	Годы																	
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Камчатский край						9	4					2		3	5				
Магаданская обл.				2	4											8			4
Приморский край	9	9	6	35		12	4		3	56	12	10		7	6	2	1		10
Сахалинская обл.			6		3		1		2	2		1			21	1		2	10
Хабаровский край	2		3	1		2	10				2		10		12	23	2		7

Таблица 6.5.5. Изменение суммарной за год (сут) продолжительности высоких опасных паводков на реках в субъектах РФ на Северном Кавказе за 1991–2007 гг.

Название субъекта РФ	Годы																
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Адыгея		7						3	1			11	1	6	2		
Дагестан		7				2	7					22	1		9	2	2
Ингушетия		7									6	13					
Кабардино-Балкария		7			3							8			1	92	
Карачаево-Черкессия		7				1	2	2				11	1	14		4	3
Краснодарский край	2	8			6	4	4	4		1	9	26	1	23	5	8	3
Северная Осетия–Алания		9			3			3			2	12			32		
Ставропольский край		13	1			5		2				11		4			
Чечня		7					1					13		9	36	5	

С начала XXI столетия наибольший рост повторяемости гидрологических опасностей возникал при дождевых паводках на реках Дальневосточного Приморья, Сахалина, бассейна Амура (табл. 6.5.4).

На АЧР увеличение повторяемости опасных паводков происходило также в горных и предгорных районах юга Западной Сибири (бассейн Верхней Оби), на реках Южного Урала, Зауралья, в некоторых районах бассейна Енисея.

На ЕЧР увеличение повторяемости высоких дождевых паводков, иногда с катастрофическими последствиями, происходило в Причерноморье и на Северном Кавказе – бассейны Терека, Кумы, Кубани, реки Дагестана (табл. 6.5.5).

Наибольшую опасность в этих и других горных районах России представляют дождевые паводки, обусловившие формирование селевых потоков, повторяемость которых особенно возросла с 2001 г.

Особенности современных изменений частоты и высоты опасных наводнений определяются условиями формирования максимальных расходов воды. Как было показано в разделе 4.1 “Водные системы суши” настоящего Доклада, на большинстве рек юго-западной и западной частей ЕТР, где максимальные расходы воды определяются весенним половодьем, происходит их снижение на 20–40%, что связано с частичным стаиванием снегозапасов зимой, вызванным увеличением зимней температуры и числа оттепелей. Положительные тренды максимальных расходов наблюдаются в регионах, где максимальный сток определяется дождевыми паводками – на Северном Кавказе, на побережье Черного моря, на Дальнем Востоке и в ряде других регионов, где в последние годы прошли выдающиеся паводки, не наблюдавшиеся ранее. Для рек этих регионов характерно также увеличение изменчивости максимальных расходов воды.

Причиной формирования опасных паводков бывают продолжительные дожди с выпадением значительного количества осадков и ливни. Лив-

OD-2-1-3n 12/15/14 5:40 PM Page 891



Рис. 6.5.8. Многолетняя динамика наивысших годовых уровней воды р. Амур у г. Хабаровска (данные ГГИ).

невые осадки на ограниченной территории обычно обусловливают опасные паводки на малых реках, которые происходят чаще, чем на больших, и наносят ущерб отдельным населенным пунктам. Продолжительные обложные осадки служат причиной опасных наводнений на средних и даже больших реках, что приводит к более значительному ущербу.

Наводнение 2013 года, охватившее громадную территорию Дальнего Востока РФ и северо-восточного Китая, является уникальным явлением не регионального, а континентального масштаба. В результате выпадения интенсивных дождей, охвативших весь бассейн Амура на территории как РФ, так и КНР, и продолжавшихся около двух месяцев, наивысшие уровни воды на участке Среднего и Нижнего Амура длиной более 1000 км превысили исторические максимумы за более чем столетний период гидрологических наблюдений на 0.40–2.11 м. В частности, наивысший уровень Амура у г. Хабаровска превысил ранее наблюдавшийся максимум более чем на 2 м (рис. 6.5.8).

При этом продолжительность стояния высоких уровней (с превышением опасных отметок) составила в районе Хабаровска и Комсомольска-на-Амуре около месяца и более, а продолжительность затопления поймы на глубины 2–4 метра – до двух и местами более месяцев. На пике паводка у Хабаровска сформировался выдающийся максимальный расход воды в 46 тыс. м^3/с, повторяемость которого оценивается как один раз в 200–250 лет.

По данным МЧС России (Катастрофическое…, 2013) в бассейне Амура и на прилегающих территориях было затоплено и подтоплено 366 населенных пунктов с общим числом жителей более 170 тыс. человек, более 13 тыс. жилых домов, 504 социальных, 14 сельскохозяйственных, 34 гидротехнических и 10 опасных объектов, около 22.5 тыс. дачных и приусадебных участков, более 600 тыс. га сельхозугодий, более 1.7 тыс. км автодорог, 185 мостов, свыше 500 км и 5 тыс. опор ЛЭП. Существенным затоплениям подверглись крупные города – Хабаровск и Комсомольск-на-Амуре. Десятки тысяч людей были эвакуированы, многие потеряли жилье и имущество. По окончательной оценке Правительства Российской Федерации наводнение причинило прямой ущерб экономике страны на сумму 85-90 млрд руб., а также косвенный – на 439 млрд руб. Общая сумма ущерба от наводнения 2013 года составляет 527 млрд руб.

Катастрофическое наводнение локального масштаба, вызванное ливневыми осадками, произошло летом 2012 г. на небольшой реке Адагум бассейна Кубани и привело к многочисленным человеческим жертвам в г. Крымске Краснодарского края. Повторяемость такого события оценивается не чаще чем один раз в 200 лет. Уникальные дождевые паводки, приведшие к большим разрушениям, а иногда и гибели людей, произошли в последние годы и на других реках Северного Кавказа и Черноморского побережья, в ряде других регионов страны.

OD-2-1-3n 12/15/14 5:40 PM Page 892

Повышенная угроза катастрофических дождевых паводков различного масштаба (от малых рек до больших регионов) – это реальный вызов, требующий, несмотря на целый комплекс объективно существующих неопределенностей, безотлагательных решений по обеспечению защищенности населения и отраслей экономики с учетом передового мирового опыта.

6.5.5.2. Маловодья

Как было показано в разделе 4.1 "Водные системы суши" настоящего Доклада, одной из особенностей современных изменений водного режима рек России является возрастание межгодовой изменчивости стока, особенно сезонного. На общем фоне тенденции к повышению стока рек возможны как аномально многоводные, так и аномально маловодные годы и сезоны. Таким образом, кроме опасных наводнений, изменения климата могут приводить также и к увеличению повторяемости на реках маловодий при экстремально низкой межени. Такие маловодья вызывают материальные и финансовые потери в речном судоходстве, водном и сельском хозяйстве, гидроэнергетике, а также изменения экологического состояния водоемов, другие явления, неблагоприятные для экономики и жизни населения.

Материальный ущерб от маловодий иногда сопоставим с ущербом от наводнений. Малые расходы воды и ее низкие уровни осложняют работу водозаборов, нарушают водоснабжение населенных пунктов и предприятий, уменьшают выработку гидроэлектроэнергии, затрудняют речное судоходство. Влияют маловодья и на качество воды рек.

Например, в результате экстремальной атмосферной засухи, охватившей летом 2010 г. значительную часть ЕЧР, резко снизился меженный сток рек, что негативно отразилось на работе многих отраслей экономики и экологической обстановке. При этом важно отметить, что в предшествующие три десятилетия в этом регионе отмечалась повышенная водность в летнюю межень.

Летом 2013 г., в то время как бассейн Амура заливался дождями, на Таймыре в Норило-Пясинской водной системе из-за аномального маловодья возникла угроза водообеспечению населения г. Норильска, Таймырского Долгано-Ненецкого муниципального района и металлургического комбината "Норильский никель", увеличился риск сбоя в работе объектов энерго-, водо- и теплоснабжения в осенне-зимний период 2013–2014 гг. Это свидетельствует об увеличении экстремальности гидрометеорологических условий.

Гидрологическим показателем вероятности маловодий могут служить сведения об изменениях меженного стока и вероятностных характеристиках минимальных расходов воды в реках.

Минимальные расходы воды на реках большей части ЕЧР в прошлом столетии и, в том числе, в его последнее двадцатилетие увеличивались. Исключением являются реки южных и северных районов, где изменения минимального стока не отмечались, а на некоторых реках в летнюю межень они были отрицательными. Например, минимальный сток зимней межени на р. Дон в 1891–1980 гг. увеличивался, летней межени – уменьшался, а за последние 30 лет и тот и другой изменялся со слабой положительной тенденцией.

В бассейне Оки меженный и минимальный сток зимнего и летнего периодов характеризуется устойчивым положительным трендом, что является следствием увеличения подземной составляющей в питании рек (Семенов, Семенова, 2003). Аналогичные выводы были сделаны и в разделе 4.1 "Водные системы суши" настоящего Доклада.

На реках Западной Сибири, в том числе Верхней Оби, минимальные расходы воды в зимнюю и в летнюю межень до 1985 года увеличивались, а в последующий период в летнюю межень преимущественно уменьшались.

Для Енисея в верхнем, среднем и нижнем течении реки изменения меженного и минимального стока в оба сезона характеризуются положительной тенденцией.

В минимальном стоке р. Лены и рек Северо-Востока (Колыма, Индигирка и др.) в летнюю межень преобладали отрицательные тенденции.

В зимнем минимальном стоке Амура за 110-летний период наблюдений ясно выражен положительный тренд, который особенно обозначился с 1930-х годов, а минимальный летний

OD-2-1-3n 12/15/14 5:40 PM Page 893

сток за тот же период наблюдений несколько уменьшался. На реках же дальневосточного Приморья прослеживается тенденция увеличения минимального стока в зимнюю и летнюю межень.

Анализ сведений о маловодьях с учтенным ущербом свидетельствует о том, что с начала XXI века в ряде регионов при экстремальных маловодьях существенно участились затруднения и выросли финансовые потери в водном, сельском, коммунальном хозяйствах, гидроэнергетике и на речном транспорте, наиболее выраженные на АЧР.

На АЧР маловодья бывают преимущественно в ее южной части (юг Западной Сибири, Забайкалье, бассейн р. Амур), но в последние годы отмечаются также и в высоких широтах северовостока РФ (Якутия, бассейн Колымы). Увеличение частоты наступления низкой межени обусловлено уменьшением количества осадков преимущественно зимне-весеннего периода и увеличением продолжительности засушливых периодов весной и летом, а на северо-востоке РФ – и осенью.

Участились случаи смены экстремальных маловодий опасными паводками. Так в 2013 г. на реках Южного Урала июньско–июльское маловодье при обильных осадках в августе сменилось опасным наводнением на реках территории Башкортостана, Челябинской области, в Поволжье на территории Саратовской области.

6.5.6. Опасные гидрологические последствия изменений климата в будущем

Перспективная оценка изменения экстремальности климата, выполненная с помощью региональной климатической модели Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова (РКМ ГГО), показывает, что в Сибири и на Дальнем Востоке к середине XXI века экстремальность осадков в летний период может увеличиться (Школьник и др., 2012). Поскольку между опасными наводнениями при паводках с учтенным ущербом и экстремальными дождями существует тесная связь, то можно ожидать и роста этих неблагоприятных явлений.

Формированию экстремальных гидрологических явлений в горных районах может способствовать деградация горного оледенения, сопровождающаяся таянием ледников, увеличением количества рыхлого обломочного материала, образованием моренно-подпрудных озер. Вследствие этого при наблюдающемся и прогнозируемом увеличении жидких осадков в горных районах Кавказа, Сибири участится формирование дождевых и снегодождевых паводков, возрастет вероятность прохождения селей с выносом в предгорья большего количества наносов. В результате этого наиболее острая ситуация с наводнениями может сложиться в предгорных районах.

Прогнозируемое повышение температуры воздуха и увеличение осадков может привести к таянию верхнего слоя многолетней мерзлоты, что будет способствовать повышению вероятности прохождения высоких дождевых паводков и селевых потоков в горных районах Восточной Сибири и севера Дальнего Востока России.

В то же время, приведенные в работе (Школьник и др., 2012) модельные расчеты изменения экстремальных летних температур воздуха свидетельствуют об их ожидаемом росте к середине XXI столетия. Следствием этого может быть и рост повторяемости экстремальных маловодий на реках, особенно на АЧР.

6.5.7. Качество речных вод

Качество воды в водных объектах определяется целым рядом факторов как природных, так и антропогенных – естественным гидрохимическим фоном, водным и термическим режимом, характеристиками водосбора, антропогенной нагрузкой и т. д. Влияние изменения климата на качество воды может проявляться через изменение водности (т. е. способности к разбавлению), соотношения источников питания реки (снеговое, дождевое, ледниковое, подземное, таяние многолетней мерзлоты), термического режима (что влияет на биологические, биохимические и бактериологические показатели). Однако ввиду высокой естественной изменчивости водного и термического режимов водных объектов, а также значительного антропогенного влияния, как на количественные, так и на качественные показатели речных вод,

OD-2-1-3n 12/15/14 5:40 PM Page 894

выделение климатической составляющей в изменении качества воды является весьма сложной задачей.

Для выяснения влияния изменения климатических условий на качество речных вод на АЧР были использованы данные стационарных гидрохимических наблюдений на реках Горного Алтая, влияние человека на которые минимально, а для ЕЧР – результаты наблюдений на реках бассейна Верхней Оки с разной антропогенной нагрузкой.

Статистический анализ многолетних наблюдений за химическим составом воды рек Алтая показал отсутствие существенных статистически значимых изменений среднегодовых значений основных солеобразующих компонентов воды всех изученных рек (Семенов и др., 2012). Однако испытания на тренд за 15-летний период наблюдений (1989–2003 гг.) показали, что у рек с бассейнами западной периферии и ориентации (реки Ануй, Песчаная) на фоне увеличения среднего годового стока и уменьшения летнего меженного стока наблюдается незначительное снижение pH воды, уменьшается величина суммарной минерализации воды, что более заметно для р. Ануй в период зимней межени, а для р. Песчаная – в летний меженный период.

Для рек, формирующих сток во внутригорных районах (реки Бия, Чарыш), на фоне снижения среднегодового стока наблюдается как незначительное снижение pH воды и увеличение суммарной минерализации в меженные периоды (для р. Чарыш), так и рост pH и незначительное снижение минерализации в зимний период (для р. Бия); наблюдаются также увеличение концентраций сульфат- и хлорид-ионов, ионов кальция (в пределах 10%).

Для рек бассейна Телецкого озера (реки. Чулышман, Яйлю, Кокши, Кыга, Артыбаш) за пятнадцатилетний период наблюдений (1985–1999 гг.) отмечено увеличение pH воды во всех реках, незначительный рост суммарной минерализации воды в реках Чулышман, Кокша и Яйлю, а в реках Артыбаш и Кыга она осталась неизменной. Следует отметить, что в последние годы практически на всех реках уменьшились максимально наблюдаемые концентрации для большинства солеобразующих компонентов.

На реках бассейна Верхней Оки климатические изменения водного режима и рост антропогенной нагрузки послужили причиной повышения минерализации воды рек и содержания в ней хлорид- и сульфат-ионов. Однако, если во второй половине XX века средняя скорость роста минерализации для р. Оки составляла 1.6 мг/дм^3 в год, то за последние 15 лет наблюдений она возросла до 18.8 мг/дм^3 в год. В р. Протва, бассейн которой отличается наибольшей антропогенной нагрузкой, в 1940–1975 гг. прослеживалась тенденция к уменьшению минерализации воды, а за последние 15 лет, наоборот, наблюдается ее рост. В тоже время в р. Угра, одной из самых чистых на рассматриваемой территории, суммарная минерализация воды практически не изменяется за весь период наблюдений.

В начале XXI века для всех рек бассейна Верхней Оки характерно снижение диапазона внутригодового варьирования концентраций изученных главных ионов и минерализации воды. Это связано, в основном, с увеличением концентраций в период половодья. Если рассматривать изменение минерализации воды рек в периоды минимального стока, то в зимнюю межень увеличение минерализации воды наблюдается на всех реках бассейна Верхней Оки, что подтверждает увеличение вклада подземных более минерализованных вод. Основной вклад в рост минерализации воды в реках вносят гидрокарбонат-ионы и кальций, что также свидетельствует о преимущественном влиянии природных факторов в формировании химического состава поверхностных вод. В период летней межени рост минерализации воды отмечен только для рек с повышенной антропогенной нагрузкой (рр. Ока, Протва), а для рек Угра и Жиздра наблюдается незначительное ее снижение (Семенова, Крутских, 2012).

6.5.8. Адаптации

Гидроэнергетика

Значительных изменений водных ресурсов основных рек страны в результате антропогенного потепления климата не ожидается, поэтому оно не может оказать существенного влияния на суммарную годовую выработку электроэнергии на ГЭС страны. Увеличение притока воды в меженные периоды благоприятно для выработки гидроэлектроэнергии, но может потребовать пе-

OD-2-1-3n 12/15/14 5:40 PM Page 895

ресмотра правил управления водными ресурсами водохранилищ и каскадов для создания оптимальных условий регулирования стока с учетом запросов всех водопользователей и при минимизации возможных негативных экологических и социальных последствий.

Водообеспеченность

Значительные изменения водообеспеченности в большинстве регионов страны возможны лишь при серьезных изменениях в демографии и структуре экономики. Вместе с тем, в ряде южных регионов страны с напряженным водохозяйственным балансом (юго-запад ЕЧР, южная Сибирь), водообеспеченность территории и населения может снизиться в результате изменения климата. Адаптационными мерами при этом могут быть резервирование воды в водохранилищах, переброски стока из других бассейнов, снижение потерь воды при транспортировке, внедрение оборотных технологий водопотребления в промышленности.

Опасные и неблагоприятные гидрологические явления

Наводнения и маловодья являются наиболее существенными гидрологическими опасностями, требующими адаптации для населения, экономики и экосистем. Защита населенных пунктов и объектов экономики, подверженных систематическому затоплению, должна осуществляться в первую очередь путем реконструкции существующих и строительства новых защитных сооружений. Вместе с тем необходимо отметить, что строительство защитных сооружений может дополнительно повышать уровни воды в реках при прохождении паводков и сказаться на динамике русловых процессов. Поэтому проектирование защитных сооружений требует глубокого научного обоснования, проведения гидравлических и гидродинамических исследований речных русел и пойм, математического и физического моделирования прохождения паводков редкой повторяемости с оценкой зон затопления и эффективности противопаводковых сооружений.

При невозможности или экономической нецелесообразности строительства защитных сооружений необходимо переселять население с опасных участков на безопасные территории, в другие населенные пункты или регионы. Освободившиеся при этом пойменные территории могут служить противопаводковыми емкостями.

Для принятия решения о целесообразности строительства противопаводковых водохранилищ должна выполняться оценка их противопаводковой эффективности, а также сравнительная экономическая оценка с другими мероприятиями с учетом возможных сроков проектирования и строительства.

Адаптационными мерами при маловодьях могут быть резервирование воды в водохранилищах, переброски стока из других бассейнов, создание альтернативных источников водоснабжения (подземных, опреснительных и т. п.).

Качество воды

Ввиду высокой естественной изменчивости водного и термического режимов водных объектов, а также значительного антропогенного влияния, как на количественные, так и на качественные показатели речных вод, выделение климатической составляющей в изменении качества воды является весьма сложной задачей. Радикальным методом адаптации при этом является снижение сброса загрязненных сточных вод в водные объекты.

6.5.9. Заключение

Потепление климата не окажет существенного влияния на суммарную годовую выработку электроэнергии на ГЭС страны, но окажет влияние на режимы работы водохранилищ.

Значительные изменения водообеспеченности в большинстве регионов страны возможны при серьезных изменениях в демографии и структуре экономики.

Наиболее существенными отрицательными гидрологическими последствиями изменения климата в XXI веке, которые потребуют адаптации водохозяйственных систем, населения и экономики в целом будут наводнения и маловодья.

6.5.10. Литература

Алексеевский Н. И., Фролова Н. Л., Христофоров А. В., 2011. Мониторинг гидрологических процессов и повышение безопасности водопользования. М., Географический факультет МГУ. 408 с.

OD-2-1-3n 12/15/14 5:40 PM Page 896

Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации., 2004. Шойгу С. К. (ред.) М.: Изд. "Дизайн. Информация. Картография", 272 с.

Борщ С. В., Асарин А. Е., Болгов М. В., Полунин А. Я., 2012. Наводнения. В кн.: Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем, глава 3. М., Росгидромет, с. 87–125.

Георгиади А. Г., Милюкова И. П., 2012. Сценарная оценка изменений стока рек Волги и Дона, возможных в первой трети XXI века. В кн.: Вопросы географии. Сб. 133. Географо-гидрологические исследования, с. 224–236.

Георгиевский В. Ю., Шалыгин А. Л., 2012. Гидрологический режим и водные ресурсы. В кн.: Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем, глава 2. М., Росгидромет, с. 53–86.

Георгиевский В. Ю., Коронкевич Н. И., Алексеевский Н. И., 2013. Водные ресурсы и гидрологический режим рек РФ в условиях изменения климата. VII Всероссийский гидрологический съезд, Тезисы пленарных докладов. СПб, Росгидромет, с. 26–32.

Исследование изменений внутригодового режима речного стока в бассейне реки Волга в условиях глобального изменения климата. Заключительный отчет о НИР., 2010а. Книга 1: Обоснование параметров притока к водохранилищам Волжско-Камского каскада водохранилищ в условиях меняющегося климата. Отв. исп. Георгиевский В. Ю., Шалыгин А. Л., Гронская Т. П. СПб.: ФГБУ "ГГИ".

Исследование изменений внутригодового режима речного стока в бассейне реки Волга в условиях глобального изменения климата. Заключительный отчет о НИР., 2010б. Книга 2: Разработка проекта методических рекомендаций по учету климатообусловленных изменений речного стока в бассейне реки Волги при проведении водохозяйственных и водноэнергетических расчетов и в "Правилах использования водных ресурсов" Волжско-Камских водохранилищ. Отв. исп. Асарин А. Е., Жиркевич А. Н. СПб., ФГБУ "ГГИ".

Катастрофическое наводнение 2013 года в Дальневосточном федеральном округе., 2013. т. I. Уроки и выводы: Научно-методический труд. МЧС России. М., ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 154 с.

Климатические факторы возобновляемых источников энергии., 2010. В. В. Елистратов, Н. В. Кобышева, Г. И. Сидоренко (ред.), СПб, Наука, 236 с.

Кобышева Н. В., 2012. Технические системы. В кн.: Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем, глава 12. М., Росгидромет, с. 479–503.

Методы оценки последствий изменений климата для физических и биологических систем., 2012. М., Росгидромет. 512 с.

Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации., 2008. т. II. Последствия изменений климата. М., Росгидромет. 288 с.

Природные опасности России., 2001. Гидрометеорологические опасности. Г. С. Голицын, А. А. Васильев (ред.), М., Крук, т. 5. 295 с.

Семенова И. В., Крутских О. И., 2012. Региональные особенности климатообусловленных изменений минерализации и химического состава воды рек. Региональные эффекты глобальных изменений климата (причины, последствия, прогнозы), Материалы международной научной конференции. Воронеж, 26–27 июня 2012 г. Воронеж, Издательство "Научная книга", с. 538–541.

Семенов В. А., Семенова И. В., 2003. Антропогенные и климатические изменения гидрологического и гидрохимического режима рек бассейна Верхней Оки, Метеорология и гидрология, № 10, с. 76–85.

Семенов В. А., 2012. Взаимообусловленность экстремальных метеорологических и гидрологических явлений при современных изменениях климата на территории России, Тр. ФГБУ "ВНИИГМИ-МЦД", Вып. 176, с. 313–325.

Семенов В. А., Семенова И. В., Авдюшкина Е. И., Больбух Т. В., 2012. Климатическая обусловленность экстремальности гидрологических явлений на реках и экологического состояния рек и водоемов в горах юга Сибири. Водные и

OD-2-1-3n 12/15/14 5:40 PM Page 897

экологические проблемы Сибири и Центральной Азии: Труды Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 25-летнему юбилею Института водных и экологических проблем СОРАН в 3 т. Барнаул, т. 1. с. 135–139.

Современная и перспективная оценка водных ресурсов и водообеспеченности Российской Федерации. Разработка методов расчета и прогнозирования характеристик гидрологического режима водных объектов суши с учетом изменений климата и антропогенной нагрузки в целях гидрологического обоснования проектирования, строительства и эксплуатации объектов водохозяйственного комплекса страны и снижения негативных последствий вредного воздействия вод., 2012. Отчет о НИР. Книга 1: Оценить современную водообеспеченность территории Российской Федерации с учетом изменения климата. Отв. исп. Георгиевский В. Ю., Марков М. Л. СПб, ФГБУ "ГГИ".

Шерстюков Б. Г., 2012. Сезонные особенности изменений климата, Тр. ФГБУ "ВНИИГМИ-МЦД", вып. 176. Обнинск, с. 3–115.

Шикломанов И. А., Балонишникова Ж. А., Георгиевский В. Ю., 2007. Влияние изменений климата на гидрологический режим и водные ресурсы и социально-экономические последствия, проблемы адаптации и снижения негативных последствий, Метеоспектр. Вопросы специализированного гидрометеорологического обеспечения, № 2, с. 46–69.

Шикломанов И. А, Балонишникова Ж. А., Тремоскина Р. В., 2008. Водные ресурсы, водообеспеченность и нагрузка на водные ресурсы гидроклиматических регионов РФ на 2015–2020 гг. В кн. Водные ресурсы России и их использование, И. А. Шикломанов (ред.), гл. 11.7. СПб, ГГИ, с. 484–489.

Шикломанов И. А., Георгиевский В. Ю., Шалыгин А. Л., Георгиевский М. В., Голованов О. Ф., Шикломанов А. И., 2008. Водные ресурсы: прогнозные оценки. В кн. Водные ресурсы России и их использование. И. А. Шикломанов (ред.), гл. 11.2. СПб, ГГИ, с. 442–464.

Шикломанов И. А., Георгиевский В. Ю., Бабкин В. И., Балонишникова Ж. А., 2010. Проблемы изучения формирования и оценки изменений водных ресурсов и водообеспеченности России, Метеорология и Гидрология, № 1, с. 23–32.

Шикломанов И. А., Бабкин В. И., Балонишникова Ж. А., 2011. Водные ресурсы, их использование и водообеспеченность в России: современные и перспективные оценки, Водные ресурсы, т. 38, № 2, с. 131–141.

Школьник И. М., Мелешко В. П., Ефимов С. В., Стафеева Е. Н., 2012. Изменения экстремальности климата на территории Сибири к середине XXI века: ансамблевый прогноз по региональной модели ГГО, Метеорология и гидрология, № 2, с. 5–23.

Экстремальные гидрологические ситуации., 2010. Н. И. Коронкевич, Е. А. Барабанова, И. С. Зайцева (отв. ред.), М., Медиа-Пресс. 464 с.

Энциклопедия климатических ресурсов Российской Федерации., 2005. Н. В. Кобышева, К. Ш. Хайрулин (ред.), СПб., Гидрометеоиздат, 319 с.

Climate Change 2013. The Physical Science Basis: http://www.ipcc.ch/news_and-_events/docs/ar5/ar5_wg1_headlines.pdf

IPCC (2001): Climate Change 2001. 2001. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change. McCarthy J. J. et al., (eds). Cambridge University Press. 1032 p.

IPCC (2007): Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, C. E. Hanson (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, 976 p.

Lehner B., Czisch G., Vassolo S., 2005. The impact of global change on the hydropower potential of Europe: a model-based analysis, Energ. Policy, vol. 33, pp. 839–855.

Special Report on Emission Scenarios., 2000. N. Nakicenovich et al., (ed.), A Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, 599 p.

OD-2-1-3n 12/15/14 5:51 PM Page 898

Глава 6.6. МОРСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В АРКТИКЕ

А. И. Данилов

Г. В. Алексеев, А. В. Клепиков, Д. В. Ковалевский, В. И. Пересыпкин

6.6.1. Введение

Наблюдаемые в настоящее время изменения глобального климата проявляются с наибольшей интенсивностью в арктическом регионе (ACIA, 2005; AMAP, 2011). Наиболее ярким региональным откликом на развивающиеся процессы глобального потепления является как потепление в арктической зоне, так и сокращение протяженности и толщины арктических морских льдов (рис. 6.6.1).

В свою очередь, изменение ледовых условий в Северном Ледовитом океане может оказать сильное влияние как на окружающую среду (в первую очередь, на морские экосистемы), так и на хозяйственную деятельность в регионе (Катцов, Порфирьев, 2011; Фролов, и др., 2008; AMSA, 2009; Bobylev, et al., 2003; Johannessen , Pettersson , 2008; Johannessen, et al., 2009).

Арктика уязвима к наблюдаемым и ожидаемым в будущем изменениям климата. Авторы Четвертого оценочного доклада (2007 г.) Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) дали по этому поводу следующее экспертное заключение: “В арктическом регионе (с высокой степенью вероятности) происходящие перемены будут иметь серьезные социальные и экономические последствия” (Anisimov, et al., 2007). При этом, ввиду разнообразия природно-климатических и социально-экономических условий, ожидаемые экономические последствия (как положительные, так и отрицательные) будут существенно различаться в разных регионах Арктики (ACIA, 2005).

6.6.2. Краткое изложение результатов ОД_РФ-1

Распространение льдов в арктических морях оказывает прямое влияние на морскую хозяйственную деятельность. В связи с потеплением в конце XX века – начале XXI века площадь льдов в летний период значительно уменьшилась. Льды стали дальше отступать от берегов, хотя отступление не было одинаковы вдоль всего побережья сибирских арктических морей, особенно в самых северных районах вдоль побережья Таймыра, где чаще всего отступление было минимальным.

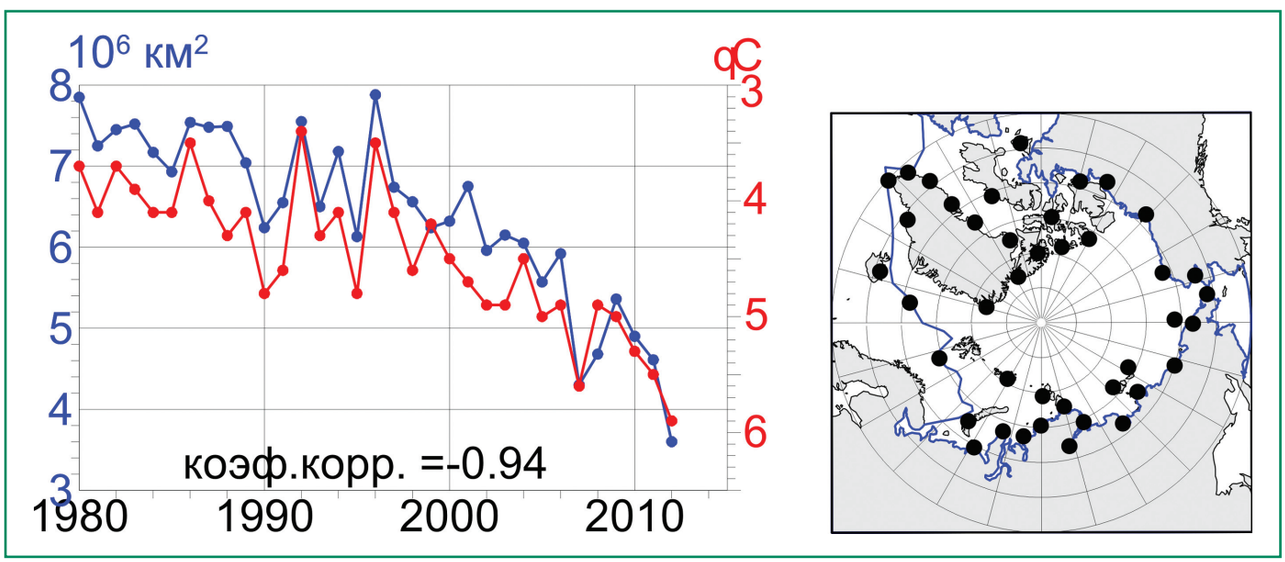


Рис. 6.6.1. Площадь льда в сентябре (NSIDC) и средняя летняя (июнь–август) температура воздуха в приповерхностном слое в морской Арктике (Алексеев и др., 2012). Справа – положение метеорологических станций, по которым рассчитана средняя температура воздуха.

OD-2-1-3n 12/15/14 5:51 PM Page 899

В условиях потепления в 2001–2005 гг. ледовые условия плавания по Северному морскому пути (СМП) в конце летнего сезона в августе и сентябре существенно улучшились. Стало возможным плавание по высокоширотным трассам к северу от арктических архипелагов Земля Франца-Иосифа, Северная Земля, Новосибирские острова. Однако более частое появление айсбергов вследствие разрушения островных ледников увеличивает риск для морских перевозок и проектируемой добычи углеводородов на арктическом шельфе. Произошедшие изменения климата оказали негативное влияние на берега арктических морей, которые стали разрушаться под влиянием повышения температуры воздуха и усиления ветрового волнения, оказывая негативное влияние на прибрежную инфраструктуру. Экосистемы северных морей в условиях меняющегося климата также претерпевают заметные изменения. Так, в связи с сокращением площади морских льдов значительно ухудшились условия обитания белого медведя.

При дальнейшем потеплении в XXI веке тенденция на уменьшение ледовитости арктических морей сохранится, хотя будут наблюдаться периоды ее нарастания в отдельных районах. Продолжение потепления будет сопровождаться ростом числа айсбергов, деградацией припайных льдов и эрозией береговой линии, сдвигом ареалов обитания некоторых морских видов к северу и изменением биологического разнообразия и численности популяций. Изменения климата окажут существенное влияние и на условия рыбного промысла на северных морях.

6.6.3. Арктическая морская транспортная система

Северный морской путь (СМП) – это исторически сложившаяся национальная транспортная коммуникация России.

Согласно ст. 234 Конвенции ООН по морскому праву “Прибрежные государства имеют право принимать и обеспечивать соблюдение недискриминационных законов и правил по предотвращению, сокращению и сохранению под контролем загрязнения морской среды с судов в покрытых льдом районах в пределах исключительной экономической зоны, где особо суровые климатические условия и наличие льдов, покрывающих такие районы в течение большей части года, создают препятствия либо повышенную опасность для судоходства, а загрязнение морской среды могло бы нанести тяжелый вред экологическому равновесию или необратимо нарушить его. В таких законах и правилах должным образом принимаются во внимание судоходство и защита и сохранение морской среды на основе имеющихся наиболее достоверных данных”.

На основании этой статьи Конвенции ООН по морскому праву в Российской Федерации действуют “Правила плавания по трассам СМП” от 1990 г., устанавливающие периоды прохождения судов по СМП. Эти правила охватывают также оплату работы ледоколов, обеспечивающих безопасность плавания.

В июле 2012 г. принят Федеральный закон Российской Федерации от 28 июля 2012 г. № 132-ФЗ “О внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ в части государственного регулирования торгового мореплавания в акватории Северного морского пути”. В связи с тем, что СМП превратился в настоящее время из внутренней морской линии в международную, в настоящее время разрабатываются новые Правила плавания в акватории СМП.

Необходимость изменения Правил в определенной степени также является следствием изменения климатических условий в исключительной экономической зоне РФ в Арктике. При этом попрежнему останется в силе пункт правил об обеспечении безопасности плавания по СМП ледокольным сопровождением, поскольку ледяной покров будет наблюдаться на трассе СМП более шести месяцев в году.

Сохранение морских льдов большую часть года и вероятность возникновения сложных ледовых условий на трассах СМП даже во время сезонного минимума площадь ледового покрова (рис. 6.6.2) потребует сохранения и развития российского ледокольного флота.

Поэтому останется и плата за ледокольную проводку судов, так называемый ледовый сбор, который зависит от вместимости и ледового класса судна, расстояния проводки судна и периода навигации. Этот сбор удорожает перевозки по СМП, однако поддерживает необходимое ледокольное обеспечение безопасности плавания.

OD-2-1-3n 12/15/14 5:51 PM Page 900

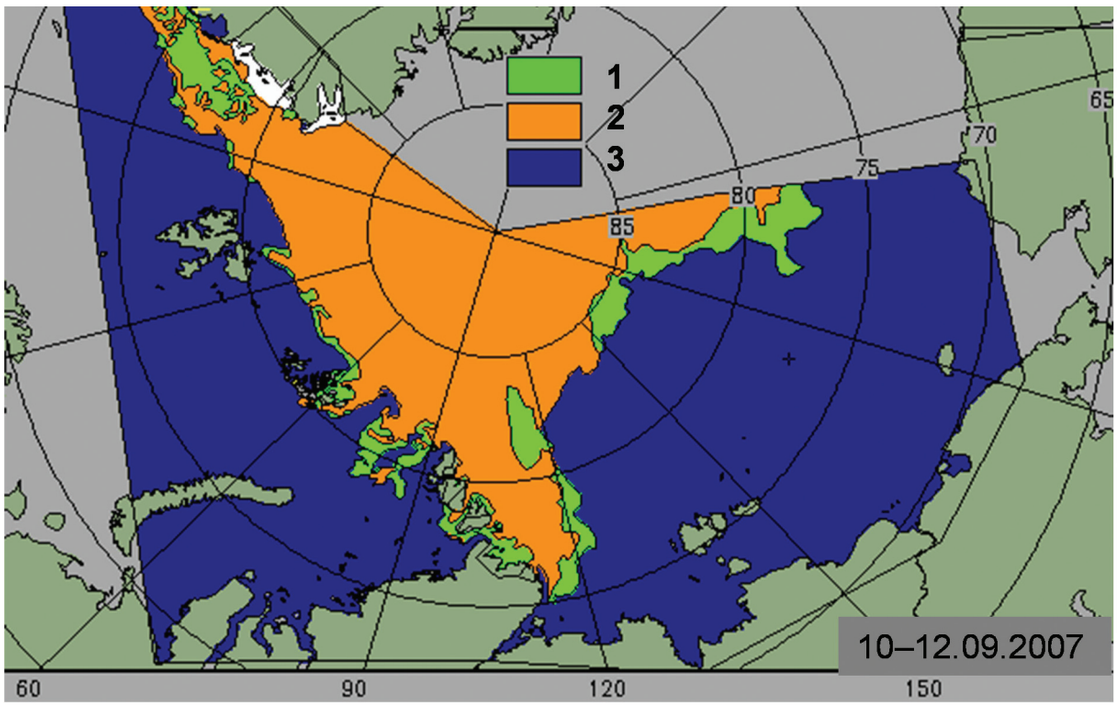


Рис. 6.6.2. Таймырский ледяной массив (выступ сплоченных льдов, протянувшийся из Арктического бассейна вдоль островов Северная Земля к побережью Таймыра) перекрывает Северный морской путь в условиях рекордно малой площади арктических льдов в сентябре 2007 г. Ледовая карта за 10–12.09.2007. (http://www.aari.ru/projects/ECIMO/index.php). Обозначения: 1 – сплоченность льда 1–6 баллов; 2 – 7–10 баллов; 3 – чистая вода.

Через Арктику проходят кратчайшие морские пути между рынками Европы и Тихоокеанского региона. На эталонном маршруте Роттердам – Йокогама при использовании СМП расстояние сокращается на 34 % по сравнению с южным путем (рис. 6.6.3).

Объемы перевозок по трассам СМП в пределах действующих границ за последние 26 лет колебались от максимального в 1987 г. (6.6 млн т) до минимального в 2000 г. (1.6 млн т). В 2011 г. он составил 2.6 млн т.

Ожидаемое потепление, активизация пиратских нападений на суда, следующие южными маршрутами, повышают интерес грузоперевозчиков к арктическим трассам. Растет активность в освоении арктических месторождений полезных ископаемых, что создает предпосылки для роста объемов перевозок по СМП (Рукша и др., 2011).

В настоящее время восстанавливаются транзитные перевозки грузов по СМП, которые практически были прекращены в начале 1990-х годов. В 2010 г. танкер “SCF Baltica” (см. рис. 6.6.4) дедвейтом 117 тыс. т, ледовый класс Arc5, доставил по СМП 70 тыс. т газового конденсата в Китай из портов Витино и Мурманск. Впервые в истории по СМП прошло такое крупное судно. Продолжительность рейса составила 22 сут. Таким образом груз был доставлен почти вдвое быстрее, чем по традиционным маршрутам через Суэцкий канал. Всего за навигацию 2010 г. по СМП было выполнено 11 транзитных рейсов.

Также в 2011 г. продолжена транспортировка по СМП углеводородов на Дальний восток крупнотоннажными танкерами с полным грузом по высокоширотной трассе севернее Новосибирских островов; также транспортировался железорудный концентрат из Мурманска и Норвегии.

Всего в 2011 г. по СМП был выполнен 41 транзитный рейс, включая рейсы с грузом, в балласте, научные и перегонные. По высокоширотной трассе с запада на восток прошло самое крупное судно – танкер “Владимир Тихонов” Совком-

OD-2-1-3n 12/15/14 5:51 PM Page 901

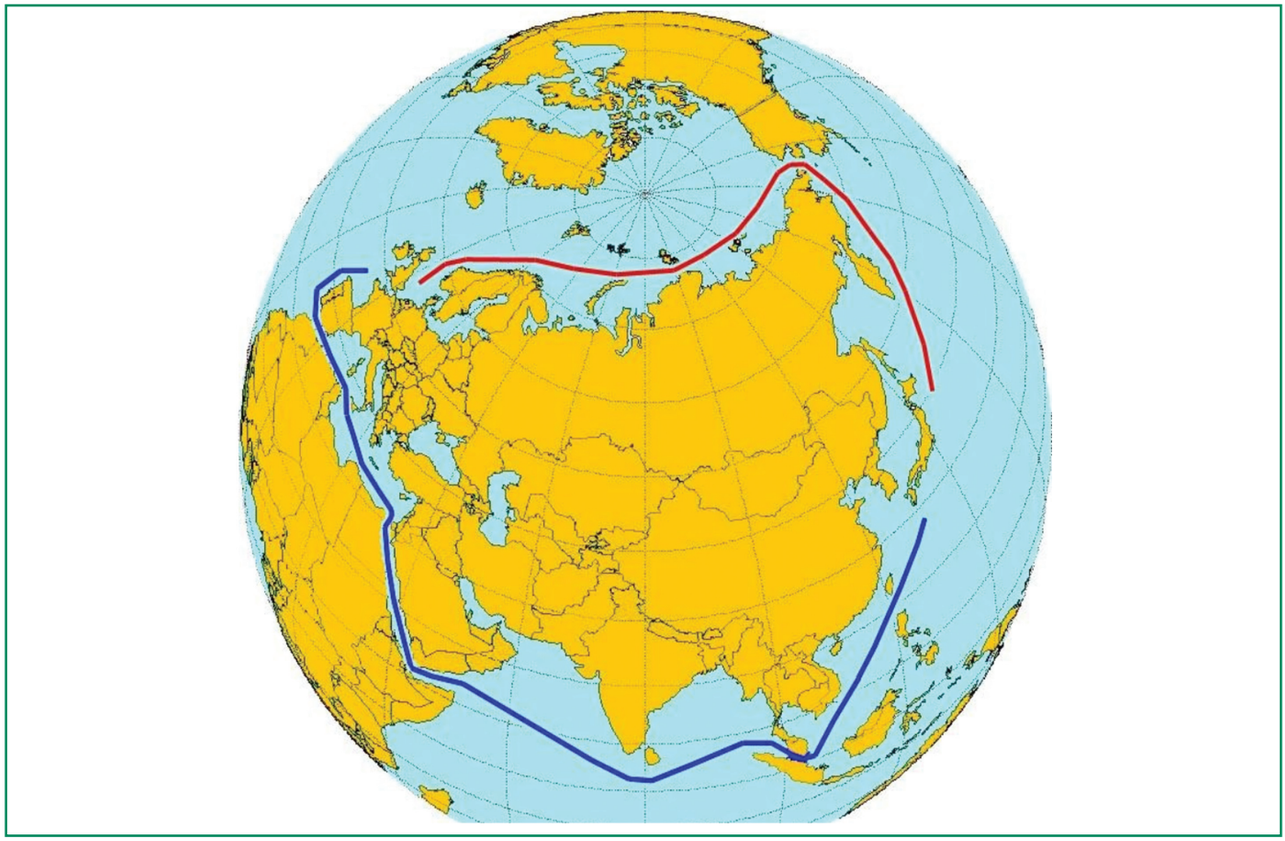


Рис. 6.6.3. Морские пути между портами северо-запада Европы и юго-востока Азии. СМП показан красным цветом.



Рис. 6.6.4. “SCF Baltica” на СМП, август 2010 г.

OD-2-1-3n 12/15/14 5:51 PM Page 902



Рис. 6.6.5. Ледокольная проводка танкера “Владимир Тихонов” по СМП, август 2011 г.

флота (см. рис. 6.6.5) дедвейтом 162 тыс. т. Было доставлено в Таиланд 120.8 тыс. т газового конденсата. Началась доставка рефрижераторами в Санкт-Петербург по СМП рыбной продукции с Дальнего Востока; выполнено 4 рейса. Общий объем грузов, перевезенных по СМП транзитом в 2011 г., достиг 835 тыс. т.

Важной причиной увеличения транзитных перевозок является применение в последние годы гибкой тарифной политики в оплате ледокольной проводки.

При разработке в 1993–1998 гг. международной научно-исследовательской программы INSROP (Северный морской путь) определены следующие возможные объемы ежегодных транзитных перевозок по СМП: с запада на восток – 5–6 млн т, в обратном направлении – 2–3 млн т. Экспорт из пунктов, расположенных в пределах акватории СМП, в западном направлении может, в принципе, осуществляться круглогодично, в восточном – при существующем ледокольном обеспечении – преимущественно в летне-осенний период. В целом объем грузоперевозок по СМП в 2020 г. может составить 60–65 млн т в год.

Для безопасного плавания по СМП необходимо надежное ледокольное обеспечение. Поэтому развитие ледокольного флота рассматривается как необходимое условие функционирования СМП в настоящем и будущем. В настоящее время на трассах СМП действуют 10 линейных ледоколов (из них шесть атомных, в том числе построенный в 2007 г. атомный ледокол “50 лет Победы” (рис. 6.6.6) и четыре дизельных.

Сконструирован и в октябре 2012 г. заложен двухосадочный универсальный атомный ледокол, который будет иметь две рабочих осадки – 10.5 м и 8.5 м, т. е. сможет работать как в открытом море, так и на прибрежных мелководьях и в устьях рек. Имеется поручение Председателя Правительства Российской Федерации об обеспечении строительства до 2020 г. трех таких ледоколов. Мощность ледокола на валах – около 60 МВт, он

OD-2-1-3n 12/15/14 5:51 PM Page 903

будет способен работать во льдах толщиной до 3 м (Рукша и др., 2011).

Для обеспечения круглогодичной навигации на СМП, а также работ на шельфе, предусматривается разработка и строительство в будущем атомного ледокола-лидера мощностью на валах 110–130 МВт. В более отдаленной перспективе станет возможным круглогодичное судоходство по Северному морскому пути.

Экономическая привлекательность и развитие СМП обусловлено рядом факторов: – мировая конъюнктура в области морских перевозок; – ледовые условия; – тарифы, прежде всего, размер ледового сбора за ледокольное обеспечение; – инфраструктура СМП: – порты и связанное сними навигационно-гидроакустическое и гидрометеорологическое обеспечение, аварийно-спасательные службы и т. д.; – расширение деятельности по освоению шельфовых и прибрежных месторождений углеводородов.

Современные и будущие климатические и, следовательно, ледовые условия на трассах СМП в значительной степени определяют:

– проектные решения для новых транспортных и ледокольных судов на ближайшие десятилетия;

– выбор оптимальных судоходных трасс, обеспечивающих безопасное и наименее затратное мореплавание;

– сохранение контроля РФ над плаванием судов в пределах своей экономической зоны (в соответствии со ст. 234 Конвенции ООН по морскому праву), позволяющее в определенной степени компенсировать издержки на содержание российских атомных ледоколов за счет ледового сбора.

Существующие перспективы и стратегические планы развития арктического судостроения по существу не учитывают возможные в будущем климатические изменения в Арктике и ориентируются на ледовые условия XX–начала XXI века.



Рис. 6.6.6. Атомный ледокол “50 лет Победы” (фото http://nordpol.info/images/victory.jpg).

OD-2-1-3n 12/15/14 5:51 PM Page 904

Главная причина – сомнения в устойчивости климатических изменений, недоверие к заключениям ученых-климатологов о продолжении потепления. Экспертный анализ деятельности по созданию перспективных арктических судов различного назначения, который осуществляется в рамках федеральной целевой программы (ФЦП) "Развитие гражданской морской техники" это подтверждает.

Надо отметить, что в ряде публикаций обсуждается влияние климатических изменений на будущее ледокольного флота. В частности, предлагается отказаться от строительства атомных ледоколов, отдав предпочтение дизельэлектрическим (Половинкин, Фомичев, 2012). Есть информация, что ведущие зарубежные судостроительные фирмы, в частности, южнокорейские, обращают внимание на климатический фактор (но в какой степени они его учитывают – неизвестно). Проекты отечественных арктических транспортных судов, рассчитанные к реализации в ближайшие 20–30 лет, не ориентируются на возможные изменениях климата в Арктике, поскольку рассчитаны на использование судов в высокоширотных районах в зимний период, когда ледовые условия останутся весьма сложными.

Следует также отметить стремление недропользователей и грузоперевозчиков минимизировать и даже исключить зависимость от ледокольного обеспечения и строить суда высокого ледового класса. Так, компания "Норильский никель" использует транспортные суда высшего ледового класса Arc 7, за счет чего, а также применяя современные технологии гидрометобеспечения, осуществляет круглогодичное безледокольное плавание по маршруту п. Дудинка – Европа. Уместно напомнить, что в свое время обеспечение деятельности комбината "Норильский никель" было одной из главных задач атомного ледокольного флота СССР. Компания "Новатэк" в ближайшие годы планирует осуществлять круглогодичную навигацию из Обской губы от п. Сабетта с использованием газовозов класса Arc 7, также минимизируя ледокольную "зависимость".

Безусловно, возможное изменение климата в Арктике (в частности, изменение свойств ледяного покрова) может существенно повлиять на тактику плавания, на выбор оптимальных трасс, на продолжительность навигации. Ведь наиболее важные для судоходства ледовые параметры зависят от климата: – пространственное распределение ледяного покрова; – продолжительность ледового периода на акватории СМП; – опасные ледовые явления и образования, ледовые сжатия, торосистость ледяного покрова, айсберги; – морфологические и физико-механические свойства льда, а именно толщина, параметры торосов, прочностные свойства льда и ледовых образований.

При сохранении существующего климатического тренда ледовые условия на трассах СМП могут заметно измениться. Наблюдающееся сокращение площадь льдов наиболее ярко проявляется в окраинных арктических морях российской Арктики, с наиболее заметным уменьшением в летний сезон (Матишов, 2008). Очень вероятным является в перспективе полное очищение трасс СМП ото льда в теплый период года. Однако в зимний период лед все же будет наблюдаться повсеместно.

Ожидаемые изменения свойств ледяного покрова в российской Арктике можно кратко суммировать следующим образом:

• Средняя толщина ледяного покрова уменьшится, главным образом, вследствие практически полного исчезновения двухлетних льдов (в определенной степени за счет некоторого уменьшения толщины однолетнего льда). Однако экстремальные толщины однолетних льдов локально могут достигать в отдельные годы значений близких к современным.

• Вследствие незначительного опреснения верхнего слоя океана можно ожидать несущественных изменений прочностных свойств морского льда.

• Сохранится, а возможно и несколько возрастет вследствие усиления ветров, вероятность сильных сжатий льда, особенно в прибрежных зонах и ледяных массивах.

• Вероятно увеличение торосистости ледяного покрова вследствие усиления ветровой активности. Основные морфометрические параметры торосов и стамух изменятся незначительно.

• Сохранится вероятность появления айсбергов в северных частях арктических морей.

Таким образом, в связи с ледяным покровом,

OD-2-1-3n 12/15/14 5:51 PM Page 905

наиболее существенными изменениями для плавания по трассам СМП будут изменение пространственного распределения льдов и отступание их в более северные районы Арктики в летний период, а также расширение временных рамок навигационного периода. Это сделает более доступным для плавания более высокоширотные трассы и будет способствовать, в случае востребованности, круглогодичной навигации на трассах СМП.

Ожидаемое сокращение площади летних морских льдов улучшит условия для судоходства не только на СМП, а также в Северо-Западном проходе (СЗП). И в России, и за рубежом оживление транзита по СМП считается вполне реальным, особенно в связи с дальнейшими изменениями климата (Селин, Васильев, 2011; Тулупов, 2012; 75 лет СМП, 2012)). На состоявшемся в Москве 21–23 сентября 2010 г. Арктическом форуме В. В. Путин отметил, что по прогнозам экспертов уже через 50 лет Арктика может стать одним из основных источников энергоресурсов и ключевым транспортным узлом планеты.

Один из ключевых выводов фундаментального отчета The Arctic Climate Impact Assessment (ACIA) (ACIA, 2005) заключался в том, что "…весьма вероятно, что сокращение морского льда интенсифицирует морские перевозки и увеличит доступ к ресурсам". В отчете The Arctic Marine Shipping Assessment (AMSA) (AMSA, 2009), выпущенном в 2009 г. в развитие предыдущего, уточняется: "Весьма вероятно, что будет иметь место более открытый морской доступ в Арктику и более продолжительные сезоны навигации, – за исключением, возможно, зимнего периода, – но при этом не обязательно менее сложные ледовые условия для морских операций".

Климатические модели уверенно предсказывают увеличение продолжительности навигации на СМП к концу XXI века (рис. 6.6.7), однако, аналогичные выводы касательно СЗП являются более спорными: действительно, как утверждают авторы AMSA, глобальные климатические модели неадекватно рассчитывают ледовые условия в регионе СЗП в силу сложной географии Канадского Арктического архипелага и низкого пространственного разрешения существующих моделей.

Авторы работ (Хон, Мохов, 2010; Khon, et al., 2010), сопоставляя воспроизводимую климатическими моделями протяженность арктического морского льда в 1979–2007 гг. с данными спутниковых наблюдений за тот же период, отобрали пять "наилучших" моделей построили средние по полученному ансамблю перспективные оценки* продолжительности навигации на СМП в 2080–2099 гг. При этом использовался сценарий A1B (Special Report on Emission Scenarios, 2000) антропогенного воздействия на климатическую систему. Результирующая оценка (134 ± 38 дней) находится в хорошем согласии с оценками доклада Climate Change Risk Assessment (CCRA) (Pinnegar et al., 2012), опубликованного в Великобритании в 2012 г.

В настоящее время широко обсуждается вопрос о перспективности СМП как морского маршрута из Европы в Азию, альтернативного традиционным маршрутам через Суэцкий и Панамский каналы. Так, в работе (Liu, Kronbak, 2010) оцениваются затраты на контейнерные перевозки по СМП и через Суэцкий канал в зависимости от сценариев ожидаемого улучшения условий навигации на СМП, режима регулирования перевозок на СМП и т. д.

Экономические расчеты велись для следующих вариантов: 1) судно не ледового класса совершает рейсы через Суэцкий канал в течение всего года; 2) судно ледового класса совершает рейсы по СМП в сезон навигации и через Суэцкий канал – в остальное время года. В ходе расчетов было выявлено, что, помимо ожидаемого улучшения навигационной обстановки на СМП, двумя другими важнейшими факторами, определяющими преимущества того или иного маршрута, являются ледокольный сбор на СМП и бункерные цены. В частности, было показано, что при сокращении ледокольного сбора на 50% СМП становится прибыльным при длительности навигационного сезона 3–6 месяцев и низких бункерных ценах, однако не может конкурировать с Суэцким каналом. При сокращении ледокольного сбора на 85% и низких бункерных ценах оба маршрута становятся в равной степени привлекательными при длительности навигационного сезона 3 меся-

*Для перевода англоязычного термина "projection" часто употребляется в русскоязычной литературе термин "проекция". В данной главе употребляется синонимически термин "перспективная оценка".

OD-2-1-3n 12/15/14 5:51 PM Page 906

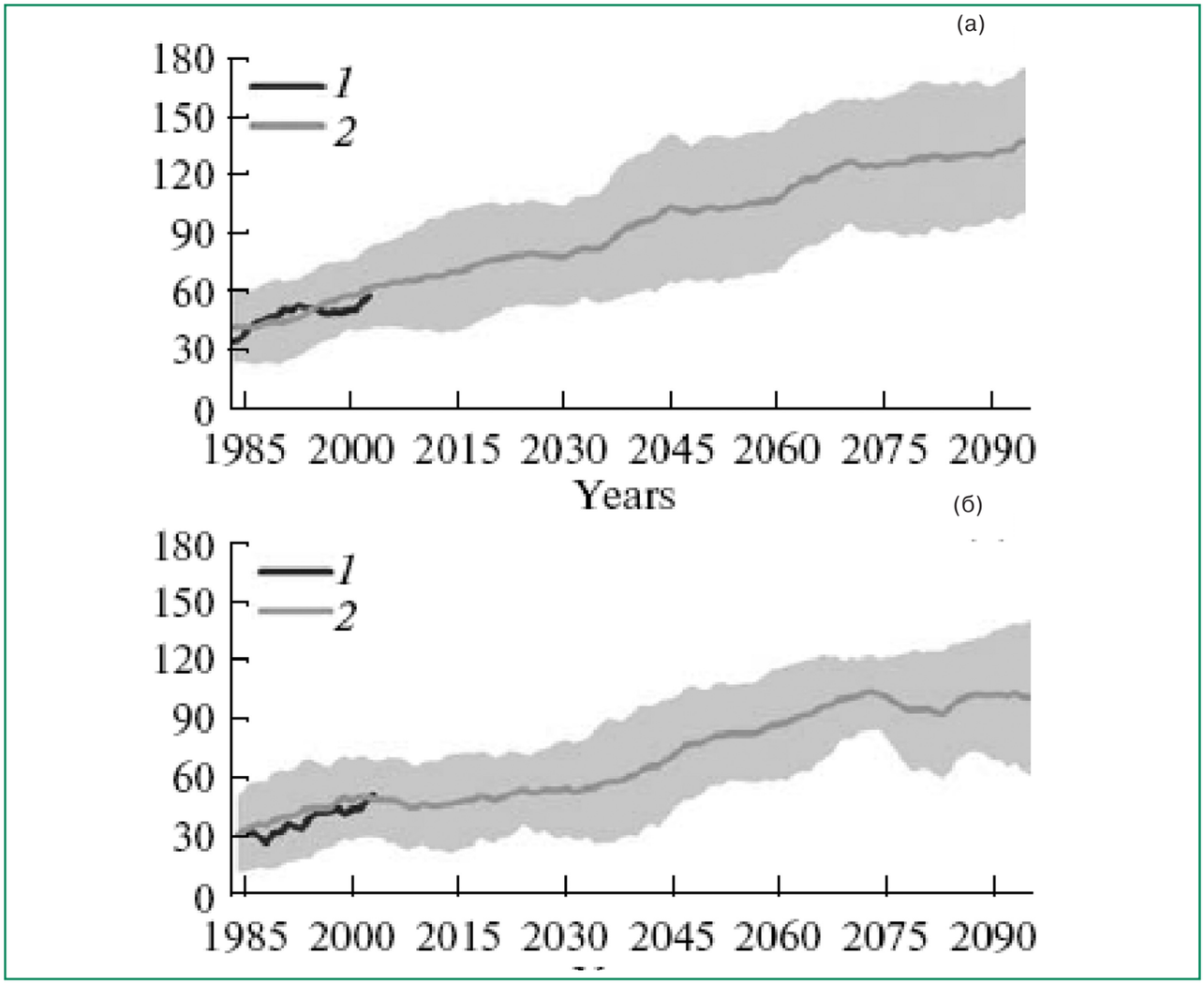


Рис. 6.6.7. Продолжительность навигационного периода (сутки) на СМП (а) и по СЗП (б), рассчитанная в работе (Хон, Мохов, 2010) в условиях сценария антропогенного воздействия на климатическую систему A1B. 1 – по данным наблюдений за льдом, 2 – по расчетам глобальных климатических моделей.

ца; при более продолжительном сезоне навигации транзит по СМП становится более выгодным. Наконец, при полном отсутствии ледокольного сбора СМП становится конкурентоспособным во всех вариантах.

Авторы работы (Verny, Grigentin, 2009) на основании выполненных ими модельных расчетов относительных затрат на контейнерные перевозки между Шанхаем и Гамбургом по различным маршрутам в климатических условиях современной эпохи приходят к более консервативным оценкам. Согласно их результатам, маршрут через Суэцкий канал остается существенно менее затратным, однако СМП в качестве “второго наилучшего” (по терминологии современной экономической теории) уже сегодня может быть примерно эквивалентным Транссибирской магистрали.

Как отмечается в работе (Но, 2010), помимо ожидаемого вследствие потепления улучшения ледовой обстановки в Арктике, для достижения большей коммерческой привлекательности СМП необходимы существенные инвестиции в региональную инфраструктуру, а также серьезные усилия международного сообщества по обеспечению мер, необходимых для безопасных транзитных перевозок и минимизации возможного отрицательного влияния на уязвимую арктическую окружающую среду.

OD-2-1-3n 12/15/14 5:51 PM Page 907

Ряд ученых полагают ожидания развития арктического судоходства слишком оптимистическими и проблематичными в плане получения экономической и коммерческой выгоды, если оно не будет регулярным и круглогодичным. Они указывают, что вскрытие арктических морей на какое-то время летом означает, что большую часть года вероятные маршруты будут по-прежнему закрыты либо плавание по ним будет сопряжено со значительными трудностями. В этих случаях возможно прохождение только отдельных судов, караванов, экспедиций, но не регулярное судоходство. По подсчетам группы американских и канадских исследователей и экспертов к 2030 г. через Арктику будет, возможно, ходить примерно 2% судов от уровня современного международного судоходства, а к 2050 г. – 5%.

Одним из ключевых вопросов в условиях ожидаемых изменений климата является будущее ледокольного флота. Его развитие определяется, прежде всего, экономической востребованностью ресурсов Арктики, арктического шельфа и перевозок по трассам СПМ. Облегчение доступа судов в высокоширотные районы, рост экономической активности, превращение СМП в круглогодично действующую транспортную систему при сохранении морских льдов на трассах СМП большую часть года и вероятности возникновения сложных ледовых условий, безусловно, потребует сохранения и развития российского ледокольного флота. Примером может служить зима 2003 года, когда в условиях уже теплеющей Арктики, в юго-восточной части Баренцева моря (Печорское море) наблюдались исключительно сложные ледовые условия, затруднившие грузовые операции у Варандейского терминала, а в районе Штокмановского газоконденсатного месторождения (ГКМ) наблюдались десятки айсбергов (масса одного из них достигала 3.7 млн т). Обеспечение грузовых операций для Варандейского терминала потребовало привлечение атомного ледокола. Причиной сложных ледовых условий стали устойчивые и продолжительные северные ветра, вызвавшие в относительно мелководной части Печорского моря мощное торошение и сжатия (Данилов, 2012). Обеспечение добычи и круглогодичная транспортировка углеводородов в районах, подобных приновоземельскому шельфу, безусловно, потребует серьезной ледокольной поддержки.

6.6.4. Освоение ресурсов арктического шельфа

Одной из наиболее важных причин возрастающего интереса к Арктике как арктических, так и неарктических стран, является наличие в регионе значительных запасов нефти, природного газа и минеральных ресурсов (Huebert, et al., 2012). Согласно оценкам Геологической службы США (United States Geological Survey), опубликованным в 2008 г., за Северным полярным кругом находится порядка 412.2 млрд баррелей* неоткрытых возможных запасов нефти и нефтяного эквивалента, что составляет около 25 % мировых запасов углеводородов. Около 2/3 этих запасов (46 трлн. м^3) составляет природный газ (порядка 30% мировых неоткрытых запасов газа). Потенциальные запасы нефти Арктики составляют 90 млрд баррелей (13% мировых неоткрытых запасов нефти). В арктической зоне в настоящее время сосредоточено 90% всех извлекаемых ресурсов углеводородов России (Кашин, 2008; Павленко, Глухарева, 2010; Arctic Opening, 2012).

Для Российской Федерации необходимость освоения запасов нефти и газа арктического региона обусловлена, прежде всего, сокращением запасов углеводородов в других регионах. Различные экспертные оценки запасов нефти в России лежат в пределах 60–120 млрд баррелей, тяготея к нижнему пределу диапазона (ACIA, 2005). Крупнейшие наземные месторождения нефти в России, по мнению экспертов, уже миновали период пиковой добычи и находятся в стадии затухания. В силу этого в самом ближайшем будущем спад (или, в лучшем случае, стагнация – при условии разработки новых месторождений) в секторе добычи нефти в Российской Федерации представляется неизбежным (Селин, Башмакова, 2010; Benedictow, et al., 2010; Kononczuk , 2012 a, b).

Разработка нефтяных и газовых месторождений на российском арктическом шельфе имеет большие перспективы. Прогноз, подготовленный

*Баррель: “американский нефтяной баррель” – единица измерения объема нефти, равная 42 галлонам, или 158.988 л.

OD-2-1-3n 12/15/14 5:51 PM Page 908

во Всероссийском нефтяном научно-исследовательском геологоразведочном институте (ВНИГРИ) в 2004 г., оценивает добывной потенциал арктических морей к 2020 г. следующим образом: по нефти – 23–40 млн т (главным образом, за счет ресурсов Печорского моря), по газу – около 150 млрд м^3 (за счет ресурсов Баренцева и Карского морей). Суммарный же объем углеводородов, извлеченных за период 2006–2020 гг., этот же прогноз оценивает в 180–275 млн т по нефти и 890 млрд м^3 по газу (Назаров, Калист, 2011).

Морские проекты по освоению арктического шельфа включают надводные и подводные добычные комплексы, отгрузочные терминалы, подводные трубопроводы, терминалы для обслуживания вертолетов, а также прибрежную инфраструктуру (накопители, портовые сооружения и пр.). В российской Арктике обустройство этой деятельности находится на начальной стадии. Основными районами добычи нефти, газоконденсата в среднесрочной перспективе являются Баренцево и Карское моря (включая устьевые участки рек Обь и Таз). Учитывая, что освоение минеральных ресурсов арктического шельфа является одним из приоритетных направлений экономического развития России, масштабы этой деятельности будут нарастать.

В 2011 г. в Печорском море была установлена эксплуатационно-буровая платформа на нефтяном месторождении “Приразломное”. В Печорском море функционирует морской ледостойкий отгрузочный Варандейский терминал с подводным трубопроводом. Проложены ветки подводного газопровода с п-ва Ямал через Байдарацкую губу. Разрабатывается проект освоения Штокмановского газоконденсатного месторождения в Баренцевом море. Начинается работа по освоению северо-восточной части приновоземельского шельфа в Карском море.

Сложные природно-климатические условия арктического шельфа создают высокие природные риски для безопасности морской инфраструктуры, увеличивают стоимость проектов. Это неблагоприятные метеорологические условия: низкие температуры, вероятность сильных ветров, плохая видимость, атмосферное обледенение. Из гидрологических неблагоприятных условий следует выделить морское волнение, значительные колебания уровня моря вследствие приливов и штормовых нагонов, сильные течения. Наиболее серьезные риски обусловлены ледовыми явлениями: сильные ледовые сжатия, воздействия льда на сооружения в виде крупных и гигантских ледяных полей и айсбергов, торосов и стамух, навалы льда на берег, ледовая экзарация дна, ранее ледообразование и ряд других явлений (Данилов, 2012; Лаверов и др., 2012). Из инженерно-геологических условий, подверженных климатическим воздействиям, следует выделить многолетнемерзлые грунты и берега, деградация и разрушение которых может создавать дополнительные риски.

Параметры окружающей среды, существенные для проектирования и эксплуатации морских сооружений, включаются во Временные локальные технические условия (ВЛТУ) по метеорологии, гидрологии, морскому льду, инженерно-геологическим условиям (Данилов, 2012).

Существует два основных “чистых” сценария климатических изменений в Арктике: циклические изменения климата и однонаправленный тренд – потепление климата (Матишов и др., 2012; Anisimov, et al., 2007;). Как циклические изменения климата, так и положительный тренд присутствуют в данных наблюдений за XX век – начало XXI века. В ряде публикаций говорится о циклических колебаниях, наложенных на положительный тренд – см., например, (Груза, Ранькова, 2012). Это означает, что при общей вековой тенденции к возрастанию температуры в масштабе десятилетий возможны замедления ее роста и даже временные понижения температуры.

В случае реальности положительного тренда температуры в вековом масштабе изменения климата следует рассматривать как фактор, требующий учета при проектировании долговременных, сложных морских объектов. Это означает, что недропользователи должны оценивать возможные изменения параметров окружающей среды, необходимых для проектирования, и учитывать их в своих проектах. По существу, это уточнения, поправки на климатические изменения параметров из перечня “Временных локальных технических условий” по морскому льду, метеорологии, гидрологии и инженерно-геологическим параметрам. Последние наименее подвержены влиянию климатических изменений в течение нескольких

OD-2-1-3n 12/15/14 5:51 PM Page 909

десятилетий, за исключением берегов и прибрежной зоны, поскольку подводная мерзлота, экранированная водой от атмосферы, очень инерционна.

Рост средних приземных температур в той или иной степени скажется на различных компонентах природной среды, при этом изменения экстремальных значений температуры оценить достаточно сложно с учетом региональной специфики. Изменения температурного режима, помимо антропогенных факторов, связаны с увеличением циклонической активности, с вторжением холодных и теплых воздушных масс. Вероятно, усиление ветровой активности, увеличение числа штормов и усложнение погодных условий – рост повторяемости случаев ограниченной видимости, количества облачности будет негативно сказываться на авиационном обеспечении шельфовых объектов. Очень вероятен рост количества оттепелей в холодный период года и опасностей атмосферного и брызгового обледенения.

Очень вероятно повышение летних температур воды, прежде всего в поверхностном слое и на относительно мелководных участках шельфа глубиной несколько десятков метров. Сохранится наблюдаемый рост среднего уровня моря, что будет усиливать эффект штормовых нагонов в прибрежных зонах и воздействие моря на берега. Следует также ожидать некоторое увеличение высот ветровых волн различной обеспеченности, что усилит волновые нагрузки на морские и прибрежные сооружения.

Ледовые условия обусловливают наиболее серьезные природные риски для морских сооружений в Арктике и очень существенно влияют на экономическую эффективность проектов (Матишов, 2011). Ледовые нагрузки на сооружения зависят от массы воздействующего ледяного образования, его прочности и скорости движения. Существенна также продолжительность воздействия и возможные мультипликативные воздействия, например сильное волнение при наличии разреженного льда (ледовый шторм).

Наиболее заметные изменения могут произойти с толщиной льда. Дальнейшее сокращение доли многолетних, наиболее толстых льдов, приведет к абсолютному доминированию однолетних льдов на российском шельфе, что снизит силы воздействия ледяных полей. Морфометрия торосов и стамух не претерпит существенных изменений. Рост ветровой активности может усилить торошение в локальных и относительно мелководных районах, но не следует ожидать вследствие этого значительных изменений размеров торосов и стамух. Повышение температуры воздуха и воды будет способствовать уменьшению размеров их консолидированной части, и, следовательно, некоторому снижению воздействий, которые они оказывают на сооружения.

Оценки возможных изменений геометрии айсбергов затруднительны, для этого слишком мало данных. Еще большую неопределенность имеют оценки долгопериодных трендов интенсивности продуцирования айсбергов выводными ледниками арктических архипелагов. Не следует ожидать заметных изменений прочностных свойств ледяных полей, торосов и айсбергов. Некоторое, прогнозируемое распреснение верхнего слоя арктических вод не внесет существенных изменений в прочность ледяных полей. Повышение температуры повлияет на скорость разрушения айсбергов, уменьшит время их жизни. Возможен некоторый рост максимальных скоростей движения ледяных образований, что может увеличивать силу их воздействий на морские объекты айсбергами (Наумов и др., 2003; Селин, Васильев, 2011).

Существенные изменения ожидаются в сроках начала ледообразования, в продолжительности ледового периода и сроках таяния льда, включая окончательное очищение акваторий. Будут более благоприятные условия для морских операций, сократится время воздействия льдов на сооружения, что снизит риски возникновения неблагоприятных ситуаций. В среднем облегчится доступ к морским месторождениям российского шельфа, включая высокоширотные районы.

Повышение уровня моря, рост числа и интенсивности штормов, увеличение продолжительности безледного периода в прибрежной зоне будет способствовать более интенсивному разрушению берегов, сложенных рыхлыми и льдистыми породами, что может угрожать прибрежной инфраструктуре.

Возможно увеличение числа и интенсивности ледовых штормов, когда сильное ветровое волнение развивается в зоне разреженных льдов, состоящей из достаточно крупных обломков однолетнего льда. Печорское море представляет собой зо-

OD-2-1-3n 12/15/14 5:51 PM Page 910

ну, где указанные факторы могут сочетаться при сильных продолжительных ветрах северо-западных направлений.

Установленная в 2011 г. в Печорском море платформа "Приразломная" спроектирована на основе исторических данных XX столетия и инженерных гидрометеорологических изысканий конца 1990-х годов. Эти изыскания включали, в частности, пять зимних ледовых экспедиций. То же относится и к проекту Штокмановского ГКМ, для которого семь ледовых экспедиций были выполнены в начале 2000-х годов. Эти данные должны обеспечить необходимую безопасность указанных сооружений относительно ледовых воздействий в XXI веке в условиях потепления и в условиях циклических изменений термического режима в Арктике (Данилов, 2012).

Менее однозначная ситуация с ветро-волновыми и другими неледовыми воздействиями. В условиях продолжающегося потепления можно рекомендовать недропользователям проводить более тщательные прогнозные оценки по учету указанных неблагоприятных тенденций. Целесообразно включить подобные рекомендации в нормативные документы, регламентирующие подготовку данных о параметрах окружающей среды для проектов по освоению арктического шельфа.

Наиболее очевидным ожидаемым последствием сокращения протяженности морских льдов для нефтегазовой отрасли в Арктике является более легкий доступ как к морским портам и береговой инфраструктуре, так и к перспективным участкам шельфа, что расширит возможности добычи нефти и газа. Однако возможны и негативные последствия, которые могут в перспективе оказать тормозящее воздействие на развитие данного сектора арктической экономики. Так, в соответствии с вышесказанным, сезон навигации удлинится, в том числе и для танкеров, но изменения в пространственном распределении льдов способны создать новые проблемы (Arctic Oil and Gas 2007. AMAP, 2011).

На свободной ото льдов морской поверхности будет развиваться более сильное волнение. В связи с этим ожидается усиление береговой эрозии. Береговые сооружения и конструкции на шельфе должны будут проектироваться с учетом усиления волновых нагрузок. Интенсификация образования айсбергов также может представлять дополнительную опасность для танкеров и буровых платформ.

Изменения климата могут оказать на нефтегазовую отрасль и "эффекты второго порядка". Так, климатические изменения поставят под угрозу ряд видов животных, что может повлечь за собой принятие соответствующих природоохранных мер, в том числе затрагивающих функционирование нефтегазовой отрасли. Изменение маршрутов миграции промысловых рыб может изменить географию арктического рыболовства (см. ниже) с возможным последующим конфликтом интересов двух ключевых секторов арктической экономики (коммерческого рыболовства и добычи углеводородов).

Каков же будет результирующий знак воздействия ожидаемых изменений климата в Арктике на нефтегазовую отрасль? В целом, прогнозируемые изменения регионального климата существенно расширят возможности добычи нефти и газа на арктическом шельфе. Неуклонное истощение невозобновляемых источников энергии в других частях Земного шара может привести к развертыванию широкомасштабной добычи углеводородов на арктическом шельфе при условии достаточно высоких цен на нефть на мировых рынках*. Однако, этого может и не произойти в силу возможного противодействующего влияния иных глобальных социально-экономических факторов. Вот почему, оценивая перспективы добычи нефти и газа на арктическом шельфе, необходимо применять сценарный подход, рассматривающий эту региональную проблему в более широком, глобальном контексте.

6.6.5. Климатические изменения и международно-правовой режим использования Арктики

В последние годы появилось много публикаций, в основном в средствах массовой информации, о возможных конфликтах в Арктике, которые могут возникнуть в связи с климатическими

*Себестоимость арктической нефти оценивается сейчас в $35–$100 за баррель, в то время как аналогичный показатель для ближневосточной нефти на нижнем пределе может доходить до $5 за баррель (Селин, Васильев, 2011).

OD-2-1-3n 12/15/14 5:51 PM Page 911

изменениями, главным образом, в связи с сокращением ледяного покрова, делающим арктические акватории более доступными для мореплавания (Корзун, 2004; Коныше в, Сергунин, 2010; 2011). Представляется, что собственно климатические изменения являются лишь катализатором мнений, а зачастую, фантазий авторов публикаций на геополитические темы.

Основополагающим документом, определяющим международно-правовой режим морских пространств Мирового океана, включая Северный Ледовитый океан, является Конвенция ООН по морскому праву, ратифицированная подавляющим большинством стран. США – единственная арктическая страна не ратифицировавшая Конвенцию, что позволяет ей занимать по ряду арктических проблем особую позицию.

Упомянутая выше ст. 234 Конвенции напрямую связывает морскую транспортную деятельность в высокоширотной экономической зоне с особенностями климата Арктики, а именно, с ледяным покровом. Международно-правовой режим большинства других видов морской деятельности либо не связывается напрямую с климатическими условиями и их изменениями, либо связан очень опосредованно.

Разграничение морских пространств

Границы территориального моря, исключительной экономической зоны (ИЭС), внешняя граница континентального шельфа (ВГКШ) России отсчитывается от исходных линий материка и островов. Исходные линии, связанные с береговой линией, в ряде случаев могут изменяться под воздействием природных факторов. Разрушение берегов, сложенных рыхлыми, льдистыми породами может быть значительным – до десятков метров в год. Увеличение продолжительности безледного периода в сочетании с ростом ветро-волновой активности и ростом температуры воздуха может ускорить отступание берегов, изменить исходные линии и тем самым повлечь соответствующие изменения границ ИЭЗ и ВГКШ. Масштабы подвижек отдельных береговых точек могут достигать несколько км за столетие.

Использование биологических и минеральных ресурсов

Прибрежное государство в исключительной экономической зоне осуществляет суверенные права в целях разведки, разработки и сохранения природных ресурсов, как живых, так и неживых, в водах, покрывающих морское дно, на морском дне и в его недрах. Это справедливо также в отношении управления этими ресурсами, и в отношении других видов деятельности по экономической разведке и разработке указанной зоны, таких как производство энергии путем использования воды, течений и ветра, а также юрисдикции, предусмотренной положениями Конвенции, в отношении: – создания и использования искусственных островов, установок и сооружений; – морских научных исследований; – защиты и сохранения морской среды; – других прав, предусмотренных Конвенцией.

Используя указанные права, прибрежное государство обязано должным образом учитывать права других государств в исключительной экономической зоне. Суверенные права установлены лишь в целях разведки, разработки и сохранения живых и неживых природных ресурсов. Это означает, в частности, что прибрежные государства осуществляют суверенные права в отношении всех рыбных ресурсов, включая прикрепленные к морскому дну (например, отряд ракообразных), минеральных ресурсов – нефти, газа и др., а также энергии, получаемой в результате использования течений, ветра и воды. Указанные права носят исключительный характер: никакое другое государство не вправе без согласия прибрежного государства осуществлять подобную деятельность в исключительной экономической зоне последнего.

По современным оценкам более 90% минеральных ресурсов Северного Ледовитого океана находится в ИЭЗ арктических морских стран. Таким образом, активизация ресурсных интересов других стран вследствие улучшения ледовых условий может распространяться только на районы за пределами ИЭЗ и континентального шельфа. Именно к этим районам могут быть применены такие понятия как конкуренция и даже борьба за ресурсы Арктики.

Морской транспорт

Принципиальные изменения правил мореплавания в арктической ИЭЗ России возможны только при кардинальном сокращении ледяного покрова (ст. 234 Конвенции ООН по морскому праву). Перспективные оценки изменений ледовых условий в XXI веке показывают, что ледяной покров

OD-2-1-3n 12/15/14 5:51 PM Page 912

будет присутствовать на акватории СМП более шести месяцев в году, что является основным для регулирования РФ мореплавания в своей арктической исключительной экономической зоне.

6.6.6. Экономико-климатические сценарии для Арктики

Специалисты по моделированию глобального и регионального климата достаточно давно осознали плодотворность (и, вместе с тем, неизбежность) использования сценарных подходов при описании будущего климата. Так, в Четвертом оценочном докладе МГЭИК в качестве входной информации для расчетов по ансамблю климатических моделей использовался пакет сценариев эмиссии парниковых газов в атмосферу SRES (Special Report on Emission Scenarios, 2000). Каждый сценарий этого пакета соответствует определенным представлениям о пути развития мирового хозяйства и роста населения в различных регионах. Хотя в Пятом оценочном докладе МГЭИК принята иная методология, основанная на концепции "репрезентативных траекторий концентраций (парниковых газов)" (RCPs – Representative Concentration Pathways) (Moss, et al., 2010), специалисты уже обсуждают необходимость параллельной разработки "репрезентативных социально-экономических траекторий" (Representative Socioeconomic Pathways – SSPs).

При переходе от глобального уровня к региональному оценка последствий предстоящих изменений климата для природопользования, хозяйственной деятельности, секторов экономики и здоровья населения становится еще более сложной, неопределенность увеличивается. Общепризнано, что современные климатические модели демонстрируют меньшие успехи в воспроизведении регионального климата, нежели глобального; соответственно, и надежность региональных перспективных оценок климата, чем глобальных. Однако можно с уверенностью сказать, что неопределенность оценок климата будущего составляет лишь малую часть неопределенности возможной траектории региональной экономической системы. Гораздо большую неопределенность привносит "человеческий фактор", или, более формально, социально-экономический компонент экономико-климатической системы. Поэтому оценка последствий изменений климата на региональном уровне требует еще более широкого использования сценарного подхода.

Некоторые примеры применения сценарного подхода для арктического региона были приведены выше в связи с обсуждениями перспектив транзитных перевозок по СМП.

Яркие примеры более крупномасштабных сценариев приведены в программной работе (Brigham, 2009), в которой предложены четыре комплексных сценария для Арктики на период до 2040 года. При этом были использованы следующие основные "координаты" пространства сценариев: 1) глобальные изменения климата; 2) транспортные системы; 3) развитие ресурсной базы; 4) положение коренных северных народов; 5) деградация региональной окружающей среды; 6) политика Арктического совета (The Arctic Council) и других международных организаций; 7) общая геополитическая ситуация. Разработанные сценарии получили названия "Глобализованный рубеж" (Globalized Frontier), "Адаптивный рубеж" (Adaptive Frontier), "Рубеж – крепостная стена" (Fortress Frontier) и "Рубеж справедливости" (Equitable Frontier). Как оказалось, при общей для всех сценариев тенденции к сокращению протяженности арктических морских льдов, социально-экономические и политические факторы играют столь фундаментальную роль, что могут изменять общую направленность процесса (например, интенсификация/свертывание добычи нефти и газа на шельфе).

6.6.7. Последствия для морских экосистем и биоресурсов

Современный уровень исследований не позволяет достоверно определить степень общей негативности/позитивности ожидаемых изменений климата для коммерческого рыболовства в Арктике. Помимо сложности учета многообразных ключевых социально-экономических и политических факторов, влияющих на рыболовство, – в частности, особенностей рыболовной политики, – серьезные затруднения возникают уже на уровне попыток количественного прогнозирования изменений продуктивности промысловых видов и их кормовой базы при повышении температуры океанских вод.

OD-2-1-3n 12/15/14 5:51 PM Page 913

В то же время известно, изменения климата морской среды могут оказывать существенное влияние на миграции промысловых рыб и, как следствие, на географию рыбного промысла (Матишов и др., 2010; Ковалевский и др., 2012). Так, для Баренцева моря различные оценки изменения запасов рыбы, обусловленного изменениями климата, лежат в диапазоне от –25 % до +25 % (Johannessen, Miles, 2010).

По мнению экспертов МГЭИК, влияние изменений климата на рыболовство в Арктике будет различным в разных ее регионах – с некоторыми преимуществами для одних и потерями для других промыслов (Anisimov, et al., 2007). Норвежские эксперты в обзорной работе (Eskeland, Flottorp, 2006) делают сходный вывод: “Вероятно, позитивные эффекты для рыболовства в одних районах будут сочетаться с негативными эффектами в тех же или иных районах. Возможно, что суммарный эффект для рыболовства будет отрицательным даже при учете ожидаемой тенденции улучшения условий роста (рыб) в арктических водах”.

Многие рыбы и киты питаются мелкими ракообразными, обитающими у морского льда. В данном источнике пищи произойдут изменения, если граница льда отступит (Olsen, et al., 2011). Подобные изменения в морских арктических экосистемах окажут прямое воздействие на поставки рыбы, традиционное питание жителей арктических территорий. Предполагается, что состояние популяций субарктических и арктических видов рыбы, включая ценные промысловые, может измениться, если морской лед отступит. Неопределенность в отношении обилия и доступности живых природных морских ресурсов делает затруднительным планирование их предложения на рынках в будущем (Olsen, et al., 2011).

Рыбный промысел является одной из важнейших составляющих функционирования природно-хозяйственной системы Баренцева моря, подверженных климатическим изменениям. Примером тому может служить межгодовое и сезонное распределение скоплений трески и мойвы на протяжении последних 35 лет (Жичкин, 2009; 2012). В холодные годы (1977–1982 гг.) миграционные потоки промысловых скоплений трески распространялись преимущественно в восточном направлении. Однако далее Мурманского мелководья и западного склона Северо-Канинской банки промысловые скопления трески не продвигались. Косяки, миграции которых сдерживали холодные воды, не достигали прибрежных вод Новой Земли, а основной промысел осуществлялся на южных и юго-западных участках моря. Второй миграционный поток был направлен в северо-западную часть Баренцева моря. Здесь промысловые скопления трески к окончанию нагульного периода едва достигали Зюйдкапского желоба и Восточного склона Медвежинской банки (рис. 6.6.8а) (Матишов и др., 2010).

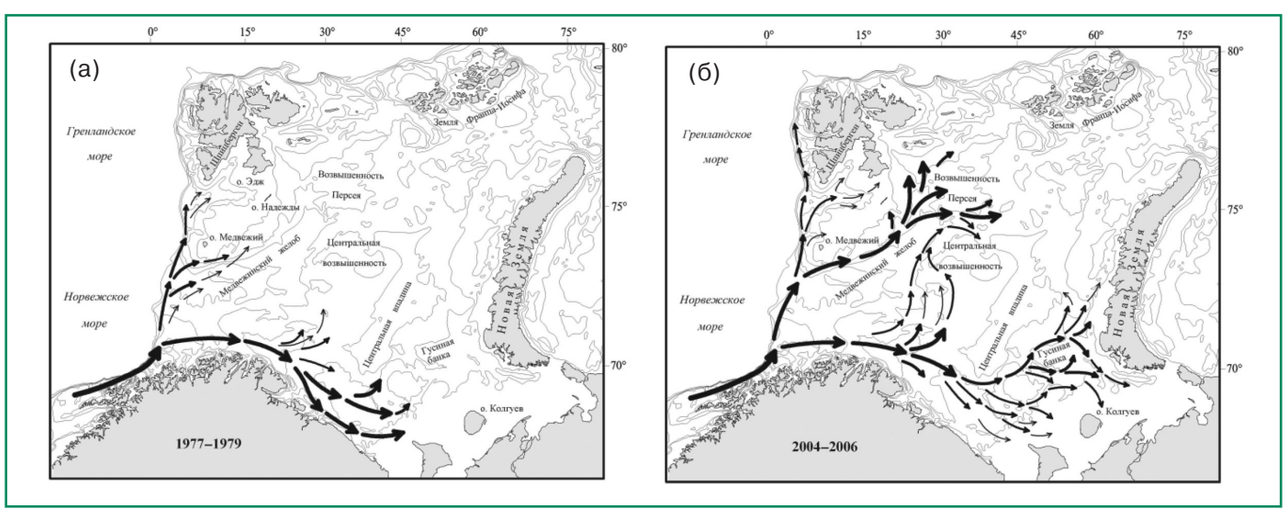


Рис. 6.6.8. Схема миграций промысловых скоплений трески в Баренцевом море в аномально холодные (а) и аномально теплые (б) годы (Матишов и др., 2010).

OD-2-1-3n 12/15/14 5:51 PM Page 914

С наступлением теплого периода с начала 1990-х годов началось перераспределение основных миграционных потоков трески. В аномально теплый период (2004–2006 гг.) миграционные потоки нагульной трески были направлены как на восток, так и на север (рис. 6.6.8б) (Матишов и др., 2010).

При этом на востоке скопления трески в сентябре–октябре достигали прибрежных вод Новой Земли между 70–74° с.ш.. Основной миграционный поток был направлен на север вплоть до 79° с.ш.. Здесь в августе–октябре в последние 10–15 лет отечественный флот ведет успешный промысел трески на широкой акватории (Жичкин, 2012).

В целом в годы с высокой ледовитостью промысел, как правило, был ограничен районами в южной и юго-западной частях моря. В годы с отрицательными аномалиями ледовитости акватория лова расширялась в восточном и особенно в северном направлениях. При этом уже в апреле на северо-западе Баренцева моря успешный промысел велся севернее 76° с.ш. (рис. 6.6.9) (Матишов и др., 2010).

В течение последних 10 лет происходило увеличение промыслового запаса трески. В 2000 г. его биомасса составляла 1.1 млн т, а на начало 2011 г. промысловый запас достиг 2.8 млн т. При этом промысловый запас пикши в 2010 г. достиг исторического максимума и составил 1190 тыс. т, что превышает среднемноголетний уровень более чем в 3 раза (Жичкин, 2012).

Значительное влияние климатические флуктуации также оказывают на миграции важного объекта промысла и одного из существенных элементов пищевых цепей в Баренцевом море – мойвы (Жичкин, 2012). Анализ миграции промысловых скоплений мойвы за 1977–2010 гг. показал, что в холодные годы основной промысел нагульной мойвы велся в северо-западных и северных районах, а в теплые – значительное количество рыбы проходило в восточные районы моря.

Анализ миграций преднерестовых косяков мойвы показал, что отрицательные аномалии температуры воды в слое 0–200 м обусловливают смещение районов нерестовых подходов мойвы на запад к берегам Норвегии. Положительные аномалии температуры водных масс способствуют более массовым подходам промысловых скоплений мойвы к берегам Кольского полуострова. Так, в теплом 1992 г. наблюдался один из наиболее восточных подходов преднерестовых скоплений мойвы к берегам Мурмана. Подобная ситуация наблюдалась и в теплые годы последнего десятилетия, например в 2002 и 2009 гг. (Жичкин, 2012).

В работе (Соколов, 2012) утверждается, что география промысла как трески так и мойвы, обусловлена, в основном, колебаниями природных фа-

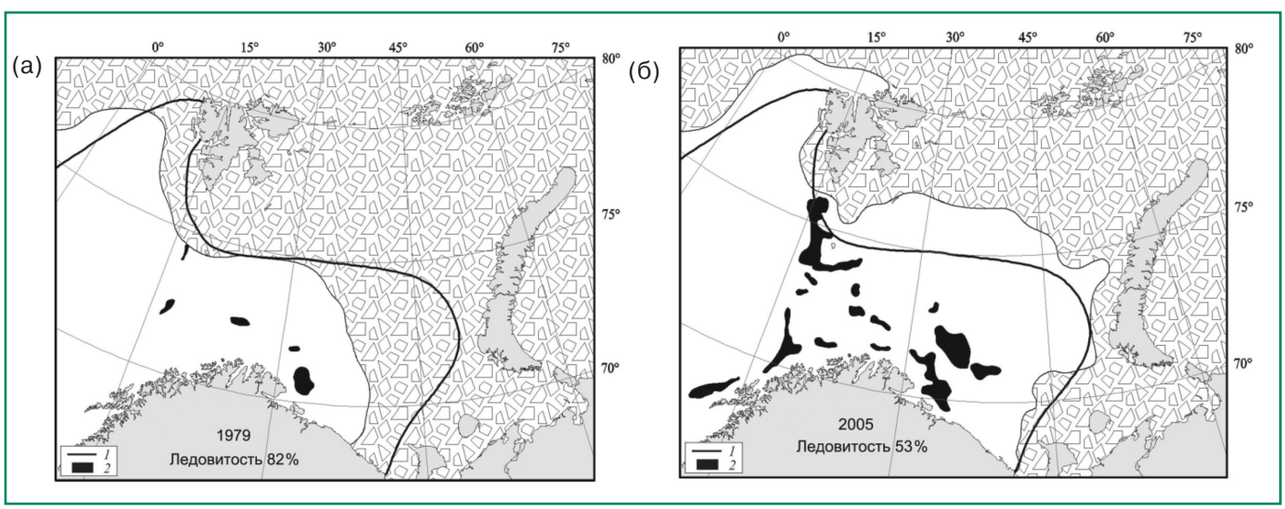


Рис. 6.6.9. Распространение льда и участки промысла трески в Баренцевом море в апреле холодного (а) и теплого (б) климатических периодов (1 – среднее многолетние положение кромки льда в апреле, 2 – участки промысла) (Матишов и др., 2010).

OD-2-1-3n 12/15/14 5:51 PM Page 915

кторов. Там же, делается вывод, что климатические изменения влияют и на рыбные запасы. Это влияние оказывается двумя основными путями. Во-первых, по причине прогрева все большей площади вод запасы промысловых рыб распределяются более широко, что особенно заметно для таких массовых видов, как треска и пикша. Во-вторых, увеличение потока солнечной радиации, попадающей на поверхность воды, свободной от ледового панциря, способствует росту продукции биомассы автотрофов (одноклеточных морских водорослей) и последующему росту биомассы на всех уровнях трофической пирамиды (Соколов, 2012).

Как следствие, для баренцевоморских промысловых рыб, большинство из которых являются активными хищниками, также отмечаются рост их запаса и вылова. Примером роста запаса служит треска, чей запас в 2012 г. ожидается на уровне, близком к 2.5 млн т, а международный вылов превысит 750 тыс. т. Современное состояние запаса мойвы также относительно благополучно. Ее нынешний запас составляет около 3 млн т, а ежегодный вылов – на уровне около 80 тыс. т. В то же время, для некоторых видов рыб изменения условий среды, вкупе с воздействием промысла, привели к уменьшению численности рыб и биомассы промысловых запасов. Так, начиная с 2003–2006 гг. запасы и вылов путассу в Баренцевом море уменьшились радикально; в последние годы они составляли около 980 тыс. т и 40 тыс. т соответственно (Соколов, 2012).

Результаты съемок в августе–сентябре 2010 и 2011 годов, показали аномально широкое распространение трески в Баренцевом море. Наиболее плотные скопления рыбы в восточной части моря отмечались на участке от северного склона Новоземельского мелководья до мыса Сухой нос при температуре воды у дна 0.1–1.5°С. На севере моря основные промысловые концентрации рыбы распределялись на Возвышенности Персея между 78 и 80° с.ш. при температуре в придонном слое от –0.5 до +1.6°С. Повышенное теплосодержание водных масс в северо-западной и восточной частях моря определило широкое распределение зимовальных скоплений тресковых (Карсаков и др., 2012).

Повышенный тепловой фон вод Западно-Шпицбергенского течения способствовал увеличению протяженности нагульных миграций трески и пикши в северном направлении. В 2009–2011 гг. в летне-осенний период промысловые скопления рыбы распределялись на акватории севернее о-ва Западный Шпицберген (между 80 и 81° с.ш.) (Карсаков и др., 2011).

В работе (Матишов и др., 2010) в частности делается вывод, что морские экосистемы хорошо адаптированы к многолетней изменчивости условий среды. Как правило, их состояние в большей степени зависит от антропогенных нагрузок (промыслового изъятия биоресурсов, преднамеренного и непреднамеренного вселения чужеродных видов).

Одним из важнейших следствий изменчивости и изменения климата сдвиги границ ареалов промысловых видов рыб. Это влечет за собой смену районов дислокации промыслового флота и, как следствие, перераспределение промысловых нагрузок на морские экосистемы. В работах (Matishov et al., 2004; Матишов, Дженюк, 2012) сделан вывод о том, что “ситуация в рыбной отрасли зависит прежде всего от объемов добычи и перелова ценных рыб, а также законодательного регулирования промысла. Климатический фактор играет важную, но не решающую роль”.

6.6.8. Адаптации

Наблюдаемое и ожидаемое в XXI веке потепление в арктической зоне в целом благоприятно для морской хозяйственной деятельности, включая судоходство и добычу углеводородов на шельфе. Поэтому в данном случае можно говорить об адаптации к последствиям изменения климата, которые лишь косвенно влияют на данную деятельность. Например, можно говорить об адаптации к неблагоприятным метеорологическим условиям (большее число штормов на свободной ото льда воде, усиление волнового воздействия, брызгового обледенения и т. п.).

В оценочном докладе “Снег, вода, лед и вечная мерзлота в Арктике” (AMAP, 2011; Цатуров, Клепиков, 2012), в частности, рекомендуется:

“– содействовать мерам по повышению точности прогнозов для ледяного покрова, погоды и состояния моря, а также работать над тем, чтобы данные прогнозы были доступны населению и организациям, ведущим хозяйственную деятельность в Арктике;

OD-2-1-3n 12/15/14 5:51 PM Page 916

– обеспечить повышение уровня поисково-спасательных операций и реагирования на опасность негативного воздействия на окружающую среду."

Эти меры непосредственно касаются как судоходства и эксплуатации богатств шельфа, так и промышленной добычи морских биоресурсов.

Что касается непосредственно рыбопромысловой отрасли, то необходима адаптация к изменениям границ ареалов промысловых видов рыб и появлению новых промысловых видов, а также законодательное регулирование промысла, учитывающее данные изменения (Матишов и др., 2010; Матишов, Дженюк, 2012).

Новые стандарты также должны быть разработаны для строительства инженерных объектов на побережье (в том числе портов для рыбопромысловых судов, нефтеналивных терминалов и т. п.), особенно там, где происходит таяние многолетней мерзлоты и эрозия береговой линии (Цатуров, Клепиков, 2012).

Ожидаемое потепление приведет к росту активности в освоении арктических месторождений полезных ископаемых, что создает предпосылки для роста объемов перевозок по СМП (Рукша и др., 2011). Наиболее существенным для плавания по трассам СМП будет отступание льдов к северу в летний период, а также расширение временных рамок навигационного периода. Это сделает более доступным для плавания более высокоширотные трассы и может способствовать круглогодичной навигации на трассах СМП. И в России, и за рубежом оживление транзита по СМП считается вполне реальным, особенно в связи с дальнейшими изменениями климата (Селин, Васильев, 2011).

Нефтегазовая деятельность на шельфе получит преимущества в связи с более продолжительным периодом, когда море не покрыто льдом, однако, могут возрасти угрозы, связанные с айсбергами, что будет обусловлено возрастанием их количества. Растущая доступность Арктики создает новые экономические возможности, в том рост популярности круизного туризма (AMAP, 2011).

6.6.9. Заключение

В течение последнего десятилетия климат Арктики изменялся беспрецедентными темпами. Стремительно повышалась температура воздуха в приповерхностном слое на побережье и островах Северного Ледовитого океана, достигнув наибольших летних значений в 2012 г. В результате потепления площадь арктического морского льда к концу летнего сезона 2012 г. сократилась почти в два раза по сравнению с предшествующим периодом 1980–1990-х годов.

Потепление климата и сокращение морского ледяного покрова обеспечивает более свободный морской доступ в Арктику, что увеличивает интерес к Арктике вследствие больших запасов нефти, природного газа и минеральных ресурсов.

Но изменения в пространственном распределении льдов способны создать и новые проблемы. На свободной ото льдов морской поверхности будет развиваться более сильное волнение. В связи с этим ожидается усиление береговой эрозии. Интенсификация образования айсбергов также может представлять дополнительную опасность для танкеров и буровых платформ. Развитие судоходства может иметь и негативное последствие в виде загрязнения морской и воздушной среды в районах плавания судов.

Быстрые изменения климата влияют и на морские арктические экосистемы и биоресурсы вследствие прогрева все большей площади вод, освобождающейся ото льда. Это в первую очередь способствует росту первичной продукции.

Оценка последствий изменений климата для природопользования, хозяйственной деятельности, секторов экономики и здоровья населения в Арктике является сложной задачей. При всей неоспоримости климатических изменений, они являются лишь одним из факторов среди множества других. Существует много причинно-следственной (прямых и обратных) связей в интегрированной системе "климат–окружающая среда–социум–экономика–политика". Поэтому перспективные оценки социально-экономических последствий изменения климата в Арктике (как и в любом другом регионе Земного шара) должны строиться в контексте междисциплинарных глобальных и региональных сценариев. Попытки количественных оценок последствий климатических изменений для секторов арктической экономики на сегодняшний день остаются немногочисленными, что открывает широкое поле для исследований на стыке естественных и общественных наук (Ostreng, 2010).

OD-2-1-3n 12/15/14 5:51 PM Page 917

6.6.10. Литература

Алексеев Г. В., Данилов А. И., Смоляницкий В. М., 2012. Летнее сокращение морских льдов в Арктике в 2012 г. Российские полярные исследования, № 3 (9), с. 11–13.

Груза Г. В., Ранькова Э. Я. 2012. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России. Москва, 193 с.

Данилов А. И., 2012. Обеспечение гидрометеорологической безопасности освоения и использования морских месторождений. Материалы IV Всероссийской морской научно-практической конференции "Стратегия морской деятельности России и экономика природопользования в Арктике". Мурманск, изд-во МГТУ, с. 146–147.

Жичкин А. П., 2009. Атлас российского промысла трески в Баренцевом море. Мурманск, Радица, 212 с.

Жичкин А. П., 2012. Влияние природных и антропогенных факторов на рыбопромысловую деятельность в Баренцевом море. Стратегия морской деятельности России и экономика природопользования в Арктике. IV Всероссийская морская научно-практическая конференция: материалы конференции. Мурманск, 07–08 июня 2012 г. Мурманск, изд-во МГТУ, с. 127–129.

Карсаков А. Л., Боровков В. А., Сентябов Е. В., Балякин Г. Г., 2011. Океанографические условия в морях Северо-Европейского бассейна и Северной Атлантики в 2011 г. и их влияние на распределение промысловых рыб, Вопросы промысловой океанологии; вып. 8, № 2. 2011. с. 14–42.

Катцов В. М., Порфирьев Б. Н., 2011. Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу (резюме доклада), Труды Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова, т. 563, с. 7–59.

Кашин В., 2008. Арктическая кладовая, Ведомости, № 137.

Ковалевский Д. В., Алексеев Г. В., Кузьмина С. И., 2012. Изменения климата Арктики и их последствия для рыболовства и морских перевозок: Сборн. докл. Международной научно-практической конференции "Стратегические проекты освоения водных ресурсов Сибири и Арктики в XXI веке: концептуальное мышление и идентификация личности". Тюмень, 23.03.2012. Тюмень, Т. 1, с. 167–170.

Конышев В. Н., Сергунин А. А., 2010. Арктика на перекрестье геополитических интересов, Мировая экономика и международные отношения, № 9, с.43–53.

Конышев В. Н., Сергунин А. А., 2011. Национальные интересы России в Арктике: мифы и реальность, Приоритеты России, т. 29, № 122, с. 2–11.

Корзун В. А., 2004. Конфликтное использование морских и прибрежных зон России в XXI веке. М.: изд-во Экономика, 558 с.

Лаверов Н. П., Дмитриевский А. Н., Богоявленский В. И., 2012. Развитие морского природопользования. Материалы IV Всероссийской морской научно-практической конференции "Стратегия морской деятельности России и экономика природопользования в Арктике". Мурманск, изд-во МГТУ, с. 13–17.

Матишов Г. Г. Макаревич П. Р., Денисов В. В., Дженюк С. Л., Жичкин А. П., Моисеев Д. В., 2012. Учет вековой динамики климата Баренцева моря при планировании морской деятельности. Материалы IV Всероссийской морской научно-практической конференции "Стратегия морской деятельности России и экономика природопользования в Арктике". Мурманск, изд-во МГТУ, с. 17–22.

Матишов Г. Г., 2008. Влияние изменчивости климатического и ледового режимов на судоходство в арктических и южных морях, Вестник РАН, т. 78, № 10, с. 896–902.

Матишов Г. Г., Дженюк С. Л., Моисеев Д. В., Жичкин А. П., 2010. Климатические изменения морских экосистем Европейской Арктики, Проблемы Арктики и Антарктики, № 3 (86), с. 7–21.

Матишов Г. Г., 2011. Климат морей Западной Арктики в начале XXI века, Изв. РАН. сер. геогр., № 3, с. 17–32.

Матишов Г. Г., Дженюк С. Л., 2012. Морская хозяйственная деятельность в российской Арк-

OD-2-1-3n 12/15/14 5:51 PM Page 918

тике в условиях современных климатических изменений, Арктика: экология и экономика, № 1 (3), 26–37.

Назаров В. И., Калист Л. В., 2011. Экономический потенциал углеводородных ресурсов арктического шельфа и проблемы его освоения: Материалы международной конференции "Нефть и газ арктического шельфа – 2004". URL: http://helion-ltd.ru/eco-pot-13/ (дата обращения: 11.09.2011).

Наумов А. К., Зубакин Г. К., Гудошников Ю. П., Бузин И. В., Скутин А. А., 2003. Льды и айсберги в районе Штокмановского газоконденсатного месторождения. Санкт-Петербург, 16–19.09.2003. Труды RAO-03, СПб, с. 120–131.

Павленко В. И., Глухарева Е. К., 2010. Влияние изменений окружающей среды на экономическое развитие регионов российской Арктики, Проблемы прогнозирования, № 2 (интернет-версия).URL: http://www.ecfor.ru/pdf.php?id=2010/2/05 (дата обращения: 11.09.2011).

Половинкин В. Н., Фомичев А. Б., 2012. Перспективные направления и проблемы развития Арктической транспортной системы РФ в XX веке, Арктика: экология и экономика, № 3 (7), с. 74–83.

Рукша В. В., Смирнов А. А., Головинский С. А., 2011. Атомный ледокольный флот России и перспективы развития Северного морского пути, Арктика: экология и экономика, № 1, с. 52–61.

Селин В. С., Башмакова Е. П., 2010. Значение северных и арктических регионов в новых геоэкономических условиях развития России, Регион: экономика и социология, № 3, с. 23–29.

Селин В. С., Васильев В. В., 2011. Тенденции и риски хозяйственной деятельности в Арктике в условиях долговременных климатических изменений, Арктика и Север, № 1, с. 125–133.

Соколов К. М., 2012. Управление запасами биоресурсов Баренцева моря на фоне глобальных изменений. Материалы IV Всероссийской морской научно-практической конференции Стратегия морской деятельности России и экономика природопользования в Арктике. Мурманск, 07–08 июня 2012 г. Мурманск, изд-во МГТУ, с. 138-139.

Тулупов Д., 2012. Потенциал Северного морского пути. Российский Совет по международным делам. URL: http://russiancouncil.ru/inner/?id_4=589 (дата обращения 10.09.2012)

Фролов И. Е., Цыбань А. В., Алексеев Г. В., Баринова С. П., Володкович Ю. Л., Гудкович З. М., Карклин В. П., Лупачев Ю. В., Умбрумянц И. О., Фролов С. В., Щука Т. А., Левич А. П., 2008. Северные моря. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. т. II. Последствия изменений климата. М: Росгидромет, с. 264–268.

Хон В. Ч., Мохов И. И., 2010. Климатические изменения в Арктике и возможные условия арктической морской навигации в XXI веке, Изв. РАН. Физика атмосферы и океана, т. 46, № 1, с. 19–25.

Цатуров Ю. С., Клепиков А. В., 2012. Современное изменение климата Арктики: результаты нового оценочного доклада Арктического совета, Арктика: Экология и экономика, № 4 (8), с. 76–818.

75 лет Северному морскому пути. Пресс-служба ААНИИ, URL: http://www.aari.ru/docs/presss-release/2008.02.21 (дата обращения: 20.12.2008).

ACIA, 2005. Arctic Climate Impact Assessment. Cambridge University Press, 1042 p.

AMAP, 2011. Snow, Water, Ice and Permafrost in the Arctic (SWIPA). Oslo, Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP).

Anisimov O. A., Vaughan D. G., Callaghan T. V., Furgal C., Marchant H., Prowse T. D., Vilhjalsson H., Walsh J. E., 2007. Polar regions (Arctic and Antarctic). Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, C. E. Hanson. (eds.) Cambridge, Cambridge University Press, pp. 653–685.

Arctic Marine Shipping Assessment (AMSA), 2009. Report (AMSA). Arctic Council, April 2009.

Arctic Oil and Gas 2007. AMAP: Arctic Monitoring and Assessment Programme. Oslo.

Arctic Opening: Opportunity and Risk at the High North. Lloyd's, 2012. URL:

OD-2-1-3n 12/15/14 5:51 PM Page 919

http://www.lloyds.com/~/media/FilesNews%20and%20Insight/360%20Risk%20Insight/Arctic_Risk_Report_20120412.pdf (дата обращения: 27.09.2012)

Benedictow A., Fjaertoft D., Lofsnaes O., 2010. Oil dependency of the Russian economy: An econometric analysis. Statistics Norway, Research Department. Discussion Papers, N 617. URL: http://www.ssb.no/publikasjoner/pdf/dp617.pdf (дата обращения: 16.03.2011).

Bobylev L. P., Kondratyev K. Ya., Johannessen O. M., 2003. Arctic Environment Variability in the Context of Global Change. Chichester, Springer–Praxis Publishing, 470 p.

Brigham L. W., 2009. Thinking about the Arctic's Future: Scenarios for 2040: Multi-year Expert Meeting on Transport and Trade Facilitation: Maritime Transport and the Climate Change Challenge, 16–18 February 2009.

Eskeland G. S., Flottorp L. S., 2006. Climate change in the Arctic: A discussion of the impact on economic activity, The Economy of the North, S. Glomsrod, I. Aslaksen (eds.), Oslo–Kongsvinger, Statistics Norway, pp. 81–94.

Ho J., 2010. The implications of Arctic sea ice decline on shipping, Marine Policy, vol. 34, pp. 713–715.

Huebert R., Exner-Pirot H., Lajeunesse A., Gulledge J., 2012. Climate change & international security: The Arctic as a Bellwether. Arlington, Virginia: Center for Climate and Energy Solutions. URL: http://www.c2es.org/publications/climate-change-international-arctic-security/ (дата обращения: 12.09. 2012)

Johannessen O. M., Miles M. W., 2010. Critical vulnerabilities of marine and sea ice-based ecosystems in the high Arctic. Regional Environmental Change. DOI 10.1007/s10113-010-0186-5.

Johannessen O. M., Pettersson L. H., 2008. Arctic climate and shipping. High North – High Stakes. R. Gottemoeller, R. Tamnes (eds.), Oslo, Fagbokforlaget, pp. 95–114.

Johannessen O. M, Shalina E. V., Miles M., 1999. Satellite evidence for an Arctic sea ice cover in transformation, Science, vol. 286, pp. 1937–1939.

Khon V. C., Mokhov I. I., Latif M., Semenov V. A., Park W., 2010. Perspectives of Northern Sea Route and Northwest Passage in the twenty-first century, Climatic Change, vol. 100, pp. 757–768.

Kononczuk W., 2012. Russia's best ally: The situation of the Russian oil sector and forecasts for its future. Warsaw, OSW Studies, no. 39. URL: http://www.osw.waw.pl/sites/default/files/PRACE_39_en.pdf (дата обращения: 20.08.2012)

Kononczuk W., 2012. The fragile foundations of the Russian oil sector. 11 June 2012. URL: http://www.europeanenergyreview.eu/site/pagina.php?id=3739&print=1 (дата обращения: 20.08.2012)

Liu M., Kronbak J., 2010. The potential economic viability of using the Northern Sea Route (NSR) as an alternative route between Asia and Europe, Journal of Transport Geography, vol. 18, pp. 434–444.

Matishov G. G., Denisov V. V., Dzhenyuk S. L., Karamushko O. V., Daler D., 2004. The impact of fisheries on the dynamics of commercial fish species in Barents Sea and the Sea of Azov, Russia: a historical perspective, Ambio, vol. 33. no. 1–2, pp. 63–67.

Moss R. H., Edmonds J., Hibbard K., Manning M., Rose S., van Vuuren D. P., Carter T. R., Emori S., Kainuma M., Kram T., Meehl G., Mitchell J., Nakicenovic N., Riahi K., Smith S., Stouffer R.J., Thomson A., Weyant J., Wilbanks T., 2010. The next generation of scenarios for climate research and assessment, Nature, vol. 463, pp. 747–756.

Olsen M. S., Callaghan T. V., Reist J. D., Reiersen L. O., Dahl-Jensen D., Granskog M. A., Goodison B., Hovelsrud G. K., Johansson M., Kallenborn R., Key J., Klepikov A., Meier W., Overland J. E., Prowse T. D., Sharp M., Vincent W. F., Walsh J., 2011. The Changing Arctic Cryosphere and Likely Consequences: An Overview, Ambio, vol. 40, pp. 111–118. doi: 10.1007/s13280-011-0220-y.

Ostreng W., 2010. Science without boundaries. Interdisciplinarity in research, society, and politics. Lanham, University Press of America, 312 p.

Pinnegar J., Watt T., Kennedy K., 2012. Climate Change Risk Assessment for the Martine and Fisheries Sector. UK Climate Change Risk Assessment 2012. DEFRA, UK.

Special Report on Emission Scenarios, 2000. A special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. N. Nakicenovich et al. (eds.) Cambridge University Press, 599 p.

Verny J., Grigentin C., 2009. Container shipping on the Northern Sea Route, International Journal of Production Economics, vol. 122, pp. 107–117.

OD-2-1-3n 12/9/14 6:21 PM Page 920

Глава 6.7. СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

В. Н. Павлова, Е. Н. Попова

И. О. Попов

6.7.1. Введение

За последние десятилетия получены ряды наблюдений за агрометеорологическими и гидрометеорологическими величинами, необходимыми для расчетов оценок влияния наблюдаемых изменений климата на продуктивность сельского хозяйства средствами математического моделирования, корреляционного анализа и регрессионного анализа (Climate Change 2007, 2007a; Оценочный доклад… 2008a, б; Груза, Ранькова, 2012).

В опубликованных за последние несколько лет коллективных монографиях освещены проблемы изучения и прогнозирования изменений глобальной климатической системы Земли для оценки влияния этих изменений на состояние и продуктивность агроэкосистем. Результаты этих исследований используются для разработки стратегии устойчивого развития России. К наиболее значимым можно отнести коллективные монографии “Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 года и дальнейшую перспективу” (2011), “Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологический систем” (2012) и “Биоклиматический потенциал России: продуктивность и рациональное размещение сельскохозяйственных культур в условиях изменения климата” (2012). Интересны коллективные монографии сотрудников географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова “Эколого-географические последствия глобального потепления климата XXI века на Восточно-Европейской равнине и Западной Сибири” (2011) и “Глобальные изменения климата и прогноз изменений рисков в сельском хозяйстве” (2009).

Среди множества климатических факторов, влияющих на агроэкосистемы России, наиболее значимы: засухи, сильные морозы и недостаток тепла за короткий безморозный период. Частые и обширные засухи – основная причина рекордной в мировом масштабе межгодовой изменчивости урожаев зерновых культур в России. Неустойчивость урожаев усиливают периодически повторяющиеся холодные зимы, приводящие к гибели посевов озимых культур. Наконец короткий вегетационный период затрудняет проведение сельскохозяйственных работ, увеличивает потери при уборке урожая, а недостаток тепла ограничивает производство наиболее продуктивных в средних широтах сельскохозяйственных культур – кукурузы, проса, подсолнечника, сахарной свеклы, сои и др. Влияние всех этих факторов будет поразному меняться при возможном дальнейшем потеплении – для некоторых негативные последствия будут ослабевать, для других усиливаться.

При дальнейшем потеплении климата в России может возрасти неблагоприятное воздействие вредителей и возбудителей болезней сельскохозяйственных культур на валовые сборы и качество продукции растениеводства, так как эти организмы существенно зависят от климата (эта тенденция наметилась в конце XX – начале XXI века). При потеплении могут сместиться границы ареалов, возрасти численность, измениться число воспроизводимых поколений за сезон, расшириться круг растений-хозяев многих климатозависимых сельскохозяйственных вредителей и патогенов. Все это будет способствовать повышению их вредоносности и увеличению причиняемого ими ущерба сельскохозяйственному производству.

6.7.2. Краткое изложение результатов ОД_РФ-1

Изменения агроклиматических условий в основных земледельческих регионах страны в 1975–2004 гг. (период, преимущественно освещенный в ОД_РФ-1 в отношении агроэкосистем) были в целом благоприятны для сельского хозяйства России.

Средняя температура января повышалась со средней скоростью более 1°С за 10 лет на территории Черноземья, Поволжья и Северо-Запада Европейской части России (ЕЧР). Минимальные скорости роста январской температуры были отмечены в Западной Сибири. Вероятность повреждения

OD-2-1-3n 12/9/14 6:21 PM Page 921

сельскохозяйственных культур низкими температурами существенно понизилась за период с 1975 г. Повышение средней температуры июля было не столь значительным, но в ряде регионов достигало 1°С за 10 лет, что для некоторых регионов оказало позитивное влияние на растениеводство.

Наблюдалось практически повсеместное уменьшение амплитуды годового хода температуры воздуха, что свидетельствует о снижении степени континентальности климата и улучшении агрометеорологических условий возделывания основных сельскохозяйственных культур.

Рост теплообеспеченности сельскохозяйственных культур, определяемой суммой среднесуточных значений температуры воздуха за период с температурой выше 10°С (суммой активных температур с порогом 10°С), был максимальным (более, чем на 150°С · сут за 10 лет) в Прибайкалье. Уменьшение теплообеспеченности (до –50°С · сут за 10 лет) наблюдалось на востоке и юго-востоке ЕЧР, менее выраженное – на юге Дальнего Востока.

Продолжительность вегетационного периода со среднесуточными температурами воздуха выше 10°С увеличивалась на большей части территории России, за исключением Волго-Вятского региона. Продолжительность вегетационного периода сельскохозяйственных культур в Сибири и на Дальнем Востоке возросла на 10–12 суток; однако, при этом во многих районах длительность периода без заморозков не изменилась. Напротив, на значительных территориях северо-восточной части Северо-Западного федерального округа (СЗФО), в Центральном и Приволжском федеральных округах (ЦФО, ПФО) отмечено сокращение продолжительности периода без заморозков.

Аридность (сухость) климата на юге и юго-востоке ЕЧР с 1975 г. не возросла. Это относится, прежде всего, к территории Северо-Кавказского, Поволжского и Уральского регионов. В Западной Сибири отмечалось уменьшение индекса сухости Будыко (1948) – ИС – в западной части региона и его рост в Алтайском крае. В Восточной Сибири и на Дальнем Востоке наблюдался слабый рост ИС.

Таким образом, наблюдаемые в 1975–2004 гг. изменения климата были позитивными для сельскохозяйственного производства в регионах России, обеспечивающих производство около 85% товарного зерна.

В ОД_РФ-1 (2008б) указывалось на учащение и усиление вспышек массового размножения вредных саранчовых с начала 1990-х годов на территории России и соседних стран, последовавшее за известным затишьем предыдущих десятилетий. Помимо экономических и социально-политических причин (распад СССР и, как следствие, разрушение единой службы защиты растений, снижение уровня агротехники и химизации, увеличение площади залежных земель) этому в значительной степени способствовали погодные условия, связанные с повышением приземной температуры воздуха, особенно в весенне-летний период, а также увеличение числа жарких и засушливых лет.

Также в ОД_РФ-1 был дан подробный анализ тех значений температуры и влажности, которые благоприятствуют или губительно влияют на размножение, развитие и распространение колорадского жука и вредных саранчовых на территории России. Выявлено, какую роль играют наблюдаемые изменения климата, произошедшие за последние десятилетия XX века, в дальнейшем расширении их ареалов.

На основе полученных данных был сделан вывод о возможном дальнейшем продвижении границ ареалов и зон массового размножения вредных саранчовых и колорадского жука в северном и восточном направлениях.

6.7.3. Последствия произошедших изменений климата для сельского хозяйства

Комплекс агроклиматических и биоклиматических показателей, разработанный для государственной системы мониторинга климата, используется для всесторонней оценки влияния наблюдаемых изменений климата на сельское хозяйство и сельскохозяйственное землепользование. Выбор агроклиматических показателей основан на классическом агроклиматическом и климатическом районировании, выполненном Г. Т. Селяниновым, Ф. Ф. Давитая, Д. И. Шашко, С. А. Сапожниковой, Ю. И. Чирковым, М. И. Будыко и А. И. Будаговским. Этот комплекс расширен за счет показателей, рассчитываемых в имитационной системе “климат–почва–урожай” (Сиротенко и др., 2007, 2011).

OD-2-1-3n 12/9/14 6:21 PM Page 922

Агроклиматические и биоклиматические показатели, используемые для комплексной оценки влияния изменений климата на сельское хозяйство и землепользование следующие: теплообеспеченность (термические ресурсы) и увлажненность, биоклиматический потенциал и климатически обусловленная урожайность.

Именно изменения перечисленных выше показателей чаще всего используются для характеристики климатообусловленных изменений агроэкосистем.

6.7.3.1. Оценка наблюдаемых изменений агроклиматических ресурсов

В данном разделе обсуждаются два вида агроклиматических ресурсов – термические ресурсы и ресурсы влагообеспеченности.

6.7.3.1.1. Термические ресурсы

Характеристики термического режима включают следующие агроклиматические показатели:

– суммы среднесуточных значений температуры воздуха (°С · сут) за период календарного года со среднесуточной температурой, превышающей 0°С, 5°С и 10°С;

– даты устойчивого перехода среднесуточной температурой воздуха через 0°С, 5°С и 10°С весной и осенью;

– продолжительность периодов календарного года со среднесуточной температурой, превышающей 0°С, 5°С и 10°С;

– среднюю температуру самого холодного (январь) и самого теплого (июль) месяцев календарного года.

В табл. 6.7.1 представлены оценки линейных трендов показателей температурного режима, осредненные за период с 1976 по 2012 гг. (когда глобальное потепление было особенно выражено) для основных зернопроизводящих регионов России (Доклад об особенностях климата…, 2013).

Оценки скорости изменения (трендов) сумм среднесуточных значений температуры воздуха за период с температурой выше 10°С (активных температур воздуха с порогом 10°С) – основной характеристики теплообеспеченности сельскохозяйственных культур – показывают, что наибольшая скорость роста обеспеченности теплом, превышающая величину 100°С · сут за 10 лет, наблюдается на всей ЕЧР; она достигает максимума в Южном федеральном округе (ЮФО) – 152.5°С · сут/10 лет. На территории земледельческих районов Сибири и Дальнего Востока теплообеспеченность растет,

Таблица 6.7.1. Средние скорости изменения (линейные тренды) показателей термических ресурсов на территории РФ за 1976–2012 гг. (Сиротенко и др.. 2013)

Федеральный округ	**Показатель и размерность линейного тренда**				
	Средняя температура, °С/10лет		**Сумма активных температур, °С · сут/10лет**		**Продолжительность периода со среднесуточными температурами воздуха более 10°С, сут/10 лет**
	январь	**июль**	**> 10°С**	**> 5°С**	
Центральный	0.7	1.1	145.9	149.3	5.3
Северо-Западный	0.9	0.8	111.9	113.9	5.1
Приволжский	0.5	0.8	112.4	123.7	3.8
Южный	0.3	0.7	152.5	150.5	3.8
Северо-Кавказский	0.1	0.4	138.9	130.0	4.5
Уральский	–0.1	0.3	83.7	85.9	4.3
Сибирский	–0.3	0.2	62.6	71.1	2.9
Дальневосточный	0.9	0.2	75.5	68.1	3.9
Россия в целом	**0.4**	**0.5**	**95.9**	**98.8**	**4.0**

OD-2-1-3n 12/9/14 6:21 PM Page 923

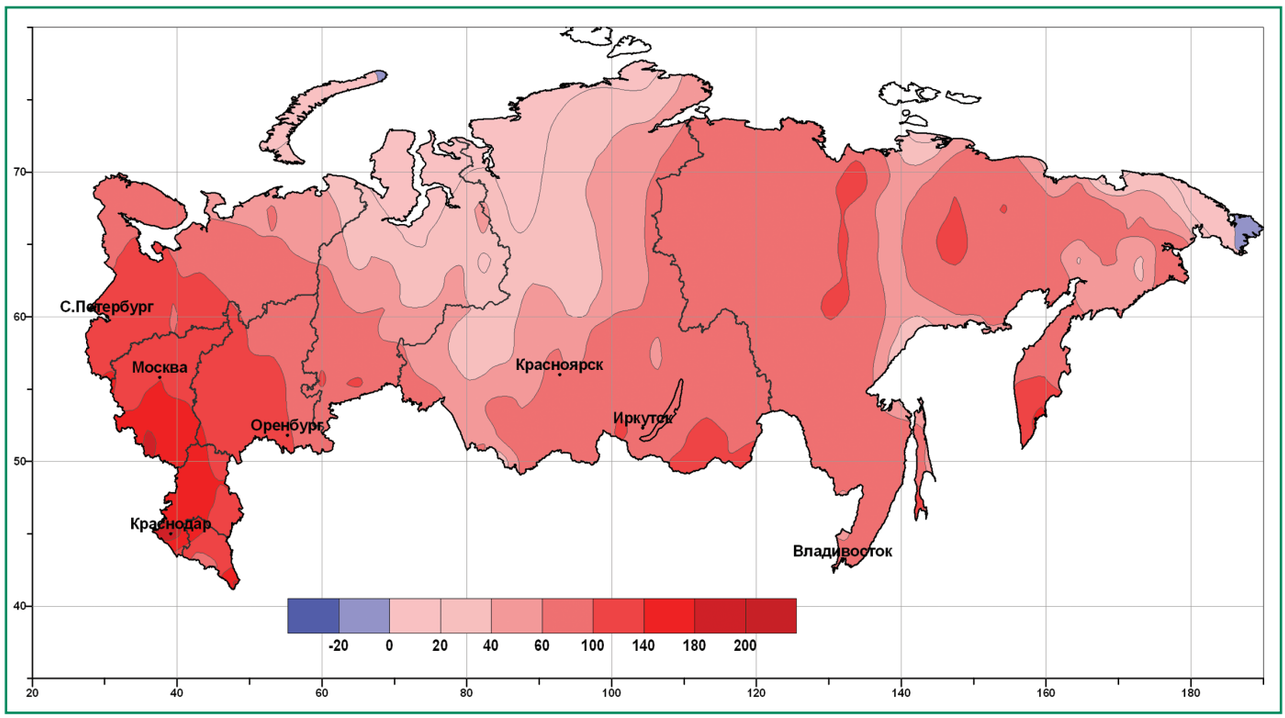


Рис. 6.7.1. Средняя скорость изменения (линейный тренд) годовых сумм активных температур воздуха (с порогом 10°С) в 1976–2012 гг., °С · сут/10 лет (Доклад об особенностях климата..., 2012).

но с меньшей скоростью – от 63 до 84°С · сут/10 лет. Повсеместно растет продолжительность вегетационного периода с температурой выше 10°С. При этом скорость роста в северных и северо-западных регионах составляет 5 суток за 10 лет (более двух недель за период с 1976 г.).

В работе (Brown et al., 2012) указано, что почти на четверти общемировых площадей (27%), занятых под сельскохозяйственное производство, наблюдается существенное изменение продолжительности вегетационного периода основных зерновых культур за 26 лет, начиная с 1981 года, причем для большинства из них продолжительность увеличивалась в среднем на 2–3 суток.

На рис. 6.7.1 представлено пространственное распределение трендов годовых сумм активных температур с порогом 10°С. Максимальные скорости роста отмечаются в южных и западных областях ЕЧР, минимальные – в Западной Сибири.

Оценки линейных трендов температуры января, которая наряду с высотой снежного покрова определяет риски вымерзания озимых зерновых культур, остаются положительными в зернопроизводящих регионах практически повсеместно, за исключением Сибирского и Уральского федеральных округов (СФО, УФО), где оцениваемая величина тренда январских температур отрицательна: –0.1–(–0.3)°С/10 лет за период с 1976 по 2012 г. (табл. 6.7.1, рис. 6.7.2).

Рост теплообеспеченности сельскохозяйственных культур в течение вегетации, повышение средней температуры января и холодного периода года в целом являются благоприятными факторами, которые могут способствовать повышению продуктивности сельского хозяйства Российской Федерации.

Вследствие повышения температуры воздуха в сентябре–октябре в 1980–2009 гг. на территории ПФО период осенней вегетации озимых культур увеличился на 6–8 дней по сравнению с периодом до 1970–1975 гг. (Страшная и др., 2011).

6.7.3.1.2. Ресурсы влагообеспеченности

Наблюдаемые изменения показателей увлажненности почвы на территории РФ за период с 1976 по 2012 г. не столь однородны, как изменения термических показателей. Повышение температу-

OD-2-1-3n 12/9/14 6:21 PM Page 924

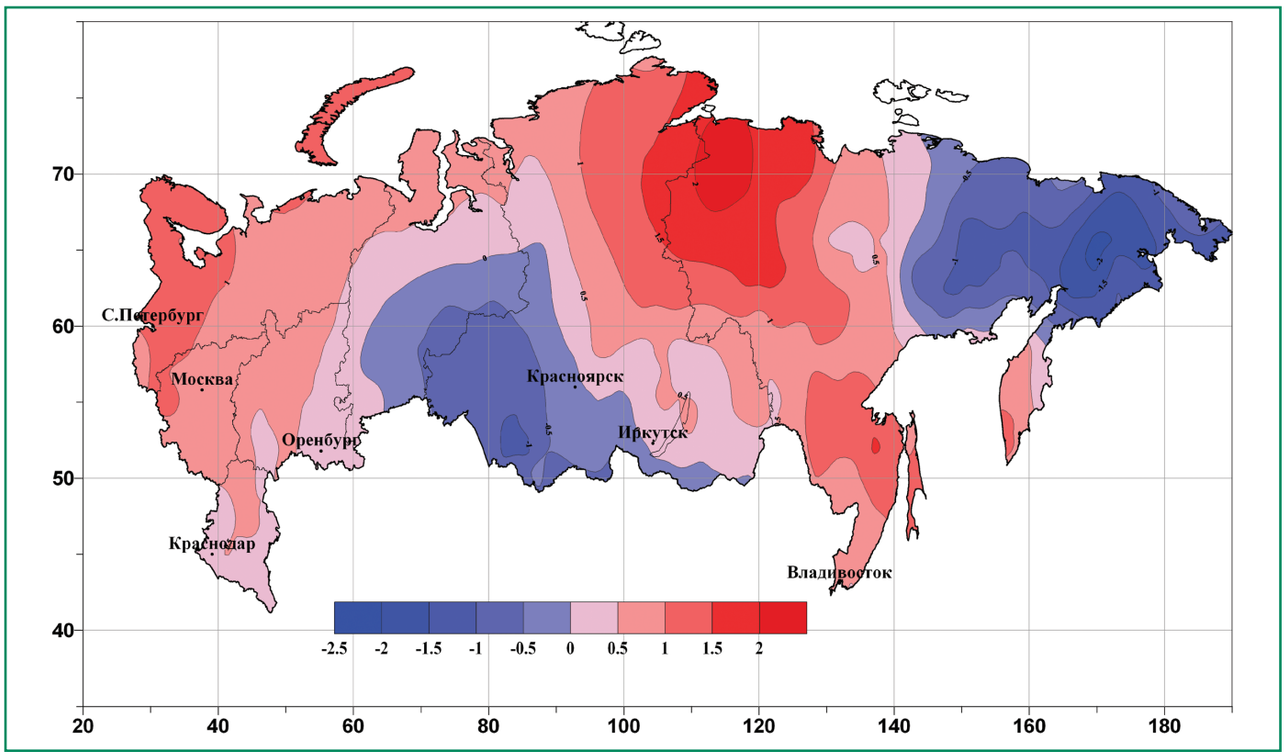


Рис. 6.7.2. Средняя скорость изменения (линейный тренд) средней температуры января (°С/10 лет) в 1976–2012 гг., °С/10 лет (Доклад об особенностях климата..., 2012).

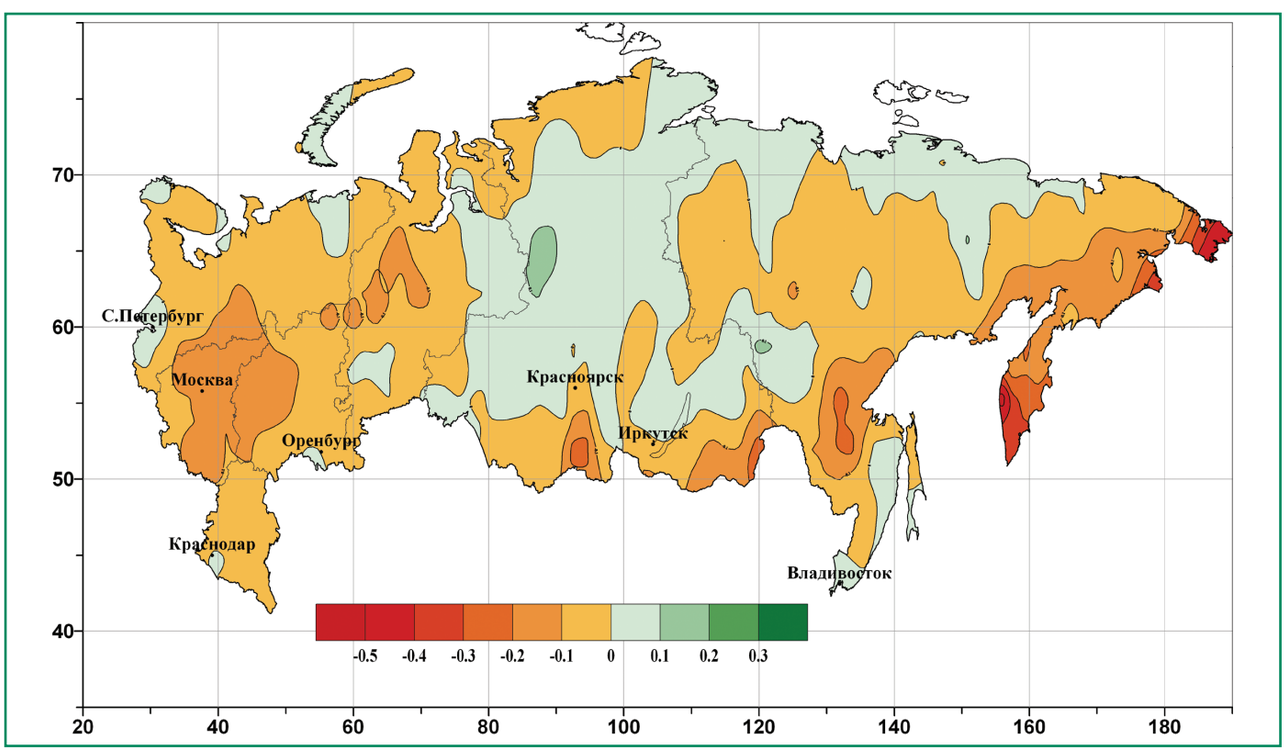


Рис. 6.7.3. Средняя скорость изменения (линейный тренд) ГТК Селянинова в 1976–2012 гг., 1/10 лет (Доклад об особенностях климата..., 2012).

OD-2-1-3n 12/9/14 6:21 PM Page 925

Таблица 6.7.2. Средние скорости изменения (линейные тренды) показателей увлажненности почвы на территории РФ за 1976–2012 гг. (Сиротенко и др., 2013)

Федеральный округ	Показатель и размерность линейного тренда							
	Сумма осадков, мм/10 лет				ИС 1/10 лет	$W_{весна}$ мм/10 лет	$W_{июль}$ мм/10 лет	N_{w10} сут/ 10 лет
	зима	весна	лето	осень				
Центральный	–0.43	–0.35	–10.3	0.12	0.06	–1.2	–2.8	4.5
Северо-Западный	4.82	5.32	0.0	0.64	0.02	–0.7	–2.6	0.9
Приволжский	0.26	5.67	–10.1	–2.03	0.06	–0.9	–1.6	4.7
Южный	–2.50	13.25	–4.6	6.54	0.01	–0.4	–0.6	0.5
Северо-Кавказский	8.43	4.07	–1.7	7.14	–0.03	–0.6	0.1	–1.7
Уральский	–1.18	7.50	–4.2	–1.18	0.04	–0.2	–1.4	2.2
Сибирский	0.99	2.45	4.9	0.96	0.01	–0.1	–0.5	1.2
Дальневосточный	7.43	6.71	3.7	–1.34	0.01	–0.6	–1.2	1.1
Россия в целом	**2.01**	**5.03**	**–1.7**	**0.56**	**0.03**	**–0.5**	**–1.4**	**2.4**

Примечания: ИС – радиационный индекс сухости Будыко; $W_{весна}$ – количество весенних запасов влаги в почве (мм); $W_{июль}$ – влажность почвы в июле (мм); N_{w10} – число дней вегетационного периода с влажностью пахотного слоя почвы менее 10 мм (сут).

ры воздуха неизбежно приводит к росту испарения и как следствие – к росту дефицита почвенной влаги, который увеличивается или уменьшается в зависимости от суммы выпавших атмосферных осадков. Продуктивность агроэкосистем зависит от соотношения изменений температуры воздуха и количества выпавших атмосферных осадков, которые характеризуются классическими агрометеорологическими показателями – гидротермическим коэффициентом (ГТК) Селянинова (1928) и радиационным индексом сухости (ИС) Будыко (1948). Слабые линейные тренды – положительные для ИС (табл. 6.7.2) и отрицательные для ГТК (рис. 6.7.3) – показывают, что увлажненность в центральных областях ЕЧР за последние 36 лет уменьшилась незначительно. В отдельных регионах Западной и Восточной Сибири и в Дальневосточном ФО (ДФО) наблюдается положительный тренд увлажненности – ГТК здесь растет со скоростью 0.01–0.04 1/10 лет (рис. 6.7.3).

Тенденцию аридизации климата в весенне-летний период на рассматриваемой территории подтверждают данные по влажности в метровом слое почвы на дату возобновления вегетации озимых культур, рассчитанные с помощью динамической модели “климат–почва–урожай” (Сиротенко и др., 2013). Как показывают расчеты, оценки трендов весенних запасов влаги в почве ($W_{весна}$) отрицательны на всей рассматриваемой территории и составляют –0.5 мм/10 лет (в пахотном слое) в среднем по России (табл. 6.7.2). Еще с большей скоростью снижается влажность почвы в июле ($W_{июль}$): от –0.6 до –2.8 мм/10 лет для ЕЧР. Практически повсеместно, за исключением Северо-Кавказского региона, увеличивается число дней вегетационного периода с влажностью пахотного слоя почвы менее 10 мм (N_{w10}): от 1.1 до 4.7 дней в ДФО и ПФО соответственно.

Отмечается заметное увеличение осенних осадков на всей территории Поволжья, Северного Кавказа, Урала и Дальнего Востока. В то же время, количество осадков в весенне-летний период практически повсеместно снижается (табл. 6.7.2).

Осредненные тренды показателей увлажненности территории за период 1976–2012 гг. в земледельческой зоне России отрицательны – аридность климата растет, особенно в центральных, центрально-черноземных областях и на юге ЕЧР.

Земледельческие районы России почти ежегодно подвергаются воздействию опасных гидрометеорологических и агрометеорологических явлений. В этой связи необходимы оценки возможных рисков неблагоприятных и опасных агрометеорологических условий, наносящих ущерб сельскому хозяйству (Клещенко, 2013). Применительно к озимым зерновым культурам наиболее час-

OD-2-1-3n 12/9/14 6:21 PM Page 926

тые риски опасных агрометеорологических условий связаны с условиями осеннего периода, периода зимовки и весенне-летней вегетации. Для оценки рисков засушливых условий рассчитана вероятность (риск) атмосферных засух в августе за 1981–2010 гг. по 43 гидрометеорологическим станциям на ЕЧР с использованием в качестве критерия засухи ГТК Селянинова, равного или менее 0.6. Показано, что к югу от линии, проходящей по центральным районам Оренбургской области, югу Самарской. Ульяновской, юго-востоку Пензенской, Воронежской областей, атмосферная засуха наблюдалась в 30–35% лет, а в восточных районах Саратовской области, на большей части Волгоградской, в юго-восточных районах Ростовской области и на востоке Ставропольского края – до 40–50% лет и более (Страшная и др., 2013).

6.7.3.2. Влияние наблюдаемых изменений климата на продуктивность сельскохозяйственных культур

В работах (Павлова, 2010; Павлова, Сиротенко, 2012; Сиротенко и др., 2013) приведены оценки изменений продуктивности сельскохозяйственных культур в одиннадцати крупных регионах России с учетом принятого административного деления, относительно однородных по почвенно-климатическим условиям. В табл. 6.7.3 представлены оценки линейных трендов рядов урожайности сельскохозяйственных культур (ц/га/10 лет), рассчитанные за периоды с 1975 по 2006 гг. и с 1975 по 2010 гг. для зерновых регионов РФ. Анализируя полученные оценки, можно сделать вывод о росте урожайности зерновых и зернобобовых культур в целом, озимой пшеницы и ярового ячменя практически для всей рассматриваемой территории за 1975–2010 гг. Расчеты показали, что максимальные тренды характерны для рядов урожайности озимой пшеницы, особенно в основных регионах ее возделывания – на юге ЦФО и в ЮФО (табл. 6.7.3). Есть свидетельства того, что скорость роста урожайности к концу рассматриваемого периода возросла. Оценки трендов фактической урожайности озимой пшеницы положительны практически на всей рассматриваемой территории России, за исключением УФО. Оценки региональных трендов значений урожайности зерновых и зернобобовых культур положительны на всей территории РФ за период 1975–2010 гг. (табл. 6.7.3).

Можно предположить, что для ряда регионов с положительным трендом урожайности существенное влияние на знак тренда оказывает тенденция к сокращению посевных площадей рассматриваемых сельскохозяйственных культур в ре-

Таблица 6.7.3. Сравнительные оценки линейных трендов фактической урожайности сельскохозяйственных культур по регионам России в периоды 1975–2006 гг. и 1975–2010 гг.

Федеральный округ	**Оценка линейного тренда урожайности, (т/га)/10 лет**					
	Зерновые и зернобобовые		**Озимая пшеница**		**Яровой ячмень**	
	1975–2006	**1975–2010**	**1975–2006**	**1975–2010**	**1975–2006**	**1975–2010**
Северо-Западный (юг)	0.069	0.156	0.037	0.160	0.095	0.198
Центральный (север)	–0.014	0.050	0.128	0.188	0.141	0.113
Центральный (центр)	0.083	0.141	0.110	0.190	0.084	0.140
Центральный (юг)	0.205	0.249	0.194	0.240	0.176	0.204
Приволжский (север)	0.096	0.104	0.151	0.152	0.065	0.070
Приволжский (юг)	0.120	0.090	0.127	0.102	0.089	0.036
Южный	0.175	0.230	0.188	0.297	0.019	0.021
Уральский (юг)	0.023	0.031	0.033	–0.004	0.021	0.033
Сибирский (юго-запад)	0.058	0.100	–	–	0.091	0.133
Сибирский (юго-восток)	0.047	0.108	–	–	0.135	0.182
Дальневосточный (юг)	–0.042	0.009	–	–	–0.029	–0.0029
Россия в целом	**0.074**	**0.115**	**0.121**	**0.166**	**0.081**	**0.102**

Примечание: (–) посевные площади озимой пшеницы незначительны или озимая пшеница не высевается.

OD-2-1-3n 12/9/14 6:21 PM Page 927

зультате вывода из оборота наименее плодородных и неудобных земельных участков. Так, по расчетам (Павлова, Сиротенко, 2012), коэффициент корреляции между урожайностью зерновых и зернобобовых культур в целом и занимаемыми ими посевными площадями составляет: в Татарстане –0.73; в Липецкой и Орловской областях –0.57; в Рязанской области –0.54. В среднем в этих регионах суммарные посевные площади всех зерновых и зернобобовых культур сократились на 40% с 1970-х годов до начала XXI века. Как показывают расчеты, в 2/3 случаев в рассматриваемых регионах наблюдается отрицательная корреляционная связь между посевными площадями и урожайностью зерновых и зернобобовых культур.

В монографии В. Г. Растянникова и И. В. Дерюгиной "Урожайность хлебов в России, 1795–2007" (2009) проанализировано состояние зерновой проблемы в России на протяжении двух веков. По мнению авторов, в конце XX – начале XXI вв. начался новый, первый в XXI веке, большой цикл урожайности, показателем которого является 45%-ный скачок продуктивности зерновых в РФ – продуктивность увеличилась с 11.8 ц/га в 1998–2000 гг. до 17.1 ц/га в 2001–2003 гг.

Интегральными показателями влияния наблюдаемых изменений климата на продуктивность сельского хозяйства могут служить биоклиматический потенциал – БКП (табл. 6.7.4) и климатически обусловленные тренды урожайности (табл. 6.7.5), которые идентифицированы с помощью соответствующих физико-статистических моделей (Павлова , 2010; Павлова, Сиротенко, 2012; Сиротенко, Павлова, 2010).

Приведенные ниже оценки БКП получены с использованием методологии, основанной на имитационных динамических моделях продуктивности агроэкосистем (Сиротенко и др., 2007). Такой подход предполагает ступенчатую систему оценок БКП для ряда фиксированных уровней интенсификации земледелия: низкозатратного – $БКП_0$, интенсивного на базе химизации – $БКП_N$ и высокоинтенсивного на базе химизации и орошения – $БКП_{WN}$.

Наличие сопоставимых оценок биоклиматического потенциала для различных по уровню урожайности стран/регионов позволяет оценивать ожидаемую урожайность тех регионов, которые отстают по уровню использования БКП. Оценки $БКП_N$ и $БКП_{WN}$ для субъектов РФ и аналоговые прогнозы урожайности зерновых культур по регионам России при условии достижения среднего для развитых стран ЕС уровня использования БКП представлены в табл. 6.7.4. Макси-

Таблица 6.7.4. Аналоговый прогноз урожайности зерновых культур при достижении западноевропейского уровня использования биоклиматического потенциала, ц/га (Сиротенко и др., 2010)

Регион	Биоклиматический потенциал		Ожидаемая урожайность	
	при достаточном минеральном питании ($БКП_N$)	при достаточном питании и увлажнении ($БКП_{WN}$)	при достаточном минеральном питании	при достаточном минеральном питании и увлажнении
Северо-Западный	119.4	119.0	61.0	61.2
Центральный	149.2	149.0	63.5	65.0
Волго-Вятский	119.7	115.0	58.0	61.0
Центрально-Черноземный	147.5	126.5	62.0	74.0
Поволжье, север	134.2	111.8	54.5	67.0
Поволжье, юг	159.0	57.1	29.5	79.5
Северо-Кавказский	171.3	96.2	48.5	85.5
Уральский	118.7	101.6	50.0	63.5
Западно-Сибирский	118.5	106.7	53.5	59.0
Восточно-Сибирский	106.2	103.1	51.5	53.0
Дальневосточный	124.8	123.6	61.5	62.0
Россия в целом	**129.4**	**105.3**	**54.0**	**66.4**

OD-2-1-3n 12/9/14 6:21 PM Page 928

Таблица 6.7.5. Климатически обусловленные линейные тренды ΔY урожайности Y зерновых культур за период с 1975–2010 гг, приведенные по земледельческим регионам России (Павлова, Сиротенко, 2012)

Регион	Оценка изменений урожайности, ΔY			
	(ц/га)/10 лет	%/10 лет	(ц/га)/10 лет	%/10 лет
	Зерновые и зернобобовые		**Яровой ячмень**	
Северо-Западный (юг)	0.020	1.6	0.00	0.0
Центральный (север)	0.022	2.0	–0.00	–0.3
Центральный (центр)	–0.017	–1.2	–0.017	–1.1
Центральный (юг)	–0.015	–0.8	–0.046	–2.4
Приволжский (север)	0.000	–0.0	–0.005	–0.3
Приволжский (юг)	–0.007	–0.5	–0.020	–1.5
Южный	0.044	1.9	–0.007	–0.4
Уральский (юг)	0.082	6.1	0.021	1.4
Сибирский (юго-запад)	0.035	2.8	0.025	1.9
Сибирский (юго-восток)	0.028	2.3	0.037	3.0
Дальневосточный (юг)	0.022	0.2	–0.00	–0.0
Россия в целом	**0.017**	**1.2**	**0.0004**	**0.032**
	Озимая пшеница			
Центральный (север)	0.031	2.2		
Центральный (центр)	0.028	1.6		
Центральный (юг)	0.007	0.3		
Приволжский (север)	0.061	3.6		
Приволжский (юг)	0.088	4.9		
Южный	0.083	3.1		
Россия в целом	**0.050**	**2.6**		

мальный эффект от интенсификации земледелия следует ожидать в Северо-Западном регионе, где урожайность зерновых может возрасти более, чем в 3 раза.

Важнейшие интегральные оценки влияния наблюдаемых изменений климата на продуктивность зерновых культур в России, полученные с помощью уравнений множественной регрессии в разностной форме (Павлова, Сиротенко, 2012), представлены в табл. 6.7.5.

Далее в этом разделе приведены оценки для некоторых важных групп сельскохозяйственных растений.

Зерновые и зернобобовые культуры

За 1975–2010 гг. урожайность всех зерновых и зернобобовых культур в результате изменений климата выросла на большей части территории России. Лишь в трех регионах (юг ПФО, центральная и южная часть ЦФО) отмечено снижение урожайности, скорость которого не превышала 1.2% за десятилетие.

Урожайность зерновых культур росла на юге ЕЧР, а также на всей Азиатской части России (АЧР) – на Урале, в Сибири и на Дальнем Востоке (табл. 6.7.5). Урожайность зерновых и зернобобовых культур увеличивалась за счет изменений климатических условий на 0.2–6.1% за десятилетие или на 1.8–22% за 1975–2010 гг. (относительно средней урожайности за этот период). Средняя оценка роста климатически обусловленной урожайности для территории России оценивается примерно в 1.2% за десятилетие или 4.5% за период с 1975 г. по 2010 г.

Яровой ячмень

Из данных, представленных в табл. 6.7.5, следует, что положительные тренды климатически обусловленной урожайности ярового ячменя прослеживаются лишь на АЧР – на Урале и в Сибирском регионе. На юго-востоке Сибири оценка линейного тренда урожайности ярового ячменя составляет 3% за десятилетие. В то же время, на всей ЕЧР наблюдаемые изменения климатических условий привели к снижению урожайности ярового ячменя от –0.3%/10 лет на севере ЦФО до –2.4%/10 лет – на юге. В целом отрицательные тренды климатически обусловленной урожайно-

OD-2-1-3n 12/9/14 6:21 PM Page 929

сти ярового ячменя на ЕЧР компенсируются положительными трендами на АЧР. В результате суммарная оценка изменения для всей территории России близка к нулю, т. е. изменения агрометеорологических условий последних десятилетий практически не повлияли на урожайность ярового ячменя для территории России в целом.

Озимая пшеница

Период 1975–2010 гг. был благоприятным по агрометеорологическим условиям для озимой пшеницы, урожайность которой росла во всех регионах ее возделывания на территории России. При этом максимальный темп роста продуктивности озимой пшеницы (3.9% за десятилетие) наблюдается на Северном Кавказе – в регионе, дающем 80% валового сбора по стране. Высокие темпы роста климатически обусловленной урожайности озимой пшеницы наблюдались также в Поволжье. В целом по России рост климатически обусловленной урожайности озимых зерновых культур составил 0.05 т/га или 2.6% за десятилетие за период 1975–2010 гг.

В заключение этого раздела отметим, что существуют и несколько иные оценки влияния наблюдаемых изменений климата на урожайность. Так, в работе (Lobell et al., 2011a, b) представлены расчеты с помощью моделей, связывающих урожаи четырех основных сельскохозяйственных культур (кукурузы, пшеницы, риса и сои) с метеорологическими факторами. Показано, что общемировое производство пшеницы и ржи снизилось на 3.8% и 5.5% соответственно, по сравнению с гипотетической ситуацией без изменений климата. По оценкам, приведенным в работах (Lobell et al., 2011a, b), потери урожайности яровой пшеницы в России при изменении климата за период 1980–2008 гг. составили 15%.

Отметим также, что все оценки получены нами для современного агротехнического уровня сельскохозяйственного производства без учета возможности его адаптации к наблюдаемым и ожидаемым изменениям климата. Исследования последних лет показали, что потенциал адаптации мирового сельского хозяйства к современному потеплению климата достаточно велик (Schimmelpfennig et al., 1996; Reilly et al., 1996; Climate Change 2007, 2007a). Оценки возможного роста продуктивности сельскохозяйственных культур за счет адаптивной интенсификации аграрного сектора экономики представлены в работе (Сиротенко и др., 2010).

6.7.3.3. Влияние наблюдаемых климатических изменений на вредителей и возбудителей болезней сельскохозяйственных растений

Распространение биологических видов зависит от совокупности биотических и абиотических факторов среды, важнейшими из которых являются климатические условия. Наиболее значимые в этом отношении параметры климата – температура и влажность. Климатический ареал каждого вида (часть географического пространства, где климатические условия допускают устойчивое существование вида) ограничивается специфическими требованиями к температуре и влажности, а достижение некоторого критического их значения приводит к исчезновению вида или невозможности его вселения в данный регион (Попова, Попов, 2013).

Наблюдаемые в последние десятилетия изменения климата, выражающиеся, прежде всего, в увеличении среднегодовой температуры воздуха в приповерхностном слое и изменении характера увлажнения территорий (Оценочный доклад.., 2008а, б; Доклад об особенностях климата…, 2011), приводят к тому, что границы ареалов и зон массового размножения вредителей и возбудителей болезней сельскохозяйственных культур также смещаются (Ясюкевич и др., 2007, 2011; Попова, Попов, 2009; Попова, 2011, 2014а, б; Ясюкевич, Давидович, 2010; Попова, Семенов, 2013 и др.). Косвенно этому может способствовать и изменение зон произрастания климатозависимых культурных растений, являющихся источником пищи для конкретных видов.

6.7.3.3.1. Изменения границ ареалов и экологических характеристик отдельных видов насекомых-вредителей сельскохозяйственных растений как следствие потепления климата

Многие насекомые являются опасными вредителями сельскохозяйственных растений. К ним относятся насекомые-фитофаги, использующие в

OD-2-1-3n 12/9/14 6:21 PM Page 930

пищу различные части растений. Помимо непосредственного ущерба урожаю при уничтожении самих растений, эти вредители могут принести и косвенный ущерб, повреждая отдельные части растений и создавая тем самым "ворота", через которые в организм растения проникают возбудители инфекции и паразиты. От этого погибает в 5–10 раз больше живой фитомассы, чем пожирают ее насекомые (Бондарев, 2003).

Виды и внутривидовые популяции, обитающие в различных областях географического пространства, могут отличаться друг от друга как количеством генераций (поколений, или жизненных циклов) в году, так и временем протекания отдельных стадий развития (годичным циклом). Это связано с различными режимами тепло- и влагообеспеченности той или иной территории, а также с длиной светового дня. Таким образом, наблюдаемое изменение климата неизбежно оказывает влияние на распространение и экологические свойства насекомых–вредителей сельскохозяйственных растений.

Ниже дан краткий обзор проявлений такого влияния у отдельных видов насекомых-вредителей сельскохозяйственных растений.

Средиземноморская плодовая муха (*Ceratitis capitata* Wd.), широко распространена в низких широтах Северного полушария (в Старом и Новом свете). Повреждает многие плодовые культуры: цитрусовые, косточковые, яблоки, груши, айву. Основным лимитирующим фактором, ограничивающим распространение вида, является температурный режим. Минимальное значение суммы активных температур при пороге 10°С, обеспечивающее развитие одного поколения, составляет 2960°С·сут.

Большое значение для выживания и укоренения вида на новых территориях имеет температура в осенне-зимний период. Зона с температурами 12–15°С за этот период характеризуется как "зона нормального развития"; с температурами 2.7–5.5°С – "зона возможного развития"; зона с температурами от –1 до +1.6°С и суммой осадков не менее 120 мм в осенне-зимний период – "зона случайного развития". Температура ниже –5°С губительна для всех стадий развития плодовой мухи. С 2001 г. очаг размножения этого вредителя существует в окрестностях Краснодара, что связано с потеплением климата в этом регионе (Быковский и др., 2006; Ясюкевич, Давидович, 2010).

Свекловичная блошка и кузнечиковые. В последние годы в России наблюдается резкое увеличение численности свекловичной блошки (*Chaetocnema laevicollis* Thoms.). Ранее (1948–1998 гг.) этот вид обнаруживался в Ленинградской области в единичных экземплярах. В 2003–2004 гг. отмечено массовое ее появление на полях, однако питались жуки на сорняках семейства маревых. Но с 2007 г. свекловичная блошка превратилась в злостного вредителя сельскохозяйственных растений, поедая всходы столовой свеклы. Нанесенный ею ущерб урожаю в отдельных районах Ленинградской области составил более 90% (Коваль, Гусева, 2008; Ясюкевич, Давидович, 2010).

Подобная смена пищевой специализации наблюдается и у других насекомых. Так, обычно безобидные кузнечиковые, значительно размножившись в ряде регионов России в 2006 году, проявили себя как вредители. Это, в первую очередь, серый кузнечик (*Decticus verrucivorus* L.) и скачок (*Platycleis affinis* Fieber). Их появление в большом количестве на посевах в агроценозах, на приусадебных участках, в населенных пунктах наблюдалось в большинстве районов ЮФО (Столяров, 2007).

Калифорнийская щитовка (*Quadraspidiotus perniciosus* Comst.). Этот вид наносит существенный вред плодово-ягодным и декоративным культурам. Она повреждает всего около 270 видов растений из 84 семейств. В европейской части страны наибольший вред калифорнийская щитовка наносит яблоне. Потери урожая яблок от поражения калифорнийской щитовкой составляют в разных районах 15–100% (Давидьян, 2008).

Калифорнийская щитовка характеризуется большой пластичностью – живет и развивается в различных климатических условиях. Она встречается как во влажных субтропических районах с абсолютным минимумом температуры +4°С, так и в суровых условиях, где абсолютный минимум достигает –42°С. При этом оптимальна для ее развития температура +26°С (Попова, 1962; Шутова, 1973, Гамзаев, 1999). Калифорнийская щитовка до настоящего времени является в России одним из карантинных объектов, особо опасных

OD-2-1-3n 12/9/14 6:21 PM Page 931

для сельского хозяйства страны, так как вредитель не занял еще весь возможный ареал и активно продолжает свое распространение. Ранее на территории СССР было известно три крупных района ее обитания: юг европейской части СССР (Ростовская, Волгоградская и Астраханская области, Калмыкия, Грузия, Армения, Северный Кавказ, в том числе Краснодарский и Ставропольский края, Молдавия, Украина); Средняя Азия; Дальний Восток (Приморский и Хабаровский края, Амурская область, о-ва Сахалин и Кунашир). Однако в последнее время калифорнийская щитовка стала заселять новые пространства на территории России, что связано, в том числе и с общим потеплением климата. Так, к 2010 году северная граница распространения калифорнийской щитовки в ЕЧР уже проходила южнее Курска, севернее Саратова и через Оренбург (Давидьян, 2008). Также были обнаружены очаги в окрестностях города Иркутска (Справочник..., 2010). Всего к 2010 году калифорнийская щитовка была обнаружена на территории 227 административных районов с общей площадью заселения – 127 тыс. га (Справочник..., 2010). В 2011 году вредитель впервые был обнаружен в Новосибирской области, а в 2012 – на территории Алтайского края (Новости, 2011, Новости, 2012: официальный сайт Всероссийского научно-исследовательского института карантина растений (ВНИИКР) – www.vniikr.ru/archnews12.html).

Помимо дальнейшего распространения в северном и восточном направлениях, наблюдаются также и изменения в числе поколений, которое способно давать насекомое. Особи этого вида в зависимости от климатических условий среды обитания и географического района могут дать от 1 до 4 поколений в год. На севере ареала и на Дальнем Востоке развивается 1 поколение, в южной полосе ЕЧР – 2, редко 3 поколения, в Закавказье и Средней Азии обычно 3–4 поколения (Гамзаев, 1999; Давидьян, 2008). Наблюдаемое в начале XXI века удлинение вегетационного периода на 1–1.5 месяца в Краснодарском крае позволило калифорнийской щитовке развиваться в полных трех поколениях, тогда как в 1990-е годы развитие третьего поколения не завершалось (Сторчевая, Прах, 2003; Ясюкевич, Давидович, 2010).

Восточная плодожорка. Изменение в жизненном цикле, вызванное потеплением климата, наблюдается и у восточной плодожорки (*Grapholitha molesta* Busk.), которая повреждает многие плодовые деревья, но особенно персик, айву и грушу. Так, сроки вылета бабочек перезимовавшего поколения в Сочи сместились с первой декады мая в 1980-х годах на первую-вторую декаду апреля в 2001–2008 гг. Это явилось следствием повышения в данном местообитании средней температуры воздуха за период январь–май на 0.3–2°С и максимальной температуры воздуха за год на 1–4.5°С по отношению к нормам 1980-х годов. Подобное смещение сроков вылета бабочек восточной плодожорки способствовало увеличению ущерба, наносимого вредителем ранне- и среднеспелым сортам персика (Игнатова, 2009; Ясюкевич, Давидович, 2010).

Клоп – вредная черепашка. В настоящее время в состоянии “экологического взрыва” находится опасный вредитель сельскохозяйственных культур – клоп вредная черепашка (*Eurygaster integriceps* Put.). Вредные черепашки приносят значительный ущерб сельскому хозяйству. Питаясь всходами зерновых культур, они повреждают все их виды, особенно пшеницу. Производимые клопом уколы в стебель растения перед колошением вызывают недоразвитие зерна. Клейковина пшеницы под влиянием ферментов слюны клопа лишается упругости, что сказывается на качестве теста.

Считается, что первоначальной областью распространения вредителя была Передняя Азия и прилегающие горные районы Средней Азии (Бондаренко и др., 1983; Павлючук и др., 2000; Нейморовец и др., 2006). В настоящее время происходит расширение его ареала, возрастание численности и вредоносности. По сравнению с первоначальным ареал вредной черепашки на территории быв. СССР увеличился примерно в 5 раз. Современное расширение ареала происходит преимущественно на север, северо-восток и северо-запад (Павлюшин и др., 2010, рис. 6.7.4). За последние 30 лет ареал вида продвинулся в этом направлении на 200–300 км.

Достоверно установленный современный ареал вредной черепашки включает южные районы России (к югу от линии Новый Оскол – Воронеж – Саратов – Хвалынск – Самара – Оренбург), Укра-

OD-2-1-3n 12/9/14 6:21 PM Page 932

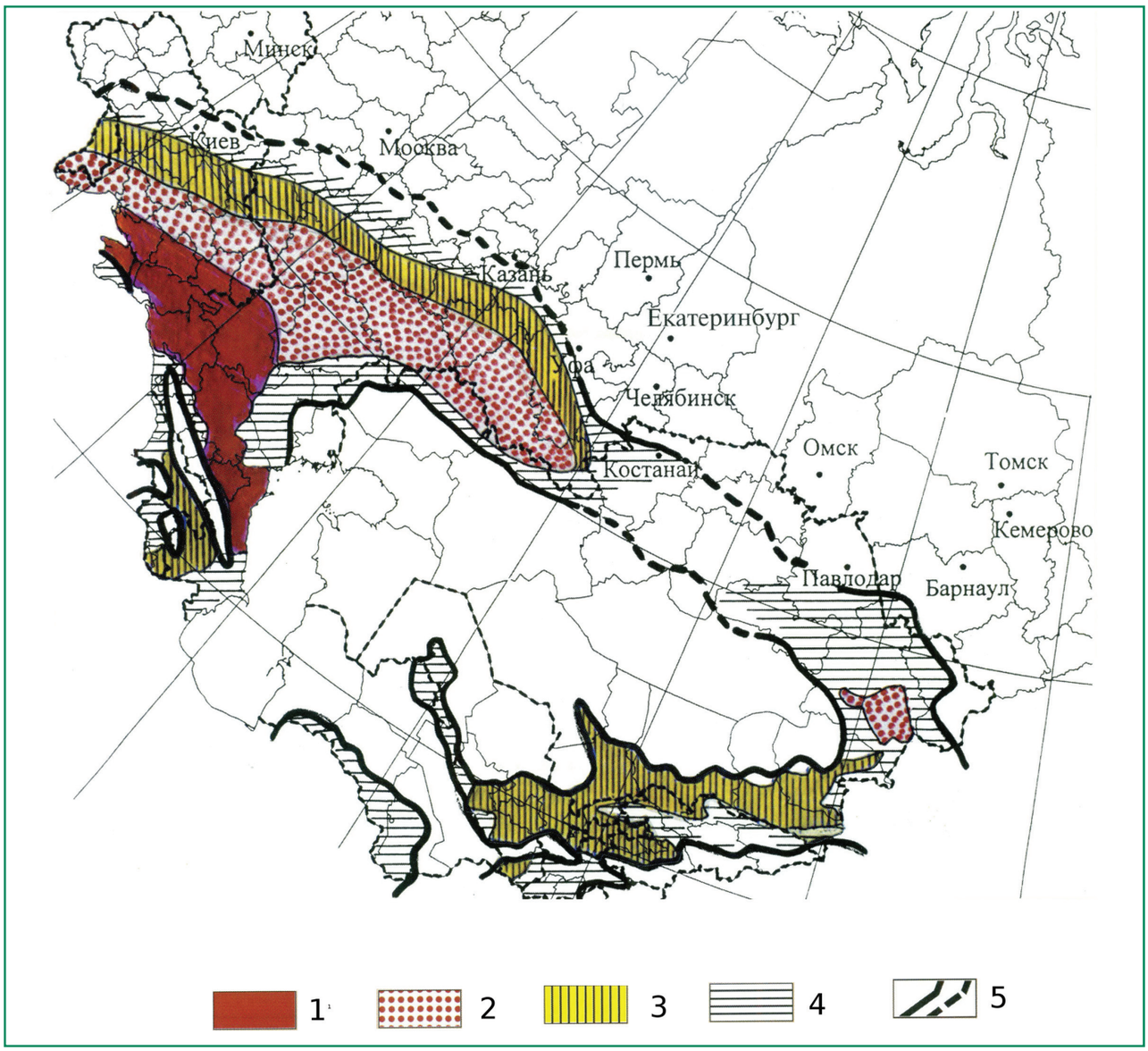


Рис. 6.7.4. Ареал вредной черепашки с выделением зон вредоносности и указанием возможного расширения его границ на территории России и соседних стран (Павлюшин и др., 2010): 1 – зона постоянной высокой вредоносности; 2 – зона периодически высокой вредоносности; 3 – зона низкой вредоносности; 4 – зоны обитания вида; 5 – границы фактического (сплошная линия) и возможного (пунктирная линия) ареала вида.

ины (к югу от линии Первомайск – Кировоград – Харьков), Молдавии (южнее Кишинева), Грузию, Армению, Азербайджан, Казахстан (западные и юго-восточные области, центральные степные районы южнее Астаны и Семипалатинска), отдельные регионы Туркменистана, Узбекистана и Киргизии (Вилкова и др., 2004; Нейморовец и др., 2006). Северная граница ареала вида проходит по изотерме средней температуры июля 20°С, а в северо-восточной части ареала – по изотерме средней температуры января –15°С (Нейморовец и др., 2006). Смещение этих изотерм в результате потепления климата приведет к изменению границ ареала данного вредителя.

Американская белая бабочка. Еще один вредитель, чье распространение в северном и восточном направлениях может зависеть от климатических изменений – это американская белая ба-

OD-2-1-3n 12/9/14 6:21 PM Page 933

бочка (*Hyphantria cunea* Drury). Развитие всех ее стадий сильно зависит от температуры и относительной влажности воздуха. Оптимальные условия для развития гусениц: температура 24–27°С, влажность воздуха 75–85% (Гричанов, Овсянникова, 2003).

Американская белая бабочка была завезена в Европу из Северной Америки в 1939–1940 гг. В СССР впервые обнаружена в 1952 г. в Закарпатской области Украины. К началу XXI века вредитель заселил юг ЕЧР вплоть до побережья Каспийского моря (Адыгея, Дагестан, Кабардино-Балкария, Калмыкия, Карачаево-Черкессия, Ингушетия, Северная Осетия, Краснодарский и Ставропольский края, Астраханская, Волгоградская, Ростовская области), Украину, Молдавию, Грузию, Азербайджан и Узбекистан (Американская белая бабочка, 1980; Булыгинская, Шамшев, 1999; Ижевский, 2002). Согласно С. С. Ижевскому, к этому времени на ЕЧР *H. cunea* фактически заняла свой потенциальный климатический ареал – примерно до 51° с.ш. (Ижевский, 2002; Гричанов, Овсянникова, 2003).

Однако наблюдаемое потепление климата привело к расширению границ ареала данного вида в северном и восточном направлениях. Так, карантинной службой РФ в 2010 году зафиксированы очаги распространения этого вредителя в ЦФО на территории Воронежской и Белгородской областей (Справочник…, 2010). В 2011 году вредитель обосновался уже и в Приморском крае (Новости, 2011: официальный сайт ВНИИКР – www.vniikr.ru/archnews12.html). Увеличение очагов распространения этого вредителя, начиная с 2006 г., отмечено в работе (Шамилов, 2011). С помощью проведенных математических расчетов на основе базы имеющихся температурных данных ВНИИГМИ-МЦД (http://www.meteo.ru) и последующего картографирования авторы (Ясюкевич и др., 2013) связали расширение ареала этого вредителя со смещением изолинии суммы активных температур воздуха (с порогом 10°С) равной 2000°С · сут.

Обычно вредитель развивается на территории России в двух поколениях, а куколки последнего диапаузируют. Однако в отдельные годы отмечается неполная третья генерация. Лет бабочек начинается весной при сумме эффективных температур воздуха 100–130°С · сут при пороге развития 9°С (Гричанов, Овсянникова, 2003). Стремительное повышение весенних температур воздуха в последнее время может привести к смещению сроков вылета бабочек на более ранние.

Яблонная плодожорка. Этот вид (*Cydia pomonella* L.) является одним из опасных вредителей плодовых культур. Преимущественно повреждает яблоню, существенно вредит груше, повреждает плоды абрикоса и сливы, а также грецкого ореха. Она распространена на ЕЧР, в Западной и Восточной Сибири, в Алтайском крае, на Дальнем Востоке, в Средней Азии (Васильев, Лившиц, 1984; Гричанов, 1997; Сторчевая, 1999). Минимальная сумма эффективных температур, необходимая для развития одного поколения, составляет 500°С·сут при пороге развития 10°С. Северная граница ее фактического ареала в основном определяется изолинией, соответствующей наличию в году 120 дней со среднесуточной температурой воздуха выше 10°С. В зоне, где число дней в году со среднесуточной температурой воздуха выше 10°С составляет 120–150 дней, развивается одно полное поколение вредителя, развитие второго поколения завершается лишь в благоприятные годы. Зона развития двух полных поколений и частичного развития третьего поколения располагается между изолиниями 150 и 180 дней в году со среднесуточной температурой воздуха выше 10°С. Зона развития трех и более поколений располагается южнее изолинии 180 дней в году со среднесуточной температурой воздуха выше 10°С (Конюкова, 1972; Овсянникова, Гричанов, 2004). В условиях потепления климата границы всех зон могут сдвигаться к северу (Овсянникова, Гричанов, 2002). Так, экспериментально показано, что в конце XX века число стабильно развивающихся поколений в Великих Луках (Псковская область) возросло до двух, а в центральной зоне Краснодарского края до трех (Овсянникова, Гричанов, 2002).

Саранчовые вредители. Надсемейство саранчовых составляет самую многочисленную группу среди прямокрылых насекомых. Из распространенных на территории бывшего СССР видов свыше 100 в той или иной мере могут вредить сельскохозяйственным культурам. По образу жизни вредные саранчовые представлены стадными (называемыми собственно саранчой) и нестад-

OD-2-1-3n 12/9/14 6:21 PM Page 934

ными формами (именуемыми кобылками). Основной вред сельскохозяйственным растениям наносят стадные формы.

Саранчовые относятся к многоядным вредителям сельскохозяйственных растений, они способны уничтожать любые культуры, вплоть до кустарников и древесных пород. Очень часто совместное действие антропогенного фактора и климатических аномалий приводит к нарастанию численности саранчовых, нередко – катастрофическому. В такие периоды наносимый ими ущерб может быть очень значительным, и это заставляет обращаться к тем или иным методам контроля над численностью их популяций (Цыпленков, 1970; Бондарев, 2003; Столяров, 2000; 2005; 2007; Сергеев, 2007, 2010).

В предыдущем оценочном докладе (Оценочный доклад…, 2008б) указывалось на учащение и усиление вспышек массового размножения вредных саранчовых с начала 1990-х годов на территории России и соседних стран, вызванное как экономическими причинами, связанными с распадом СССР, так и с изменением климатических условий – повышением приземной температуры воздуха и увеличением числа засух (Лачинский и др., 2002; Столяров, 2000, 2005; 2007; Сергеев, Лачинский, 2007). В настоящий момент (начиная с 2008 по 2012 гг.) наблюдается очередной подъем численности саранчовых вредителей. Он охватил все южные регионы России, а также отмечается в ЦФО, УФО и СФО на тех территориях, где ранее климатические условия препятствовали массовым вспышкам размножения саранчовых вредителей (Сергеев, 2010, Долженко, 2011, Обзор фитосанитарного состояния…, 2013).

По данным фитосанитарного мониторинга, проведенного сотрудниками ФГБУ “Россельхозцентр” на территории России, только в 2010 году саранчовыми было заселено 4218 тыс. га, а общий объем фитосанитарных обработок превысил 630 тыс. га (Долженко, 2011). В 2012 году площадь заселения саранчовыми вредителями по РФ составила уже 5254.6 тыс. га, в том числе с численностью выше экономического порога вредоносности (ЭПВ) – 1562.1 тыс. га. При этом химические обработки против вредителя были проведены на площади 1640.4 тыс. га (Обзор фитосанитарного состояния…, 2013). Наибольшее заселение отмечено в ЮФО, ПФО и СФО (1365.9 тыс. га, 1071.1 тыс. га и 967.8 тыс. га, соответственно; рис. 6.7.5).

Плотность стадных саранчовых вредителей (численность особей на единицу площади) в пос-

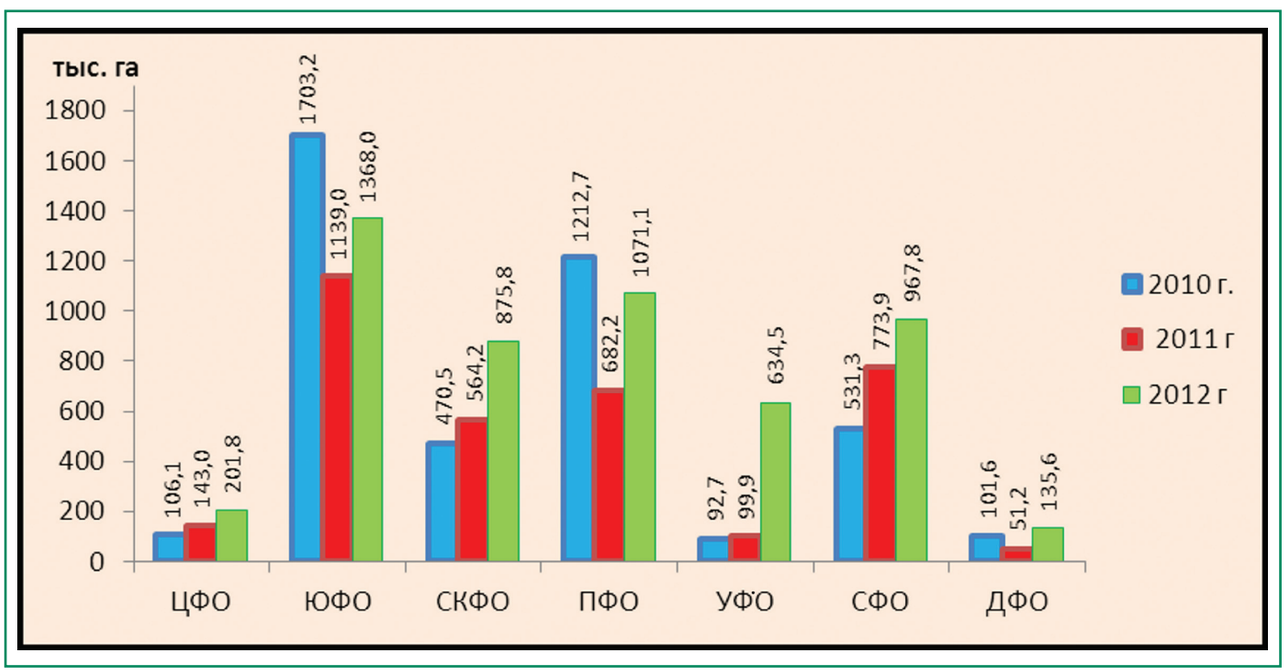


Рис. 6.7.5. Площади заселения саранчовыми вредителями в федеральных округах Российской Федерации в 2010–2012 гг. (Обзор фитосанитарного состояния..., 2013).

OD-2-1-3n 12/9/14 6:21 PM Page 935

ледние годы достигает значительных размеров – до 2000–2500 экз./м^2 и выше. В отдельных районах Астраханской, Волгоградской, Воронежской, Челябинской, Ростовской, Оренбургской областей, Республиках Калмыкия, Башкортостан и Ставропольском крае были объявлены режимы повышенной готовности угрозы чрезвычайной ситуации и чрезвычайные ситуации. Это связано с установившимися в этих регионах благоприятными для саранчовых жаркими и засушливыми погодными условиями (Долженко, 2011, Саранчовые вредители, 2012; Обзор фитосанитарного состояния…, 2013).

Из стадных саранчовых в России наиболее распространен и наносит значительный ущерб – **итальянский прус** *Calliptamus italicus* L. (Сергеев, 2007; Сергеев, Лачинский, 2007). Основные природные очаги массового размножения этого вредителя на юге России расположены в степных районах Нижнего Поволжья – в Астраханской, Волгоградской, Саратовской областях, Республике Калмыкия; на Северном Кавказе – в Ростовской области, в Ставропольском и Краснодарском краях, в Чеченской республике, Ингушетии и Дагестане. В последние годы он также значительно размножился на южном Урале (Башкортостан, Челябинская и Оренбургская области), в Западной Сибири (Омская и Новосибирская области, Алтайский край), на юге ЦФО – в Белгородской и Воронежской областях. В Воронежской области только в 2012 году было повреждено 35% сельскохозяйственных растений. В годы, когда устанавливаются благоприятные для саранчовых погодные условия (жаркая и сухая погода), значительные подъемы численности итальянского пруса наблюдали также в таких нетрадиционных для него регионах как Липецкая, Тамбовская и Курская области (ЦФО) и на Среднем Поволжье (ПФО) – Пензенская, Самарская и Ульяновская области, Республика Татарстан (Сергеев, Лачинский, 2007; Долженко, 2011; Саранчовые вредители, 2012; Обзор фитосанитарного состояния…, 2013). В 2011 году итальянский прус был впервые выявлен в южном районе Кировской области (ПФО) на границе с Удмуртией (Саранчовые вредители, 2012), а в 2012 году впервые очаг итальянского пруса был обнаружен в Рязанской области (ЦФО) на площади 0.77 тыс. га с максимальной численностью 23 экз./м^2. При этом было повреждено от 18 до 25% сельскохозяйственных растений (Обзор фитосанитарного состояния…, 2013).

Эти данные свидетельствуют о значительном расширении ареала и зон массового размножения итальянского пруса. В связи с этим была проведена оценка изменения климатического ареала вредителя на территории РФ под влиянием наблюдаемого потепления климата (Попова, Попов, 2013; Попова, 2014а). Для построения климатического ареала, ограничивающего массовое размножение итальянского пруса, был выбран следующий климатический критерий – для того, чтобы точка географического пространства входила в ареал итальянского пруса, в ней должно быть выполнено одновременно два условия:

– годовая сумма активных температур воздуха в приповерхностном слое (среднесуточных значений, превышающих 10°С) должна быть больше или равна 2250°С · сут (Попова, Попов, 2009; Попова, 2011);

– сумма осадков за период с мая по сентябрь должна быть менее 400 мм (Никитенко, 2004).

Далее на основе этого критерия был построен модельный климатический ареал итальянского пруса за два временных периода: 1951–1970 гг. и 1991–2010 гг. (рис. 6.7.6). В качестве базы климатических данных использован массив данных суточного разрешения, организованный Всероссийским научно-исследовательским институтом гидрометеорологической информации – Мировым центром данных (ВНИИГМИ-МЦД Росгидромета), см. http://www.meteo.ru. В настоящее время массив охватывает период инструментальных наблюдений до 2010 г.

На построенной картосхеме (рис. 6.7.6) выявляется существенное продвижение границ климатического ареала итальянского пруса в северном и северо-восточном направлениях. Эти расчетные данные вполне согласуются с приведенными выше современными данными экологических и сельскохозяйственных наблюдений за состоянием и географическим распространением этого опасного насекомого-вредителя.

В последнее время также значительно расширился ареал массового размножения и другого стадного саранчового – **азиатской перелетной саранчи** (*Locusta migratoria* L.). Вспышки чис-

OD-2-1-3n 12/9/14 6:21 PM Page 936



Рис. 6.7.6. Изменение климатического ареала итальянского пруса (*Calliptamus italicus L.*) на территории России и соседних стран в 1991–2010 гг. по сравнению с 1951–1970 гг. (Попова, 2014а): 1 – территория вне границ ареала в оба периода; 2 – территория ареала в оба периода; 3 – территория приращения ареала.

ленности этого вредителя охватили районы Астраханской, Волгоградской, Ростовской областей, Ставропольского и Краснодарского краев, Чеченской Республики и Республик Дагестан и Калмыкия (Долженко, 2011; Саранчовые вредители, 2012). Максимальная численность азиатской перелетной саранчи в период массового отрождения личинок в 2012 г. достигала огромных значений – 2500 экз./м^2 (Степновский район Ставропольского края) и даже 5000 экз./м^2 в июне в Ейском районе Краснодарского края (Обзор фитосанитарного состояния…, 2013).

Аномально жаркая и засушливая погода последних лет способствовала подъему численности в южных регионах России и такого теплолюбивого представителя стадных саранчовых как **мароккская саранча** (*Dociostaurus maroccanus* Thunberg). В 2000–2001 гг. после многолетнего затишья массовое размножение мароккской саранчи впервые выявлено в Чечне (Северо-Кавказкий федеральный округ – СКФО), где было заселено 15–18 тыс. га. В 2011 году очаги развития мароккской саранчи отмечались уже в Дагестане и в шести административных районах Ставропольского края, где их общая площадь составляла 45 тыс. га (Гаппаров и др., 2008; Сергеев, 2010; Саранчовые вредители, 2012). Последний раз подобные вспышки массового размножения этого вида имели место на Северном Кавказе лишь в 1929–1931 гг. При этом ареал мароккской саранчи и ее численность продолжают расти. В 2012 г. мароккская саранча была выявлена уже в девяти районах Ставропольского края на площади 268 тыс. га с максимальной численностью в период массового отрождения до 2000 экз./м^2. На территории республики Дагестан вредитель заселил 21 район, численность личинок саранчовых достигала 500–800 и более экз./м^2, а в кулигах даже не поддавалась учету. Всего здесь было повреждено до 55% растительности.

OD-2-1-3n 12/9/14 6:21 PM Page 937

Кроме того, мароккская саранча начала заселять совершенно новые для нее территории. Впервые за весь период многолетних наблюдений представители этого вида были выявлены в республике Калмыкия на пастбищах Черноземельского района на границе со Ставропольским краем (Обзор фитосанитарного состояния…, 2013). Известно, что нарастание численности мароккской саранчи обычно происходит тогда, когда температура превышает средние многолетние значения, а осадков выпадает меньше нормы. При этом решающее значение имеют осадки, выпадающие весной (с марта по май): критическим их количеством является примерно 100 мм. Если осадков в этот период выпадает несколько меньше, и, особенно, если такие засушливые весны случаются, по крайней мере, два года подряд, то происходит подъем численности мароккской саранчи (Бей-Биенко, Мищенко, 1951; Долженко, 2003; Гричанов, 2008).

В южных регионах России и на большей части Сибири и Дальнего Востока также заметно повысился ущерб от **нестадных видов саранчовых или кобылок**. Из них наиболее опасны для сельскохозяйственных растений следующие: атбасарка (*Dociostaurus kraussi* Ikonnikov) и кобылки сибирская (*Aeropus sibiricus* L.), крестовая (*Pararcyptera microptera* F.-W.), белополосая (*Chorthippus albomarginatus* De Geer) и чернополосая (*Oedaleus decorus* Germar) (Гриньков, Идрисхаджиев, 1994; Долженко, 2003, 2011; Сергеев и др., 1995; Саранчовые вредители, 2012).

Максимальное количество личинок нестадных саранчовых в 2012 г. достигало 800 экз./м^2 (в Республике Дагестан, СКФО). Численность нестадных саранчовых была довольно высока и в Поволжье, где в 2012 г. крестовая, чернополосая, бахчевая и др. кобылки заселили площадь в 37.8 тыс. га на территории Астраханской области – ЮФО (Обзор фитосанитарного состояния…, 2013). В СФО кубышками нестадных саранчовых было заселено 268.7 тыс. га, максимальная численность (300–400 экз./м^2) зафиксирована в Республике Хакасия.

С конца второй декады июня 2012 г. отмечен переход нестадных саранчовых на посевы зерновых культур в Иркутской области и Красноярском крае, где ими было повреждено до 40–42% растений (Обзор фитосанитарного состояния…, 2013). На территории Дальневосточного федерального округа в Республике Саха (Якутия) выявлено увеличение площадей сельскохозяйственных угодий, где заселенность саранчовых превышает ЭПВ: в 2010 г. – 5.7 тыс. га, в 2011 г. – 6.8 тыс. га, в 2012 г. – 17.2 тыс. га. Всего заселение нестадными саранчовыми вредителями в республике было отмечено на площади 94.6 тыс. га с максимальной численностью 188 экз./м^2. Повышение численности саранчовых в сочетании с засухой привело к 100%-ной гибели травостоя на площади 14.2 тыс. га. Большие площади были заселены нестадными саранчовыми в Амурской области (40.1 тыс. га), однако здесь ими был причинен меньший вред, так как они были сосредоточены в основном на пастбищах, сенокосах и обочинах дорог. Однако наблюдалось и заселение посевов сои, граничащих с залежными землями и многолетними травами со степенью повреждения растений – 10% (Обзор фитосанитарного состояния…, 2013).

Таким образом, произошло существенное расширение ареала нестадных саранчовых на территории Сибири и Дальнего Востока, что связано с благоприятными для этих вредителей погодными условиями, вызванными общим потеплением климата, причем из-за смены пищевых предпочтений они в большей степени стали повреждать сельскохозяйственные растения в этих регионах.

Наблюдаемые климатические изменения привели и к изменению отдельных экологических свойств саранчовых вредителей. Смещение сроков начала вегетации в весенний период на более ранние приводит к более раннему отрождению личинок саранчовых на территории многих регионов России. Так, погодные условия, сложившиеся на территории Российской Федерации в 2012 г. способствовали раннему отрождению личинок всех видов саранчовых примерно на месяц раньше среднемноголетних дат. Аномально сухая и жаркая погода с интенсивным нарастанием среднесуточных температур, установившаяся во второй половине апреля – начале мая, способствовала активному развитию эмбрионов в яйце. Начало отрождения личинок итальянского пруса в некоторых субъектах РФ зафиксировано с третьей декады апреля, что на 20 дней раньше средних многолет-

OD-2-1-3n 12/9/14 6:21 PM Page 938

них сроков (2-я декада мая), а начало отрождения личинок азиатской перелетной саранчи отмечено с первой декады мая, что на месяц раньше средних многолетних сроков (1-я декада июня). Массовое отрождение огромного количества личинок мароккской саранчи во второй половине апреля – начале мая в совокупности со скудной кормовой базой пастбищ в Ставропольском крае и Республике Дагестан привело к быстрому скучиванию и миграциям вредителя на посевы сельскохозяйственных культур. Условия аномально теплого апреля сказались на более ранних сроках выхода и личинок нестадных видов, в некоторых субъектах на месяц раньше среднемноголетних (Обзор фитосанитарного состояния…, 2013).

Обычно саранчовые вредители на территории РФ за год развиваются в одном поколении. Однако в 2012 г. впервые за многолетний период наблюдений на территории Илекского района (южная зона Оренбургской области) во второй половине июля на площади 100 га было зафиксировано повторное отрождение личинок итальянского пруса и азиатской саранчи. Также в первой декаде августа на территории Арзгирского района Ставропольского края на стерне (после уборки озимой пшеницы) отмечено отрождение второго поколения личинок азиатской перелетной саранчи (Обзор фитосанитарного состояния…, 2013). Эти случаи совсем не характерны для данных районов и являются следствием погодных условий последних лет и общего потепления климата на юге России.

Колорадский жук. Колорадский картофельный жук (*Leptinotarsa decemlineata* Say) по уровню его численности и вредоносности относится к числу супердоминантных видов насекомых–вредителей сельскохозяйственных растений. Он способен снизить урожай клубней картофеля на 30% и более (Захаренко, 2006; Павлюшин и др., 2009).

Формирование ареала колорадского жука и его становление в качестве вредителя происходило и происходит непосредственно на глазах человека в последние полторы сотни лет. За это время он стал опаснейшим вредителем картофеля и некоторых других, важных в продовольственном отношении, пасленовых (Колорадский картофельный жук…, 1981).

С момента появления на территории СССР в 1956 г. первых постоянных очагов колорадского жука на западе Украины, Белоруссии и в Калининградской области, к настоящему времени он распространился во всех районах Ленинградской, Вологодской, Кировской, Свердловской областей и Пермского края, достиг южных и центральных районов республик Карелия и Коми, Архангельской и Тюменской областей, поселился в большинстве районов Омской, Новосибирской, Челябинской, Курганской областей и Алтайского края, а также занял отдельные районы Томской и Кемеровской областей, Хакасии, Горного Алтая и Красноярского края (Слобожанина, 2002; Рябова, 2011; Павлюшин и др., 2009).

Помимо этого, с 2000 г. колорадский жук обитает в Приморском крае, где возник его непрерывно растущий очаг. К 2011 г. вредитель заселил уже 20 районов Приморского края общей площадью 4200 га. В Приморском крае колорадский жук в зависимости от погодных условий развивается в одном – двух поколениях. Основными факторами, влияющими на весеннюю активацию жуков, откладку яиц, сроки развития личинок и уход в диапаузу являются температура, осадки и развитие болезней кормовой культуры (Мацишина, 2012). В 2011 г. впервые отмечен факт проникновения вредителя в Амурскую область (Мацишина, 2012). По данным мониторинга ФГБУ “Россельхозцентр” в 2011 г. колорадский жук был впервые зарегистрирован в Хабаровском крае (Вредители и болезни картофеля, 2012).

Колорадский жук также успешно продвинулся и в южном направлении. К настоящему времени им заселены многие районы Закавказья и Средней Азии, включая Таджикистан, Казахстан, Киргизию и Туркмению (Слобожанина, 2002; Кахаров, 2008; Камахина, 2008; Айтматов, 2009). Причем в Киргизии в последнее время из-за жаркой погоды колорадский жук дает полных три поколения, тогда как раньше он успевал завершать здесь только два поколения (Айтматов, 2009).

До настоящего времени ареал вредителя окончательно не сформировался и продолжает расширяться, преимущественно в восточном и северо-восточном направлениях. Колорадский жук стремится занять свой климатический ареал, но и последний изменяется вследствие современных изменений климата.

OD-2-1-3n 12/9/14 6:21 PM Page 939

В работах (Попова, Семенов, 2013; Попова, 2014б) дана оценка наблюдаемых в последние десятилетия изменений климатических величин, которые определяют ареал и экологические свойства колорадского жука на территории России. Для этого с помощью имеющихся метеорологических данных (массив суточных гидрометеорологических данных ВНИИГМИ-МЦД, http://www.meteo.ru/, охватывающий период инструментальных наблюдений до 2010 г.) были рассчитаны и построены в виде картосхем климатические ареалы вредителя для ряда периодов времени.

В соответствии с классическими работами агроклиматолов, исследовавших требования колорадского жука к климату среды обитания, для описания его климатического ареала был выбран следующий климатический критерий – для того, чтобы точка географического пространства входила в ареал колорадского жука, в ней должно быть выполнено одновременно два условия:

– сумма эффективных температур воздуха (при нижнем пороге развития 11.5°С) должна быть не менее 360°С·сут; это количество тепла необходимо для развития хотя бы одной генерации вредителя (Злотников, 1967);

– среднегодовая температура воздуха в приповерхностном слое должна быть в пределах от 0 до 20°С (Trouvelot, 1936).

Расчетный климатический ареал колорадского жука был оценен для двух временных периодов: 1951–1970 гг. и 1991–2010 гг. (рис. 6.7.7). Эти оценки указывают на то, что произошло расширение границ климатического ареала колорадского жука в 1991–2010 гг. по сравнению с 1951–1970 гг. в северном и восточном направлениях (Попова, Семенов, 2013).

Наряду с расширением ареала, в последнее время в отдельных областях географического пространства наблюдается увеличение количест-

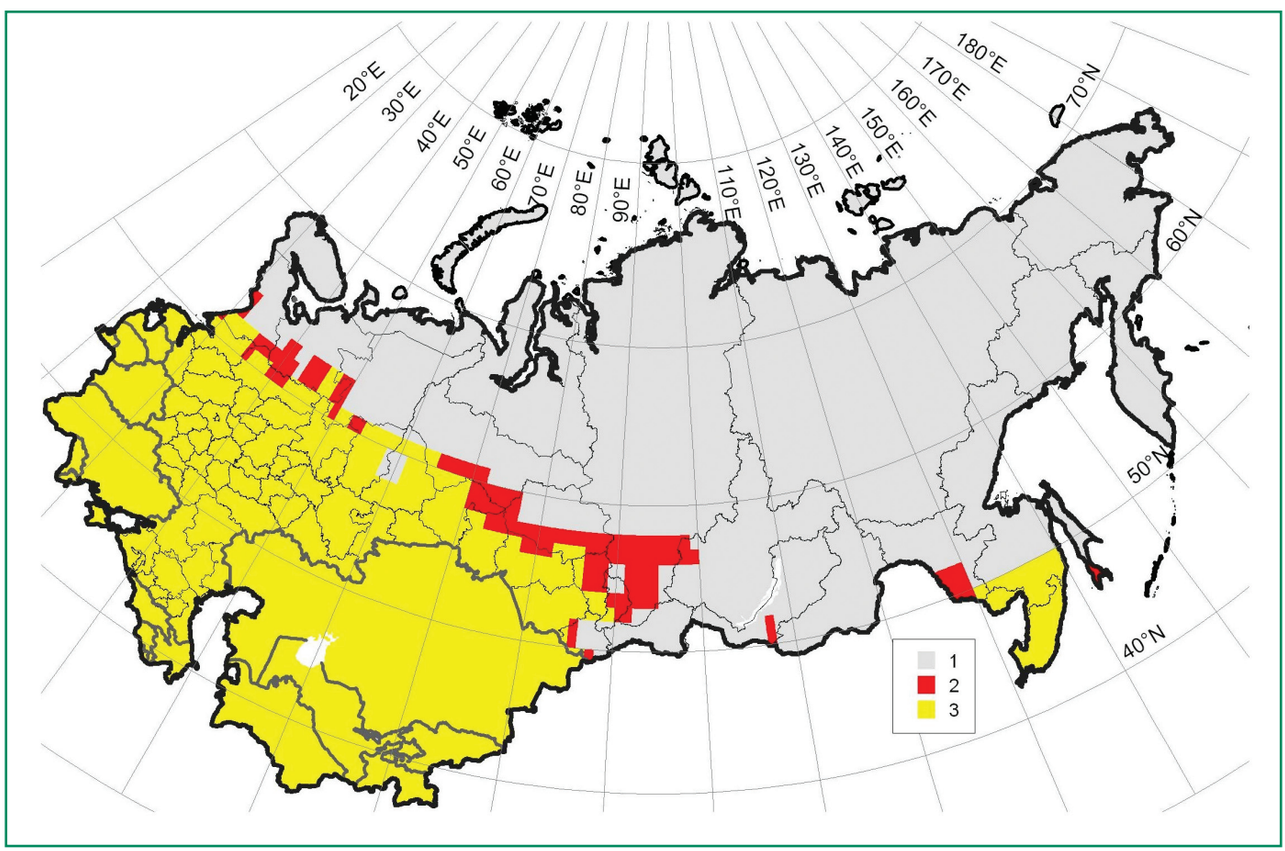


Рис. 6.7.7. Изменение климатического ареала колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say) на территории России и соседних стран в 1991–2010 гг. по сравнению с 1951–1970 гг. (Попова, Семенов, 2013): 1 – территория вне границ ареала в оба периода; 2 – территория приращения ареала; 3 – территория ареала в оба периода.

OD-2-1-3n 12/9/14 6:21 PM Page 940

ва сезонных генераций колорадского жука. Как показали модельные исследования (Попова, 2014б), выполненные с использованием критерия Злотникова (1967), это вызвано увеличением суммы эффективных температур воздуха с нижним порогом 11.5°С на этих территориях, что связано с общим потеплением климата в последние десятилетия. В основном, произошло расширение зоны с возможным развитием двух полных генераций колорадского жука в северном направлении и в южной части дальневосточного региона. Увеличение зоны с возможным завершением трех полных генераций было менее значительным (Попова, 2014б).

6.7.3.3.2. Влияние климатических факторов на возбудителей болезней сельскохозяйственных растений

Помимо вредителей сельскохозяйственных растений, которые непосредственно уничтожают урожай, питаясь на тех или иных культурах, существуют биологические организмы, которые проникают в ткани растений и вызывают у растений различные инфекционные заболевания. К этим организмам относятся многие представители вирусов, бактерий, грибов, оомицетов, а также фитопаразитические нематоды.

Болезнетворные организмы существенно зависят от растения-хозяина и в меньшей степени подвержены влиянию климатических условий. Это влияние в значительной мере опосредовано и связано с теми климатическими факторами, которые воздействуют на растение-хозяина. Однако распространение и, особенно, вредоносность отдельных возбудителей болезней растений также определяется климатическими условиями среды обитания, в первую очередь значениями температуры и влажности.

Один из таких представителей – **оомицет *Phytophthora infestans***, относящийся к классу Oomycetes. Это – один из самых распространенных и печально известный по историческим событиям (“великий картофельный голод” в Ирландии) патоген, вызывающий наиболее вредоносное заболевание картофеля и томатов – фитофтороз. При благоприятных погодных условиях он способен уничтожить урожай в течение 7–10 дней. При сильном поражении фитофторозом потери урожая картофеля могут достигать 70%, а потери томатов – 100%. Ежегодно в России от этого заболевания пропадает около 4 млн тонн клубней картофеля (Смирнов, 2010; Филиппов, 2005).

Фитофтороз широко распространен на территории бывшего СССР там, где выращиваются картофель и томаты. Однако вредоносность болезни различна в зависимости от климатических и почвенных условий (рис. 6.7.8а, б) (Попкова, 1972; Чумаков, Захарова, 1990, Захаренко, 2003; Спиглазова, Левитин, 2004; Хлопунова, 2004).

Степень развития фитофторы обусловлена целым рядом климатических факторов: температурой, влажностью воздуха и почвы, наличием дней с росой и их продолжительностью. Заражение растений возможно при относительной влажности воздуха более 75% и среднесуточной температуре воздуха 15–25°С. Развитие эпифитотий фитофтороза зависит в основном от влажности и температуры в течение различных стадий жизненного цикла оомицета. Особенно важно количество осадков, выпавших в июле–августе. Из различных исследуемых климатических критериев наибольший коэффициент корреляции отмечен между ГТК Селянинова и степенью развития болезни за июль–август ($r = 0.89 \pm 0.16$) (Дорожкин и др., 1976; Дорожкин, Бельская, 1979; Захарова, 1971, 1973; Попкова, 1972; Чумаков, Захарова, 1990, Захаренко, 2003).

Наблюдаемые в последние десятилетия на территории России изменения климата оказывают влияние, в основном, на изменение экологических особенностей и сроков развития *P. infestans*, а также на интенсивность развития данного патогена, преимущественно, в более северных районах. В южных регионах заболевание картофеля и томатов фитофторозом особенно актуально для Кавказа и Закавказья в условиях повышенного увлажнения субтропического климата, увеличившегося в последние десятилетия. В Средней Азии, напротив, жаркий и сухой климат, увеличение количества засух в последние годы привели к тому, что в этом регионе развитие патогена *P. infestans* практически не происходит (Айтматов, 2009).

OD-2-1-3n 12/9/14 6:22 PM Page 941

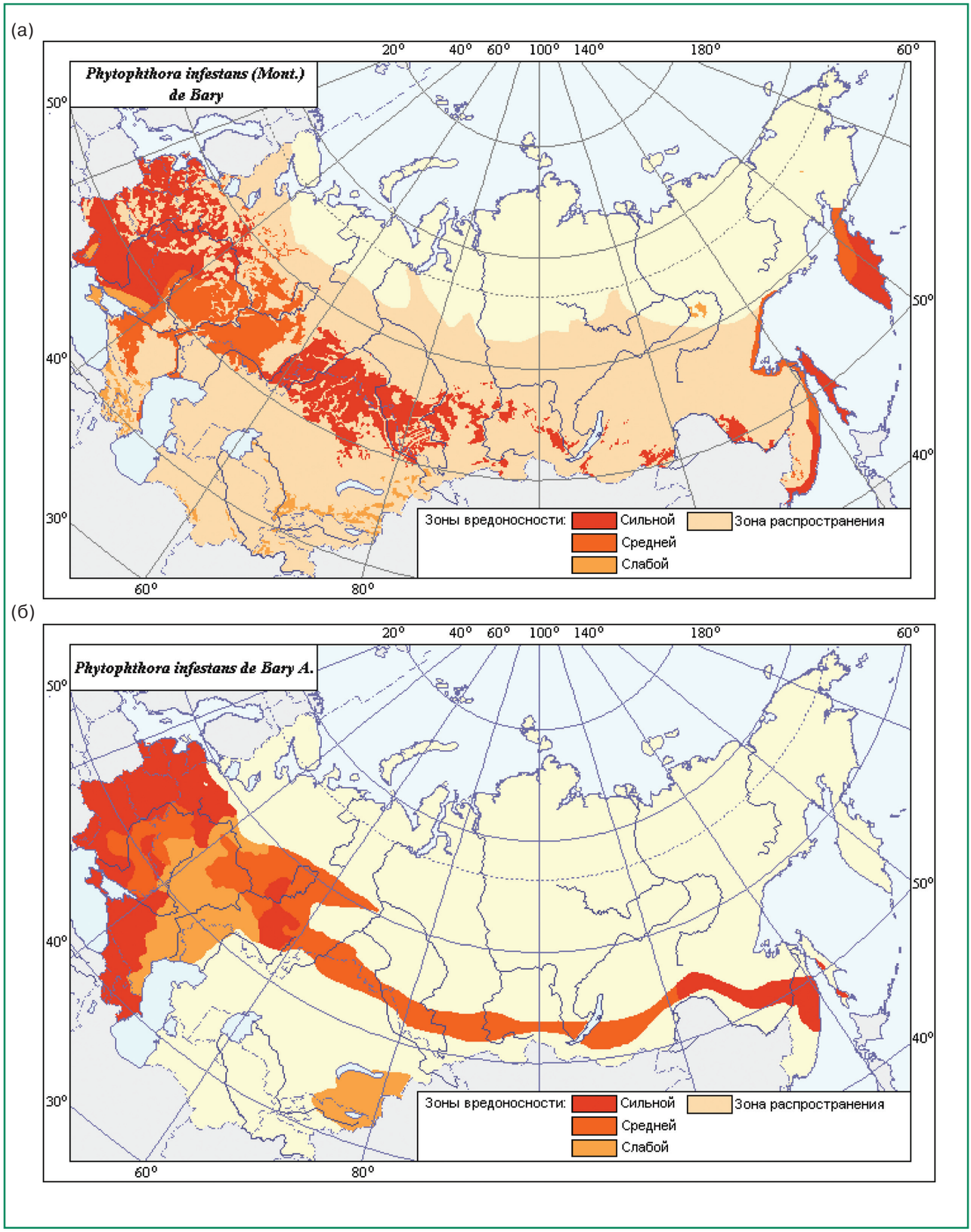


Рис. 6.7.8. Распространение и вредоносность фитофтороза (*Phytophthora infestans)* на территории России и соседних стран: а) картофеля (Спиглазова, Левитин, 2004) и б) томатов (Хлопунова, 2004).

OD-2-1-3n 12/9/14 6:22 PM Page 942

Общее потепление климата привело к удлинению вегетационного периода у растений в северо-западных районах ЕЧР на 2–3 недели. В связи с этим, быстрыми темпами стал увеличиваться ущерб, причиняемый картофелю возбудителем фитофтороза *P. infestans*. В первую очередь, это происходит за счет расширения зоны и продолжительности периода вредоносности болезни, так как из-за удлинения вегетационного периода увеличивается количество генераций возбудителя болезни и наблюдается существенное изменение популяций патогена в сторону нарастания их агрессивности (Coakley et al., 1999; Иванюк, Бусько, 2010). Также из-за повышения температуры воздуха в весенний период сроки посадки картофеля смещены на более ранние (2–3 декада апреля). При этом скороспелым сортам картофеля удается избежать заболевания фитофторозом. Однако среднеспелые, среднепоздние и поздние сорта, выращиваемые в северо-западных регионах, сильно страдают от фитофтороза (Иванюк, Бусько, 2010).

6.7.4. Последствия ожидаемых климатических изменений для сельского хозяйства

6.7.4.1. Оценка ожидаемых изменений продуктивности сельскохозяйственных культур

Влияние глобальных изменений климата на мировое сельское хозяйство оценивается в настоящее время главным образом по реакции урожайности важнейших продовольственных культур. В работе (Павлова, 2013) для оценки влияния климатических изменений на продуктивность региональных агроэкосистем используется имитационная система “климат–почва–урожай” (Сиротенко и др., 2007, 2011). Основу данной системы составляет динамическая модель, позволяющая имитировать с суточным шагом рост и развитие растений, а также процессы энерго- и массообмена в агроэкосистеме. Эта динамическая модель включает блок азотного питания для определения обеспеченности растений азотом. Решается соответствующая подсистема уравнений для расчета динамики минерального азота почвы путем моделирования процессов нитрификации, денитрификации, корневого поглощения и вымывания. При расчете скоростей минерализации и денитрификации наряду с другими используются данные о температуре почвы на глубине 0–20 и 0–80 см.

При оценке влияния изменений климата на продуктивность для этих расчетов в качестве входной климатической информации были использованы данные о будущем климате, полученные усреднением результатов моделирования с помощью 31-й глобальной климатической модели (Катцов, Говоркова, 2013). Далее эта группа моделей обозначается АН_31. Эти модели участвуют в международном проекте CMIP5 (CMIP5: Coupled Model Intercomparison Project – Phase 5; Diffenbaugh, Field, 2013), выполняемом в рамках Всемирной программы исследования климата – ВПИК (WCRP – World Climate Research Programme). Именно эти представления о климате будущего являются основой для оценок Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) в цикле подготовки Пятого оценочного доклада. В таблицах 6.7.6 и 6.7.7 приведены полученные оценки изменений продуктивности сельскохозяйственных культур (Павлова, 2013), рассчитанные для федеральных округов РФ для следующих временных срезов: 2011–2030 гг. (S2), 2028–2047 гг. – сценарий RCP8.5 и 2034–2053 гг. – сценарий RCP4.5 (S3), 2041–2060 гг. (S4), 2080–2099 гг. (S5). Оценки изменения продуктивности получены для двух типов климатов – для сценариев RCP4.5 и RCP8.5 антропогенного воздействия на климатическую систему.

Анализ результатов показал, что при изменениях климата в условиях сценария RCP4.5, биоклиматический потенциал (БКП) в первой трети текущего столетия увеличится на 8.2% по сравнению с современным уровнем, а к концу столетия – на 25.1% по земледельческой зоне на территории России (табл. 6.7.6). По отдельным федеральным округам оценки колеблются значительно: максимальный прирост БКП отмечается в северо-западных областях для всех временных срезов: S2, S3, S4, S5 (13.2–43.3%), минимальный – на юге зернового пояса России (Краснодарский, Ставропольский края, Ростовская область). По расчетам здесь до середины столетия (S3) будет наблюдать-

OD-2-1-3n 12/9/14 6:22 PM Page 943

Таблица 6.7.6. Изменение биоклиматического потенциала и продуктивности зерновых культур по федеральным округам России в XXI веке по отношению к уровню 1981–2000 гг. Оценки получены для среднего климата для группы моделей AH_31 в условиях сценария RCP4.5 (Павлова, 2013)

Федеральный округ	Изменение показателя, %							
	Биоклиматический потенциал				Продуктивность зерновых			
	Период времени							
	S2	S3	S4	S5	S2	S3	S4	S5
	Рост содержания CO_2, %							
	20	35	43	67	20	35	43	67
Северо-Западный	13.2	23.0	26.8	43.3	18.7	25.4	27.0	38.0
Центральный	8.8	15.6	18.7	28.7	9.4	11.9	13.8	18.3
Приволжский	10.5	13.0	15.8	24.6	3.1	0.3	1.8	4.5
Южный	–0.2	–1.1	1.0	5.8	–5.1	–5.3	–5.0	–1.2
Уральский	6.2	10.7	16.7	26.2	–2.7	–7.7	–6.3	–4.8
Сибирский	9.2	13.5	17.3	27.0	–0.8	–3.8	–1.8	1.2
Дальневосточный	8.6	12.9	15.5	27.9	13.0	17.0	19.6	30.8
Россия в целом	**8.2**	**12.3**	**15.6**	**25.1**	**3.6**	**3.0**	**4.4**	**8.5**

Таблица 6.7.7. Изменение биоклиматического потенциала и продуктивности зерновых культур по федеральным округам России в XXI веке по отношению к уровню 1981–2000 гг. Оценки получены для среднего климата для группы моделей AH_31 в условиях сценария RCP8.5 (Павлова, 2013)

Федеральный округ	Изменение показателя, %							
	Биоклиматический потенциал				Продуктивность зерновых			
	Период времени							
	S2	S3	S4	S5	S2	S3	S4	S5
	Рост содержания CO_2, %							
	28	39	51	80	28	39	51	80
Северо-Западный	13.4	22.3	26.1	21.4	15.9	21.9	20.4	14.2
Центральный	7.8	12.9	12.0	0.1	6.9	8.0	4.9	–9.5
Приволжский	9.8	11.4	10.6	–2.8	2.0	–1.0	–5.0	–25.6
Южный	–1.4	–3.4	–6.6	–14.1	–5.8	–8.3	–8.0	–10.3
Уральский	6.7	11.5	12.7	–2.7	–3.5	–7.1	–14.2	–37.9
Сибирский	8.8	14.4	13.0	1.1	–1.4	–3.7	–9.6	–27.3
Дальневосточный	8.9	11.7	10.4	2.7	11.7	16.2	16.0	3.4
Россия в целом	**7.7**	**11.1**	**10.5**	**–0.8**	**2.2**	**1.1**	**–2.4**	**–17.6**

ся тенденция к незначительному снижению уровня БКП (–1.1%), которая затем сменится положительной тенденцией (5.8% к 2099 г.).

При “жестком” сценарии RCP8.5 продуктивность зерновых культур снизится на 17.6% к концу столетия по сравнению с базовым периодом 1981–2000 гг. В то же время реакция БКП при реализации этого сценария незначительна – его уровень снизится примерно на 1% (табл. 6.7.7). К концу столетия при таком варианте глобального потепления максимального спада продуктивности зерновых культур следует ожидать в регионах с

OD-2-1-3n 12/9/14 6:22 PM Page 944

большим валовым сбором – ПФО (–25.6%), ЮФО (–10.3%), УФО (–37.9%) и СФО (–27.3%) (табл. 6.7.7).

К негативным последствиям потепления нужно отнести возможное снижение урожайности зерновых культур в Центрально-черноземных и степных районах земледельческой зоны из-за роста степени засушливости климата и ускорения наступления фазы созревания, вызванных повышением средней температуры вегетационного периода. В таблице 6.7.8 приведены оценки изменений урожайности зерновых культур по основным зерновым субъектам РФ – областям, краям, республикам. В условиях сценария RCP8.5 при расчете будущего климата, как с помощью группы моделей AN_31, так и с помощью модели GFDL CM3 (Donner et al., 2011), ожидаемая урожайность зерновых в XXI веке в среднем по России будет снижаться (табл. 6.7.8).

Отрицательный эффект влияния изменений климата на зерновое хозяйство России может быть перекрыт увеличением валовых сборов зерна на территории страны за счет мер адаптации – путем сокращения посевов зерновых в тех регионах, где ожидается уменьшение урожайности, и увеличением посевных площадей там, где ожидается ее рост.

На рисунках 6.7.9–6.7.12 представлены карты, иллюстрирующие пространственное распределение изменений продуктивности сельскохозяйственных культур на территории земледельческой зоны России в XXI веке, рассчитанных для двух сценариев антропогенного воздействия на климатическую систему Земли – RCP4.5 и RCP8.5 с помощью ансамбля моделей AH_31 и модели GFDL CM3.

Прогнозирование влияния дальнейших климатических изменений на сельскохозяйственную продукцию проводилось и другими авторами. Так, в работе (Tchebakova et al., 2011) рассматривается агроклиматический потенциал центральной Сибири в XXI в. Авторы делают вывод, что предстоящие изменения климата в 2020 и 2080 гг., рассчитанные с помощью модели HadCM3 с использованием сценариев антропогенных выбросов парниковых газов B1 и A2 (Special Report on Emission Scenarios, 2000), будут в целом благоприятны для большей части территории центральной Сибири (50 до 85% площади), и только уровень почвенного плодородия будет ограничивать продвижение сельского хозяйства на север. Будущие климатические ресурсы Сибири могут обеспечить потенциал для выращивания большого числа культур, которые в настоящее время не произрастают на этой территории (Tchebakova et al., 2011).

Таблица 6.7.8. Изменение урожайности зерновых культур (%) в основных зернопроизводящим субъектах РФ в XXI веке по отношению к уровню 1981–2000 гг, рассчитанное в условиях сценария RCP8.5 для среднего климата по группе моделей AH_31 и для климата, полученного с помощью модели GFDL CM3 (Павлова, 2013)

Субъект РФ	**Модельные средства для расчета климата**					
	AN_31			**GFDL CM3**		
	Период времени					
	S2	**S3**	**S5**	**S2**	**S3**	**S5**
Алтайский край	1	1	–27	–15	–25	–47
Оренбургская область	–2	–7	–40	–3	–24	–7
Ростовская область	–8	–13	–24	–10	–8	–12
Саратовская область	–8	–14	–36	–11	–15	–18
Омская область	–8	–12	–42	–26	–33	–5
Волгоградская область	–13	–20	–22	–11	–8	–1
Краснодарский край	–10	–20	–19	–10	–14	0
Ставропольский край	–8	–11	–21	–10	–15	–5
Республика Башкортостан	1	–3	–40	–10	–25	–29
Республика Татарстан	–3	–5	–37	0	–10	–24
Воронежская область	–4	–13	–39	–18	–17	–30
Среднее	**–6**	**–11**	**–31**	**–11**	**–18**	**–16**

OD-2-1-3n 12/9/14 6:22 PM Page 945

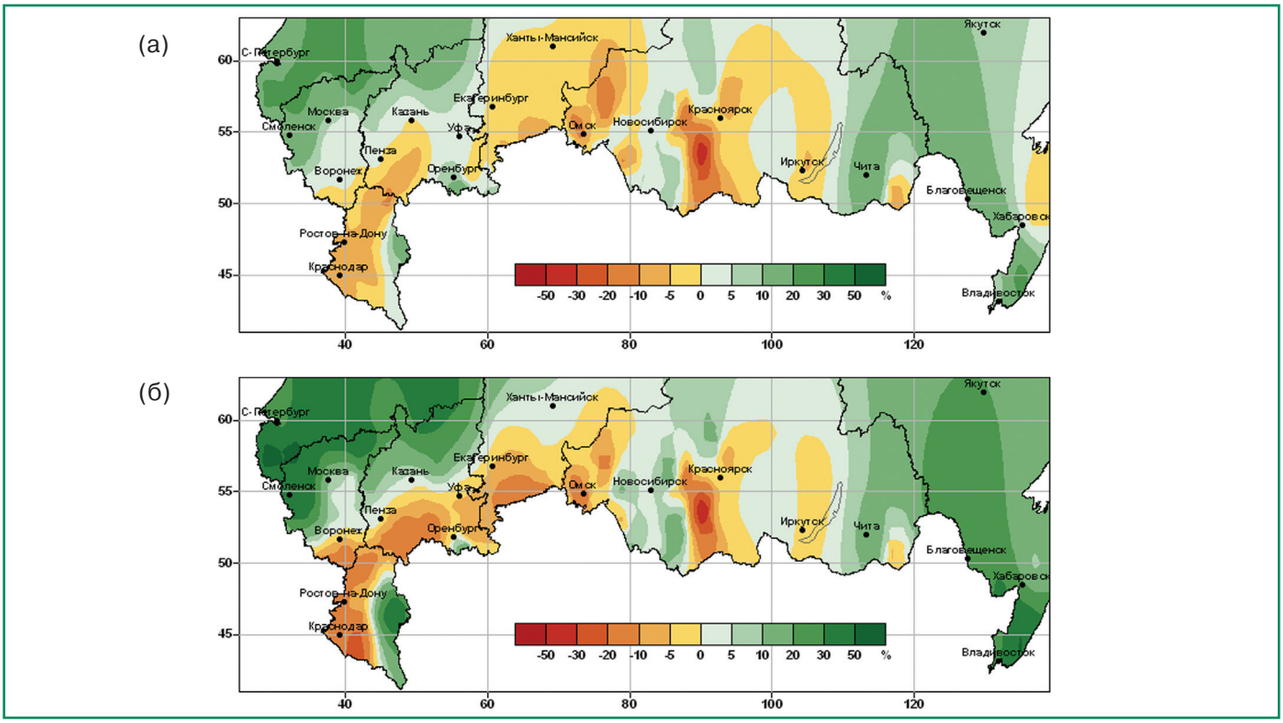


Рис. 6.7.9. Изменение продуктивности яровых зерновых культур (%) на территории земледельческой зоны России в XXI веке, рассчитанное для среднего климата для группы моделей AH_31 и сценария RCP4.5: а) 2011–2030 гг. и б) 2080–2099 гг. (Павлова, 2013).

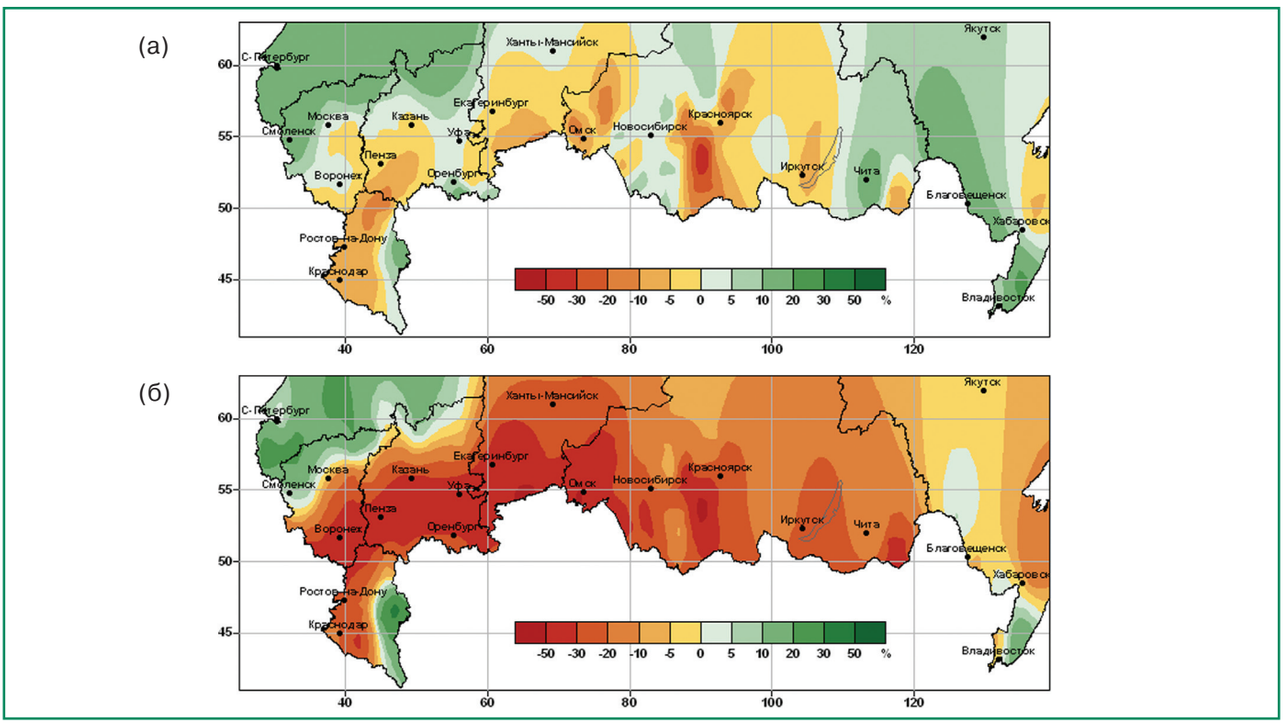


Рис. 6.7.10. Изменение продуктивности яровых зерновых культур (%) на территории земледельческой зоны России в XXI веке, рассчитанное для среднего климата для группы моделей AH_31 и сценария RCP8.5: а) 2011–2030 гг. и б) 2080–2099 гг. (Павлова, 2013).

OD-2-1-3n 12/9/14 6:22 PM Page 946

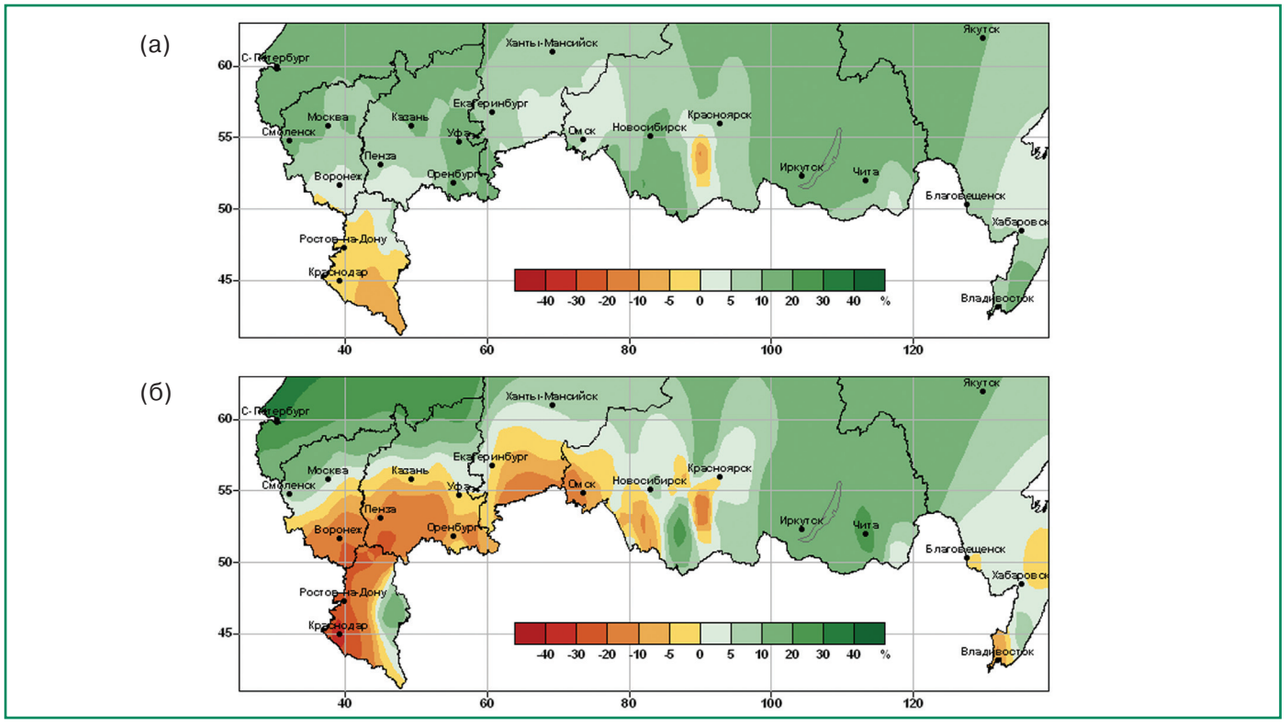


Рис. 6.7.11. Изменение биоклиматического потенциала культур (%) на территории земледельческой зоны России в XXI веке, рассчитанное для среднего климата для группы моделей AH_31 и сценария RCP8.5: а) 2011–2030 гг. и б) 2080–2099 гг. (Павлова, 2013).

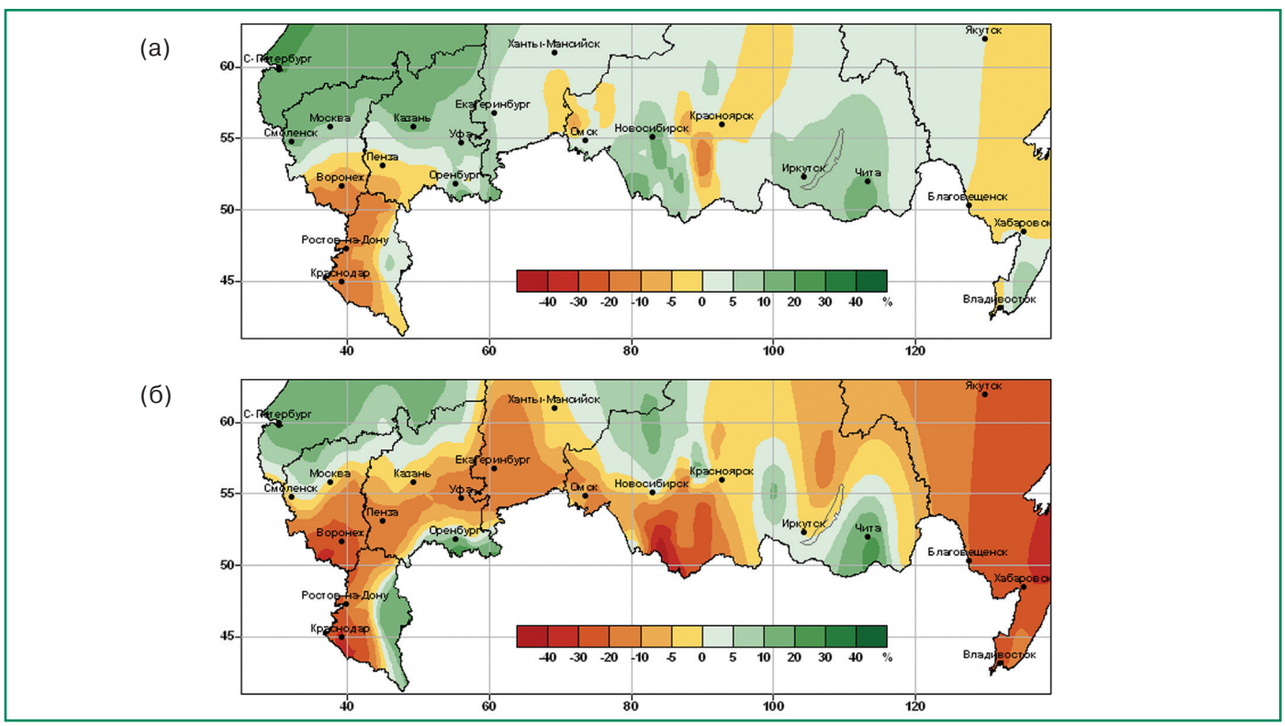


Рис. 6.7.12. Изменение биоклиматического потенциала культур (%) на территории земледельческой зоны России в XXI веке, рассчитанное с помощью модели GFDL CM3 для сценария RCP8.5: а) 2011–2030 гг. и б) 2080–2099 гг. (Павлова, 2013).

OD-2-1-3n 12/9/14 6:22 PM Page 947

6.7.4.2. Последствия ожидаемых изменений климата для вредителей и возбудителей болезней сельскохозяйственных растений

Возможное потепление климата в будущем приведет к дальнейшему расширению ареалов различных климатозависимых насекомых-вредителей сельскохозяйственных растений в северном, северо-восточном и восточном направлениях. Так, продолжающееся потепление климата может привести к укоренению и расширению ареала средиземноморской плодовой мухи на территории Ставропольского края, Республик Кабардино-Балкария, Карачаево-Черкессия, Северная Осетия (Алания), Дагестан, Ингушетия, Калмыкия, Адыгея, Чеченской Республики, а в дальнейшем и на территории Ростовской, Волгоградской и Астраханской областей (Быковский и др., 2006; Ясюкевич, Давидович, 2010). При потеплении климата можно ожидать расширения ареала клопа вредная черепашка на север и восток, а также соединения разорванных ныне частей его ареала, как показано на рис. 6.7.4 (Нейморовец и др., 2006; Павлюшин и др., 2010). Расширится ареал и других зависимых от теплообеспеченности насекомых-вредителей, в том числе калифорнийской щитовки, яблонной плодожорки, американской белой бабочки, различных видов вредных саранчовых.

Более детально изучено потенциальное расширение ареала колорадского жука в условиях возможного потепления климата. Эти оценки были проведены с использованием различных методов. Один из них – метод линейной экстраполяции, основанный на сравнении климатических изменений, произошедших за прошедшие периоды, и перенесении этих изменений на будущий период. Подобным образом в работе (Попова, Семенов, 2013) был рассчитан климатический ареал колорадского жука *L. decemlineata*, который может сформироваться на территории России и соседних стран в 2031–2050 годах при сохранении наблюдаемых тенденций изменения климата (рис.

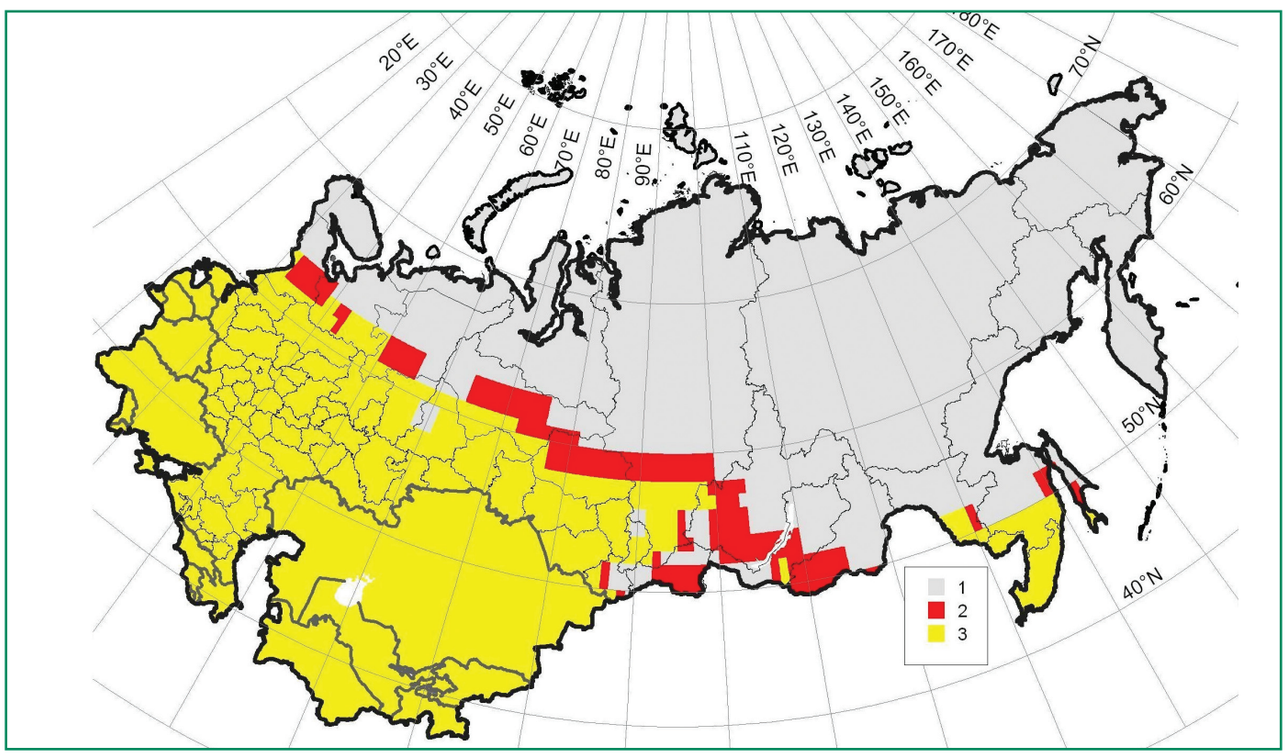


Рис. 6.7.13. Потенциальное изменение климатического ареала колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say) на территории России и соседних стран в 2031–2050 гг. по сравнению с 1991–2010 гг. при сохранении наблюдаемых тенденций изменения климата (Попова, Семенов, 2013): 1 – территория вне границ ареала в оба периода; 2 –территория приращения ареала; 3 – территория ареала в оба периода.

OD-2-1-3n 12/9/14 6:22 PM Page 948

6.7.13). Критерий для расчетного описания климатического ареала колорадского жука был приведен выше в данной главе при обсуждении последствий произошедших изменений климата.

По результатам этих расчетов, пригодные по климатическим показателям для устойчивого существования колорадского жука территории в России в дальнейшем будут продолжать расширяться в северном и, особенно, в восточном направлениях. Так, на севере климатический ареал *L. decemlineata* в 2031–2050 годах сможет достичь побережья Белого моря, а на востоке России он займет значительную часть Иркутской области, республик Бурятия и Тыва и Забайкальского края. Несколько расширится он и на территории республики Алтай, в Амурской области, в Хабаровском крае и на о-ве Сахалин.

Другой метод – расчет будущего климатического ареала вредителя в XXI веке для мультимодельного среднего климата в условиях различных сценариев антропогенного воздействия на климатическую систему Земли (Попова, Попов, 2013, 2015). С использованием таких данных о будущем климате, полученных с помощью группы моделей AH_31 в условиях двух сценариев – RCP4.5 и RCP8.5 – был построен ожидаемый климатический ареал колорадского жука для следующих временных срезов: S3 (соответствует переходу средней глобальной температуры через 2°C), S4 (2041–2060 гг.), S5 (2080–2099 гг.). Климатический ареал был также рассчитан для базового периода 1981–2000 гг. Данные по температуре для него, взятые из работы (Rienecker et al., 2011), были предоставлены ГГО им. А. И. Воейкова. Этот “базовый” климатический ареал колорадского жука сравнивался в дальнейшем с климатическими ареалами, полученными для будущего климата в условиях двух рассматриваемых сценариев RCP4.5 и RCP8.5.

Увеличение среднеглобальной температуры на 2°C по отношению к доиндустриальному уровню считается сейчас мировым сообществом нежелательным (современная “глобальная цель” – непревышение этого уровня глобального потепления). Увеличение среднеглобальной температуры на 2°C по отношению к доиндустриальному уровню соответствует увеличению температуры периода 1981–2000 гг. примерно на 1.5°C. В условиях сценария RCP4.5 такое превышение случится в 2034–2053 гг., а в условиях сценария RCP8.5 – в 2028–2047 гг. Рассчитанные для этих периодов климатические ареалы колорадского жука представлены на рис. 6.7.14а и рис. 6.7.14б соответственно.

Рисунки 6.7.15а и 6.7.15б отображают расчетные климатические ареалы колорадского жука, которые могут сформироваться в 2041–2060 гг. в условиях сценариев RCP4.5 и RCP8.5 соответственно.

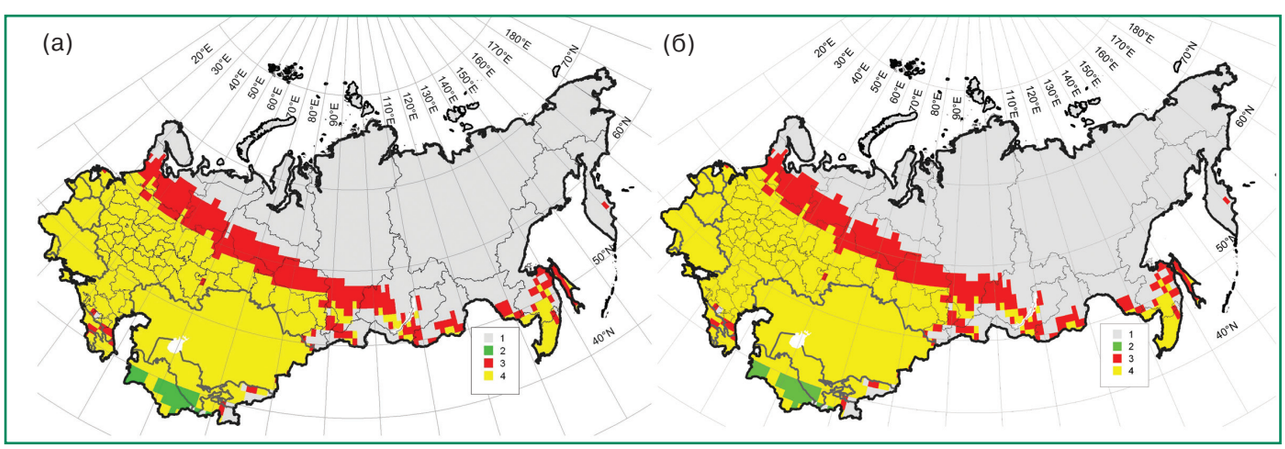


Рис. 6.7.14. Потенциальные изменения климатического ареала колорадского жука на территории России и соседних стран при увеличении среднегодовой температуры воздуха на 1.5°C по сравнению с базовым периодом 1981–2000 гг. Расчет проведен с использованием среднего климата по группе моделей AH_31 в условиях двух сценариев: RCP4.5 (а) и RCP8.5 (б) (Попова, Попов, 2015). 1 – территория вне границ климатического ареала вредителя до и после изменения температуры; 2 – территория сокращения ареала; 3 – территория приращения ареала; 4 – территории, входящие в ареал до и после изменения температуры.

OD-2-1-3n 12/9/14 6:22 PM Page 949

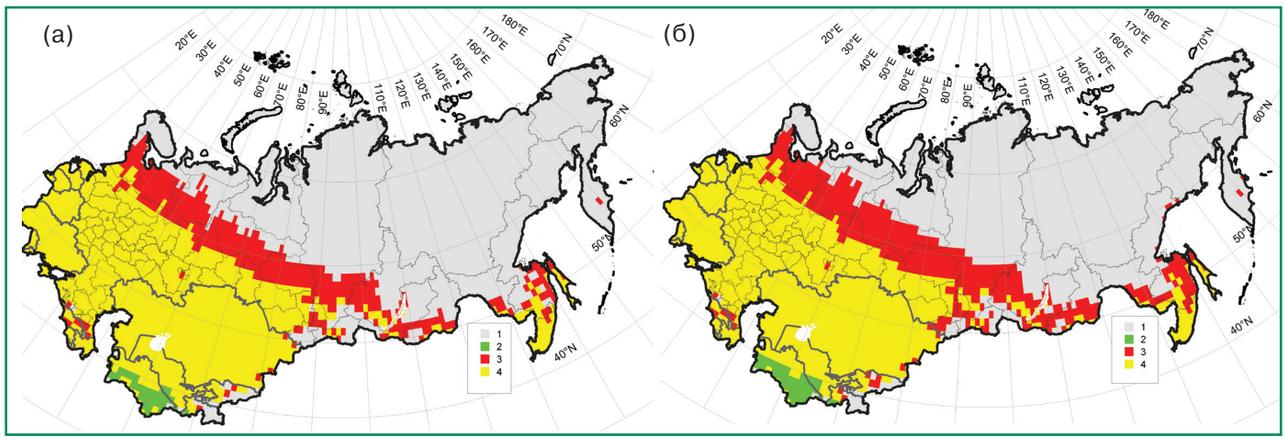


Рис. 6.7.15. Потенциальные изменения климатического ареала колорадского жука на территории России и соседних стран в 2041–2060 гг. относительно базового периода 1981–2000 гг. Расчет проведен с использованием среднего климата по группе моделей AH_31 в условиях двух сценариев: RCP4.5 (а) и RCP8.5 (б) (Попова, Попов, 2015). 1 – территория вне границ ареала в оба периода; 2 – территория сокращения ареала; 3 – территория приращения ареала; 4 – территория ареала в оба периода.

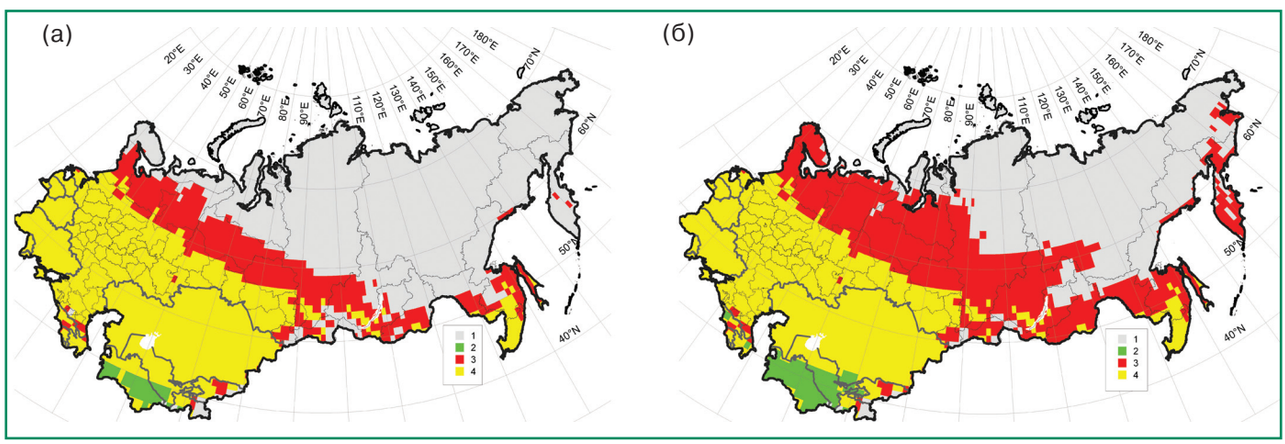


Рис. 6.7.16. Потенциальные изменения климатического ареала колорадского жука на территории России и соседних стран в 2080–2099 гг. относительно базового периода 1981–2000 гг. Расчет проведен с использованием среднего климата по группе моделей AH_31 в условиях двух сценариев: RCP4.5 (а) и RCP8.5 (б) (Попова, Попов, 2015). 1 – территория вне границ ареала в оба периода; 2 – территория сокращения ареала; 3 – территория приращения ареала; 4 – территория ареала в оба периода.

На рис. 6.7.16а и 6.7.16б показаны аналогичные расчетные данные для периода времени 2080–2099 гг. – последнего двадцатилетия XXI века.

На полученных картосхемах 6.7.14–6.7.16 видно, что и в условиях умеренного сценария RCP4.5, и в условиях экстремального сценария RCP8.5 климатический ареал колорадского жука будет непрерывно расширяться в северном, северо-восточном и восточном направлениях. При этом в южных регионах, преимущественно в Средней Азии, наблюдается его постепенное сокращение. Это связано с тем, что при дальнейшем потеплении климата среднегодовая температура воздуха превысит в этих районах значение 20°С, которое является верхним порогом, ограничивающим распространение *L. decemlineata* (Trouvelot, 1936). При экстремальном сценарии к концу века некоторое сокращение климатического ареала колорадского жука может произойти и в Закавказье.

Отметим, что увеличение средней глобальной температуры воздуха на 2°С по отношению к доиндустриальному уровню (или на 1.5°С по срав-

OD-2-1-3n 12/9/14 6:22 PM Page 950

нению с уровнем 1981–2000 гг.), вне зависимости от того, по какому сценарию будут развиваться климатические изменения в XXI веке, приведет к сходным результатам. На рис. 6.7.14а и 6.7.14б это хорошо видно, так как потенциальные ареалы колорадского жука, рассчитанные как для сценария RCP4.5, так и для сценария RCP8.5, за исключением нескольких небольших участков, довольно идентичны. Только по умеренному сценарию RCP4.5 это событие произойдет несколько позже, чем по экстремальному сценарию RCP8.5 (периоды 2034–2053 гг. и 2028–2047 гг. соответственно).

Потенциальные ареалы колорадского жука, построенные для различных сценариев антропогенного воздействия на климатическую систему и относящиеся к середине XXI века (период 2041–2060 гг.), уже в большей степени отличаются друг от друга (рис. 6.7.15а и б). В конце же XXI века (период 2080–2099 гг.) эти различия станут значительными (рис. 6.7.16а и б). При этом климатический ареал вредителя, рассчитанный по умеренному сценарию RCP4.5 для конца XXI века (рис. 6.7.16а), будет сходен с ареалом, рассчитанным по экстремальному сценарию RCP8.5 для середины XXI столетия – 2041–2060 гг. (рис. 6.7.15б).

Согласно этим расчетным данным, устойчивое существование популяций колорадского жука в конце XXI века в условиях умеренного сценария (и в середине XXI века – в условиях экстремального сценария) станет возможным вплоть до северных пределов республики Карелия, Ханты-Мансийского автономного округа, Томской и Архангельской областей. Ареал местами будет достигать северной границы республики Коми. Далее в восточном направлении колорадский жук сможет занять значительную часть Красноярского края на юге, дойти до центральных районов Иркутской области, республики Бурятия и Забайкальского края. На Дальнем Востоке он продолжит свое расселение к северу в Амурской области и Хабаровском крае, а также сможет поселиться на о-ве Сахалин. Если учесть, что уже в настоящее время ареал колорадского жука продвинулся на севере до центральных районов республик Карелия и Коми, Архангельской и Тюменской областей, что колорадский жук занял весь юг Красноярского края и достиг границ с Иркутской областью, а на Дальнем Востоке отмечено его проникновение в Амурскую область и Хабаровский край (Мацишина, 2012; Павлюшин и др., 2009; Попова, Семенов, 2013), то климатический ареал, соответствующий экстремальному сценарию антропогенного воздействия на климатическую систему, может оказаться вполне реалистичным.

Если же глобальное потепление будет дальше развиваться по экстремальному сценарию антропогенного воздействия на климатическую систему, то к концу XXI века колорадский жук сможет проникнуть во все северные районы ЕЧР вплоть до берегов Белого и Баренцева морей, существенно продвинуться на восток, заняв практически всю Тюменскую область, значительную часть Красноярского края и Иркутской области, а также большую часть республик Алтай и Бурятия, Забайкальского края, Амурской области, о-ва Сахалин и Камчатского края. Также благоприятными по своим климатическим условиям для колорадского жука станут отдельные районы Якутии и восточного побережья Чукотки (рис. 6.7.16б, Попова, Попов, 2015).

В настоящее время кормовая база не является препятствием к распространению колорадского жука на территории России, так как ареал возделывания картофеля шире ареала вредителя, особенно в северном, северо-восточном и восточном направлениях. К тому же колорадский жук способен питаться и на других пасленовых, в том числе дикорастущих. Ожидаемые в XXI веке изменения климата, связанные с повышением приземной температуры воздуха, приведут к тому, что увеличатся возможности выращивания картофельной культуры и в других местообитаниях, до сих пор не подходящих для этого из-за холодных климатических условий.

Подобные расчеты по тем же средним данным группы моделей AH_31 в условиях сценариев RCP4.5 и RCP8.5 были сделаны в работе (Ясюкевич и др., 2013) для создания потенциального климатического ареала американской белой бабочки в XXI веке. При этом также наблюдалось постепенное расширение ареала вредителя в последующие временные периоды к северу и востоку. Различия в границах ареала американской белой бабочки, построенного для разных сценариев, начинали проявляться после 2040-х годов XXI века,

OD-2-1-3n 12/9/14 6:22 PM Page 951

когда по экстремальному сценарию RCP8.5 скорость расширения этих границ увеличивалась по сравнению со сценарием RCP4.5.

В заключение этого раздела отметим, что в условиях дальнейшего потепления климата можно также ожидать усиления вредоносности отдельных видов вредителей и возбудителей болезней сельскохозяйственных растений за счет изменения их экологических особенностей. Во-первых, это наблюдаемая в настоящее время у отдельных представителей смена пищевых предпочтений, в результате которой они начинают использовать в пищу вместо дикорастущих растений сельскохозяйственные культуры (свекловичная блошка, серый кузнечик, скачок, отдельные виды нестадных саранчовых). Во-вторых, при повышении средних суточных температур воздуха, более ранних сроках начала вегетации и удлинении вегетационного периода в дальнейшем будет происходить уже зафиксированное ныне увеличение числа поколений, которое может воспроизвести вредитель или патоген за один сезон на данной территории (яблонная плодожорка, калифорнийская щитовка, колорадский жук, возбудитель фитофтороза оомицет *Phytophthora infestans*). В-третьих, у многих вредителей и возбудителей болезней сельскохозяйственных культур наблюдаются смещения сроков развития на более ранние (восточная плодожорка, саранчовые вредители, оомицет *P. infestans*). При дальнейшем потеплении эта тенденция сохранится, а, следовательно, увеличится и вред, причиняемый сельскохозяйственным растениям.

6.7.5. Адаптация сельского хозяйства к изменениям климата

В соответствии с Климатической Доктриной РФ упреждающая адаптация к последствиям изменений климата относится к числу приоритетов политики в области климата (Климатическая Доктрина…, 2009). Комплексная адаптивная интенсификация развития сельского хозяйства должна содействовать снижению потерь и использованию выгод, связанных с климатическими изменениями. Меры адаптации должны в максимальной степени учитывать как наблюдаемые тенденции, так и перспективные оценки будущего климата, а также ожидаемые последствия этих изменений для сельского хозяйства России.

Для европейских стран коэффициент использования климатических ресурсов изменяется от 33% для Франции до 45% для Англии. Для России этот коэффициент составляет в среднем всего 15%, изменяясь от 26% для территории Северного Кавказа до 10–15% – для Северо-Западного региона. Таким образом, нереализованный до настоящего времени адаптивный потенциал сельского хозяйства России превосходит аналогичный показатель для стран ЕС.

Актуальными остаются разработка и обоснование стратегии адаптивной интенсификации растениеводства (Жученко, 1990), ориентированной на устойчивый рост продуктивности, ресурсо-энергоэкономичность данной отрасли и природосохранность сельскохозяйственных и прилегающих к ним территорий. Для более полной реализации адаптивного потенциала высших растений необходимо использование и развитие современных методов селекции (индуцированного рекомбиногенеза, генной инженерии и др.), введение в сельскохозяйственное производство новых видов растений, конструирование высокопродуктивных и экологически устойчивых агрофитоценозов и агроэкосистем, использование современных методов повышения почвенного плодородия, включающих, в том числе, применение органических и минеральных удобрений и мелиорацию.

6.7.5.1. Растениеводство

Ниже представлены основные направления адаптации при производстве сельскохозяйственных культур в условиях изменения климата по отдельным федеральным округам (Оценка макроэкономических последствий…, 2011).

Северо-Западный ФО. Рост обеспеченности теплом и удлинение вегетационного периода существенно расширяют возможности для развития высокоинтенсивного сельскохозяйственного производства. Возможности увеличения продуктивности земледелия представляются значительными, учитывая, что уровень использования БКП региона составляет лишь 12%.

В результате увеличения кормовой базы и сокращения периода стойлового содержания скота

OD-2-1-3n 12/9/14 6:22 PM Page 952

улучшатся условия для животноводства. Повысится продуктивность сенокосов и пастбищ, в том числе за счет увеличения продолжительности безморозного периода.

Центральный ФО. На фоне положительных трендов урожайности всех зерновых и зернобобовых культур за период с 1975 по 2010 гг. в центрально-черноземных областях прослеживалась тенденция снижения коэффициента увлажнения в течение теплого периода года. В дальнейшем эта тенденция, по-видимому, может отрицательно сказаться на урожайности, прежде всего, яровых зерновых культур. Об этом же свидетельствует уменьшение ГТК, суммы осадков за летний период и максимальный для сельскохозяйственных районов России рост температуры воздуха в июле (более 1°С за 10 лет). Вместе с тем, улучшение условий увлажнения в осенний период и заметное уменьшение повторяемости лет с вымерзанием озимых культур смягчает отрицательные последствия роста засушливости климата для растениеводства.

Происходящий повсеместно рост теплообеспеченности сельскохозяйственных культур, а также увеличение продолжительности вегетационного периода являются положительными факторами развития сельского хозяйства региона. Наблюдаемое в ряде районов увеличение аридности не всегда снижает продуктивность аграрного производства за счет высокой исходной увлажненности территории. В целом, изменения агрометеорологических условий региона способствуют росту урожайности сельскохозяйственных культур, который в настоящее время составляет около 2% за десятилетие. Возможно увеличение площадей озимых культур, благодаря росту температуры самого холодного периода года.

Северо-Кавказский и Южный ФО. В данном регионе, играющем ведущую роль в производстве зерна в России (около 20% общего объема), наблюдается быстрый рост средней температуры самого холодного месяца года – января, что свидетельствует об уменьшении рисков вымерзания озимых зерновых культур. Уменьшение индекса сухости, наряду с ростом осадков осеннего периода, позволяет сделать благоприятную перспективную оценку роста урожайности озимых зерновых. За последние 30 лет рост урожайности озимой пшеницы в Краснодарском и Ставропольском краях превышал 10% за десятилетие при вдвое меньшей скорости роста урожайности яровых зерновых культур.

Темпы роста сумм активных температур (среднесуточных значений температуры, больших 10°С) превысили в ряде районов 150°С · сут/10 лет, что наряду с увеличением продолжительности вегетационного периода до 5–6 суток за 10 лет свидетельствует о возможности расширения посевов теплолюбивых культур. В связи с потеплением климата может быть поставлен вопрос о дальнейшем развитии в этом регионе зоны субтропического земледелия, возобновлении возделывания хлопчатника, расширении площадей посевов сои и сахарной свеклы.

Приволжский ФО. В последние десятилетия наблюдался рост теплообеспеченности сельскохозяйственных культур в Поволжье – самой засушливой территории России, на которую приходится 18% общенационального производства зерна. Следует отметить быстрый рост (15% за 10 лет) обусловленной изменениями климата урожайности озимой пшеницы на территории Саратовской области; рост урожайности в целом зерновых культур за последние 30 лет составил 7–8%. На территории Поволжья повсеместно наблюдается весьма быстрый рост зимних температур, в том числе в январе – до 1°С за десятилетие, что свидетельствует в целом о некотором улучшении условий зимовки сельскохозяйственных культур.

Уральский ФО. Показатели теплообеспеченности сельскохозяйственных культур за период 1976–2012 гг. росли быстрыми темпами на севере региона. Вместе с тем, на юге региона потепление климата практически не проявлялось. Как негативное явление, можно отметить понижение январских температур на части территории региона. Степень аридности территории, оцениваемая индексом сухости, заметно уменьшилась, а влагообеспеченность сельскохозяйственных культур увеличилась повсеместно за исключением достаточно увлажненных северных районов. Как и в большинстве регионов России, на Урале наблюдалось уменьшение степени континентальности климата. Климатообусловленный рост урожайности зерновых культур составил 1–1.5% за 10 лет. Изменения климатических условий благоприят-

OD-2-1-3n 12/9/14 6:22 PM Page 953

ствуют увеличению производства зерна яровых культур в регионе.

Сибирский ФО. Сумма активных температур, характеризующая теплообеспеченность растений, росла на территории региона со скоростью 50–100°С за 10 лет, хотя напряженность термического режима, связанная с июльской температурой, в некоторых районах уменьшалась. Наблюдается сравнительно быстрый рост продолжительности вегетационного периода, превышающий в отдельных районах 3 дня за 10 лет.

Потепление климата, которое в Западной Сибири не сопровождается ростом засушливости, создает благоприятные условия для развития сельского хозяйства и ведет к повышению его продуктивности за счет более широкого внедрения позднеспелых культур, сортов и гибридов. Потепление климата может способствовать укреплению кормовой базы животноводства за счет многоукосных трав и пожнивных посевов. Климатообусловленный рост урожайности яровых зерновых культур в Западной Сибири за последние десятилетия составил 6% за 10 лет, что свидетельствует о возможном значительном росте продуктивности зернового хозяйства региона за счет более эффективного использования почвенно-климатических ресурсов.

Дальневосточный ФО. Отмечаемый повсеместно рост теплообеспеченности сельскохозяйственных культур, а также увеличение продолжительности вегетационного периода являются положительным фактором развития сельского хозяйства региона. Наблюдаемое в ряде районов увеличение аридности не ведет к снижению продуктивности аграрного производства, благодаря высокой исходной увлажненности территории. Изменения агрометеорологических условий территории региона в целом способствуют росту урожайности сельскохозяйственных культур, который в настоящее время составляет около 2% за десятилетие. Возможно увеличение площадей озимых культур благодаря росту температуры самого холодного периода года.

Существует ряд априорных оценок реакции видов сельскохозяйственных растений из разных природных зон на изменения климата. Так, отмечается, что виды, распространенные в высоких широтах, а также параметры их вегетационного периода, будут наиболее чувствительными к изменениям климата. Виды растений умеренных широт будут реагировать на климатические воздействия изменениями в сроках начала событий вегетационного цикла, в то время как виды из низких широт – смещениями в пространстве, т. е. изменениями ареала (Pau et al, 2011). В этой же работе с целью адаптации зернового хозяйства к изменениям климата предлагается предпринять меры по совершенствованию инфраструктуры, включая развитие ирригации и повышение гибкости производства, страхование и поддержку государством в случае угроз для зернового производства и т. д.

6.7.5.2. Защита и карантин сельскохозяйственных растений

Наблюдаемые в последние десятилетия на территории России изменения климата связаны, в первую очередь, с увеличением температуры воздуха и с повышением рассчитанных на ее основе прикладных климатических индексов. Наиболее важные из них – сумма активных температур (сумма среднесуточных значений температуры выше определенного температурного порога, определяющего начало активной жизнедеятельности или стадии развития одного или нескольких биологических организмов) и сумма эффективных температур (сумма превышений среднесуточной температурой некоторого порогового значения t_0 – нижнего температурного порога развития организма). Изменение значений этих прикладных климатических индексов, наряду с изменением среднегодовых значений температуры, а также средних значений температуры наиболее теплого и холодного месяцев, приводят к тому, что границы местообитаний, пригодных для устойчивого существования видов вредителей и возбудителей болезней сельскохозяйственных растений на территории России, меняются. При потеплении это приводит, как правило, к расширению границ ареалов – у видов появляются возможности для заселения новых, ранее ими необжитых районов.

В этих условиях одной из основных задач сельскохозяйственного производства, направлен-

OD-2-1-3n 12/9/14 6:22 PM Page 954

ных на сохранение будущего урожая, должен стать усиленный фитосанитарный контроль у северных, северо-восточных и восточных границ современных ареалов и зон массового размножения опасных вредителей и возбудителей болезней сельскохозяйственных растений.

На территории Российской Федерации создана карантинная служба, осуществляющая комплекс государственных мероприятий, направленных на защиту растительных ресурсов страны и позволяющих предупредить проникновение и распространение опасных вредителей и возбудителей болезней сельскохозяйственных культур в новые регионы. В дальнейшем рекомендуется усилить ее действие в тех районах, где из-за наблюдаемого глобального потепления климата возможно появление или массовое распространение особо опасных сельскохозяйственных вредителей и патогенов.

Существует периодически обновляемый перечень карантинных объектов, куда входят отсутствующие или имеющие ограниченное распространение на территории РФ вредители и возбудители болезней сельскохозяйственных культур. В настоящий момент в него включены такие климатозависимые насекомые-вредители как американская белая бабочка, калифорнийская щитовка, восточная плодожорка (Перечень карантинных объектов, 2007).

Также в список внесена средиземноморская плодовая муха, которая, однако, входит в перечень отсутствующих на территории РФ вредителей, тогда как она уже обнаружена в Краснодарском крае (Быковский и др., 2006). Это указывает на необходимость более частого и тщательного обновления данного документа. При этом важно составлять перечни карантинных объектов не только для всей Российской Федерации в целом, но и для отдельных субъектов РФ, особенно для тех, которые находятся в пограничной зоне ареалов климатозависимых видов вредных организмов. Пока в этой работе в РФ есть и явные недоработки. Так, в последние годы такой злостный вредитель сельскохозяйственных растений как колорадский жук, способный уничтожить значительную часть урожая картофеля, из-за своего широкого распространения по территории России исключен из федерального списка карантинных объектов. Однако его следует включить в перечни карантинных объектов тех регионов РФ, которые расположены вдоль или на территории прохождения северных, северо-восточных и восточных границ ареала вредителя. Это – Республики Карелия, Коми, Архангельская область (СЗФО), Тюменская область (УФО), Красноярский край, Иркутская область, Республики Бурятия и Тыва, Забайкальский край (СФО), а также Амурская, Сахалинская области, Камчатский и Хабаровский края (ДФО). Подобные меры позволят предупредить появление колорадского жука в еще не занятых им регионах.

То же самое относится и к опасному представителю саранчовых – мароккской саранче, которая еще до недавнего времени присутствовала на территории РФ лишь в отдельных локальных местообитаниях Северного Кавказа (Республики Чечня и Дагестан) и не представляла реальной угрозы зерновому хозяйству России. Однако в последние годы стали происходить вспышки массового размножения этого вредителя, причем не только в привычных для него регионах, но и там, где он раньше никогда за историю наблюдений не был обнаружен – в отдельных районах Ставрополья и Калмыкии (Саранчовые вредители, 2012; Обзор фитосанитарного мониторинга…, 2013). Это связано с увеличением здесь числа жарких и засушливых лет, которое вызвано общим потеплением климата. Таким образом, мароккская саранча должна быть внесена в перечни карантинных объектов Северо-Кавказского, Южного и Приволжского Федеральных округов России для предотвращения ее проникновения в новые местообитания.

Расширение зоны вредоносности возможно и наблюдается и у других видов вредных саранчовых – итальянского пруса, азиатской саранчи и отдельных нестадных видов. Поэтому карантинные службы и службы защиты растений в приграничных с современными ареалами распространения этих вредителей регионах должны быть готовы к вспышкам массового размножения и на их территории (отдельные субъекты федерации Приволжского, Уральского, Центрального, Дальневосточного округов).

OD-2-1-3n 12/9/14 6:22 PM Page 955

Также в настоящее время выдвигаются мнения об исключении из перечня карантинных объектов такого вредителя как американская белая бабочка (Ижевский, 2002) и возбудителя глободероза картофеля – фитопаразитической нематоды *Globodera rostochiensis* из-за все увеличивающегося их распространения по территории России. Однако это решение может быть преждевременно, во всяком случае, при исключении из общероссийского федерального перечня карантинных объектов следует оставить эти и другие объекты в аналогичных перечнях отдельных субъектов федерации.

В районах повышенного риска вдоль северных, северо-восточных и восточных границ современных ареалов опасных сельскохозяйственных вредителей и патогенов из-за возможности расширения этих границ в результате улучшения климатических условий при потеплении климата местным станциям защиты растений необходимо заранее быть готовыми к принятию соответствующих мер по сохранению урожая и уничтожению вредных организмов. Важным мероприятием по защите сельскохозяйственных растений от вредителей и патогенов является правильный подбор сортов, устойчивых к тем или иным заболеваниям, что указывает на необходимость продолжения и расширения соответствующих селекционных работ. Так посадка скороспелых сортов картофеля поможет сохранить урожай от фитофтороза, ведутся работы по выведению сортов картофеля, не благоприятных для употребления их в пищу колорадским жуком. Важным направлением является обнаружение и внедрение в практику защиты растений элиситоров – веществ, повышающих иммунитет растений к различным биогенным заболеваниям.

Увеличение ущерба от вредителей и возбудителей болезней сельскохозяйственных культур при современном потеплении климата возможно и за счет изменения их экологического и фенологического поведения. Происходящие в настоящее время удлинение вегетационного периода, быстрое весеннее нарастание среднесуточных температур воздуха, смещение сроков вегетации на более ранние даты приводят к увеличению числа генераций, которое способны давать за теплый сезон различные представители климатозависимых вредных организмов на данной территории. Наблюдаемая смена пищевых предпочтений у отдельных представителей фитофагов, которые с дикорастущих видов растений переходят на питание сельскохозяйственными культурами, причиняет большой вред урожаю. Подобные явления указывают на необходимость тщательно изучать экологию и фенологию различных видов вредителей и возбудителей болезней сельскохозяйственных растений, в частности их размножение, развитие и способность выживать при различных значениях температуры и влажности. Важно также оценивать текущее и прогнозируемое изменение этих значений в различных сельскохозяйственных регионах России, особенно на границах современных ареалов основных климатозависимых сельскохозяйственных вредителей и патогенов. Для этого нужно на государственном уровне поддерживать и развивать различные научные центры и институты, как центральные, так и региональные, где происходят исследования в данных направлениях.

6.7.6. Заключение

Тенденция к росту урожайности зерновых и зернобобовых культур, озимой пшеницы и ярового ячменя на территории России, наблюдавшаяся в 1976–2012 гг., в определенной мере может быть объяснена улучшением климатических условий за этот период.

Расчеты показывают, что на большей части территории земледельческой зоны России наблюдаемые изменения климата за последние 36 лет обусловили рост урожайности озимой пшеницы от 1% на юге ЦФО до 17% на юге Поволжья. На территории ЮФО и УФО, в Сибири и на Дальнем Востоке, а также в СЗФО и на севере ЦФО изменение агрометеорологических условий привело к повышению урожайности зерновых и зернобобовых культур на 1–22%. На территории УФО и СФО (30% валового производства ячменя) рост климатически обусловленной урожайности ярового ячменя за 1975–2010 гг. составил 5–11% от среднего уровня за этот период. В то же время, на значительной части ЕЧР выявлена слабовыраженная тенденция к снижению урожайности ярового ячменя и зерновых и зер-

OD-2-1-3n 12/9/14 6:22 PM Page 956

нобобовых культур (1% за 10 лет), обусловленная изменениями климата.

Обобщенные оценки реакции урожайности сельскохозяйственных культур на возможные в будущем изменения климата и рост содержания CO_2 в атмосфере приведены в табл. 6.7.9. Эти оценки соответствуют следующим будущим климатам: средний климат для ансамбля AH_31; климат, рассчитанный по модели GFDL CM3; климат, соответствующий увеличению среднеглобальной температуры на 1.5°C по отношению к периоду 1981–2000 гг. (что соответствует +2°C по отношению к доиндустриальному уровню).

Данные табл. 6.7.9 показывают, что к середине XXI века глобальное потепление приведет к росту БКП территории России на 7.2–11.1% по сравнению с современным уровнем. К концу текущего столетия уровень БКП может снизиться на 6.6% по сравнению с современным уровнем. Заметим, что расчет значений БКП современной земледельческой зоны выполнялся при естественном увлажнении и современном уровне плодородия почв.

К концу столетия возможные потери продуктивности зерновых культур на территории России в результате глобального потепления (при учете положительного влияния обогащения атмосферы диоксидом углерода) могут составить до 17.6%. При расчетах с помощью модели GFDL CM3 выявляется отрицательный тренд продуктивности зерновых культур, при этом потери могут составить от 0.9% для периода 2011–2030 гг. до 16.4% для периода 2080–2099 гг.

Необходимо отметить, что все оценки получены для современного агротехнического уровня сельскохозяйственного производства без учета возможности его адаптации к наблюдаемым и ожидаемым изменениям климата. Как показывают исследования последних лет, потенциал адаптации мирового сельского хозяйства и, в частности, России к современному потеплению климата

Таблица 6.7.9. Изменение биоклиматического потенциала на территории России в XXI веке, рассчитанное для сценария RCP8.5 с помощью различных климатических моделей (Павлова, 2013)

Модели	**Изменение показателя, % от современного уровня**			
	Период			
	2011–2030 гг.	**2028–2047 гг.**	**2041–2060 гг.**	**2080–2099 гг.**
	Биоклиматический потенциал			
Средний климат для группы моделей AH_31 в условиях сценария RCP4.5	7.7	11.1	10.5	–0.8
Климат, соответствующий увеличению средней глобальной температуры 1981–2000 гг. на 1.5°C	–	8.5	–	–
Климат, рассчитанный моделью GFDL CM3 в условиях сценария RCP8.5	3.9	7.2	3.4	–6.6
	Продуктивность зерновых			
Средний климат для группы моделей AH_31 в условиях сценария RCP8.5	2.2	1.1	–2.4	–17.6
Климат, соответствующий увеличению средней глобальной температуры 1981–2000 гг. на 1.5°C	–	2.9	–	–
Климат, рассчитанный моделью GFDL CM3 в условиях сценария RCP8.5	–0.9	–4.5	–8.4	–16.4

OD-2-1-3n 12/9/14 6:22 PM Page 957

достаточно велик (Climate Change…, 2009; Акимов, 2013, Проблема адаптации…, 2012, Экономический анализ…, 2013).

Основой стратегии адаптивной интенсификации сельского хозяйства России в XXI веке должно стать:

– ускоренное развитие аграрного сектора экономики Нечерноземной зоны и, в первую очередь, Центрального, Северо-Западного и других регионов, где достаточная влагообеспеченность посевов гарантирует стабильную продуктивность растениеводства;

– оптимизация соотношения посевов озимых и яровых сельскохозяйственных культур с учетом изменений (благоприятных для посевов) условий осенне-зимнего периода;

– расширение посевных площадей более теплолюбивых и урожайных культур, обеспечивающих интенсификацию сельскохозяйственного производства (кукурузы, подсолнечника, сорго, сои и др.);

– расширение посевных площадей пожнивных (вторых) сельскохозяйственных культур для использования роста тепловых ресурсов;

– развитие орошаемого земледелия для повышения устойчивости сельскохозяйственного производства и утилизации дополнительных тепловых ресурсов;

– расширение зоны субтропического земледелия на юге России и ускорение развития таких отраслей сельского хозяйства как плодоводство, виноградарство, производство хлопка и риса, эффективность которых может существенно возрасти при ожидаемых изменениях климата;

– повышение эффективности животноводства за счет увеличения кормовой базы в результате роста биоклиматического потенциала и сокращения периода стойлового содержания скота при потеплении климата;

– всемерное развитие влагосберегающих технологий, подбор более устойчивых культур (сортов), создание страховых запасов продовольствия для снижения потерь от возможной аридизации климата и обеспечения продовольственной безопасности.

Полученные данные указывают на то, что наблюдаемые изменения в распространении, вспышках массового размножения, фенологии и экологии вредителей и возбудителей болезней сельскохозяйственных растений напрямую связаны с происходящими в последние десятилетия климатическими изменениями. В частности, смещение изолиний таких биоклиматических характеристик как сумма активных и сумма эффективных температур воздуха в северных, северо-восточных и восточных регионах России в условиях общего потепления климата приводит к смещению границ ареалов и зон массового размножения вредителей и возбудителей болезней сельскохозяйственных растений в ставшие более пригодными для их проживания части географического пространства. Также при потеплении климата наблюдается увеличение агрессивности и вредоносности отдельных представителей вредителей и возбудителей болезней сельскохозяйственных растений и изменение их экологических особенностей: смещение фаз развития на более ранние сроки, увеличение количества генераций за сезон на той же территории, смена пищевых предпочтений.

Следует отметить, что наблюдаемое увеличение температуры в южных регионах не способствует снижению численности вредителей и возбудителей болезней сельскохозяйственных растений и сокращению их ареалов на этих территориях, что теоретически было ожидаемо, поскольку высокие значения температуры ранее считались фактором, лимитирующим их распространение. Примерами могут служить вспышки массового размножения саранчовых и появление очагов размножения колорадского жука в Средней Азии (Попова, Попов, 2009; Кахаров, 2008; Камахина, 2008). Подобное приспособление к более теплым погодным условиям и колебаниям влажности наблюдается и у такого влаголюбивого и предпочитающего более прохладные климатические условия возбудителя болезней сельскохозяйственных растений как *Phitophthora infestans*.

Отдельные ученые указывают даже на появление новых подвидов вредителей, в частности, среднеазиатского подвида у колорадского жука (Фасулати, 2007; Удалов, Беньковская, 2011), или на образование новых рас, как у *P. infestans* (Иванюк, Бусько, 2010), способных переносить более

OD-2-1-3n 12/9/14 6:22 PM Page 958

жаркие и засушливые условия, чем это проявлялось ранее.

Существующие результаты расчетов будущих климатов с помощью глобальных климатических моделей показывают, что потепление на территории России в XXI веке, в основном, будет продолжаться (Climate Change 2007, 2007a, 2007b; Оценочный доклад…, 2008a; Катцов, Говоркова, 2013). Наибольшего потепления следует ожидать в Сибири и в северных регионах России. Туда, вслед за потеплением, произойдет расширение границ ареалов многих вредителей и возбудителей болезней сельскохозяйственных растений. Этому будет также способствовать ожидаемое существенное увеличение средней температуры воздуха за холодный сезон в Сибири и на Севере, повышение годовых среднесуточных минимумов температуры приземного воздуха, сокращение районов с многолетней мерзлотой и увеличение снежного покрова в Западной и Восточной Сибири, что сделает внутрипочвенные температурные условия более благоприятными для зимующих особей, находящихся на различных стадиях развития (Оценочный доклад…, 2008a; Доклад об особенностях климата…, 2011).

Массовому размножению саранчовых на юге России будет также благоприятствовать ожидаемое там увеличение интенсивности и количества засух.

Таким образом, прогнозируемое изменение климата в XXI веке будет способствовать дальнейшему расширению границ ареалов и зон массового размножения различных вредителей и возбудителей болезней сельскохозяйственных растений, а также усилению их агрессивности и вредоносности. Подобная ситуация должна быть учтена как федеральной, так и региональными службами карантина и защиты растений в перспективных планах своей работы. Целесообразно обратить особое внимание на усиление научно-исследовательской работы в области изучения влияния изменения климата на продуктивность сельского хозяйства и естественных врагов сельскохозяйственных растений и животных, поскольку многие вопросы в этой области еще остаются недостаточно проработанными.

6.7.7. Литература

Айтматов М., 2009. Проведение мониторинга на картофельных полях в Иссык-кульской области Кыргызстана, Новости ЦАЗ, № 42, с. 13.

Акимов А. В., 2013. Продовольственная безопасность – новый фактор международных отношений, Международная жизнь, №5, с. 87–100.

Американская белая бабочка, 1980. Защита растений, № 1, с. 36–40.

Бей-Биенко Г. Я., Мищенко Л. Л. 1951. Саранчовые фауны СССР и сопредельных стран. Определители по фауне СССР, № 38, ч. I, II. М.–Л., АН СССР, 668 с.

Биоклиматический потенциал России: продуктивность и рациональное размещение сельскохозяйственных культур в условиях изменения климата, 2012. А. В. Гордеев, В. И. Кирюшин, (ред.), М., Россельхозакадемия, 202 с.

Бондарев Л. Г., 2003. Саранча в Европе, Вестник МГУ, сер. 5, № 1, с. 67–70.

Бондаренко Н. В., Поспелов С. М., Персов М. П., 1983. Общая и сельскохозяйственная энтомология. М., Колос, 416 с.

Будыко М. И., 1948. Испарение в естественных условиях. Л.: Гидрометеоиздат. 136 с.

Булыгинская М. А., Шамшев И. В., 1999. Сем. Arctiidae. Насекомые и клещи – вредители сельскохозяйственных культур. В. И. Кузнецов (ред.), т. 3, ч. 2. Чешуекрылые. СПб., Наука, с. 320–331.

Быковский А. В., Анисимов А. И., Мордкович Я. Б., 2006. Анализ вероятности распространения средиземноморской плодовой мухи на территории Российской Федерации по климатическим аналогам. В кн.: Проблемы энтомологии Северо-Кавказского региона. Материалы 1-й Всероссийской научно-практической Интернет-конференции, Ставрополь, АГРУС, с. 84–91.

Васильев В. П., Лившиц И. З., 1984. Вредители плодовых культур. М., Колос, 399 с.

Вилкова Н. А., Сухорученко Г. И., Фасулати С. Р., Нефедова Л. И. 2004. Фенотипическая структура популяций вредной черепашки в ареале вида и особенности ее адаптивной изменчивости под влиянием антропогенных факторов. В кн.: Химический метод защиты растений.

OD-2-1-3n 12/9/14 6:22 PM Page 959

Состояние и перспективы повышения экологической безопасности, СПб., ВИЗР, с. 45–48.

Вредители и болезни картофеля, 2012. Фитосанитарный мониторинг. Защита растений. Официальный сайт ФГБУ "Россельхознадзор", www.rosselhoscenter.ru/index.../380-vrediteli-i-bolezni-kartofelya

Гамзаев И. М., 2008. Экология и меры борьбы с калифорнийской щитовкой *Quadrapidiotus perniciosus* Comst. в плодовых насаждениях Дагестана. Автореф. дис. канд. биол. наук, Махачкала, 124 с.

Гаппаров Ф. А., Лачинский А. В., Сергеев М. Г., 2008. Вспышка мароккской саранчи в Центральной Азии, Защита и карантин растений, № 3, с. 22–24.

Глобальные изменения климата и прогноз изменений рисков в сельском хозяйстве, 2009. А. Л. Иванов, В. И. Кирюшин (ред.), М., Россельхозакадемия, 517 с.

Гриньков А. С., Идрисхаджаев Р. А., 1994. Саранча в наступлении, мы в обороне, Степные просторы, № 5, с. 16–17.

Гричанов И. Я., 1997. Интегральный критерий фитосанитарной оценки сельскохозяйственных территорий, Сборник научных трудов СПГАУ, СПб, СПГАУ, с. 95–100.

Гричанов И. Я., 2008. Вредители селькохозяйственных культур. *Dociostaurus maroccanus* (Thnb.) – Мароккская саранча. В: Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения, А. Н. Афонин, С. Л. Грин, Н. И. Дзюбенко, А. Н. Фролов (ред.), http://www.agroatlas.ru.

Гричанов И. Я., Овсянникова Е. И., 2003. Вредители селькохозяйственных культур. *Hyphantria cunea* Drury – Американская белая бабочка. В: Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения, А. Н. Афонин, С. Л. Грин, Н. И. Дзюбенко, А. Н. Фролов, (ред.), http://www.agroatlas.ru.

Груза Г. В., Ранькова Э. Я., 2012. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха. Обнинск., ФГБУ "ВНИИГМИ-МЦД", 196 с.

Давидьян Г. Э., 2008. *Quadraspidiotus perniciosus* (Comst.) – Калифорнийская (вредная) щитовка. В: Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения, А. Н. Афонин, С. Л. Грин, Н. И. Дзюбенко, А. Н. Фролов, (ред.), http://www.agroatlas.ru

Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации на 2010 год, 2011. М., Росгидромет, 66 с.

Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2012 год. 2013. М., Росгидромет, 86 с., http://www.meteorf.ru

Долженко В. И., 2003. Вредные саранчовые: биология, средства и технология борьбы. СПб, ВИЗР, 216 с.

Долженко В. И., 2011. Фитосанитарная обстановка по саранчовым вредителям и луговому мотыльку по состоянию на июнь 2011 года. Фитосанитарный мониторинг 2011, сайт РАСХН, отдел защиты растений, greenport.ru/fitosanitarnyij-monitoring.html.

Дорожкин Н. А., Ремнева З. И., Бельская С. И., Псарева В. В., 1976. Фитофтороз картофеля и томатов, Минск, Ураджай, 224 с.

Дорожкин Н. А., Бельская С. И., 1979. Болезни картофеля. Минск, Наука и техника, 246 с.

Жученко А. А., 1990. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). Кишенев, "ШТИИНЦА", 431 с.

Захаренко В. А., 2003. Тенденции изменения комплексов, видового разнообразия, внутрипопуляционных структур и динамики вредных организмов. М., РАСХН, 31 с.

Захаренко В. А., 2006. Рекомендации по предотвращению рисков чрезвычайных ситуаций биогенного характера, вызываемых вредными организмами. М., РАСХН, 110 с.

Захарова Т. И., 1971. Вредоносность фитофтороза при поражении ботвы картофеля, Микология и фитопатология, т. 1, вып. 5.

Захарова Т. И., 1973. Фитофтороз картофеля и помидоров. В: Распространение болезней сельскохозяйственных культур в СССР в 1968–1972 гг. А. Е. Чумаков (ред.), ВАСХНИЛ, ВИЗР, Л., с. 54–60.

Злотников М. Д., 1967. Возможный ареал распространения и сроки развития колорадского

OD-2-1-3n 12/9/14 6:22 PM Page 960

жука в Европейской части СССР, Труды Всесоюзного научно-исследовательского ин-та защиты растений, вып. 27, с. 68–74.

Иванюк В. Т., Бусько И. М., 2010. Система мероприятий по защите картофеля от фитофтороза в условиях Белоруссии, Главный агроном, № 10, Сельхозиздат.

Игнатова Е. А., 2009. Восточная плодожорка в субтропиках РФ. В кн.: Труды Ставропольского отделения Русского Энтомологического общества. вып. 5. Материалы II международной научно-практической Интернет-конференции "Актуальные вопросы энтомологии". Ставрополь, 1 марта 2009 г., Ставрополь, АГРУС, с. 212–216.

Ижевский С. С., 2002. О возможности вывода американской белой бабочки *Hyphantria cunea* Drury (Lepidoptera: Arctiidae) из числа карантинных объектов. Защита и карантин растений, № 12, с. 14–17.

Камахина Г. Л., 2008. Ключевые инвазии чужеродных видов флоры и фауны Туркменистана, Проблемы освоения пустынь, № 4, Ашхабад, с. 34–38.

Катцов В. М., Говоркова В. А., 2013. Ожидаемые изменения приземной температуры воздуха, осадков и годового стока на территории России в 21-м веке: результаты расчетов с помощью глобальных климатических моделей (CMIP5), Труды Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова, вып. 569, с. 76–98.

Кахаров К. Х., 2008. Биологические особенности колорадского жука (Leptinotarsa decemlineata, Say) и меры борьбы с ним в условиях Таджикистана. Автореф. дис. д. с.-х. наук, СПб, 39 с.

Клещенко А. Д., 2013. Агрометеорологическое и агроклиматическое обеспечение аграрного сектора экономики, Труды ФГБУ "ВНИИСХМ", вып. 38. с. 8–20.

Климатическая доктрина Российской Федерации, 2009. http://meteoinfo.ru/climatedoctrine.

Коваль А. Г., Гусева О. Г., 2008. Изменение комплекса насекомых-фитофагов как следствие изменения климата, Защита и карантин растений. № 1, с. 42–43.

Колорадский картофельный жук *Leptinotarsa decemlineata* Say, 1981. Р. С. Ушатинская (ред.), М., Наука, 337 с.

Конюкова Л. Г., 1972. Длительность периода с температурой выше 10 гр. Агроклиматический атлас мира Гольцберг И. Я. (ред.), М.–Л., Гидрометиздат, с. 62.

Лачининский А. В., Сергеев М. Г., Чильдебаев М. К. и др., 2002. Саранчовые Казахстана, Средней Азии и сопредельных территорий, Международная ассоциация прикладной акридологии и университет Вайоминга, Ларами, 387 с.

Мацишина Н. В., 2012. Особенности биологии и экологии колорадского жука **Leptinotarsa decemlineata** (Say, 1824) (Coleoptera, Chrysomelidae) в Приморском крае. Автореф. дис….канд. биол. наук, Владивосток, 19 с.

Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологический систем, 2012. С. М. Семенов (ред.), М., Росгидромет, 508 с.

Нейморовец В. В., Гричанов И. Я., Овсянникова Е. И., Саулич М. И. 2006. Ареал и зоны вредоносности вредной черепашки *Eurygaster integriceps* Puton (Heteroptera, Scutelleridae), Вестник защиты растений, № 4, с. 27–31.

Никитенко Ю. В., 2004. Совершенствование системы мер борьбы с вредными саранчовыми (Orthoptera, Acridoidea) в условиях Ставропольского края. Автореф. дис. канд. биол. наук, Ставрополь, 185 с.

Обзор фитосанитарного состояния посевов сельскохозяйственных культур в Российской Федерации в 2012 году и прогноз развития вредных объектов в 2013 году. 2013. Д. Н. Говоров, А. В. Живых (ред.), М., 501 с.

Овсянникова Е. И., Гричанов И. Я., 2002. Развитие яблонной плодожорки в условиях потепления климата в Европейской части России, Вестник защиты растений, № 3, с. 20–28.

Овсянникова Е. И., Гричанов И. Я., 2004. Вредители сельскохозяйственных культур. *Cydia pomonella* L. – Яблонная плодожорка. В: Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения. А. Н. Афонин, С. Л. Грин, Н. И. Дзюбенко, А. Н. Фролов (ред.) http://www.agroatlas.ru.

Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской

OD-2-1-3n 12/9/14 6:22 PM Page 961

Федерации на период до 2030 года и дальнейшую перспективу, 2011. В. М. Катцов, Б. Н. Порфирьев (ред.), Росгидромет, М., 450 с.

Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. 2008а. т. I. Изменения климата. М., Росгидромет, 227 с.

Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. 2008б. т. II. Последствия изменений климата. М., Росгидромет, 288 с.

Павлова В. Н., 2010. Анализ и оценка влияния климатических условий последних десятилетий на урожайность зерновых культур в земледельческой зоне России, в сб. Проблемы экологического мониторинга и продуктивности экосистем, т. XXIII, с. 215–230.

Павлова В. Н., 2013. Агроклиматические ресурсы и продуктивность сельского хозяйства России при реализации новых климатических сценариев в XXI-ом веке, Труды ГГО, вып. 569, с. 20–37.

Павлова В. Н., Сиротенко О. Д., 2012. Наблюдаемые изменения климата и динамика продуктивности сельского хозяйства России, Труды главной геофизической обсерватории, СПб, вып. 565, с. 132–151.

Павлючук М. В., Демкин В. И., Яшина Н. В., 2000. Вредоносность клопа вредная черепашка (*Eurygaster integriceps* Put.) в зависимости от биоэкологических зон ареала ее распространения в Ставропольском крае. В кн.: Защита и карантин растений, сборник научных трудов, Ставрополь, с. 19–23.

Павлюшин В. А., Сухорученко Г. И., Фасулати С. Р., Вилкова Н. А., 2009. Колорадский жук: распространение, экологическая пластичность, вредоносность, методы контроля, Приложение к журналу: Защита и карантин растений, № 3, 32 с.

Павлюшин В. А., Вилкова Н. А., Сухорученко Г. И., Нефедова Л. И., 2010. Вредная черепашка: распространение, вредоносность. Методы контроля, Приложение к журналу: Защита и карантин растений, № 1, 32 с.

Перечень карантинных объектов (вредителей растений, возбудителей болезней растений и растений (сорняков)), 2007. Приложение к Приказу Министерства сельского хозяйства от 26 декабря 2007 года № 67, 5 с.

Попкова К. В., 1972. Фитофтора картофеля. М., Колос, 175 с.

Попова А. И., 1962. Калифорнийская щитовка, М.–Л., Сельхозиздат, 77 с.

Попова Е. Н., 2011. Изменение биоклиматических показателей на территории России в последние десятилетия. В кн.: Девятое сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу. Материалы рос. конф. 3–6 октября 2011 г., Томск, изд-во Аграф-Пресс, с. 64–66.

Попова Е. Н., 2014а. Возрастание саранчовой угрозы вслед за потеплением климата в России: расчетные оценки, Агро XXI, № 7–9, с. 12–15.

Попова Е. Н., 2014б. Влияние климатических изменений на расширение ареала и фенологию колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata*, Chrysomelidae, Coleoptera) на территории России, Зоологический журнал, т. 93, № 4, с. 537–548.

Попова Е. Н., Попов И. О., 2009. Вредные саранчовые на юге России и климатические факторы, влияющие на их размножение и распространение. В кн.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, т. XXII, М., ИГКЭ, с. 124–146.

Попова Е. Н., Попов И. О., 2013. Климатические факторы, определяющие границы ареалов вредителей и возбудителей болезней сельскохозяйственных растений, и расчетные методы оценки изменения ареалов при изменении климата. В кн.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, т. 25, М., ИГКЭ, с. 175–204.

Попова Е. Н., Попов И. О., 2015. Потенциальные изменения климатического ареала колорадского жука на территории России и соседних стран при различных сценариях антропогенного воздействия на климат, Изв. РАН, сер. географ., № 2, (в печати).

Попова Е. Н., Семенов С. М., 2013. Современные и ожидаемые изменения границ климатического ареала колорадского жука в России и соседних странах, Метеорология и гидрология, № 7, с. 103–110.

OD-2-1-3n 12/9/14 6:22 PM Page 962

Проблема адаптации. Научно-исследовательский отчет OXFAM, октябрь 2012. www.oxfam. org.

Растянников В. Г., Дерюгина И. В., 2009. Урожайность хлебов в России, 1795–2007, М., ИВ РАН, 191 с.

Рябова Н. В., 2011. Влияние экологических факторов на структуру и динамику численности популяции колорадского жука в условиях Кемеровской области. Диссерт. канд. биол. наук, Кемерово, 185 с.

Саранчовые вредители, 2012. Фитосанитарный мониторинг, Защита растений. Официальный сайт ФГБУ "Россельхознадзор", www.rosselhoscenter.ru/index.php/.../231-saranchovye-vrediteli

Селянинов Г. Т., 1928. О сельскохозяйственной оценке климата, Труды по с.-х. метеорологии, вып. 20, с. 169–178.

Сергеев М. Г., 2007. Итальянская саранча на юго-востоке Западной Сибири: вероятно нарастание численности, Защита и карантин растений, № 10, с. 38–39.

Сергеев М. Г., 2010. Вредные саранчовые России и сопредельных регионов: прошлое, настоящее, будущее, Защита и карантин растений, № 1, с. 18–22.

Сергеев М. Г., Лачинский А. В., 2007. Вредные саранчовые: мировой обзор, Защита и карантин растений, № 11, с. 24–28.

Сергеев М. Г., Копанева Л. М., Рубцов И. А. и др. 1995. Сибирская кобылка (*Aeropus sibiricus* L.). Новосибирск, Наука, 176 с.

Сиротенко О. Д., Павлова В. Н., 2010. Новый подход к идентификации функционалов погода–урожай для оценки последствий изменений климата, Метеорология и гидрология, № 2, с. 92–100.

Сиротенко О. Д., Груза Г. В., Ранькова Э. Я., Абашина Е. В., Павлова В. Н., 2007. Современные климатические изменения теплообеспеченности, увлажненности и продуктивности агросферы России, Метеорология и гидрология, № 8, с. 90–103.

Сиротенко О. Д., Клещенко А. Д., Черняков Б. А., Павлова В. Н., 2010. Адаптация сельского хозяйства России к меняющимся погодно-климатическим условиям, сб. докладов научно-практической конференции ТСХА, с. 39–46

Сиротенко О. Д., Клещенко А. Д., Павлова В. Н., Абашина Е. В., Семендяев А. К., 2011. Мониторинг изменений климата и оценка последствий глобального потепления для сельского хозяйства, Агрофизика, № 3, с. 31–39.

Сиротенко О. Д., Абашина Е. В., Павлова В. Н., 2013. Динамика климатообусловленных изменений теплообеспеченности, увлажненности и продуктивности земледельческой зоны России, Труды ФГБУ "ВНИИСХМ", вып. 38. с. 41–53.

Слобожанина Е. А., 2002. Биологические особенности колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say.) в условиях Курганской области и обоснование мер борьбы с ним. Диссерт. канд. с.-х. наук, Курган, 166 с.

Смирнов А. Н., 2010. Оценка стратегий размножения и поддержания жизнеспособности оомицета *Phytophthora infestans* в связи с современными методами защиты картофеля и томата от фитофтороза. Диссерт. докт. биол. наук, Москва, 433 с.

Спиглазова С. Ю., Левитин М. М., 2004. Болезни сельскохозяйственных культур. *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. – Фитофтороз картофеля. В: Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения, А. Н. Афонин, С. Л Грин. Н. И. Дзюбенко, А. Н. Фролов (ред.), http://www.agroatlas.ru.

Справочник карантинных фитосанитарных зон на территории Российской Федерации на 1 января 2010 г., 2010. М., МСХ РФ, Госинспекция по карантину растений РФ, ВНИИ карантина растений, 287 с.

Столяров М. В., 2000. Проблема массовых размножений стадных саранчовых на юге России на рубеже столетий, в кн.: Актуальные вопросы биологизации защиты растений, М. С. Соколов, Е. П. Угрюмов (ред.), Пущино, с. 94–100.

Столяров М. В., 2005. Некоторые особенности прогнозирования динамики численности стадных саранчовых. Надолго ли затихает их размножение? Защита и карантин растений, № 1, с. 38–41.

Столяров М. В., 2007. Особенности мониторинга стадных саранчовых и противосаранчовых

OD-2-1-3n 12/9/14 6:22 PM Page 963

кампаний на юге России, Защита и карантин растений, № 4, с. 40–43.

Сторчевая Е. М., 1999. О влиянии погодно-климатических условий центральной зоны садоводства Краснодарского края на численность и вредоносность яблонной плодожорки *Laspeyresia pomonella* L. (*Lepidoptera*, *Tortricidae*). В кн.: Прогноз развития метеоситуаций на ближайшие десятилетия XXI века и реакция на них сельскохозяйственных культур. Материалы межрегиональной научно-практической конференции, Краснодар, 23 марта 1999 г., Краснодар, с. 61–63.

Сторчевая Е. М., Прах С. В., 2003. Биологические особенности калифорнийской щитовки в изменяющихся погодно-климатических условиях. В кн.: Оптимизация породно-сортового состава и систем возделывания плодовых культур, Краснодар, с. 373–375.

Страшная А. И., Максименкова Т. А., Чуб О. В., 2011. О сроках сева озимых культур в условиях изменения климата и их прогнозирование в Приволжском федеральном округе, Труды Гидрометцентра России, вып. 347, с. 190–206.

Страшная А. И., Максименкова Т. А., Чуб О. В., 2013. Оперативное агрометеорологическое обеспечение аграрного сектора экономики России в условиях изменения агроклиматических ресурсов, Труды ФГБУ "ВНИИСХМ", вып. 38, с. 21–40.

Удалов М. Б., Беньковская Г. В., 2011. Популяционная генетика колорадского жука: от генотипа до фенотипа, Вавиловский журнал генетики и селекции, т. 15, № 1, с. 156–172.

Фасулати С. Р., 2007. Изучение адаптивной изменчивости вредителей для экологизации систем защиты растений на примере колорадского жука, Информационный бюллетень ВПРС МОББ, СПб, с. 246–250.

Филиппов А. В., 2005. Фитофтороз картофеля, Защита и карантин растений, № 4, с. 74–91.

Хлопунова Л. Б., 2004. Болезни сельскохозяйственных культур. *Phytophthora infestans* de Bary A. – фитофтороз (бурая гниль плодов томата). В: Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения, А. Н. Афонин, С. Л Грин, Н. И. Дзюбенко, А. Н. Фролов (ред.), http://www.agroatlas.ru.

Цыпленков Е. П., 1970. Вредные саранчовые насекомые в СССР, Л., Колос, 272 с.

Чумаков А. Е., Захарова Т. И., 1990. Вредоносность болезней сельскохозяйственных культур. М., Агропромиздат, 126 с.

Шамилов А. С., 2011. Американская белая бабочка и система защитных мероприятий в очагах ее массового размножения. Автореф. диссерт. канд. биол. наук, М., 22 с.

Шутова Н. Н., 1973. Экологические условия существования калифорнийской щитовки *Quadraspidiotus perniciosus* (Comst.) в СССР, Труды Центральной научно-исследовательской лаборатории по Карантину растений, вып. 1: Калифорнийская щитовка – *Quadraspidiotus perniciosus* (Comst.), М., с. 20–27.

Экономический анализ влияния изменения климата на сельское хозяйство России: национальные и региональные аспекты (на примере производства зерна. Научно-исследовательский отчет OXFAM, апрель 2013 г. http://grow.clicr.ru.

Эколого-географические последствия глобального потепления климата XXI века на Восточно-Европейской равнине и Западной Сибири, 2011. Н. С. Касимов, А. В. Кислов (ред.), МГУ, Географический факультет, М., 493 с.

Ясюкевич В. В., Попова Е. Н., Гельвер Е. С., Ривкин Л. Е., 2007. Влияние климатических факторов на формирование ареала колорадского жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say). В кн.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, т. 21, СПб, Гидрометеоиздат, с. 348–379.

Ясюкевич В. В., Давидович Е. А. 2010. Влияние наблюдаемого и ожидаемого изменения климата на распространение насекомых. В кн.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, т. 23, СПб, Гидрометеоиздат, с. 316–333.

Ясюкевич В. В., Давидович Е.А., Титкина С.Н., Попова Е. Н., Ясюкевич Н.В. 2011. Изменения климата во второй половине XX века – начале XXI века и связанные с ними изменения потенциального ареала колорадского жу-

OD-2-1-3n 12/9/14 6:22 PM Page 964

ка (*Leptinotarsa decemlineata* Say). В кн.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, т. 24, СПб, Гидрометеоиздат, с. 354–370.

Ясюкевич В. В., Титкина С. Н., Попов И. О., Давидович Е. А., Ясюкевич Н. В., 2013. О формировании вторичного ареала американской белой балочки (*Hyphantria cunea* Drury, Arctiidae, Lepidoptera) в России и соседних странах в XXI веке. В кн.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, т. 25, М., ИГКЭ, с. 458–484.

Brown M. E., de Beurs K. M., Marshall M., 2012. Global phenological response to climate change in crop areas using satellite remote sensing of vegetation, humidity and temperature over 26 years, Remote Sensing of Environment, vol. 126, pp. 174–183.

Coakley S. M., Scherm H., Chakraborty S., 1999. Climate change and plant disease management, Annual Review of Phytopathology, vol. 37, pp. 399–426.

Climate Change 2007, 2007a. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averty K. B., Tignor M., Miller H. L., (eds.) Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 p.

Climate Change 2007, 2007b. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Parry M. L., Canziani O. F., Palutikof J. P., van der Linden P. J., Hanson C. E., (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976 p.

Climate Change: Impact on Agriculture and Costs of Adaptation, 2009. International Food Policy Research Institute, Washington, D.C. Update October 2009, 19 p. http://www.ifpri. org/sites/default/files/publications/pr21.pdf

Diffenbaugh N. S., Field C. B., 2013. Changes in Ecologically Critical Terrestrial Climate Conditions, Science, vol. 341, pp. 486–492.

Donner L. J., Wyman B., Hemler R. S., et al., 2011. The dynamical core, physical parameterizations, and basic simulation characteristics of the atmospheric component AM3 of the GFDL Global Coupled Model CM3, Journal of Climate, vol. 24. no. 13. pp. 3484–3519.

Lobell D. B., Schlenker W., Roberts J. C., 2011a. Climate trends and global crop production since 1980. Science express, www.sciencexpress.org/5 May 2011/.

Lobell D. B., Schlenker W., Roberts J. C., 2011b. Supporting online material for Climate trendsand global crop production since 1980. www.sciencemag.org/cgi/content full/science.1204531/DC1

Pau S., Wolkovich E. M., Cook B. I., Davies T. J., Kraft N. J. B., Bolmgren K., Betancourt J. L., Cleland E. E., 2011. Predicting phenology by integrating ecology, evolution and climate science, Global Change Biology. vol. 17, no. 12. pp. 3633–3643.

Reilly J. at al., 1996. In Impacts, Adaptation and Mitigation of Climate Change, Contribution of Working Group I to the Second Assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. R. T Watson, M. C. Zinyowera, R. H. Moss (eds.), (Cambridge Univ, Press, Cambridge,).

Rienecker M. M., Suarez M. J., Gelaro R., Todling R., Bacmeister J. et al., 2011. MERRA – NASA's Modern-Era Retrospective, Anal. Res. Appl., J. Climate, 24, pp. 3624–3648.

Schimmelpfennig D., Lewandrowski J., Reilly J., Tsigas M., Parry I., 1996. Agricultural adaptation to climate change: Issues of Long run-sustainability, An Economic Research Service Report, pp. 1–57.

Special Report on Emission Scenarios, 2000. N. Nakicenovich et al., (eds), A special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 599 pp.

Tchebakova N. M., Parfenova E. I., Luzanova G. I., Soja A. J., 2011. Agroclimatic potential across central Siberia in an altered twenty-first centure, Environ. Res. Lett., 6 (2011).

Trouvelot B., 1936. Le doryphore de pomme de terre en Amqrique du Nord, Ann. Epiphyt., N. S., vol. 1, pp. 277–336.

OD-2-1-3n 12/15/14 5:59 PM Page 965

Глава 6.8 ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

Б. Г. Шерстюков

Л. М. Битков

6.8.1. Введение

Леса России занимают 70% территории ее суши и являются важным природным комплексом страны. По данным Глобальной оценки лесных ресурсов ФАО ООН (ГОЛР-2010) общая площадь лесов мира составляет 4033060 тыс. га (по методике ФАО в понятие “лес” не входят заросли кустарников и городские леса). Десять наиболее богатых лесными ресурсами стран располагают 67% общей площади лесов. Российская Федерация является лидером по площади лесов – 809090 тыс. га, или 21.1% общей площади лесов мира. (Леса и лесные ресурсы Российской Федерации. http://www.rosleshoz.gov.ru/docs/other/77/1.pdf 19.11.2013)

Леса России обладают не только значительными лесными ресурсами, но и мощным биосферным и средозащитным потенциалом. Он сказывается, по крайней мере, на всем Северном полушарии.

По разным оценкам изменения климата могут оказывать как позитивное, так и негативное воздействие на лесную растительность и на лесное хозяйство. Под лесным хозяйством понимают, обычно, систему мероприятий, направленных на воспроизводство и выращивание лесов, охрану их от пожаров, вредителей и болезней, регулирование лесопользования, контроль за использованием лесных ресурсов, обследование и учет лесов (Энциклопедия лесного…, 2006). Далее рассматриваются последствия современного потепления и произошедших изменений других характеристик климата, включая параметры его экстремальности, для собственно продуктивности лесов, а также для распространения климатозависимых инфекционных и неинфекционных болезней леса.

6.8.2. Информация, представленная в ОД_РФ-1

В первом оценочном докладе Росгидромета (Оценочный доклад…, 2008) в части лесного хозяйства рассматривалось только влияние экстремальных проявлений изменяющихся климатических условий, сопровождающихся лесными пожарами.

Климатическим фоном, способствующим возникновению лесных пожаров, является установившаяся на длительное время сухая и жаркая погода. Однако первопричиной около 70% лесных пожаров – нарушение людьми правил пожарной безопасности в лесу. Прямые потери от лесных пожаров (стоимость сгоревших и поврежденных древостоев, лесной продукции и др.), например, в 2004 г. составили почти 20 млрд руб. Число учтенных лесных пожаров в России в конце XX–начале XXI века увеличилось. Число суток в году с пожароопасностью “высокой и больше” заметно увеличилось, особенно в центре ЕЧР, на юге Западной Сибири и Дальнего Востока. При сохранении наблюдаемых тенденций изменения климата России в дальнейшем произойдет как увеличение числа дней с пожароопасной обстановкой высокой интенсивности, так и пожароопасной обстановкой средней интенсивности.

Лесные пожары являются главной природной причиной потерь в лесном хозяйстве, однако также значительный ущерб наносят неблагоприятные погодные условия, насекомые и болезни леса. Учитывая, что лесные пожары главным образом зависят от погодных условий, а пагубная роль болезней и насекомых усиливается в годы, когда лес ослаблен неблагоприятными погодными условиями, роль погоды и климата в жизни леса является исключительно важной. Изменения климата или изменения его структуры (экстремальность) отражаются на продуктивности лесов и на лесном хозяйстве в целом.

6.8.3. Климатические условия как фактор продуктивности лесов

Лес выполняет важные для человека функции: древесно-эксплуатационные (заготовка древесины и других видов лесного сырья) водоохранные (регулирование водного режима рек, озер, водохранилищ и других водных объектов, накопление запасов подземных вод и т. д.), защитные (защита различных объектов и территорий от неблагопри-

OD-2-1-3n 12/15/14 5:59 PM Page 966

ятных природных или антропогенных воздействий), санитарно-гигиенические (микроклиматические условия для здоровья людей в городских поселениях и в природных зонах) и другие.

Современное потепление климата сопровождается изменениями многих метеорологических характеристик, имеющих важное значение в жизни леса и в выполнении его функций.

Продуктивность леса в заданный период времени оценивается количеством различных ресурсов, произведенных лесом за этот определенный период времени на единице площади, а также эффективностью выполнения им в соответствующий период экологических функций.

Биологическая продуктивность – это количество биомассы, произведенной лесом за определенный период времени на единице площади. Древесная продуктивность – количество древесины, произведенной насаждением за определенный период на единице площади. Как отмечено в работе (Карпачевский и др., 2009), леса России преимущественно бореального типа, имеют низкую биологическую продуктивность.

Комплексная продуктивность – это совокупная биологическая и экологическая продуктивность участка леса. Экологическая продуктивность леса оценивается способностью леса выполнять экологические функции в определенный период (Федеральное агентство лесного хозяйства. http://www.rosleshoz.gov.ru/).

Под “потенциальной продуктивностью” понимается максимально возможная продуктивность для данных климатических и почвенных условий. Климатологические методы определения продуктивности основаны на зависимости потенциальной продуктивности от климатических факторов. Обычно несколько гидротермических показателей климата путем арифметических операций комбинируют в один комплексный показатель, называемый климатическим индексом прироста, который связывают с годичным приростом древостоя.

Годичный прирост древесины для древостоев отдельно взятой древесной породы в одинаковом возрасте и при одинаковой обеспеченности влагой определяется годовой суммой среднесуточных значений активной температуры независимо от географического района (Лосицкий, Чуенков, 1973). Для более точных расчетов учитывают, что фотосинтез происходит только в часы солнечного сияния, и поэтому вводят поправку на длительность солнечного сияния. В высоких широтах продолжительность светлого времени суток больше чем в низких. Региональные особенности солнечного сияния влияют на сумму активных температур фотосинтеза вегетационного периода многих растений, но для леса поправку обычно не учитывают. Сумма активных температур определяет потенциальную продуктивность древостоя.

Если за единицу обеспеченности теплом принять 100°С · сут, то в среднем по всем лесным районам России для разных древесных пород потенциальная продуктивность в расчете на эту единицу оказалась равной: для сосны 0.18–0.22 м^3, для ели 0.24–0.30, для дуба 0.14–0.19, для березы 0.16–0.19, для осины 0.22–0.2 м^3. Выявленная закономерность позволяет выполнять примерную расчетную оценку изменения продуктивности древостоев при климатическом изменении термического режима.

Климат в значительной степени определяет границы распространения и характер лесной растительности. Северная граница леса, как правило, совпадает с изотермой средней температуры июля +10°С. Минимальное количество осадков, необходимое для произрастания леса, в большинстве случаев составляет примерно 100 мм в год; оно существенно зависит от температуры.

В лесном хозяйстве климат характеризуют, обычно, следующими показателями (Сенов, Грязькин, 2006):

1. Продолжительность вегетационного периода – устанавливается по числу суток со среднесуточной температурой в приповерхностном слое не менее +5°С в почве и +10°С в воздухе. Этот показатель варьирует от 80–100 сут в северной тайге до 120–130 сут в южной.

2. Сумма активных температур (среднесуточных значений температуры воздуха не меньших 10°С) за вегетационный период. В лесной зоне она изменяется от 900 до 2500°С · сут.

3. Количество атмосферных осадков за год (или за вегетационный период). В таежной зоне оно варьирует от 600 до 300 мм в год.

4. Радиационный баланс в кДж/см^2 в год (50 в северной тайге и 170 в лесостепи).

OD-2-1-3n 12/15/14 6:00 PM Page 967

Приведенные показатели определяют сложившиеся границы распространения и характер лесной растительности, а изменение показателей теоретически создает предпосылки для смещения этих границ, однако древесная растительность в возрасте, при котором она имеет значение для лесного хозяйства, может сформироваться на новом месте за гораздо большее время, чем тот интервал лет, на котором произошли современные изменения климата. Запаздывание ответной реакции древостоя лишком велико.

6.8.4. Негативные факторы в жизни леса

Существует несколько основных негативных факторов в жизни леса. В результате естественных процессов и антропогенных воздействий ежегодно леса усыхают или погибают от пожаров, насекомых и болезней, промышленных выбросов и прочих факторов. За последние 20 лет в Российской Федерации ежегодно усыхает в среднем около 300 тыс. га лесных насаждений.

На рис. 6.8.1 показано изменение по годам площади погибших лесных насаждений в Российской Федерации по данным работы (Каткова, 2010) за 1992–2008 гг. и далее по данным (Федеральная служба государственной статистики http://www.gks.ru/free_doc/new_site/business/sx/les2.htm)

На рисунке 6.8.1 видно, что по годам наблюдаются существенные колебания общей площади погибших лесов. Это объясняется межгодовыми вариациями горимости лесов, вспышками воздействия вредителей и болезней леса, неблагоприятными климатическими аномалиями (Каткова, 2010). Все эти факторы имеют выраженный климатобусловленный компонент.

Проявления рассмотренных неблагоприятных воздействий часто принимают характер стихийного бедствия. За период 1995–2007 гг. большая часть погибших насаждений расположена в многолесных и труднодоступных районах Сибирского и Дальневосточного федеральных округов. При этом интенсивность гибели насаждений в целом по РФ колебалась от 0.22 до 1.27 га погибших древостоев на каждую тыс. га покрытой лесом площади. По данным за 1992–2012 гг. (Федеральная служба государственной статистики http://www.gks.ru/free_doc/new_site/business/sx/les2.htm) максимальная интенсивность усыхания наблюдалась в 2005 г., сравнимые величины были в 2000 г. и 2010 г. и определялась в основном лесны-

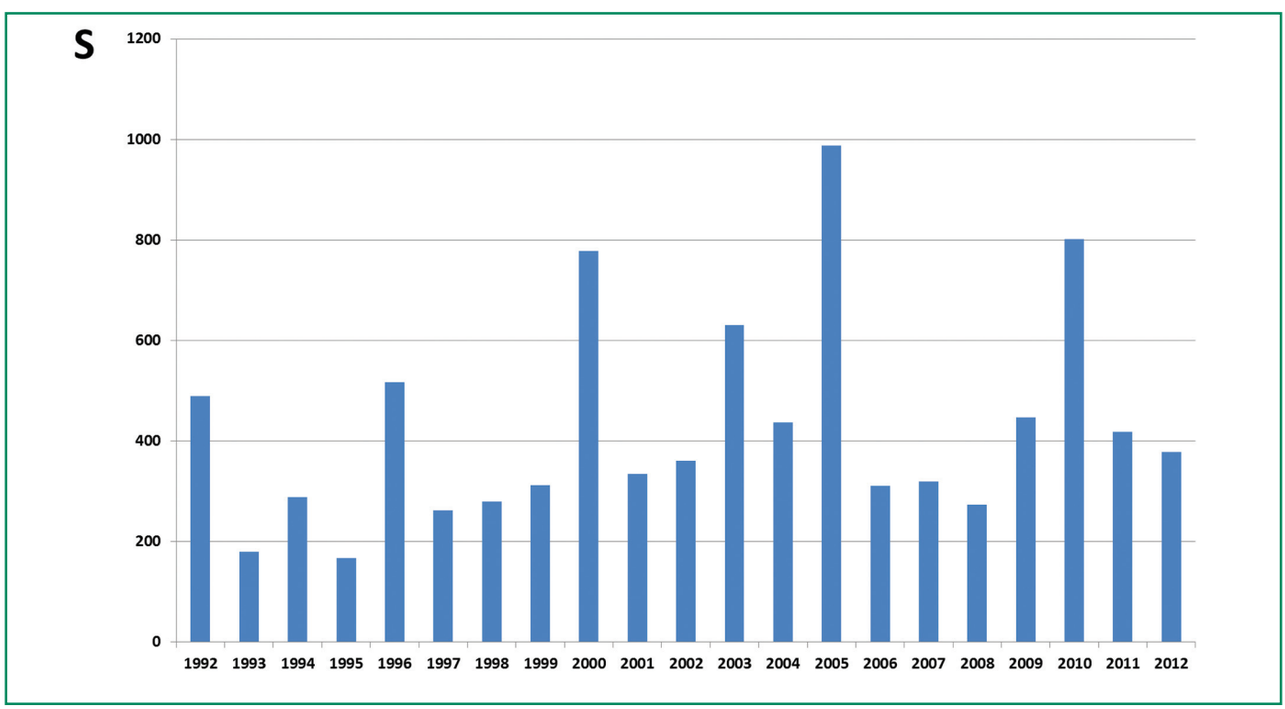


Рис. 6.8.1. Площадь погибших лесных насаждений в РФ (тыс. га).

OD-2-1-3n 12/15/14 6:00 PM Page 968

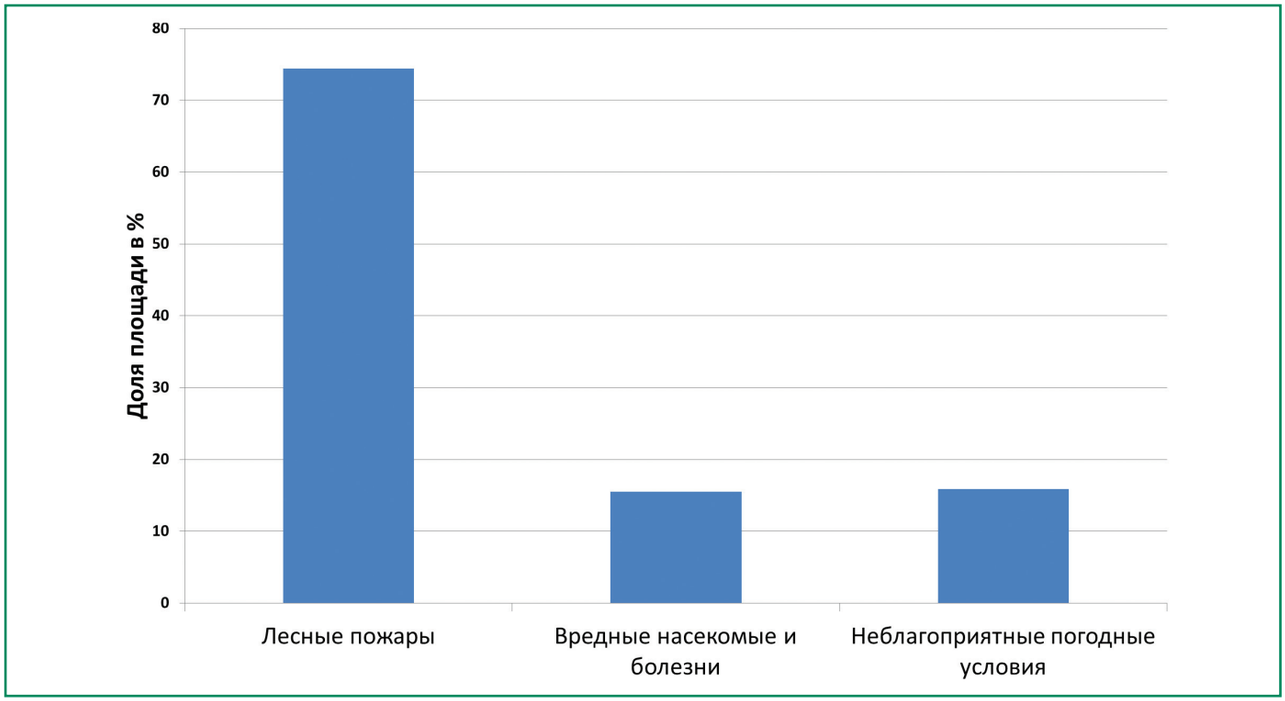


Рис. 6.8.2. Площадь погибших по разным причинам лесов в РФ за 1992–2008 гг., % (Каткова, 2010).

ми пожарами и воздействием неблагоприятных погодных условий.

На рис. 6.8.2 видно, что из всех погибших лесов за период 1992–2008 гг. больше всего древостоев погибло от пожаров 74.3%. За последние десять лет 2003–2012 гг. от пожаров погибло 2531.6 тыс. га насаждений, что составило около 60% от площади всех усохших древостоев за этот период.

Особым был 2010 год. Неблагоприятное воздействие на состояние лесов в 2010 г. оказывали: погодные и почвенные условия, болезни, прочие непатогенные абиотические факторы, вредные насекомые, пожары и антропогенные факторы (рис. 6.8.3) (Ефремов и др., 2012).

В 2010 году наибольшее влияние оказали пожары (58.7%). От них наиболее пострадали леса Рязанской области (121.6 тыс. га), Республики Марий Эл (72.8 тыс. га), Забайкальского края (59.1 тыс. га), Московской (19.8 тыс. га) и Воронежской областей (17.0 тыс. га).

Вторая по значимости причина гибели насаждений (25.3%) – неблагоприятные погодные и почвенные условия – это, прежде всего, повреждения ураганными ветрами. Наиболее пострадали от этого фактора леса Вологодской (76.3 тыс. га), Новгородской (57.0 тыс. га), Ярославской (44.9 тыс. га) и Ленинградской (46.3 тыс. га) областей (Ефремов и др., 2012)

Воздействие других факторов, из которых наиболее значительным было повреждение насекомыми и поражение болезнями, проявилось на незначительной площади.

Гибель насаждений в 2000–2009 годах увеличилась почти в 1.5 раза по сравнению с предыдущим периодом: если с 1990 по 1999 г. от различных факторов в РФ погибло 3 017.6 тыс. га насаждений, то с 2000 по 2009 г. – около 4 347.8 тыс. га. Общая площадь лесных насаждений, погибших в 2010 г., по данным лесопатологического мониторинга с учетом дистанционных наблюдений (ФБУ “Рослесозащита), составила 1392.6 тыс. га. Это в 7 раз превышает показатели 2009 г.

По последним данным (Оценка влияния природных и антропогенных факторов на состояние лесов за 2012 год. ФБУ “Российский центр защиты леса” http://www.rcfh.ru/16_08_2013_8b4d9.html) в 2012 году удельная площадь земель лесного фонда, покрытых лесной растительностью, усохшая от всех причин гибели древостоев составила в целом по России 0.47 га/тыс. га.

В таблице 6.8.1 приведены сведения о погибших насаждениях отдельно по причинам, вызвав-

OD-2-1-3n 12/15/14 6:00 PM Page 969

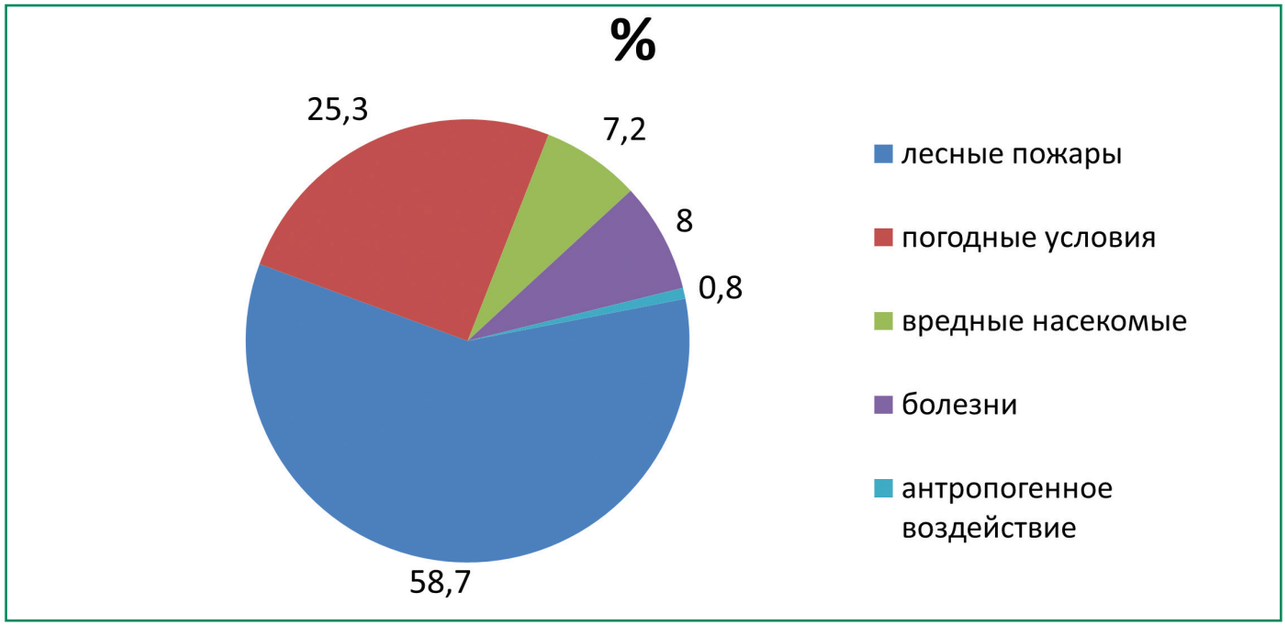


Рис. 6.8.3. Доля площадей лесов, погибших в России по разным причинам в 2010 г., %.

Таблица 6.8.1. Площади погибших насаждений по разным причинам за 2012 год по данным (Оценка влияния природных и антропогенных факторов на состояние лесов за 2012 год. ФБУ "Российский центр защиты леса" http://www.rcfh.ru/16_08_2013_8b4d9.html)

Федеральный округ	Погибшие насаждения (числитель – всего, га; знаменатель – удельная гибель	В том числе по причинам, га/%						
		Лесные пожары	Повреждения насекомыми	Неблагоприятные погодные условия и почвенно-климатические факторы	Болезни леса	Повреждения дикими животными	Антропогенные факторы	Промышленные выбросы
Центральный	53268	22477	20269	4654	5795	29	44	–
	2.53	42.2	38.0	8.7	10.9	0.1	0.1	
Северо-Западный	62323	18698	298	41255	1063	–	1009	–
	0.73	30.0	0.5	66.2	1.7	1.6	–	
Приволжский	33323	9567	7698	13321	2435	3	299	–
	0.9	28.7	23.1	40.0	7.33	–	0.9	–
Южный	1878	984	–	870	870	10	2	–
	0.85	52.4		46.4	0.6	0.5	0.1	
Северо-Кавказский	268	2	–	220	46	–	–	–
	0.18	0.7		82.1	17.2			
Уральский	31009	27046	516	2301	1003	4	139	–
	0.46	87.21.7	7.4	3.2	–	0.5		
Сибирский	159189	137611	3223	2776	12916	–	2644	19
	0.59	86.5	2.0	1.7	8.1		1.7	
Дальневосточный	24616	14377	89	3042	7078	–	30	–
	0.08	58.4	0.4	12.4	28.7		0.1	
Всего	**365874**	**230762**	**32093**	**68439**	**30348**	**46**	**4167**	**19**
	0.47	**63.1**	**8.8**	**18.7**	**8.3**	–	**1.1**	–

OD-2-1-3n 12/15/14 6:00 PM Page 970

шим их усыхание по федеральным округам и по стране в целом.

Удельная площадь погибших насаждений оценивается относительно площадей покрытых лесной растительностью в регионе. Наибольшее значение этого показателя в 2012 году отмечено в насаждениях Центрального и Приволжского федеральных округов 2.53 и 0.93 соответственно.

Усыхание лесов в 2012 году было выявлено практически во всех регионах страны от Калининградской области до Чукотского автономного округа. Площади погибших насаждений составляли от нескольких гектаров (Краснодарский край, Курская область, Ямало-Ненецкий автономный округ) до десятков тысяч гектаров (Красноярский и Забайкальский края, Иркутская и Ленинградская области).

Общая площадь погибших лесных насаждений в 2012 году составила 365.9 тыс. га. Наибольшие площади усыхания, как и в предыдущие годы, выявлены в Сибирском и Дальневосточном федеральных округах на площади 183.8 тыс. га, что составляет 50.2% от всех погибших насаждений по стране. Общие размеры гибели лесов, по сравнению с 2011 годом, снизились на 10.3%, и составляют величину в 1.15 раза меньше среднего показателя за последние десять лет наблюдений (422.3 тыс. га).

6.8.4.1. Лесные пожары

Пожары являются основной причиной гибели лесов. Они возникают при длительной сухой погоде, но в более чем 90% случаев возгорание возникает по вине человека. (Энциклопедия..., 2006). Межгодовые колебания и многолетние изменения климата создают существенно различные условия для возгорания леса в разные годы в разных регионах. На рис. 6.8.4 по данным (Оценка влияния природных и антропогенных факторов на состояние лесов за 2012 год. ФБУ “Российский центр защиты леса” http://www.rcfh.ru/16_08_2013_8b4d9.html) показано изменение по годам числа возникающих лесных пожаров и площадей лесных земель, пройденных пожарами.

В целом по РФ большие площади, пройденные пожарами были в 1998, 2003, 2008–2010 и 2012 годах, в эти годы пожарами было охвачено более 2000 тыс. га леса. За рассмотренный период наблюдается тенденция увеличения числа очагов возгораний в XX веке и уменьшение числа возгораний в годы наступившего XXI века. При этом

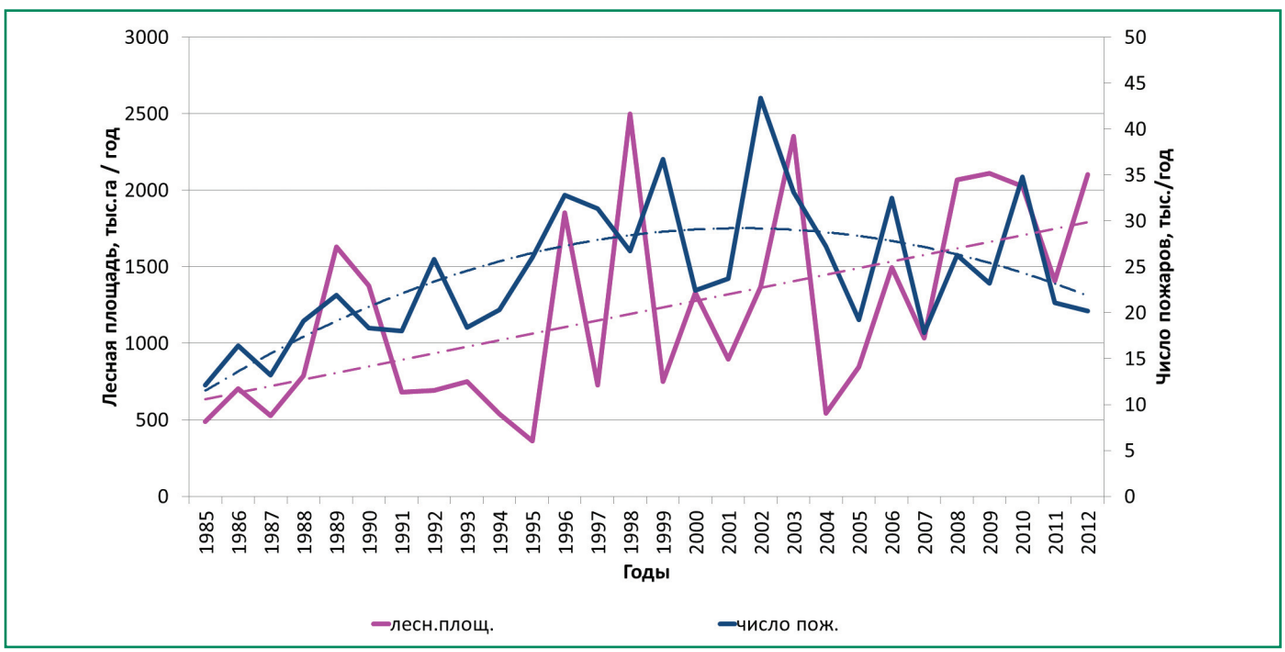


Рис. 6.8.4. Число лесных пожаров (тыс.) и лесная площадь (тыс. га), пройденная пожарами, на территории РФ в 1985–2012 гг.

OD-2-1-3n 12/15/14 6:00 PM Page 971

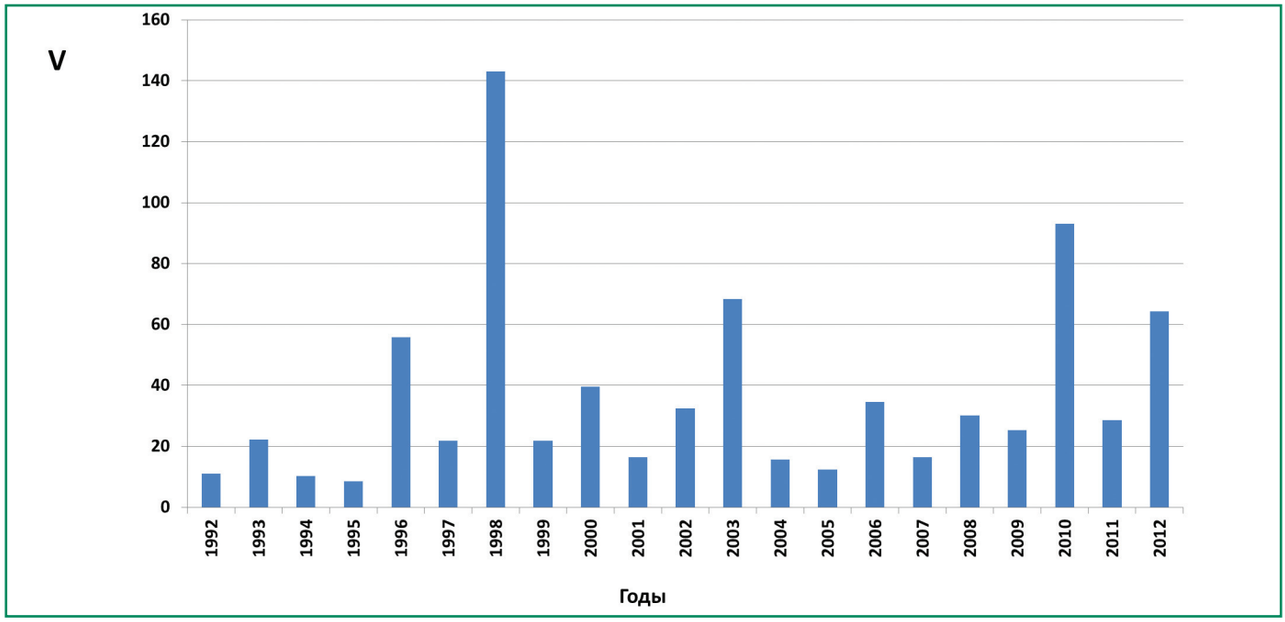


Рис. 6.8.5. Количество леса, сгоревшего на корню на территории РФ, млн м^3 (Федеральная служба государственной статистики. http://www.gks.ru/free_doc/new_site/business/sx/les2.htm).

на всем интервале не наблюдается уменьшения лесной площади, пройденной огнем.

Различают площади лесных земель пройденных пожарами и площади выгоревшего леса. Особенности рельефа, водные преграды и направление ветра создают условия, при которых выгорает не весь лес, иногда остаются острова леса незатронутого огнем. Потери леса оценивают объемом сгоревшей древесины. На рис. 6.8.5 показано количество сгоревшего леса в единицах объема по годам.

В целом на территории РФ наибольшие потери леса наблюдались 1998, 2003, 2010 и 2012 годах. В эти годы выгорало более 60 млн м^3 леса.

За 2012 год от лесных пожаров погибло 230.8 тыс. га лесов, что составляет 63.1% площади всех усохших насаждений по стране. По сравнению с 2011 годом площади насаждений, погибших от лесных пожаров, снизились на 8.9 тыс. га. Сложившаяся величина усыхания от этих факторов на 9.7% меньше средних значений за последние десять лет (253.2 тыс. га). За 2012 год от лесных пожаров больше всего погибло древостоев в Республике Саха (453.2 тыс. га), в Забайкальском крае (421.7 тыс. га) краях и в Иркутской области (176.2 тыс. га).

В 2012 году гибель насаждений от лесных пожаров выявлена в 66-ти субъектах страны от Псковской области до Чукотского автономного округа. В древостоях пяти федеральных округов (Центральный, Южный, Уральский, Сибирский и Дальневосточный) воздействия этих причин послужили основным фактором усыхания насаждений этих регионов. В тридцати четырех территориальных образованиях страны лесные пожары были преобладающими факторами в усыхании древостоев. В 7-ми регионах Российской Федерации, в труднодоступных насаждениях Сибирского и Дальневосточного федеральных округов, воздействие лесных пожаров явилось единственной причиной гибели насаждений. От воздействия пожаров наиболее пострадали леса Сибирского федерального округа (137.6 тыс. га или около 60% от всех погибших насаждений по стране). В древостоях этого округа выявлены максимальные объемы усыхания от лесных пожаров – Красноярский (73.1 тыс. га) и Забайкальский (35.6 тыс. га) края. (Оценка влияния природных и антропогенных факторов на состояние лесов за 2012 год. ФБУ “Российский центр защиты леса” http://www.rcfh.ru/16_08_2013_8b4d9.html)

Древесные породы имеют разную пожаростойкость. В порядке убывания пожаростойкости можно перечислить: лиственница, сосна, кедр, пихта, ель. У лиственных пород по пожаростой-

OD-2-1-3n 12/15/14 6:00 PM Page 972

кости осина превосходит березу. Светлохвойные светолюбивые породы заметно превосходят по пожаростойкости темнохвойные теневыносливые виды – ель, пихту и даже кедр. Под влиянием пожаров формируются растительные комплексы, более устойчивые к воздействию огня. Таким образом, происходит определенная стабилизация структуры лесного фонда в пределах конкретного лесного массива (Мартынов и др. 2008).

6.8.4.2. Экстремальные погодные условия

Неблагоприятными погодными условиями для леса являются экстремальные условия погоды. При поиске корреляционных зависимостей годичного прироста от параметров среды необходимо учитывать то обстоятельство, что величина ответной реакции деревьев на внешнее воздействие определяется как суммарным действием всех факторов, так и очень часто действием одного из них, который является в текущий момент времени лимитирующим. Растения повреждаются низкими и высокими температурами.

Низкие температуры приводят к образованию морозобойных трещин. Поздними весенними заморозками повреждаются хвоя и листья, побеги текущего года, цветы. Отмечаются случаи массового повреждения растений весной в период таяния снега – выжимание корней чередующимися ночными морозами и дневными оттепелями. За счет многократного образования в почве кристаллов льда и поднятия почвы (ночью), а при наступлении теплой погоды – таяния льда и опускания почвы, корни растений выталкиваются на поверхность почвы. Страдают от этого в первую очередь молодые растения на глинистых и суглинистых почвах.

Экстремально высокие положительные температуры также имеют отрицательные последствия для леса. Особенно сильно они проявляются на фоне недостатка влаги. Высокая температура вызывает ожег коры, опал шейки корня, наносит вред древесным растениям в любом возрасте. (Сенов и др., 2006).

Таким образом, усиление экстремальности климата может неблагоприятно сказываться на состоянии деревьев.

Проведенные ежегодные наблюдения с 1970 г. за усыханием дубовых древостоев в Центрально-Черноземном государственном природном биосферном заповеднике имени В. В. Алехина (расположен на территории Курской области) показали его обусловленность климатическими аномалиями отдельных лет (Рыжков, Рыжкова, 2000). Выявлено три года с экстремальными погодными условиями вегетационных периодов 1992-й, 1994-й и 1999-й, в течение которых наблюдалось существенное увеличение текущего отпада стволов главной породы. Основной причиной ослабления дубрав по мнению исследователей явились засухи, нередко сопровождающиеся вспышками размножения листогрызущих насекомых. В отмеченные годы за летние месяцы выпало минимальное количество атмосферных осадков: 1992 г. – 67.1 мм, 1994 г. – 153.5 мм, 1999 г. – 142.9 мм. По данным работы (Рыжков, и др., 2001), больше всего пострадали дубовые леса упомянутого заповедника в годы с сочетанием летних и осенних засух. Пагубным по своим последствиям была летняя засуха 1972 г. Установлена достоверная связь между отпадом стволов дуба и минимумами осадков и максимумами температур воздуха в конце каждого вегетационного периода, особенно с сентябрьскими показателями (Рыжков, Рыжкова, 2000).

Таким образом, на функционировании дубравных сообществ в наибольшей степени сказываются экстремальные проявления климатических факторов, в частности летние и осенние засухи в сочетании с поздними весенними заморозками (Рыжков и др., 2001).

6.8.4.3. Вредные насекомые и болезни

Известны случаи, когда гибель лесов от насекомых и болезней в несколько раз превышала потери от пожаров. Массовые усыхания еловых насаждений от короедов неоднократно наблюдались в Западной Европе и России на фоне засух. Известны многочисленные примеры, когда короед-типограф буквально опустошал еловые леса Швеции, Норвегии, Германии, некоторых регионов России. Уничтожению подвергались в первую очередь леса, пораженные патогенными грибами (опенком, корневой губкой и др.), а также пострадавшие от ураганов (Маслов, 2010).

Неинфекционные болезни леса, вызываются недостатком или избытком воды, нарушениями

OD-2-1-3n 12/15/14 6:00 PM Page 973

режима питания, недостатком кислорода в почве, воздействием слишком высокой или низкой температуры, недостатком света, наличием в воздухе или почве ядовитых веществ и многими другими причинами. Под действием этих факторов происходит усыхание деревьев, отставание в росте, хлороз (бледно-желтая или белесая окраска листьев или хвои), пожелтение, побурение или засыхание листьев и хвои. Иногда возникают ожоги и отлуп коры, морозобойные раны, происходит искривление и отмирание побегов.

Инфекционные болезни растений вызываются грибами, бактериями, вирусами или цветковыми растениями-паразитами. Часто инфекционное заболевание развивается на фоне предварительного ослабления или повреждения растений неинфекционными процессами. Например, морозобоины и ожоги коры могут явиться первопричиной развития инфекционных некрозов и раковых заболеваний стволов, или из-за механических повреждений в рану может попасть возбудитель инфекционной болезни (Энциклопедия…, 2006). Таким образом, воздействие вредных насекомых и болезней на лес в значительной мере провоцируется экстремальными погодными условиями.

Таким образом, три из четырех негативных факторов (лесные пожары, экстремальные погодные условия, вредные насекомые и болезни) в жизни леса связаны с погодными условиями каждого года. Роль многолетних средних климатических условий в жизни леса несколько иная.

6.8.5. Реакция леса на изменения климата

Несмотря на то, что климатические условия являются одним из важнейших условий жизни леса, вопрос о влиянии современных изменений климата на продуктивность леса остается до конца не решенным. Однонаправленные изменения климата и продуктивности лесных растений часто без достаточных оснований связывают между собой. В настоящее время в Евразии в южной тайге почти исчезли дубравы, деградируют пихтарники. В Европе ухудшается состояние ельников, что отчасти связано и с промышленным загрязнением атмосферы. Проявляется и обратное влияние леса на климат. Вырубка лесов на большой площади приводит к изменению газового состава и влажности атмосферы, уменьшению водности рек, изменению водного режима почвы.

Д. Г. Замолодчиков отмечает, что в научной литературе уже накоплен ряд натурных свидетельств по изменениям древесно-кустарниковой растительности в ряде регионов вблизи северной границы распространения леса (Замолодчиков, 2011). Однако имеющейся информации пока недостаточно, чтобы делать надежные выводы о масштабах и значимости данных процессов на уровне крупных регионов.

В работе (Демаков, Смыков, 2009) проведен анализ изменений параметров сосновых лесов Республики Марий Эл за период с 1953 по 2007 гг. Показано, что их площадь за это время увеличилась в 1.21 раза (на 79.3 тыс. га), а общий и удельный запас стволовой древесины – в 2.06 и 1.70 раза (на 38.34 млн м^3 и 67.4 м^3/га соответственно). Высказано предположение, что одной из причин столь существенного увеличения производительности древостоев является, в частности, увеличение концентрации CO_2 в атмосфере.

Современное изменение климата выражается, в первую очередь, в повышении среднемесячных температур. При этом в наземных экосистемах происходит ускорение минерализации детрита. Следствием повышения интенсивности деструкционных процессов в почве является снижение запаса углерода в соответствующем пуле сухостоя и валежа. Другим следствием является увеличение количества азота почвы в форме, доступной для растений, что, в свою очередь, способствует росту продуктивности древостоев, поскольку данный фактор является лимитирующим в большинстве экосистем бореальных лесов (Федорец, Бахмет, 2003; Bobbink et al., 2010).

В ряде работ утверждается, что данные наблюдений пока не позволяют идентифицировать явные ответные реакции лесных экосистем на наблюдающиеся изменения климата. В некоторых работах отмечается запаздывание реакции лесных экосистем на климатические изменения. Запаздывание ответной реакции древостоя может составлять от десятков до сотен лет (Ваганов, 1996).

Оценка влияния флуктуаций климата, возраста и густоты древостоев на величину годичного прироста в высоту деревьев усложняется поиском не только вида метеорологического фактора

OD-2-1-3n 12/15/14 6:00 PM Page 974

(температура, сумма осадков, ГТК, продолжительность солнечного сияния и т. д.), наиболее сильно влияющего на величину годичного прироста деревьев, но и времени его воздействия (месяц или сезон года). Необходимо учитывать, что физиологические процессы у деревьев, оказывающие влияние на годичный прирост, протекают в течение всего года, в том числе и в зимний период. Задача усложняется наличием инерционности ответных реакций деревьев на изменения условий среды (после климатогенного стресса деревья не могут сразу дать прирост, адекватный сложившимся благоприятным погодным условиям) и неоднородностью ценопопуляций древесных растений, различающихся по величине отклика на флуктуации климата (Демаков, Исаев, 2009; Демаков и др., 2010).

В работе (Демаков, Сафин, 2009) показано, что в Марий Эл с середины 1970-х годов во многих биотопах началось возрастание годичного прироста деревьев сосны, особенно четко выраженное в экстремальных условиях их произрастания (на олиготрофных болотах, в сухих и свежих борах). Существенным образом повысился за последние 50 лет и запас древостоев во всех группах возраста, за исключением спелых и перестойных. Особенно сильно повысился запас стволовой древесины в березняках. Увеличение производительности древостоев в Марий Эл зафиксировали в средневозрастных и приспевающих мезотопных сосняках, которое произошло, несмотря на значительный отпад деревьев, достигавший за десятилетие 23.4–53.9% по числу стволов; отпад был обусловлен активной деятельностью смолевки. Однако, авторы работы (Демаков, Сафин, 2009) утверждают, что повышение производительности лесов Марий Эл во второй половине XX столетия нельзя объяснить изменением климата. Они обращают внимание на то, что теплее становятся только зимние месяцы, особенно февраль. Временной тренд показателя теплого периода года фактически отсутствует. Годичные флуктуации температуры воздуха во все месяцы года во много раз перекрывают величину временного тренда: размах колебаний составляет 12.3°C для зимних месяцев и 6.0°C для летних.

На рис. 6.8.6 видно, что запас стволовой древесины возрастал на фазе временного похолодания климата с 1953 по 1973 год, а затем на фазе интенсивного потепления оставался постоянным до середины 1990-х годов. График демонстрирует, что производительность древостоев в Республике Марий Эл слабо зависит от температуры.

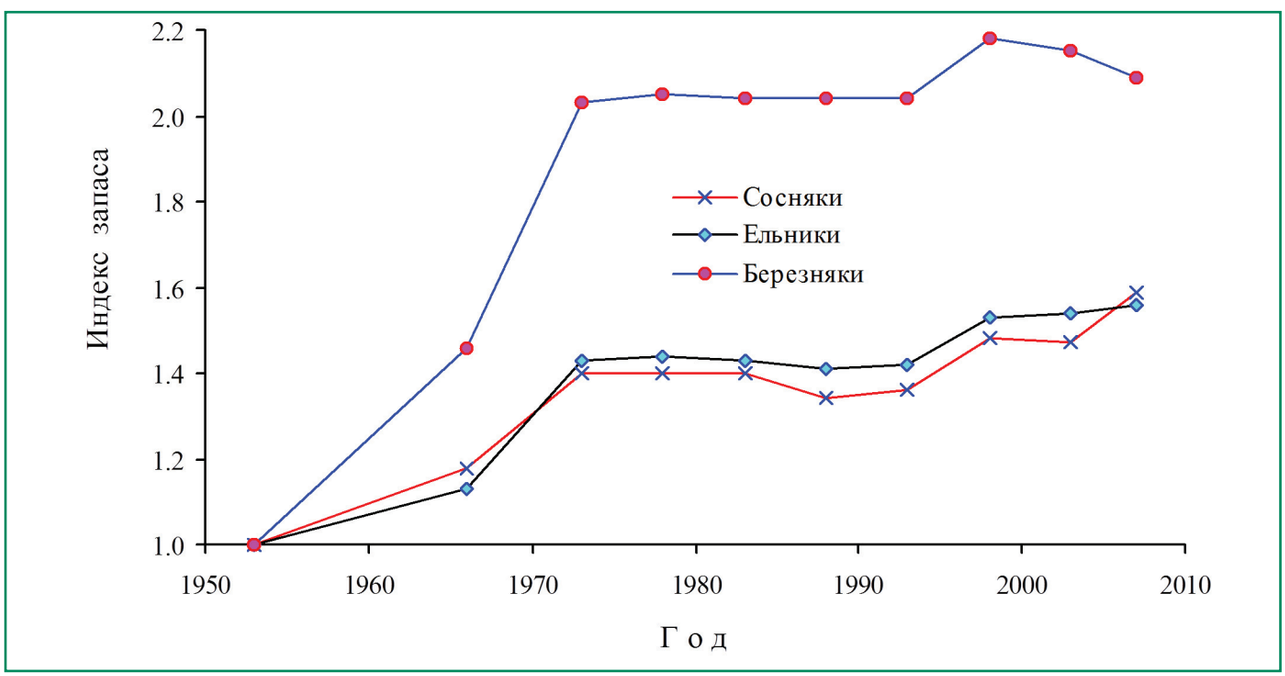


Рис. 6.8.6. Изменение запаса стволовой древесины в сосняках, ельниках и березняках, м^3/га; средневозрастных древостоев в Республики Марий Эл относительно уровня 1953 года (Демаков, Сафин, 2009).

OD-2-1-3n 12/15/14 6:00 PM Page 975

Сумма осадков и гидротермический коэффициент также имеют тенденцию к небольшому возрастанию. Однако годичные флуктуации значений этих показателей значительно перекрывают величину тренда. Определенное влияние оказывает и лесохозяйственная деятельность. Так, объем отпуска древесины по всем видам пользования уменьшился за это время в 4.6 раза (с 4.55 до 0.99 млн м^3). Особенно резко снизился объем заготовки древесины при рубках главного пользования. Неблагоприятное воздействие лесосек на окружающие насаждения продолжается очень длительное время и пока еще слабо изучено.

В ряде работ показано, что за последние полвека существенно повысилась продуктивность средневозрастных и приспевающих древостоев основных лесообразующих пород в ряде регионов России, в частности в Марий Эл (Демаков, Сафин. 2009) однако авторы этой работы утверждают, что произошло это не за счет изменений климата, а за счет других факторов, роль которых остается пока малоизученной.

В обобщающей работе (Удра. 1988) представлены обоснованные расчеты миграционных возможностей основных лесоообразователей Европы. Например, чтобы продвинуться на 100 км в северном направлении при потеплении климата дубу потребуется более 10 тыс. лет (продвижение менее 10 метров в год), а хвойным видам деревьев для продвижения на юг при похолодании климата – от 1 до 7 тыс. лет. В связи с этим О. В. Смирнова с соавторами (Восточноевропейские леса..., 2004; Смирнова, Турубанова, 2003) отметили явное несоответствие между миграционными возможностями растений и рядом опубликованных гипотез о быстрых смещениях (в пределах одного века) границ лесного биома на сотни километров (см., например, Чебакова, 2006).

В работе (Назимова и др., 2010) отмечено наличие в лесных экосистемах бореальной области Сибири обратных связей, препятствующих внешним воздействиям и поддерживающих лес в устойчивом состоянии вблизи границ его климатического ареала. К близким выводам пришел Л. М. Битков (Битков, 2007) по результатам исследований состояния ельников, произрастающих вблизи южной границы их ареала на ЕЧР (Калужская область). Ельники на длительном историческом этапе, несмотря на повышение температуры воздуха в XX столетии и участившиеся засухи, несмотря на наблюдающиеся в некоторые годы усыхания ельников, в целом, при отсутствии бессистемных антропогенных воздействий, не сдают свои позиции в местах, эволюционно вошедших в состав экологической ниши ели европейской.

В зарубежных публикациях приводятся противоречивые сведения о смещении северной границы леса в разных регионах в связи с потеплением климата. Исследование (Harsch et al., 2009) показало, что глобально только 52% всех лесных границ продвинулись к северу за последние 100 лет, а во многих районах границы леса даже отступили к югу (Cherosov et al., 2010).

Авторы работы (Демаков и др., 2009), изучая тенденции глобального изменения климата на территории Республики Марий Эл, пришли к выводу, что наблюдаемое за последние полвека повышение продуктивности средневозрастных и приспевающих древостоев основных лесообразующих пород Марий Эл произошло не за счет изменения климата.

Все это заставляет предположить, резюмирует О. В. Смирнова (Смирнова и др. 2003), что именно антропогенная деятельность, а не динамика климата является основным фактором изменчивости границ восточноевропейских широколиственных лесов.

Изменения структуры лесов возможно при долговременных пессимальных (критических) климатических условиях, если они приведут к деградации основных зональных лесообразующих видов деревьев. В экологии известно такое явление, как экологическая валентность – способность видов живых организмов переносить колебания воздействия негативных факторов среды. Формируется некоторый интервал значений негативных факторов, в котором сохраняется нормальная жизнедеятельность живых организмов. Варьирование климатических факторов, которое не смещает на длительное время климатические параметры за пределы зоны нормальной жизнедеятельности основных зональных лесообразователей, не способно инициировать перемещение лесообразователей из своей зоны в другую. Кроме того, для смещения необходимо более длительное время, чем годы наблюдаемых современных изменений климата.

OD-2-1-3n 12/15/14 6:00 PM Page 976

Условия жизни леса определяется многими факторами, каждый из которых подвержен долгопериодным изменениям, поэтому, несмотря на большое значение климата, колебания в жизни леса не всегда связаны с колебаниями климата.

Дендрологические исследования показали, что в течение двадцатого века в северной части сибирской тайги рост деревьев хорошо коррелировал с повышением летних температур (Briffa et al., 2008). Некоторые изменения являются существенными, например, удвоение биомассы деревьев в северной Норвегии с 1957 года (Tommervik et al., 2009). Однако, по данным моделирования границ леса при различном климате на Европейском севере, не получено доказательства смещения границ вечнозеленых лесов под влиянием современных изменений климата (Wolf et al., 2008; Wramneby et al., 2010). Подробнее об изменении границ биомов и дендрологических свидетельствах изменения климата см. главу 4 раздела 4.

Приведенные в настоящем разделе материалы показывают, что устойчивой связи характеристик роста и продуктивности деревьев с изменениями климата пока выявить не удается, хотя некоторые специальные погодные индексы показывают, что изменения климата создают потенциальные условия для изменения структуры и продуктивности лесов.

6.8.6. Перспективная оценка потенциальной опасности лесных пожаров в XXI веке при изменении климата

Существенным климатозависимым лимитирующим фактором в жизни леса являются лесные пожары. Оценки будущего климата на основе физико-математического моделирования показывают, что в условиях существующих сценариев развития мирового хозяйства потепление климата будет продолжаться в обозримом будущем. Наряду с повышением температуры воздуха в приповерхностном слое будут наблюдаться изменения всех других параметров климатической системы, которые могут отразиться на метеорологических условиях горимости леса. В работе (Шерстюков, Шерстюков мл., 2013) предложен метод расчета числа пожароопасных дней за теплое полугодие, исходя из значений средней месячной температуры и месячной суммы осадков, с помощью уравнения линейной регрессии. Тем самым предполагается, что экстремальные температурно-влажностные условия в атмосфере, способствующие лесными пожарами, удовлетворительно (хотя и косвенно) описываются этими гидрометеорологическими величинами.

В этом разделе будущий климат XXI века описывается среднемодельным климатом по группе моделей АН_31 (Катцов, Говоркова, 2013). Пространственное разрешение – 1° × 1°. Климат характеризуется – среднемесячными значениями температуры и месячными суммами осадков. Характеристики климата были подготовлены и предоставлены нам ГГО им. А. И. Воейкова для условий двух сценариев антропогенного воздействия на климатическую систему: RCP4.5 (умеренный сценарий) и RCP8.5 (экстремальный сценарий).

Исходя из этих оценок будущего климата, с помощью упомянутого выше уравнения линейной регрессии для территории России были вычислены оценки ожидаемого числа пожароопасных дней для четырех временных периодов (срезов) XXI века (Шерстюков, Шерстюков мл., 2013): 2011–2030 гг.; 2034–2053 гг. и 2028–2047 гг. (RCP4.5 и RCP8.5 соответственно); 2041–2060 гг., 2080–2099 гг.

На карты-схемы выводились значения отклонений $D = N - N_0$ среднего ожидаемого для данного временного среза числа пожароопасных суток N от среднего числа N_0 пожароопасных суток за базовый период 1981–2000 гг.

В условиях экстремального сценария RCP8.5 в 2011–2030 гг. заметные изменения числа дней с индексом Нестерова $G > 1000$, по сравнению с нормой 1981–2000 гг., произойдут почти на всей ЕЧР, в Западной Сибири и на юге Восточной Сибири (увеличение – до 9 сут). На некоторых обширных территориях число пожароопасных суток в теплом сезоне увеличится на 10–19 (см. рис. 6.8.7).

В условиях умеренного сценария оценки оказались практически идентичными. Это означает, что на первом временном интервале 2011–2030 гг. различия в сценариях изменения климата не сказываются на оценках пожароопасности.

В 2028–2047 гг. в условиях экстремального сценария RCP8.5 (рис. 6.8.8) и в условиях умеренного сценария RCP4.5 среднее число пожаро-

OD-2-1-3n 12/15/14 6:00 PM Page 977

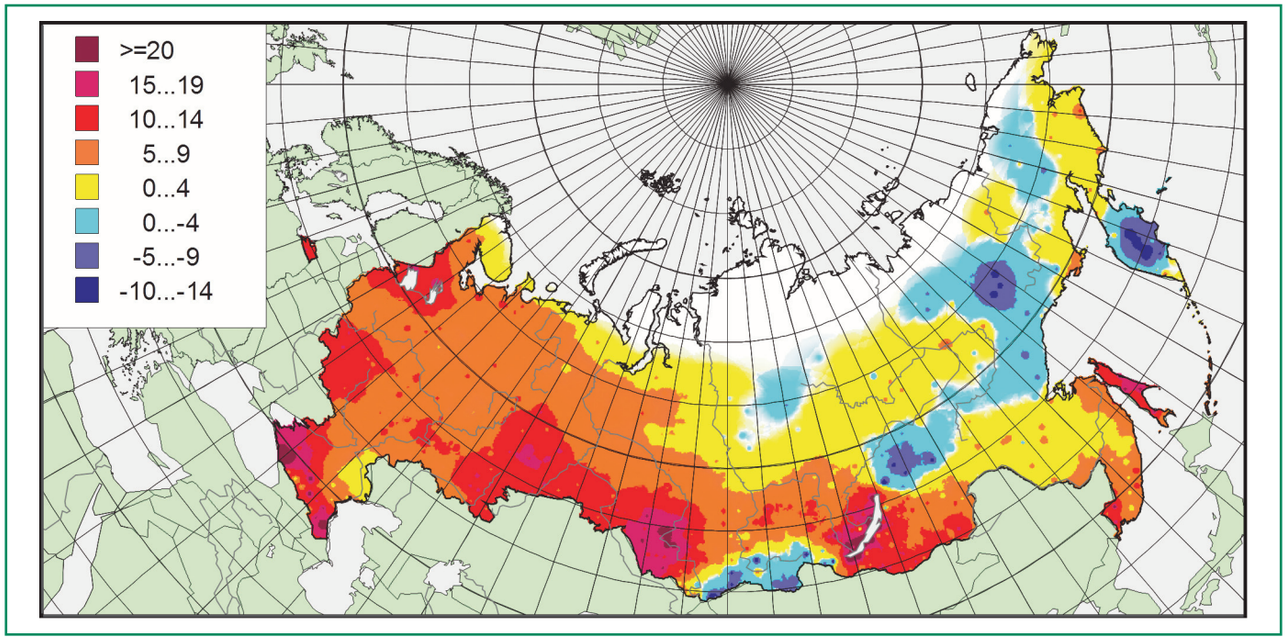


Рис. 6.8.7. Перспективная оценка изменения среднего числа пожароопасных суток (с индексом Нестерова $G > 1000$) в мае–сентябре в 2011–2030 гг. по сравнению с нормой за 1981–2000 гг. в условиях сценария RCP8.5.

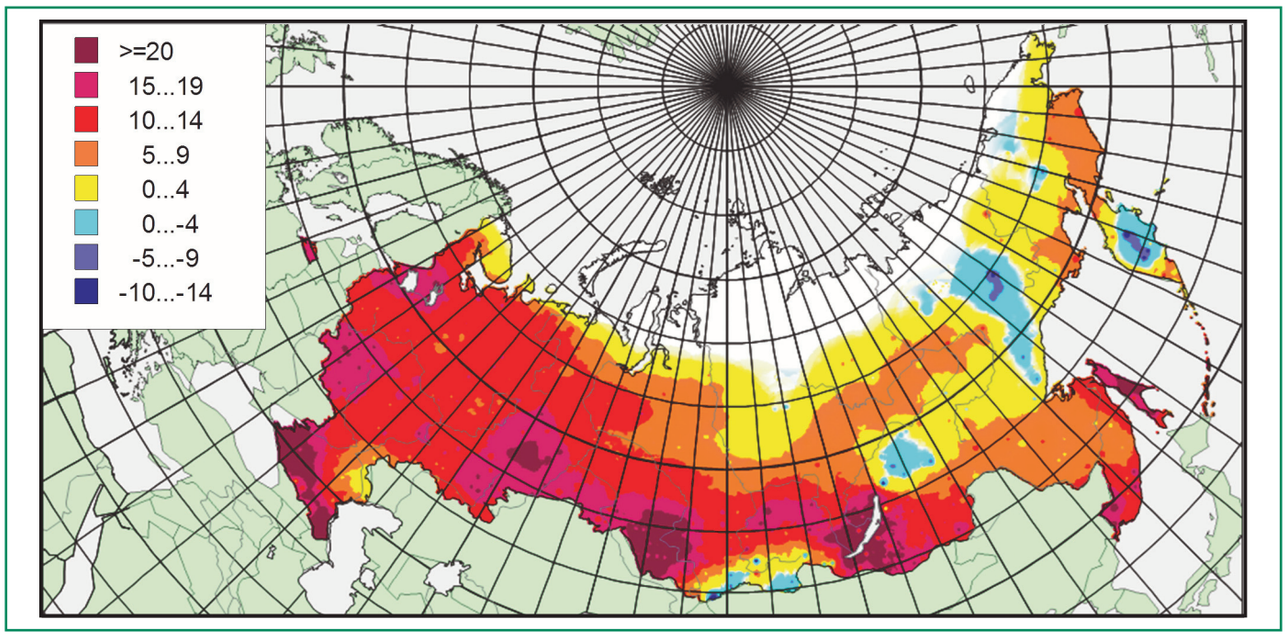


Рис. 6.8.8. Перспективная оценка изменения среднего числа пожароопасных суток (с индексом Нестерова $G > 1000$) в мае–сентябре в 2028–2047 гг. по сравнению с нормой за 1981–2000 гг. в условиях сценария RCP8.5. В этот период времени средняя глобальная температура превысит доиндустриальный уровень на 2°С.

опасных суток увеличится на 10–14 и более на тех же территориях, на которых в 2011–2030 гг. увеличение составило 5–9 сут.

В 2041–2060 гг. в условиях экстремального сценария RCP8.5 почти на всей ЕЧР ожидается увеличение числа пожароопасных суток на 10–14 и 15–19 суток на юге Сибири (см. рис. 6.8.9)

В условиях умеренного сценария RCP4.5 прогнозах территории с градацией увеличения числа

OD-2-1-3n 12/15/14 6:00 PM Page 978

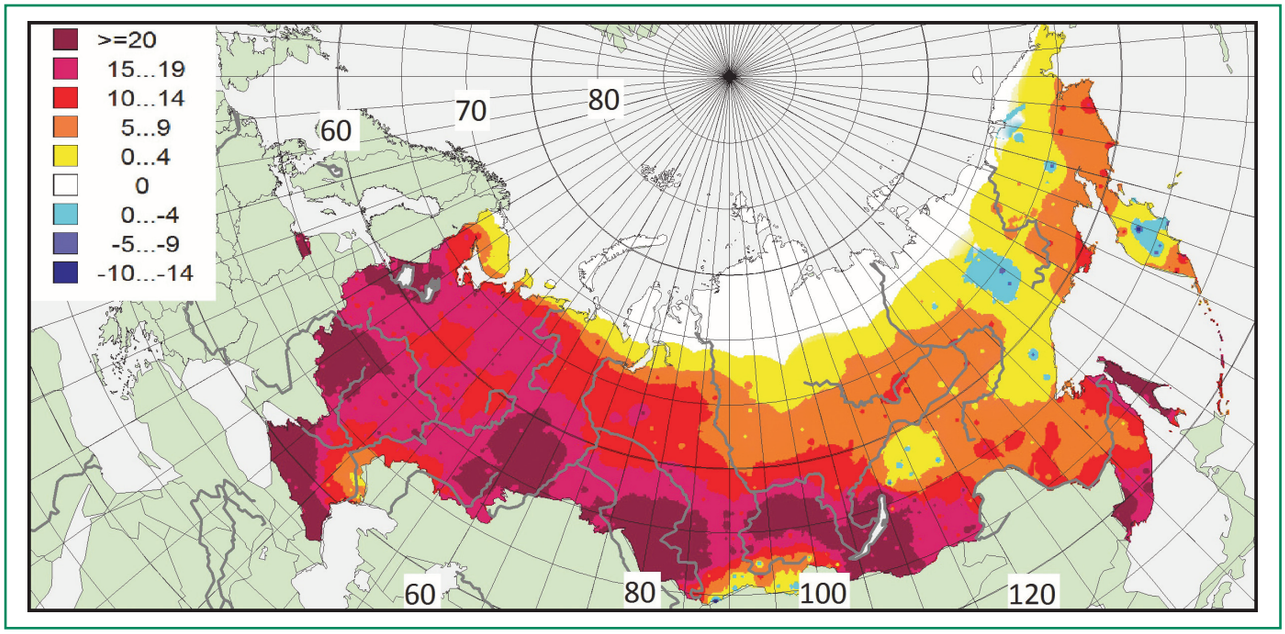


Рис. 6.8.9. Перспективная оценка изменения среднего числа пожароопасных суток (с индексом Нестерова $G > 1000$) в мае–сентябре в 2041–2060 гг. по сравнению с нормой за 1981–2000 гг. в условиях сценария RCP8.5.

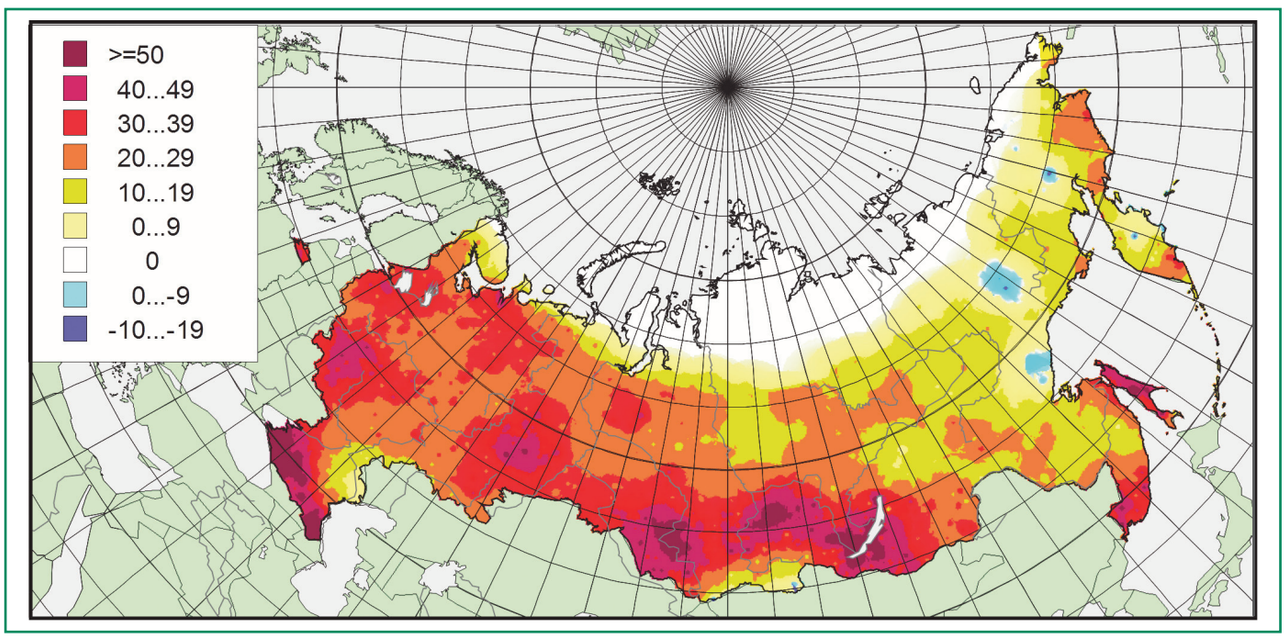


Рис. 6.8.10. Перспективная оценка изменения среднего числа пожароопасных суток (с индексом Нестерова $G > 1000$) в мае–сентябре в 2080–2099 гг. по сравнению с нормой за 1981–2000 гг. в условиях сценария RCP8.5.

пожароопасных суток на 15–19 занимают меньшие площади на карте-схеме.

В конце XXI века, в 2080–2099 гг., в условиях экстремального сценария RCP8.5 на всей ЕЧР и в Западной Сибири, и частично в Восточной Сибири ожидается увеличение числа пожароопасных суток на 20–29 (см. рис. 6.8.10). В тех же географических районах на значительных площадях число пожароопасных суток увеличится на 30–50.

В условиях умеренного сценария RCP4.5 к концу нынешнего века увеличение числа пожароопасных суток будет менее выражено (рис.

OD-2-1-3n 12/15/14 6:00 PM Page 979

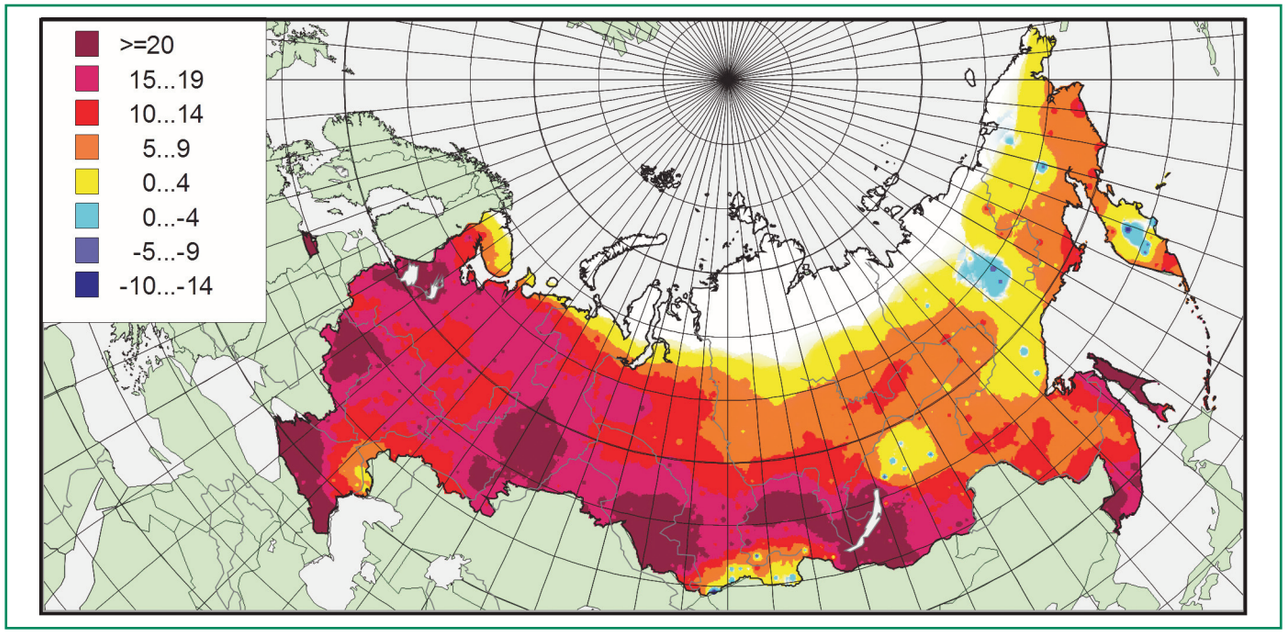


Рис. 6.8.11. Перспективная оценка изменения среднего числа пожароопасных суток (с индексом Нестерова $G > 1000$) в мае–сентябре в 2080–2099 гг. по сравнению с нормой за 1981–2000 гг. в условиях сценария RCP4.5.

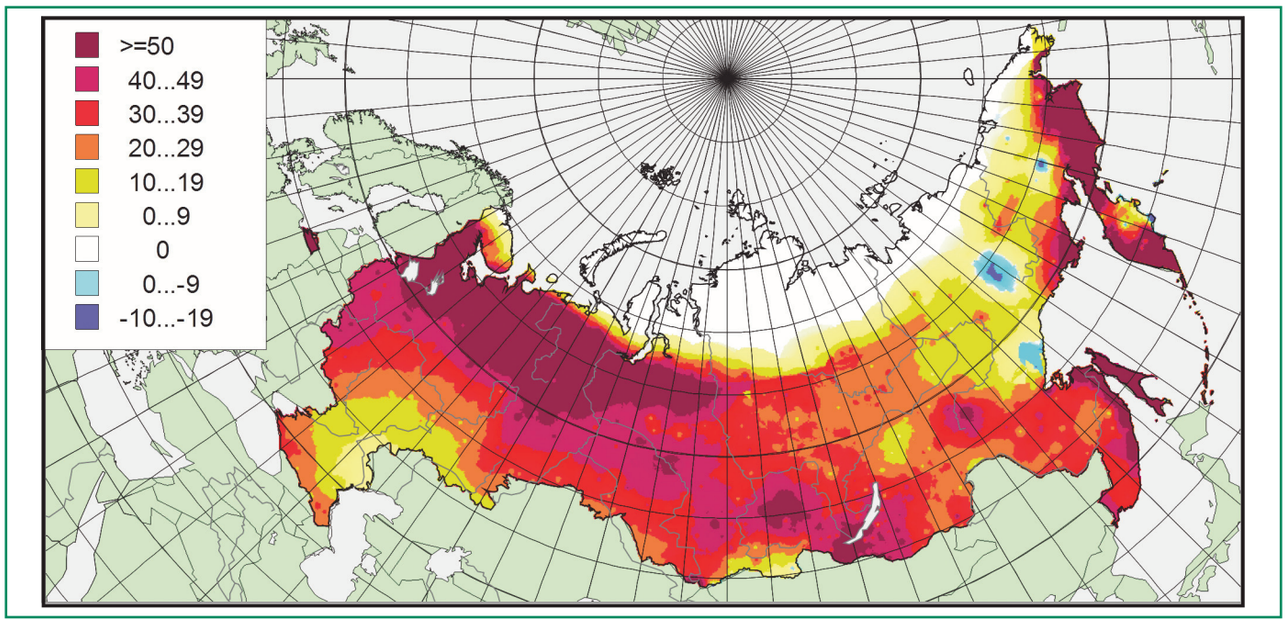


Рис. 6.8.12. Перспективная оценка относительного изменения (%) среднего числа пожароопасных суток (с индексом Нестерова $G > 1000$) в мае–сентябре в 2080–2099 гг. по сравнению с нормой за 1981–2000 гг. в условиях сценария RCP8.5.

6.8.11), чем в условиях экстремального сценария RCP8.5. Типичное увеличение составит 10–19 сут, в некоторых местах до 15–20 сут.

Для всех рассмотренных временных срезов и при обоих сценариях просматривается общая тенденция нарастания в XXI веке метеорологических предпосылок возникновения лесных пожаров почти во всех районах лесной зоны России. Различия оценок изменения пожароопасности в условиях умеренного и экстремального сценариев в первой половине XXI века не велики, но во второй половине они становятся заметными.

OD-2-1-3n 12/15/14 6:00 PM Page 980

В южных широтах России абсолютное число пожароопасных суток за теплый сезон всегда больше, чем в других широтах. Поэтому дополнительно построена прогностическая карта относительных изменений числа пожароопасных суток за теплый сезон в % от аналогичных значений в базовом периоде 1981–2000 гг., т. е. картировалась величина 100% $(N - N_0) / N_0$. На рис. 6.8.12 показана такая карта-схема для временного среза 2080–2099 гг. в условиях экстремального сценария RCP8.5.

В условиях экстремального сценария RCP8.5, в 2080–2099 гг. по сравнению с нормой за 1981–2000 гг., на преобладающей части территории России число пожароопасных суток увеличится на 20–40%. В северной половине ЕЧР, в Западной Сибири, на юге Восточной Сибири и на Дальнем Востоке число пожароопасных суток может увеличится еще больше – на 40–50%.

Согласно сведениям, приведенным в Программе Российской Федерации "Развитие лесного хозяйства на 2012–2020 годы", разработанной Федеральным агентством лесного хозяйства, в ближайшие годы в среднем площади, на которых будет гибнуть лес от пожаров, возрастут до 320 тыс. гектаров (при 240–290 тыс. гектаров в последние 20 лет). Не уменьшится и доля площади, связанная с крупными лесными пожарами (5.5–10% по количеству случаев в 2008–2010 гг.); она равна примерно 90% всей лесной площади, пройденной огнем. Ослабленный пожарами лес чаще подвергается воздействию болезней и вредителей. При сохранении существующих тенденций площадь очагов вредителей и болезней в лесах Российской Федерации к 2020 г. может удвоиться и достичь 6–7 млн га.

В службе лесного хозяйства постоянно сокращается перечень средств защиты леса от вредных организмов особенно в части экологически безопасных и эффективных биологических препаратов. Объемы мероприятий по локализации и ликвидации очагов вредных организмов в лесах на территории субъектов Российской Федерации за последние 4 года сократились почти в 10 раз. Ущерб от повреждения лесов вредителями леса составляет в среднем не менее 2300 рублей на 1 гектар (Сведения из государственной программы Российской Федерации "Развитие лесного хозяйства на 2012–2020 годы", разработанной Федеральным агентством лесного хозяйства).

6.8.7. Устойчивое управление лесами и адаптация к изменениям климата

Лесные экосистемы, являющиеся одним из основных компонентов природной среды, не только обеспечивают человека традиционными лесными ресурсами (в первую очередь древесиной), но регулируют многие протекающие в биосфере Земли процессы (Каткова, 2010). "Управление лесами" в современном понимании этого термина включает в себя управление лесным хозяйством и лесопользованием, а также управление любым воздействием на леса, связанным и не связанным с ведением лесного хозяйства и лесопользованием, влияющим на состояние и воспроизводство лесов.

Сейчас специалистами широко употребляется выражение "устойчивое управление лесами". Чаще всего этот термин подразумевает такое ведение лесного хозяйства и такой характер использования лесных ресурсов, которые позволяют сохранять и использовать не только продукцию древесины, но и экологические функции лесов, эстетическую и рекреационную ценность, биологическое и ландшафтное разнообразие. На необходимость устойчивого управления лесами было обращено особое внимание правительств на Конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио де Жанейро (1992 г.). Согласно "Лесным принципам", разработанным на этой конференции, "лесные ресурсы и лесные земли следует использовать так, чтобы удовлетворять социальные, экономические, экологические, культурные и духовные потребности современного и будущего поколений".

Главным и конечным продуктом управления лесами является сам лес, как совокупность экосистем, способная к выполнению широкого спектра социальных, экологических и природоохранных функций (охрана водных и воздушных ресурсов, регулирование содержания углекислоты в атмосфере, поддержание высокого естественного биологического разнообразия, сохранение зависящих от леса водных, болотных и других экосистем, обеспечение рекреаци-

OD-2-1-3n 12/15/14 6:00 PM Page 981

онных ресурсов и др.). Получение материальной лесной (например, древесной) продукции является лишь одной из функций управления лесами, выполнение которой в ущерб другим функциям недопустимо.

Устойчивое управление лесами (УУЛ) означает развитие всех типов лесов и строгое соблюдение "лесных принципов" как серьезной гарантии сохранения биоразнообразия и предотвращения нежелательных изменений климата. Политика УУЛ должна осуществляться на основе такой системы ведения хозяйства, которая способна обеспечить сбалансированное потребление всех ресурсов леса, использование его возможностей для экономического и культурного развития человечества. Сохранение биоразнообразия является одной из основных целей УУЛ. На практике это означает поддержание сохранившихся в лесном фонде страны (региона) исторических ландшафтов, мест обитания и экологических ниш отдельных популяций и видов живых организмов, а также целых экосистем.

Устойчивое управление лесами предполагает многоцелевое, непрерывное и неистощительное использование лесных ресурсов. При этом цель ведения лесного хозяйства заключается в долговременном экономически эффективном лесопользовании.

Опыт России показывает, что концепция лесоуправления, в основе которой лежит только максимизация лесного дохода, не учитывающая поддержания средообразующих и нерыночных составляющих лесного хозяйства, может привести к необратимым изменениям ландшафтов и видового состава, к общему обеднению природной среды, уменьшению биологического разнообразия и снижению биологической устойчивости лесов (Писаренко, 2003).

В условиях наблюдаемого и возможного в будущем потепления климата необходимо, в том числе, усиление мер по охране леса от пожаров и по развитию систем слежения за пожарами и своевременному тушению очагов пожаров. Необходимо также наращивать перечень средств защиты леса от вредных организмов.

Устойчивое управление лесами должно базироваться на подготовке к различным сценариям изменения климата. Практически любой из вариантов изменения климата в будущем может создать на обширных территориях в России благоприятные условия для роста и развития одних видов растений и экстремальные условия для других видов растений. Это неизбежно приведет к перестройкам лесных биоценозов, которые надо уметь предвидеть.

Передача отдельных полномочий Российской Федерации в области лесных отношений субъектам Российской Федерации (Лесной кодекс Российской Федерации, статья 83, часть 1 http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=133350 обусловливает необходимость более пристального внимания к повышению эффективности использования лесов, снижению уровня их повреждения неблагоприятными факторами (прежде всего лесными пожарами), достижению требуемого качества работ по воспроизводству лесов и охране лесного фонда от незаконного использования. Кроме того, для всей территории РФ необходимо унифицировать подходы по формированию региональных органов лесного управления, организации надлежащего государственного лесного надзора и государственного пожарного надзора в лесах, а также создание надежной системы государственного учета лесов и результатов лесохозяйственной деятельности. В связи с этим требуется дальнейшее, в ряде случаев неотложное, совершенствование лесного законодательства.

Для адаптация лесного хозяйства к изменениям климата при любых сценариях антропогенного воздействия на климатическую систему необходимо разработать:

– региональные экологические шкалы лесной флоры и фауны для определения пределов "выносливости" лесных популяций, видов и экосистем к изменениям климата с целью определения критических пределов изменения климата;

– региональные лесотипологические и хронобиологические методы поддержания биологической устойчивости эдификаторов (строителей) лесов при проведении лесохозяйственных мероприятий;

– региональные методы создания сложных и смешанных насаждений после лесозаготовок с целью обеспечения взаимозаменяемости видов лесных растений при изменении климата;

OD-2-1-3n 12/15/14 6:00 PM Page 982

– региональные методы достоверного прогноза и эффективной ликвидации (или локализации) очагов болезней, массового размножения вредных насекомых и пожаров.

6.8.8. Заключение

Лесное хозяйство существенно подвержено влиянию современного изменения климата. Оно выявляется, если учитывать параметры его экстремальности. Эффект долговременного постепенного потепления, хотя и является одним из факторов, влияющих на продуктивность древостоев, повсеместно пока не выявлен в данных наблюдений за продуктивностью.

Древостои имеют широкие диапазоны толерантности, позволяющие им без последствий переносить небольшие медленные изменения состояния внешней среды. Потепление климата теоретически создает предпосылки для смещения границ леса к северу, однако древесная растительность в возрасте, при котором она имеет значение для лесного хозяйства, может сформироваться на новом месте за гораздо большее время, чем тот интервал лет, на котором произошли современные изменения климата.

В то же время, достоверно установлено, что экстремальные погодные аномалии являются существенным негативным фактором для лесного хозяйства. Примерно 15% площадей погибшего леса является следствием прямого воздействия экстремальных погодных условий – гибель при ураганном ветре, усыхание после сильных морозов зимой и т. д. Еще примерно столько же усыхает под воздействием вредных насекомых и болезней. Следует отметить, что болезни и вредные насекомые наиболее эффективно угнетают лес, когда он ослаблен неблагоприятными экстремальными погодными условиями. Но наибольшие потери леса происходят при лесных пожарах, которые являются частым следствием продолжительной жаркой и сухой погоды. Примерно 70% от общей площади леса, погибающего в России по разным причинам, погибает от лесных пожаров.

Во всех случаях (ураганные ветры, сильные морозы, пожары, болезни и насекомые) влияние современного климата на лес происходит через изменения частоты и интенсивности экстремальных погодных условий.

Согласно существующим перспективным оценкам климата будущего, выполненным с помощью физико-математических моделей климата для XXI века, потепление климата будет продолжаться, а экстремальность климата будет увеличиваться и при умеренных, и при экстремальных сценариях антропогенного воздействия на климатическую систему.

Основываясь на таких оценках, можно предположить, что к концу нашего столетия потери лесного хозяйства, вызванные изменением климата, будут расти за счет лесных пожаров, вредных насекомых и болезней. В связи с этим необходимы масштабные мероприятия по устойчивому управлению лесным хозяйством, способные ослабить или нейтрализовать ожидаемые последствия неблагоприятные изменений климата, в первую очередь последствия экстремальных погодных условий.

6.8.9. Литература

Битков Л. М., 2007. Основы хронолесоводства: рефераты, статьи, эссе на актуальную тему. Калуга: Издательство научной литературы Н. Ф. Бочкаревой, 116 с.

Ваганов Е. А., 1996. Регистрация потепления в текущем столетии клетками годичных колец деревьев, Доклады Академии наук, т. 351, № 2, с. 281–283.

Восточноевропейские леса. 2004. История в голоцене и современность: в 2 кн. О. В. Смирнова (ред.), М.: Наука, кн. 1. 480 с.

Демаков Ю. П., Исаев А. В., 2009. Закономерности роста деревьев ели в пойме рек Большой и Малой Кокшаги, Научные труды государственного природного заповедника “Большая Кокшага”. вып. 4. Йошкар-Ола, с. 68–12.

Демаков Ю. П., Сафин М. Г., 2009. Изменение производительности лесов Марий Эл во второй половине XX века, Аграрная Россия. Специальный выпуск, с. 57–58.

Демаков Ю. П., Смыков А. Е., 2009. Динамика сосновых лесов Республики Марий Эл за последние полвека, Хвойные бореальной зоны, т. XXVI, № 2, с. 203–210.

OD-2-1-3n 12/15/14 6:00 PM Page 983

Демаков Ю. П. Исаев А. В., Медведкова Е. А., 2010. Влияние флуктуаций климата на динамику радиального прироста хвойных деревьев в пойменных лесах Марий Эл. Принципы и способы сохранения биоразнообразия: материалы IV Всеросс. науч. конф. с междунар. участием. Йошкар-Ола, МарГУ, с. 307–310.

Демаков Ю. П., Сафин М. Г., Смыков А. Е., 2009. Изменения климата и состояния лесов Марий Эл в истекшем столетии, Вестник Марийского государственного технического университета. Серия "Лес. Экология. Природопользование", вып. 2. с. 40–48.

Ефремов Д. Ф., Захаренков А. С., Копейкин М. А., Кузьмичев Е. П., Сметанина М. И., Солдатов В. В., 2012. Профилактика и меры предупреждения лесных пожаров в системе лесоуправления Российской Федерации. Е. П. Кузьмичев (ред.), М., Всемирный банк, 104 с.

Замолодчиков Д. Г., 2011. Оценка климатогенных изменений разнообразия древесных пород по данным учетов лесного фонда, Успехи современной биологии, т. 131, № 4, с. 382–392.

Карпачевский М. Л., Тепляков В. К., Яницкая Т. О., Ярошенко А. Ю., 2009. "Основы устойчивого лесоуправления". М,, Всемирный фонд дикой природы, 143 с.

Каткова Т. Е., 2010. Сохранение лесов как фактор устойчивого экологического развития, Материалы международной конференции "Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность, мониторинг и адаптационные технологии". 28 июня – 2 июля 2010 г. Йошкар-Ола., МарГТУ. с. 44–49. url:http://csfm.marstu.net/publications.html.

Катцов В. М., Говоркова В. А., 2013. Ожидаемые изменения приземной температуры воздуха, осадков и годового стока на территории России в 21-м веке: результаты расчетов с помощью глобальных климатических моделей (CMIP5), Труды Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова, т. 569, с. 76–98.

Леса и лесные ресурсы Российской Федерации. Федеральное агенство лесного хозяйства. http://www.rosleshoz.gov.ru/docs/other/77/1.pdf 19.11.2013

Лесной кодекс Российской Федерации, статья 83, часть 1. http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=133350

Лосицкий К. Б., Чуенков В. С., 1973. Эталонные леса. М., Лесная промышленность, 160 с.

Мартынов А. Н, Мельников Е. С., Ковязин В. Ф., Аникин А. С., Минаев В. Н., Беляева Н. В., 2008. Основы лесного хозяйства и таксация леса. СПб., Санкт-Петрбургская государственная лесотехническая академия имени С. М. Кирова. 372 с.

Маслов А. Д., 2010. Короед-типограф и усыхание еловых лесов. М., ВНИИЛМ, 138 с.

Назимова Д. И., Царегородцев В. Г., Андреева Н. М., 2010. Лесорастительные зоны юга Сибири и современное изменение климата, География и природные ресурсы, с. 55–63.

Оценка влияния природных и антропогенных факторов на состояние лесов за 2012 год. ФБУ "Российский центр защиты леса" http://www.rcfh.ru/16_08_2013_8b4d9.html

Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. 2008. т. II. Последствия изменений климата. М., Росгидромет. 288 с.

Писаренко А. И., 2003. О лесной политике России, Устойчивое лесопользование, № 2, с. 14–19.

Рыжков О. В., Пузаченко А. Ю., Власов А. А., Золотухин Н. И., Корольков А. К., Филатова Т. Д., 2001. Столетняя динамика климата и биоты центральной лесостепи (на примере Центрально–Черноземного заповедника и прилегающих территорий), Влияние изменения климата на экосистемы. Охраняемые природные территории России: анализ многолетних наблюдений, А. Кокорин, А. Кожаринов, А. Минин (ред.), М., 184 с.

Рыжков О. В., Рыжкова Г. А., 2000. Взаимосвязь отпада стволов дуба и древесного опада между собой и с факторами среды. Анализ многолетних данных мониторинга природных экосистем Центрально-Черноземного заповедника, Тр. Центр.-Черноземн. гос. Заповедника, Тула, вып. 16. с. 135–143.

Сенов С. Н., Грязькин А. В., 2006. Лесоведение. Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет. СПб., 70 с.

OD-2-1-3n 12/15/14 6:00 PM Page 984

Смирнова О. В., Турубанова С. А., 2003. Формирование и развитие восточноевропейских широколиственных лесов в голоцене, Бюлл. МОИП, отд. биол., вып. 3. с. 32–37.

Удра И. Ф., 1988. Расселение растений и вопросы палео- и биогеографии. Киев: Наук. думка, 200 с.

Федеральная служба государственной статистики. http://www.gks.ru/free_doc/new_site/business/sx/les2.htm

Федеральное агентство лесного хозяйства. http://www.rosleshoz.gov.ru/

Федорец Н. Г., Бахмет О. Н., 2003. Экологические особенности трансформации соединений углерода и азота в лесных почвах. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 239 с.

Чебакова Н. М., 2006. Возможная трансформация растительного покрова Сибири при различных сценариях изменения Климата. Автореф. дис. д-ра биол. наук. Красноярск, 60 с.

Шерстюков Б. Г., Шерстюков А. Б., 2013. Лесные пожары при потеплении климата в XXI веке, Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, т. 25. с. 300–314.

Энциклопедия лесного хозяйства, 2006. М.: ВНИИЛМ, 424 с.

Bobbink R, Hicks K., Galloway J., Sppranger T., Alkemade R., Ashmore M., Bustamante M., Cinderby S., Davison E., Dentener F., Emmett B., Erisman J.-W., Fenn M., Gilliam F., Nordin A., Pardo L., De Vries W. 2010. Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: a synthesis, Ecological Applications, vol. 20, no. 1, pp. 30–59.

Briffa K. R., Shishov V. V., Melvin T. M., Vaganov E. A., Grudd H., Hantemirov R. M., Eronen M., Naurzbaev M. M., 2008. Trends in recent temperature and radial tree growth spanning 2000 years across northwest Eurasia.Philosophical Transactions of the Royal Society, Biological Sciences, vol. 363, no. 1501, pp. 2271–2284.

Cherosov M. M., Isaev A. P., Mironova V. I., Lytkina L. P., Gavrilyeva L. D., Sofronov R. R., Arzhakova A. P., Barashkova N. V., Ivanov I. A., Shurduk I. F., Efimova A. P., Karpov N. S., Timofeyev P. A., Kuznetsova L. V., 2010. Vegetation and human activity. In: The Far North: plant biodiversity and ecology of Yakutia. Troeva E. I., Isaev A. P., Cherosov M. M., Karpov N. S. (eds.), Springer, Berlin, Germany, pp. 261–295.

Harsch, M. A., Hulme P. E., McGlone M. S., Duncan R. P., 2009. Are treelines advancing? A global meta-analysis of treeline response to climate warming, Ecology Letters, vol. 12, no. 10, pp. 1040–1049.

http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=1333

Tommervik H., Bjerke J. W., Gaare E., Johansen B., Thannheiser D., 2012. Rapid recovery of recently overexploited winter grazing pastures for reindeer in northern Norway, Fungal Ecology, vol. 5, no. 1, pp. 3–15.

Wolf A., Callaghan T. V., Larson K., 2008. Future changes in vegetation and ecosystem function of the Barents Region, Climatic Change, vol. 87, no. 1–2, pp. 51–73.

Wramneby A., Smith B., Samuelsson P., 2010. Hot spots of vegetation-climate feedbacks under future greenhouse forcing in Europe, Journal of Geophysical Research D: Atmospheres, vol. 115, no. 21, pp. 1–12. doi:10.1029/2010JD014307, 2010.