

### 3. ОЖИДАЕМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ И ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ В XXI В.

ции практически для всех крупных рек России потенциально может благоприятствовать развитию речного судоходства и увеличению объема грузоперевозок по рекам и водоемам. Лимитирующим фактором при использовании этих ресурсов может стать недостаточный объем русловыправительных и дноуглубительных работ.

#### 3.4.3. Литература

- Георгиевский В. Ю., Ежов А. В., Шалыгин А. Л., Шикломанов И. А., Шикломанов А. И., 1996а. Оценка влияния возможных изменений климата на гидрологический режим и водные ресурсы рек территории бывшего СССР, Метеорология и гидрология, № 11, с. 89–99.
- Георгиевский В. Ю., Ежов А. В., Шикломанов И. А., Шерешевский А. И., 1996б. Возможные изменения ресурсов и водного режима в бассейне Днепра при различных сценариях потепления климата, Материалы научно-технической конференции “Водные ресурсы и устойчивое развитие экономики Беларуси”, Минск, т. 1, с. 21–23.
- Георгиевский В. Ю., Ежов А. В., Шалыгин А. Л., 1997. Оценка изменений стока рек под влиянием хозяйственной деятельности и глобального потепления климата, Доклады международного симпозиума “Расчеты речного стока”, ЮНЕСКО, с. 75–81.

- Гронская Т. П., Лемешко Н. А., 2004. Гидрологический режим крупнейших озер России при современных изменениях климата, Тезисы докладов Всесоюзного гидрологического съезда, секция 3, СПб, Гидрометеиздат, с. 238–239.
- Шикломанов А. И., 1994. Влияние антропогенных изменений глобального климата на сток р. Енисей, Метеорология и гидрология, № 2, с. 84–93.
- Шикломанов И. А., Георгиевский В. Ю., 1995. Влияние антропогенных факторов на сток рек бывшего СССР, в кн.: Географические направления в гидрологии, М., РАН, с. 96–107.
- Шикломанов И. А., Георгиевский В. Ю., 2002. Влияние антропогенных изменений климата на гидрологический режим и водные ресурсы, в кн.: Изменения климата и их последствия, СПб, Наука, с. 152–164.
- Шикломанов И. А., Георгиевский В. Ю., 2003. Влияние климатических изменений на водные ресурсы и водный режим рек России, Тезисы докладов Всемирной конференции по изменению климата, Москва, 29 сентября — 3 октября 2003 г., М., ИГКЭ, 250 с.
- Шикломанов И. А., Георгиевский В. Ю., 2004. Изменение стока рек России при глобальном потеплении климата, Тезисы доклада VI Всероссийского гидрологического съезда, Санкт-Петербург, 28 сентября — 1 октября 2004 г., СПб, Гидрометеиздат, секция 3, с. 200–201.

#### 3.5. ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

*Ведущие авторы:* Б. А. Ревич, В. В. Ясюкевич  
*Автор:* Е. С. Гельвер  
*Редактор-рецензент:* С. Ю. Чайка

##### 3.5.1. Общая характеристика

Ожидаемые в будущем изменения климата в сочетании с действием природных, социально-экономических и демографических факторов могут приводить в некоторых регионах мира к увеличению рисков для здоровья населения. МГЭИК в Четвертом оценочном докладе (Climate Change, 2007, 2007b) указывает на следующие возможные негативные последствия изменения климата в XXI веке для здоровья населения:

— недостаточное питание (из-за уменьшения объемов продукции сельского хозяйства в регионе вследствие изменения климата), вызывающее расстройство здоровья с последствиями для роста и развития детей;

— увеличение случаев смерти, заболевания или же ранения вследствие учащения экстремальных гидрометеорологических явлений — волн тепла, наводнений, штормов, пожаров, засух и т. д.;

— учащение случаев заболеваний, связанных с расстройством пищеварительной системы (диарея), — следствие потепления, ухудшения качества воды и усиления дефицита воды для бытовых нужд, особенно на фоне недостаточного медицинского обслуживания;

— изменение в пространственном распределении некоторых переносчиков инфекционных болезней.

Если первое из этих явлений характерно в основном для развивающихся стран с низким уровнем жизни населения, то последние три могут иметь место и в некоторых регионах России (см. также разделы 3.4 и 3.10, в которых даны перспективные оценки водных ресурсов и экстремальных метеорологических явлений, имеющих широкомасштабные последствия).

#### 3.5.2. Экстремально высокие температуры (волны тепла)

В будущем волны тепла — периоды экстремально высоких значений температуры — будут наблюдаться чаще (Climate Change 2007, 2007a). Это будет сказываться негативно на здоровье людей, особенно в странах, где есть недостаток ресурсов на адаптацию и где уровень медицинского обслуживания низок. Группами риска, как и в настоящем, будут дети младшего возраста, люди пенсионного возраста, лица, профессиональная деятельность которых связана с пребыванием на открытом воздухе, люди, проживающие в городских условиях, где плотная многоэтажная застройка и недостаточность зеленых насаждений способствуют установлению особенно высокой температуры в жаркую погоду (“острова тепла”).

Необходимо отметить, что даже если температура в будущем будут поддерживаться на современном уровне, в тех странах и регионах, где наблюдается старение населения, число заболеваний, связанных с волнами тепла, будет увеличиваться из-за высокой чувствительности лиц пожилого возраста к действию термического фактора. Это относится и к России. Так, доля лиц старше 59 лет (одной из групп риска) к 2025 г. достигнет 27,6%, а к 2050 г. — 36,1%, т. е. будет в 2 раза больше, чем в 1989 г. (18,5%) (Население России..., 2002). Вследствие этого будет увеличиваться число обращений лиц этой возрастной группы за медицинской помощью и госпитализаций по поводу сердечно-сосудистых заболеваний из-за действия термического фактора. Возможна также дополнительная смертность в группах риска, упомянутых выше. На основе данных о зависимости показателей смертности от температуры воздуха установлено, что повышение температуры воздуха в июле может быть причиной до от 4,7 до 8,5 тыс. дополнительных случаев смерти среди городского населения России (Ревич, Шапошников, 2004, 2006).

Сочетание волн тепла с повышенным загрязнением атмосферного воздуха из-за неблагоприятных метеорологических условий может стать причиной дополнительных случаев госпитализации и смерти. При этом наибольшая дополнительная смертность возможна при сценарии, предусматривающем существенное повышение доли угля в производстве тепловой и электрической энергии (Авалиани и др., 2004).

#### 3.5.3. Влияние изменения состояния многолетней мерзлоты и водных ресурсов

Ожидаемые в XXI веке климатогенные изменения состояния многолетней мерзлоты (см. раздел 3.7) могут иметь негативные последствия для

здоровья населения. Увеличение глубины сезонного протаивания многолетнемерзлых грунтов, изменение их термического режима вообще, не предусмотренные проектами зданий, технических сооружений и дорог, могут привести к увеличению аварийности и, как следствие, к дополнительным рискам для здоровья людей (Вартанова, 1998; Николаев, 1999; Weller and Lange, 1999).

В результате изменения климата проблемы обеспечения населения водой могут обостриться в некоторых регионах, где в маловодные годы по международной классификации этот показатель водообеспеченности может достигать низких и критически низких значений (см. раздел 3.4). Возможно ухудшение ситуации и с качеством воды. Уже в настоящее время в таких южных регионах России, как Калмыкия, Дагестан, Карачаево-Черкесия, качество воды некоторых поверхностных водоисточников централизованного питьевого водоснабжения не соответствует гигиеническим нормативам (Государственный доклад..., 2005).

#### 3.5.4. Перспективные оценки распространения инфекционных и паразитарных заболеваний

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

Ожидается, что потепление климата скажется на состоянии природных очагов облигатно-трансмиссивных с не исключительно трансмиссивным путем передачи (чума), факультативно-трансмиссивных (туляремия) и несколько более — нетрансмиссивных (лептоспирозы, сальмонеллез) инфекций. Еще в большей степени потепление повлияет на возбудителей сапронозов, естественных сочленов почвенных (псевдотуберкулез, листериоз) и водных (легионеллез, холера, мелиоидоз) экосистем (Литвин и др., 1998).

Согласно оценкам МГЭИК, в Северном полушарии потенциальный ареал малярии в XXI веке при потеплении климата расширится в основном к северу (Climate Change 1995, 1996). На территориях, где малярия человека эндемична, увеличится длительность сезона передачи. Значительно увеличится число людей, проживающих в зонах с большим риском 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 разным оценкам, еще на 220–400 млн. человек; новые риски, как и во многих других случаях, коснутся в первую очередь стран с низким уровнем

### 3. ОЖИДАЕМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ И ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ В XXI В.

жизни (Хайнес и др., 2004; Martens et al., 1999; Climate Change 2001, 2001; Lieshout et al., 2004).

Северные границы ареалов малярийных комаров сдвинутся к северу, возможно замещение северных популяций южными (Сергиев и др., 2004). На Европейской территории России вследствие уменьшения континентальности климата возможно расширение ареалов *An. atroparvus* и *An. maculipennis*, которые являются более эффективными переносчиками малярии, чем *An. beklemishevi* и *An. messeae* (Сергиев и др., 2004).

Возможно укоренение экзотических видов переносчиков, например, *Aedes albopictus* и *Ae. aegypti* на побережье Черного моря (Россия, Грузия, Украина), являющихся важнейшими переносчиками желтой лихорадки и лихорадки Денге (Сергиев и др., 2004; Беэр, Эльпинер, 2004). Для территории России и соседних стран некоторая информация по ареалам возбудителей малярии человека имеется и в количественной форме, что обсуждается в разделе 2.5.

Улучшение вследствие потепления климата в России условий обитания местных видов комаров, являющихся переносчиками арбовирусов, будет способствовать формированию новых природных очагов комариных лихорадок и энцефалитов (Алексеев, 2004, 2006; Ревич, Малеев, 2003). 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).

Смещение границ ареалов иксодовых клещей к северо-востоку будет способствовать увеличению 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 ожидается расширение периода активности, т. е. более ранний выход из зимовки весной и более поздний уход в диапаузу осенью (Алексеев, 2004, 2006).

Паразитарные системы представляют собой сложные многокомпонентные сбалансированные комплексы. В простейшем случае такая система состоит из двух компонентов — паразита и хозяина. В случае малярии система состоит из трех сочленов: возбудителя (споровика рода *Plasmodium*), переносчика (комара рода *Anopheles*, являющегося по сути основным хозяином паразита, так как в его организме происходит половой процесс возбудителя) и позвоночного хозяина (человека, являю-

щегося промежуточным хозяином, в организме которого обитают бесполое формы паразита). Известны и более сложные паразитарные системы, где паразит, прежде чем попасть в основного хозяина, меняет двух и более промежуточных хозяев. Одним из последствий изменения климата может быть нарушение взаимодействия между компонентами паразитарной системы, снижающее ее эффективность, несмотря на то, что для каждого отдельно взятого компонента эти изменения могут быть благоприятны (Алексеев, 2004, 2006; Бернштейн и др., 2004; Беэр, Эльпинер, 2004; Коренберг, 2004; Литвин и др., 1998; Платонов, 2006; Платонов и др., 2004; Сергиев и др., 2004; Ревич, Малеев, 2003; Хайнес и др., 2004). Это — существенный источник неопределенности в оценках влияния ожидаемых в XXI веке изменений климата на распространение паразитарных заболеваний человека.

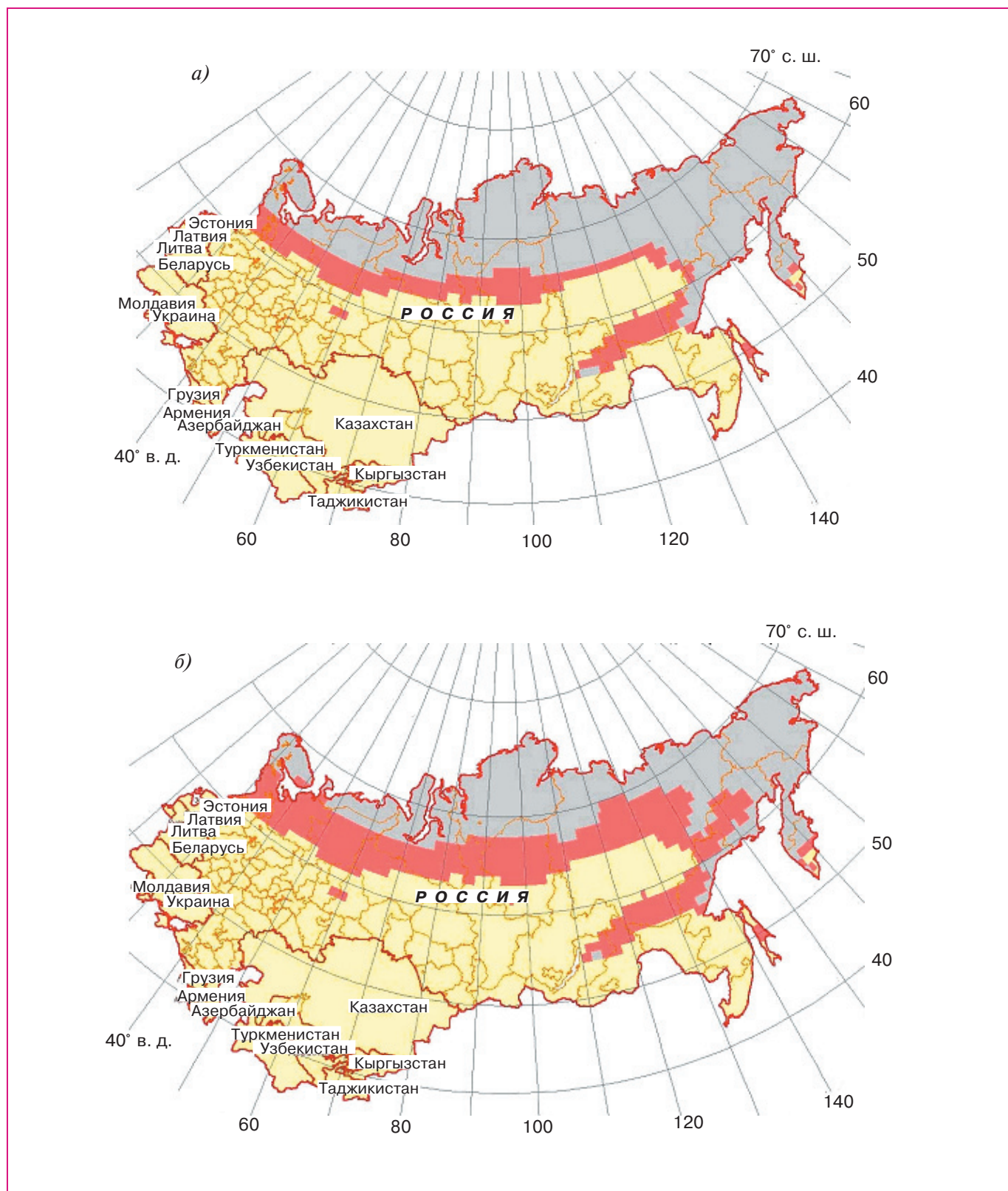
Представленные выше качественные оценки влияния изменения климата на распространение инфекционных болезней человека, выполненные в основном экспертным путем на основе метода аналогий, необходимо дополнять результатами расчетных оценок, позволяющими выявить климатический сигнал в количественной форме. Такие исследования сейчас начали развиваться. Ниже приведены результаты расчетной перспективной оценки влияния изменения климата на потенциальный ареал, определяемый фактором температуры (*T*-ареал), для трехдневной малярии *P. vivax* на территории стран СНГ в XXI веке. Соответствующие методы изложены в разделах 2.1.5 и 3.1.5. Перспективная оценка выполнялась при двух сценарных предположениях о характере изменения температуры на рассматриваемой территории:

а) долговременное (30 лет и более) увеличение средней температуры воздуха на 1 и 2°C по сравнению с нормой 1966–1995 гг. произойдет при сохранении ее естественной изменчивости, характерной для этого базового периода. На рис. 3.5.1 представлены результаты соответствующих оценок в картографической форме (Семенов и др., 2006).

На рис. 3.5.1 видно, что граница ареала в обоих случаях сдвигается сходным образом, в основном к северу, а в восточной части — к востоку. Типичный пространственный масштаб сдвига к северу — около 100–200 км. Возможное значительное продвижение границы ареала к востоку в регионах Восточной Сибири и Дальнего Востока подлежит более детальному анализу, в частности, учитывая рельеф этой территории (высотный аспект);

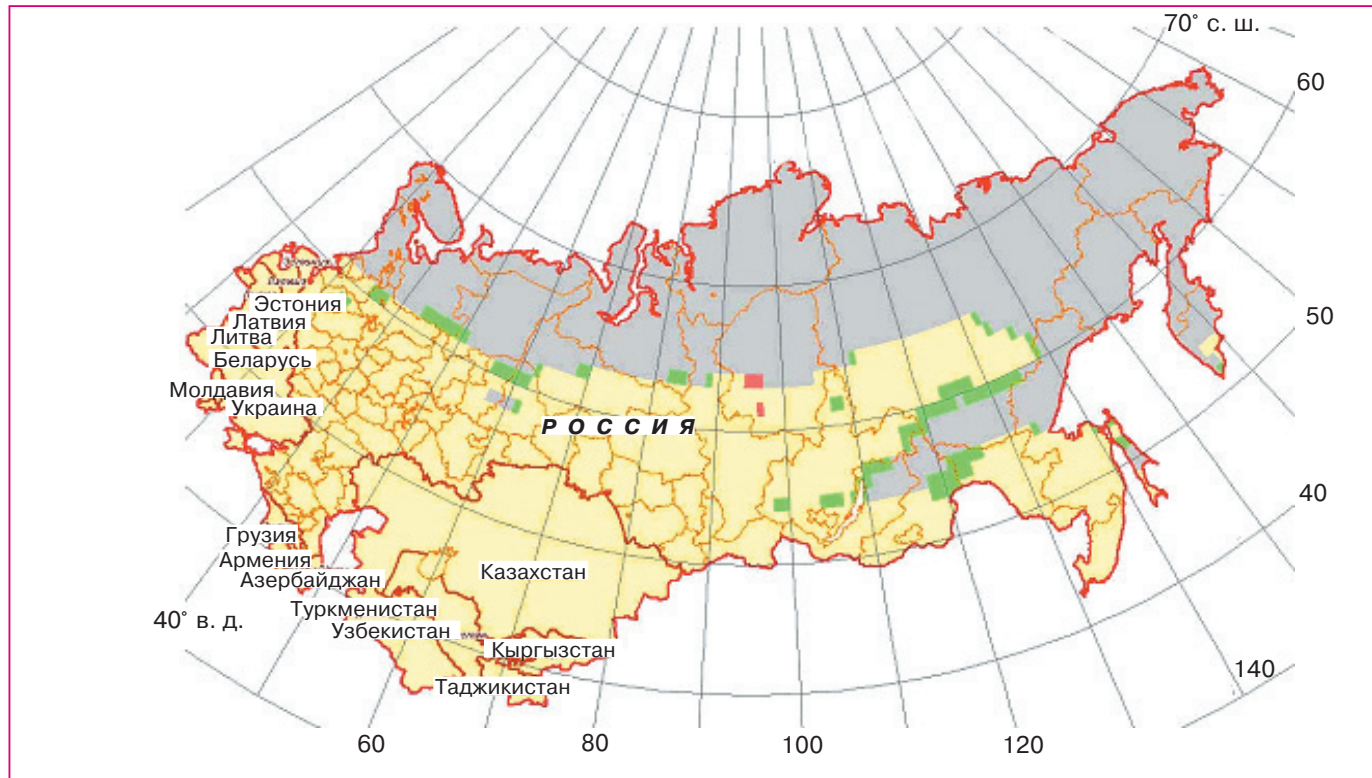
б) предполагалось, что в 1996–2025 гг. по сравнению с 1966–1995 гг. воздействие изменения климата на воспроизводство возбудителя малярии человека в организме переносчика изменится так же, как оно менялось в 1966–1995 гг. по сравнению с 1936–1965 гг. Таким образом, рассматрива-

### 3. ОЖИДАЕМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ И ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ В XXI В.



**Рис. 3.5.1.** Расширение *T*-ареала возбудителя трехдневной малярии *P. vivax* за период 1996–2025 гг. при увеличении температуры на 1 (а) и 2°С (б) по сравнению с нормой 1966–1995 гг. и сохранении характера естественной изменчивости температуры. Точка в оба периода времени не входила в ареал — серый цвет; точка не входила в ареал в 1966–1995 гг., а в 1996–2025 гг. вошла — красный цвет; точка входила в ареал в оба периода — желтый цвет.

### 3. ОЖИДАЕМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ И ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ В XXI В.



**Рис. 3.5.2.** Перспективная оценка изменения  $T$ -ареала  $P. vivax$  в 1996–2025 гг. по сравнению с 1966–1995 гг.: точка в оба периода времени не входила в ареал — серый цвет; точка входила в ареал в 1966–1995 гг., а в 1996–2025 гг. не вошла — зеленый цвет; точка не входила в ареал в 1966–1995 гг., а в 1996–2025 гг. вошла — красный цвет; точка входила в ареал в оба периода времени — желтый цвет.

ется разновидность инерционного сценария. При построении перспективной оценки  $T$ -ареала трехдневной малярии использовался прикладной климатический индекс — сумма эффективных температур (см. раздел 2.1.5). Результаты такой перспективной оценки представлены на рис. 3.5.2.

Представленные на рис. 3.5.2 изменения ареала можно охарактеризовать следующим образом: произошло сокращение ареала вдоль северной и восточной его границ; незначительное расширение ареала в центральной части Средней Сибири (Ясюкевич, Гельвер, 2003а, 2003б; Ясюкевич, 2004).

Из сравнения рис. 3.5.1 и рис. 3.5.2 видно, что предположения  $a$  и  $b$ , приводят к совершенно разным выводам о возможном движении северной и восточной границ  $T$ -ареала трехдневной малярии. Это связано с тем, что в рамках предположения  $a$  меняются лишь средние значения температуры, а предположение  $b$  неявно учитывает как изменение средней температуры, так и изменение характера годового хода среднесуточной температуры. Перспективные оценки, получаемые в рамках предположения  $b$  — экстраполяционные, а закономерности изменения температуры в XX веке указывают на одновременное изменение и средних значений температуры, и характеристик го-

дового хода (см. раздел 2.5). В этом плане предположение  $b$  следует признать более реалистичным для получения перспективных оценок.

На основании инерционного сценария (предположение  $b$ ) можно сделать заключение, что эпидемиологическая ситуация по малярии на территории России, по крайней мере до 2025 г., под воздействием только климатических факторов ухудшаться не будет (Семенов и др., 2006).

#### 3.5.5. Литература

- Авалиани С. Л., Буштуева К. А., Голуб А. А., 2004.** Медико-демографическая оценка выгод от снижения выбросов парниковых газов, в кн.: Изменение климата и здоровье России в XXI веке. Сборник материалов международного семинара (5–6 апреля 2004 г.), под ред. Н. Ф. Измерова, Б. А. Ревича, Э. И. Коренберга, М., Издательское товарищество “АдамантЪ”, с. 185–194.
- 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.), под ред. Н. Ф. Измерова

- ва, Б. А. Ревича, Э. И. Коренберга, 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.
- Бернштейн А. Д., Алекина 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.), под ред. Н. Ф. Измерова, Б. А. Ревича, Э. И. Коренберга, М., Издательское товарищество “АдамантЪ”, с. 105–113.
- Безр С. А., Эльпинер Л. И., 2004.** Паразитарные системы и заболеваемость паразитами в связи с изменением климата, в кн.: Изменение климата и здоровье России в XXI веке. Сборник материалов международного семинара (5–6 апреля 2004 г.), под ред. Н. Ф. Измерова, Б. А. Ревича, Э. И. Коренберга, М., Издательское товарищество “АдамантЪ”, с. 157–166.
- Вартанова О. В., 1998.** Методические подходы к оценке надежности и экологической безопасности промышленных трубопроводов, Нефтяное хозяйство, № 11, с. 47–48.
- Государственный доклад “О санитарно-эпидемиологической обстановке в Российской Федерации в 2004 году”, 2005.** М., Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 269 с.
- 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.), под ред. Н. Ф. Измерова, Б. А. Ревича, Э. И. Коренберга, М., Издательское товарищество “АдамантЪ”, с. 54–67.
- Литвин Ю. В., Гинцбург А. Л., Пушкарева В. И., Романова В. М., Боев Б. В., 1998.** Экологические аспекты экологии бактерий, М., Фармус-принт, 256 с.
- Население России, 2001. Девятый ежегодный демографический доклад, 2002.** Под ред. А. Г. Вишневого, М., Книжный дом “Университет”, 216 с.
- Николаев Н. Н., 1999.** Основные причины возникновения аварийных отказов на магистральных трубопроводах, Нефть и газ, Известия вузов, Тюменский государственный университет, № 2, с. 77–81.
- 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, в кн.: Изменение климата и здоровье России в XXI веке. Сборник материалов международного семинара (5–6 апреля 2004 г.), под ред. Н. Ф. Измерова, Б. А. Ревича, Э. И. Коренберга, М., Издательское товарищество “АдамантЪ”, с. 113–121.
- Платонова Л. В., Михеев В. Н., Локтев В. Б., Кононова Ю. В., Шестопапов А. М., Дупал Т. А., 2006.** О первых результатах эпидемиологического мониторинга лихорадки Западного Нила в Новосибирской области, Новосибирск, Сибирь-Восток, № 3, с. 45–48.
- Ревич Б. А., Малеев В. В., 2003.** Потепление климата — возможные последствия для здоровья населения, в кн.: Климатические изменения: взгляд из России, М., ТЕИС, с. 99–137.
- Ревич Б. А., Шапошников Д. А., 2004.** Высокие температуры воздуха в городах — реальная угроза здоровью населения, в кн.: Изменение климата и здоровье России в XXI веке. Сборник материалов международного семинара (5–6 апреля 2004 г.), под ред. Н. Ф. Измерова, Б. А. Ревича, Э. И. Коренберга, М., Издательское товарищество “АдамантЪ”, с. 175–184.
- Ревич Б. А., Шапошников Д. А., 2006.** Климатические условия, качество атмосферного воздуха и смертность населения Москвы в 2000–2006 годах, в кн.: Климат, качество атмосферного воздуха и здоровье москвичей, под ред. Б. А. Ревича, М., Издательское товарищество “АдамантЪ”, с. 102–140.
- Семенов С. М., Ясюкевич В. В., Гельвер Е. С., 2006.** Выявление климатогенных изменений, М., Метеорология и гидрология, 324 с.
- 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, в кн.: Изменение климата и здоровье России в XXI веке. Сборник материалов международного семинара (5–6 апреля 2004 г.), под ред. Н. Ф. Измерова, Б. А. Ревича, Э. И. Коренберга, М., Издательское товарищество “АдамантЪ”, с. 143–147.
- Хайнес А., Коватс Р. С., Кемпбелл-Лендрум Д., Корвалан К., 2004.** Изменение климата и здоровье человека — воздействия, уязвимость и адаптация, Труды Всемирной конференции по изменению климата, Москва, 29 сентября — 3 октября 2003 г., М., Новости, с. 307–322.
- Ясюкевич В. В., 2004.** Прогноз распространения малярии на территории России в первой четверти XXI века, Медицинская паразитология и паразитарные болезни, № 2, с. 31–33.

### 3. ОЖИДАЕМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ И ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ В XXI В.

- Ясюкевич В. В., Гельвер Е. С., 2003а.** Потенциальный ареал малярии на территории России, определяемый фактором температуры: современные изменения, в кн.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, т. 19, СПб, Гидрометеиздат, с. 217–236.
- Ясюкевич В. В., Гельвер Е. С., 2003б.** Возможные климатогенные изменения ареала малярии на территории России, Тезисы докладов Всемирной конференции по изменению климата, Москва, Россия, 29 сентября — 3 октября 2003 г., М., ИГКЭ, с. 564.
- Climate Change 1995, 1996.** Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change. Scientific and Technical Analysis. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change, Watson R. T., Zinyowera M. C., and Moss R. H. (eds.), Cambridge University Press, 879 p.
- 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.
- Climate Change 2007, 2007a.** The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, <http://www.ipcc.ch/>.
- 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, UK, Cambridge University Press, 976 p.
- Lieshout van M., Kovats R. S., Livermore M. T. J., and Martens P., 2004.** Climate change and malaria: Analysis of the SRES climate and socio-economic scenarios, Global Environmental Change, vol. 14, pp. 87–99.
- Martens P., Kovats R. S., Nijhof S., de Vries P., Livermore M. T. J., Bradley D. J., Cox J., and McMichael A. J., 1999.** Climate change and future populations at risk of malaria, Global Environmental Change, vol. 9, pp. 89–107.
- Weller G. and Lange M. (eds.), 1999.** Impacts of Global Climate Change in the Arctic Regions, Report from a Workshop on the Impacts of Global Change, Center for Global Change and Arctic System Research, University of Alaska, Fairbanks, Tromse, Norway, 59 p.

#### 3.6. ПРИРОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ СУШИ

*Ведущие авторы:* Е. А. Ваганов, А. Н. Золотокрылин, А. В. Пчелкин

*Авторы:* А. А. Величко, М. В. Гаврило, А. А. Минин, Е. И. Парфенова, А. А. Романовская, Н. М. Чебакова

*Редактор-рецензент:* А. В. Голубев

##### 3.6.1. Вводные замечания

В долговременном плане климат является одним из основных факторов, формирующих экосистему, т. е. определяющих видовой состав, согласованность процессов в разных звеньях, потоки вещества и энергии. Реакции биологических систем на изменение климата существенно зависят от масштаба времени.

Изменение значений гидрометеорологических величин в масштабах часов, суток и более оказывает немедленное влияние на физиологические процессы, происходящие в живых организмах, на их обмен веществом и энергией с внешней абиотической и биотической средой, в частности на процессы фотосинтеза и образования биологической продукции.

Годовой ход гидрометеорологических величин оказывает непосредственное воздействие на фенологические события в жизни растений и животных. Его изменения в масштабах года, десятиле-

тия и более приводят к сдвигам сроков фенологических явлений. В этих же временных масштабах изменчивость климата приводит к изменению численности популяций.

За десятилетие и большие периоды времени возможны изменения видовой структуры природных экосистем и порядка доминирования видов. Вначале климатогенные изменения структуры природных экосистем будут происходить в данной точке на уровне особей и популяций и сказываться в первую очередь на видовом составе экосистем, численности популяций и доминировании видов. При этом, поскольку продолжительность поколений у разных видов разная и неодинакова эффективность автономных адаптаций, существует вероятность рассогласования межвидовых взаимодействий, выработанных в ходе коэволюции. Впоследствии начнутся направленные миграционные процессы. Они могут иметь как активный, адаптивный характер, так и пассивный — особи, ранее погибавшие при попадании в “чужую” экосистему или потомство которых не выдерживало конкуренции с ее коренными обитателями, в условиях изменившегося климата успешно укореняются. Вследствие этого, в частности, происходит климатогенное движение границ биомов в масштабе столетия и далее. В ходе этих процессов могут исчезать виды, имеющие ограниченные воз-