

### 2.4. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

*Ведущий автор: И. А. Шикломанов*

*Авторы: И. И. Борзенкова, В. Ю. Георгиевский,  
П. А. Колосов, Н. А. Сперанская*

*Редактор-рецензент: Н. И. Коронкевич*

#### 2.4.1. Вводные замечания: климатические предпосылки изменений в водном балансе

Анализ фактических данных как за период инструментальных наблюдений, так и за прошлые эпохи свидетельствует о том, что изменения климата существенно влияют на гидрологический цикл. Изменения атмосферных осадков, снежного покрова, а также состояния горных ледников имеют определяющее значение для формирования поверхностного речного стока, для водных ресурсов.

Все модели климата предполагают, что увеличение средней глобальной температуры воздуха в приповерхностном слое атмосферы приводит к увеличению глобальной суммы осадков главным образом в результате увеличения испарения с поверхности океана. Известно, что связь между этими параметрами — температурой и количеством осадков — нелинейна, причем нелинейность начинает проявляться при повышении средней глобальной температуры на 1°C и более по отношению к доиндустриальному уровню (Будыко, Дроздов, 1976; Антропогенные изменения климата, 1987; Борзенкова, 1992; Борзенкова, Лемешко, 2006). Это может иметь существенное значение в случае дальнейшего развития глобального потепления, о чем свидетельствуют практически все модельные расчеты (Climate Change 2001, 2001a, 2001b; Allen and Ingram, 2002; Milly et al., 2002; Palmer and Ratsanen, 2002).

Судя по некоторым оценкам (Schlesinger, 1984; Climate Change 2001, 2001a, 2001b), повышение средней глобальной температуры на 1°C приводит к увеличению глобальной суммы осадков на 1,6–2,6%, или на 20–30 мм/год в абсолютных единицах. При дальнейшем повышении глобальной температуры, как показали оценки, сделанные в работах (Milly et al., 2002; Palmer and Ratsanen, 2002), риск экстремально большого количества осадков в отдельных регионах может существенно возрасти. Некоторые изменения в характере выпадения осадков в последние годы, в частности повышение доли ливневых осадков и увеличение экстремальных осадков в Центральной Европе и в азиатской части России, возможно, являются определенным симптомом изменений в характере увлажнения этих регионов (Groisman et al., 2005).

Анализ данных об изменении температуры воздуха за последние 25–30 лет XX века свидетельствует о том, что этот период был не только самым теплым, но и самым влажным за все время инструментальных наблюдений (Борзенкова, 1999). Высокий уровень увлажнения в Северном полушарии обеспечивался в основном за счет районов, расположенных севернее 50° с. ш. Наряду с общим увеличением годовых сумм осадков существенные изменения отмечаются как в сезонном распределении, так и в изменении типа осадков. За последние 25–30 лет XX века в высоких широтах значительно увеличилась доля жидких осадков в холодное время года. Увеличение количества зимних осадков, выпадающих на верхнюю кромку снега в виде дождя, ускоряет таяние снежного покрова и увеличивает риск наводнений. Такие процессы за последние 50 лет наиболее интенсивно развиваются в северных и северо-западных областях России.

Заметные изменения происходят также с “замерзшими водными ресурсами” — со снежным покровом и горными ледниками.

Анализ спутниковой информации (т. е. данных за последние десятилетия) выявил общую тенденцию к сокращению площади снежного покрова в Северном полушарии примерно со скоростью 0,2% в год (Захаров, 2003; Armstrong and Brodzik, 2004). Данные работ (Китаев и др., 2004; Айзен, Лактионова, 1995; Кренке и др., 2001; Попова, 2004) показали, что и площадь снежного покрова в Северном полушарии, и величина снегозапасов хорошо коррелируют с температурой воздуха зимой.

Данные о площади горного оледенения свидетельствуют о том, что практически во всех широтных зонах Северного полушария происходит деградация горного оледенения (Dyurgerov, 2001; Михаленко и др., 2004; Holmes, 2004; Podlech et al., 2004). Этот процесс имеет определяющее значение для формирования стока рек, имеющих ледниковое и смешанное снежно-ледниковое питание. Так, например, результаты современных полевых исследований и космические снимки показали, что ледники Урала находятся на активной стадии деградации, причем площадь некоторых из них с 1977 по 2001 г. сократилась на 40% (Глазовский и др., 2005). Данные бурения и измерений температуры в скважинах свидетельствуют о сокращении оледенения Тянь-Шаня (Михаленко и др., 2005). Отстают ледники Кавказа (Золотарев и др., 2005), ледники горной части Юго-Восточного Казахстана (Вилесов, Морозова, 2005; Вилесов, Уваров, 2002), ледники Алтая (Нарож-

## 2. ИЗМЕНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ И ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ В XX В.

ный и др., 2005). Подробнее о состоянии ледниковых систем см. разделы 2.7 и 3.7.

### 2.4.2. Изменения стока рек и запасов пресной воды

Оценка влияния современного глобального потепления на водные ресурсы России получена по результатам комплексного анализа годового, сезонного и месячного стока 300 средних (по размеру водосбора) рек с естественным (не нарушенным влиянием хозяйственной деятельности) водным режимом за период не менее 55 лет (Георгиевский, 1996, 2001, 2002, 2005; Шикломанов, Георгиевский, 1995, 2002, 2003, 2004); результаты представлены на рис. 2.4.1–2.4.4 в виде картосхем.

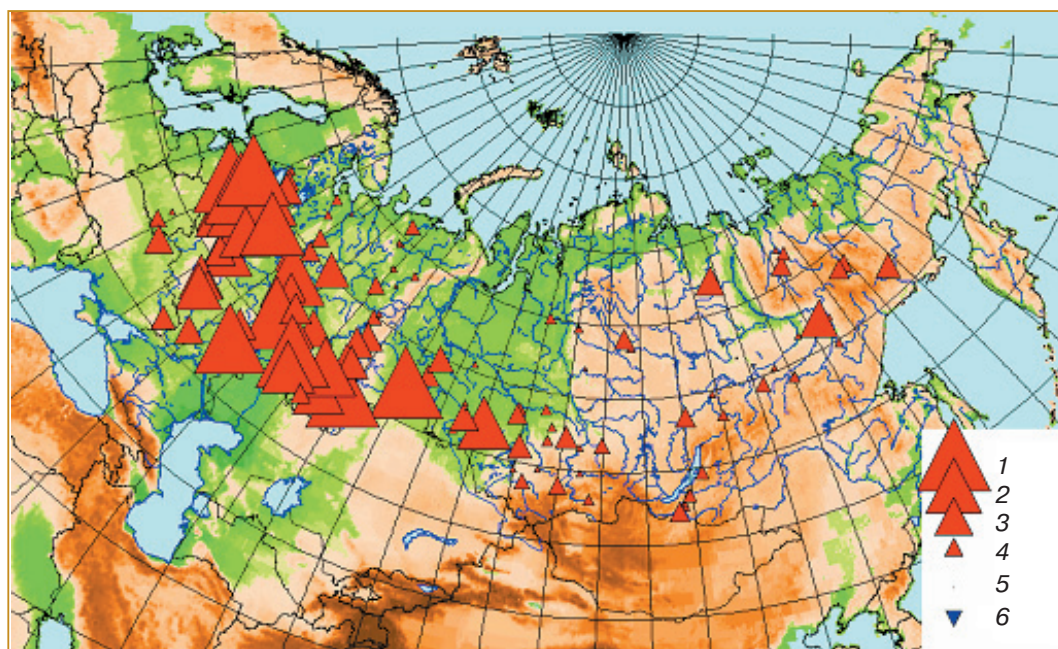
Основными особенностями изменения сезонного стока рек в последние десятилетия были увеличение их водности в зимний период практически на всей территории России, более раннее вскрытие и более позднее образование ледяного покрова (Солдатова, 1996). Наиболее отчетливо увеличение зимнего стока проявилось на ЕТР, от верховьев Северной Двины до низовьев Дона и Волги (рис. 2.4.1).

Как видно на рис. 2.4.1, на ЕТР водность рек в зимний сезон в 1978–2000 гг. увеличилась на 50–100% по сравнению с периодом 1946–1978 гг. (Георгиевский, 1996, 2002, 2005; Георгиевский и др., 1996а, 1996б, 1997). В целом для этой территории отмечаются статистически значимые положительные тренды зимнего стока.

На Азиатской территории России (АТР) статистически значимые положительные тренды зимнего стока отмечаются в бассейне Лены (реки Витим, Олекма, Алдан, Амга) и на левобережных притоках Иртыша и Тобола. В бассейне Лены зимний сток за последние 20–25 лет увеличился на 10–30%, на реках Иртыш и Тобол — на 40–70%.

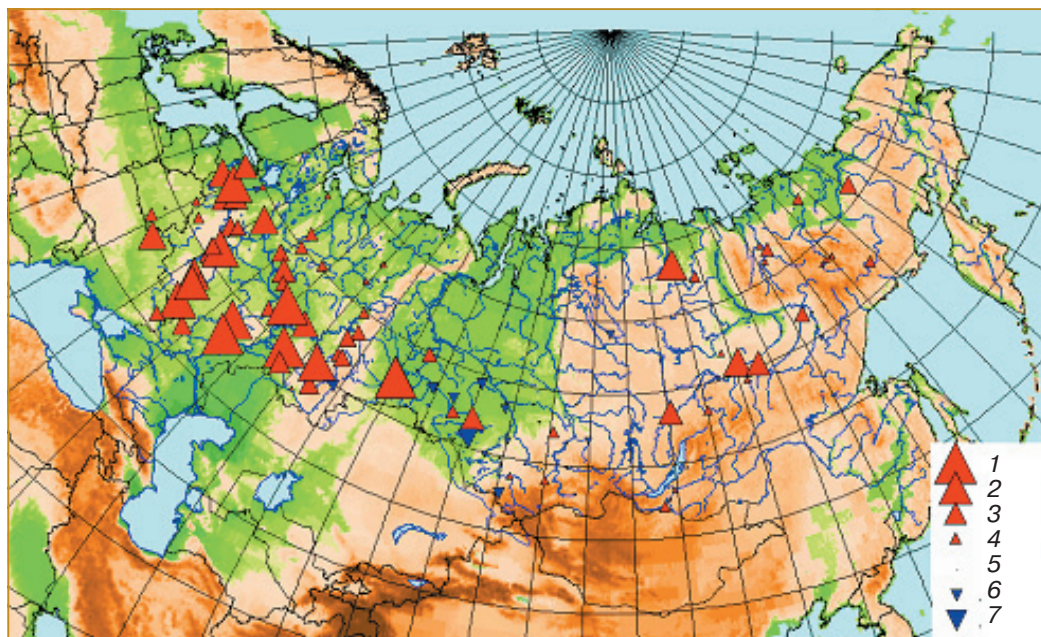
Летне-осенний сток за период с 1978 по 2000 г. (рис. 2.4.2) увеличился также на большей части территории России, причем наиболее отчетливо этот процесс проявился на реках лесостепной и степной зон ЕТР. Можно полагать, что увеличение стока в этих районах могло быть связано с общей тенденцией увеличения летних конвективных (ливневых) осадков во внутриконтинентальных районах, отмеченной ранее в работах (Борзенкова, 1999; Гройсман, 1990). Существенное увеличение летне-осеннего стока наблюдается и для рек, расположенных в лесной зоне ЕТР южнее 60° с. ш., где для большей части рек со средним размером водосбора оно составило 30–50%. Севернее этой зоны для большинства бассейнов также отмечается увеличение стока, но не более чем на 20–25%.

В отличие от зимнего и осенне-летнего стока отмечается некоторое уменьшение весеннего стока рек в ряде регионов России (рис. 2.4.3). Уменьшение весеннего стока за период 1978–2000 гг. в верховьях Волги, в бассейнах рек Ока и Сура составило 10–20%, практически на всех реках бассейна Дона и российской части Днепра — на 10–30%. Напротив, в ряде регионов имело место не-

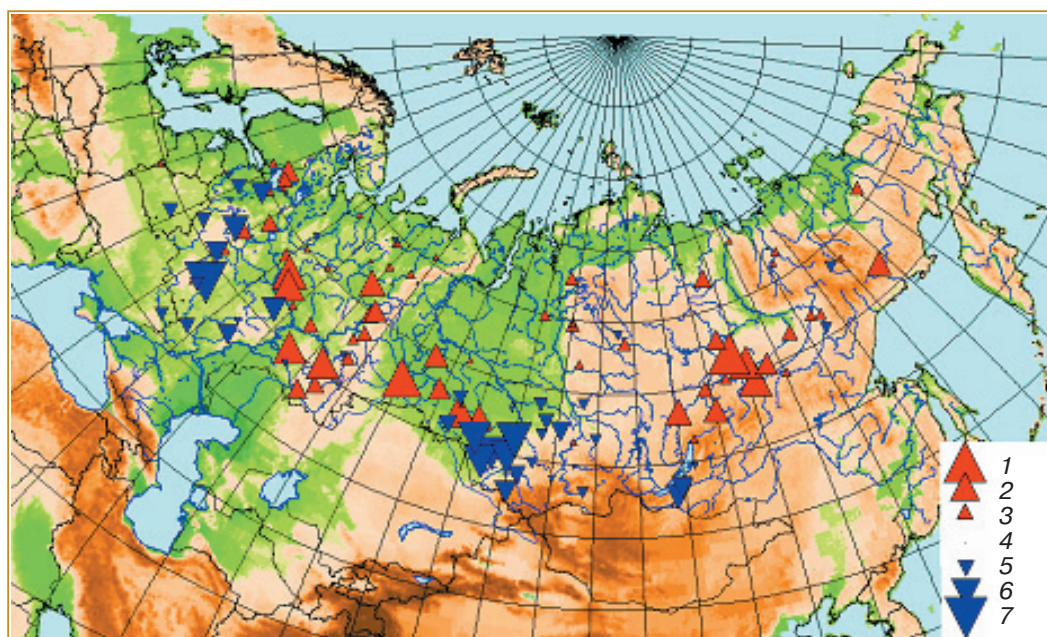


**Рис. 2.4.1.** Картосхема аномалий зимнего стока рек (% нормы 1946–1978 гг.) за период 1978–2000 гг. 1) 100%; 2) 75%; 3) 50%; 4) 25%; 5) 0%; 6) –25%.

## 2. ИЗМЕНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ И ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ В XX В.



**Рис. 2.4.2.** Картограмма аномалий летне-осеннего стока рек (% нормы 1946–1978 гг.) за период 1978–2000 гг. 1) 80%; 2) 60%; 3) 40%; 4) 20%; 5) 0%; 6) –20%; 7) –40%.



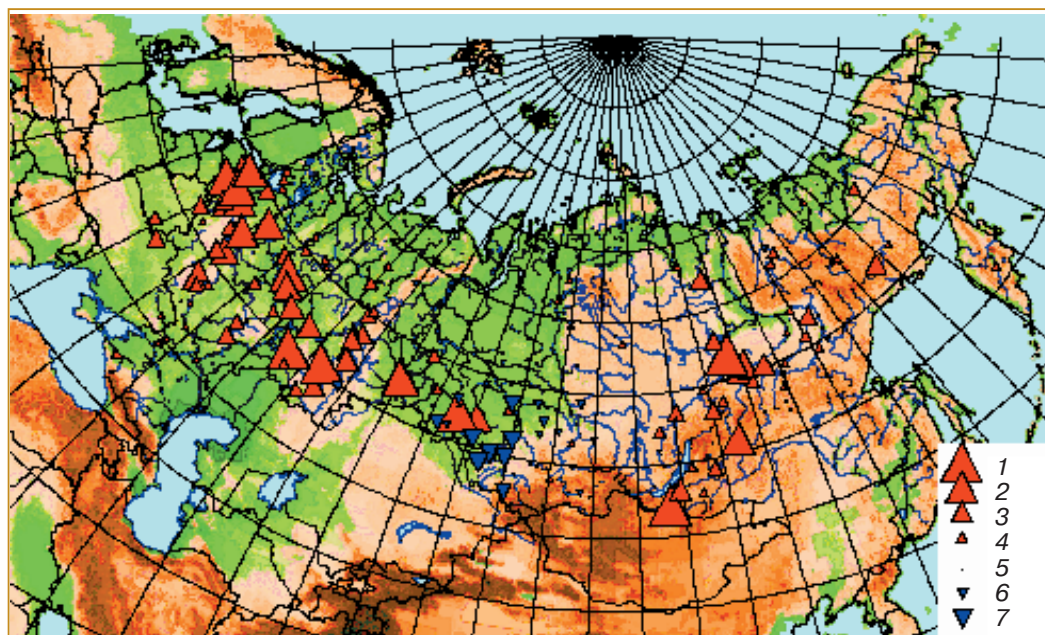
**Рис. 2.4.3.** Картограмма аномалий весеннего стока рек (% нормы 1946–1978 гг.) за период 1978–2000 гг. 1) 30%; 2) 20%; 3) 10%; 4) 0%; 5) –10%; 6) –20%; 7) –30%.

которое увеличение весеннего стока, как, например, в северной части бассейна Волги, на реках Унжа и Ветлуга — на 15–25%, в бассейне Камы — на 5–15%. В то же время заметных изменений стока не обнаружено в южной части ЕТР — в бассейнах рек Кубань, Кума и Терек.

Для АТР увеличение водности в летне-осеннее время наблюдается на тех же реках, где отмеча-

ется увеличение зимнего стока: на левобережных притоках Тобола и Иртыша и в бассейне Лены. За период с 1978 по 2000 г. летне-осенний сток этих бассейнов увеличился на 10–20%. Такая же тенденция отмечается и в бассейнах некоторых рек северо-востока Сибири (реки Оленек, Яна, Индигирка), где увеличение водности в летне-осенний период составило 15–30%.

## 2. ИЗМЕНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ И ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ В XX В.



**Рис. 2.4.4.** Картограмма аномалий годового стока рек (% нормы 1946–1978 гг.) за период 1978–2000 гг. 1) 40%; 2) 30%; 3) 20%; 4) 10%; 5) 0%; 6) –10%; 7) –20%.

Увеличение меженного стока в 1980–1990-е годы обеспечило увеличение водных ресурсов даже в бассейнах рек юго-запада ЕТР, где имело место некоторое уменьшение весеннего половодья. Анализ фактических данных за последние 100 лет позволяет сделать вывод о том, что такая ситуация ранее не наблюдалась, так как и многоводные, и маловодные фазы в бассейнах рек этого региона определялись величиной стока во время весеннего половодья. Этот факт свидетельствует о существенном изменении в последние годы условий формирования стока в результате увеличения подземной и уменьшения поверхностной составляющей, а также о значительном снижении неравномерности внутригодового распределения стока (Георгиевский, 2002, 2005).

В целом за год, как видно на рис. 2.4.4, в последние 20–25 лет повышенная фаза водности отмечается на большей части ЕТР. Самое значительное увеличение годового стока (на 15–40%) имело место в бассейнах рек, расположенных между 56 и 60° с. ш. К ним относятся реки западной части ЕТР, левобережные притоки Волги в ее верхнем и среднем течении, значительная часть бассейна Камы. Особый интерес представляют данные о существенном увеличении стока притоков Волги, расположенных в лесостепной зоне. Увеличение годового стока на 10–15% наблюдается также в верхней части бассейна Северной Двины, в верховьях Днестра и на левобережных притоках Дона.

На остальной части ЕТР изменения годового стока сравнительно невелики (Георгиевский, 2005).

На АТР в 1978–2000 гг. наиболее значительным (на 20–40%) увеличением стока было на реках, сток которых формируется на восточном склоне Уральских гор, в широтном поясе 56–60° с. ш. (левые притоки Тобола и Иртыша). В последнее десятилетие XX века повышение водности наблюдалось на большей части бассейна Лены; годовой сток р. Вилюй в 1990–2000 гг. превысил норму на 25–30% (Шикломанов и др., 2005). Относительно небольшое увеличение годового стока отмечалось в бассейнах рек северо-востока России (реки Анабар, Оленок, Яна, Индигирка).

Существенное уменьшение годового стока на АТР произошло только в одном регионе — в бассейне Верхней Оби, где оно составило от 5 до 20%. Незначительное уменьшение годового стока (в пределах 5%) отмечается в бассейне Верхнего Енисея (Георгиевский, 2005; Шикломанов, 1994; Шикломанов, Георгиевский, 1995, 2002, 2003).

Основной причиной увеличения годового стока рек на территории России является непосредственно увеличение зимних осадков, особенно в северной части умеренных широт и на Арктическом побережье. Увеличение водности в осенне-летний период в лесостепной и степной зонах может быть связано с увеличением повторяемости конвективных осадков и увеличением в них доли ливневых дождей.

Другой причиной увеличения водности, особенно в зимний период, на большей части территории России является повышение температуры зимой и увеличение повторяемости зимних оттепелей, что влечет за собой уменьшение глубины промерзания почвы. В результате этих процессов значительно увеличивается влажность деятельного слоя почвы, усиливается питание подземных вод и происходит повышение их уровня, которое уже к началу 1990-х годов достигло 50–130 см (Georgievsky et al., 1995, 1998).

Если анализировать крупные реки России отдельно, то на них также отмечается увеличение годового стока, в частности наблюдается заметный положительный тренд в стоке крупных рек, впадающих в Северный Ледовитый океан. Следствием этих процессов может быть распреснение верхнего слоя океанической воды и, возможно, некоторое повышение температуры поверхностных вод. Так, увеличение годового стока Енисея на 8% привело к тому, что за последние 20–25 лет в Северный Ледовитый океан поступает на 44 км<sup>3</sup>/год больше пресной воды по сравнению с ее поступлением в середине XX века. В значительной степени с распреснением верхнего слоя Северного Ледовитого океана связан и процесс уменьшения солености поверхностных вод в Северной Атлантике, наиболее сильно выраженный за последние 40 лет (Шикломанов, Шикломанов, 2003; Dickenson et al., 2002; Peterson et al., 2002).

По данным работ (Шикломанов, Шикломанов, 2003; Peterson et al., 2002), суммарный годовой сток шести крупнейших рек Евразии, впадающих в Северный Ледовитый океан (Енисей, Обь, Лена, Колыма, Северная Двина, Печора), с 1936 по 2002 г. имеет достаточно четко выраженную тенденцию к увеличению, что соответствует повышению глобальной температуры воздуха и изменению циркуляционного режима в северной части Атлантического океана (индекс североатлантического колебания, NAO). По оценкам работы (Шикломанов, Шикломанов, 2003), за последние 12 лет Северный Ледовитый океан получил дополнительно 2500 км<sup>3</sup> воды, в том числе 1500 км<sup>3</sup> с территории России.

Из крупных рек России, в бассейне которых отмечается уменьшение водности, можно выделить Амур (бассейн Тихого океана); средний годовой сток в бассейне Амура с 1991 по 2000 г. уменьшился на 3%.

Несмотря на то, что в большинстве бассейнов крупных рек России наблюдаются положительные тренды годового стока, рассматривать этот процесс как монотонный и экстраполировать его на будущее не представляется возможным. Увеличение стока рек России можно интерпретировать как следствие повышения глобальной температу-

ры и некоторого увеличения количества осадков, особенно в высоких широтах, что хорошо согласуется с изменением циркуляционного индекса североатлантического колебания.

Положительный тренд средних годовых температур воздуха и особенно рост зимних температур на этом фоне оказали значительное влияние не только на водность рек России, но и на изменение запасов пресной воды, на судоходность и ледовый режим крупных озер и внутренних водоемов России (см. также раздел 3.4). Уровень Каспийского моря как индикатора увлажненности обширной территории, резкое повышение которого в 1978–1995 гг. не имеет аналогов за весь период инструментальных наблюдений (с 1837 г.), является объектом пристального изучения многих исследователей (Арпе и др., 2002; Борзенкова, Лемешко, 2005; Георгиевский, 2005; Мещерская и др., 2002; Шикломанов и др., 2003). Более подробная информация о колебаниях уровня этого водоема приведена в разделах 2.9 и 3.9.

Огромные запасы пресной воды сосредоточены в таких крупных озерах России, как, например, Ладога, Онега и Ильмень, которые служат не только источником питьевой воды для огромной территории, включающей город Санкт-Петербург и его окрестности, но также имеют большое народно-хозяйственное значение для судоходства и рыбного хозяйства России. Изменения климата оказывают существенное влияние на уровень этих и других крупных водоемов России и соседних стран — Байкала, Каспия, Арала (Бабкин, 1998; Гронская, Лемешко, 2004; Вуглинский и др., 2002; Кондратьев, Бобыкин, 2003).

### 2.4.3. Испарение

Исследования, проведенные в ГГИ и ИГКЭ (Голубев и др., 2002, 2003; Колосов, Минин, 1992) с использованием различных методических подходов, показали практически повсеместное уменьшение испарения на ЕТР и АТР одновременно с его увеличением на территории Казахстана и Средней Азии за период с 1949 по 1990 г.

Географическое распределение знаков трендов испаряемости в 1950–1990 гг. (см. рис. 2.4.5) сходно с ранее полученными оценками знаков нормированных аномалий испаряемости в ИГКЭ (Колосов, Минин, 1992) и с результатами, полученными исследователями ГГИ (Голубев и др., 2002, 2003) для Европейской территории России. Здесь приводится обобщающая оба исследования картосхема, наглядно иллюстрирующая основной климатический вывод об уменьшении испаряемости за период наблюдений на ЕТР и севере АТР.

Отрицательные тренды испаряемости характерны для всей Европейской территории России,

## 2. ИЗМЕНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ И ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ В XX В.



**Рис. 2.4.5.** Тренды испаряемости в 1950–1990 гг. на территории стран СНГ и Балтии. Голубым цветом выделена область отрицательных трендов, на остальной территории тренды положительные или отсутствуют.

Балтии и Кавказа, а также для всего севера (от 60° с. ш.) Западной и Восточной Сибири. В Средней Азии, на юге Сибири, в Приморье и на Камчатке тренды испаряемости положительные.

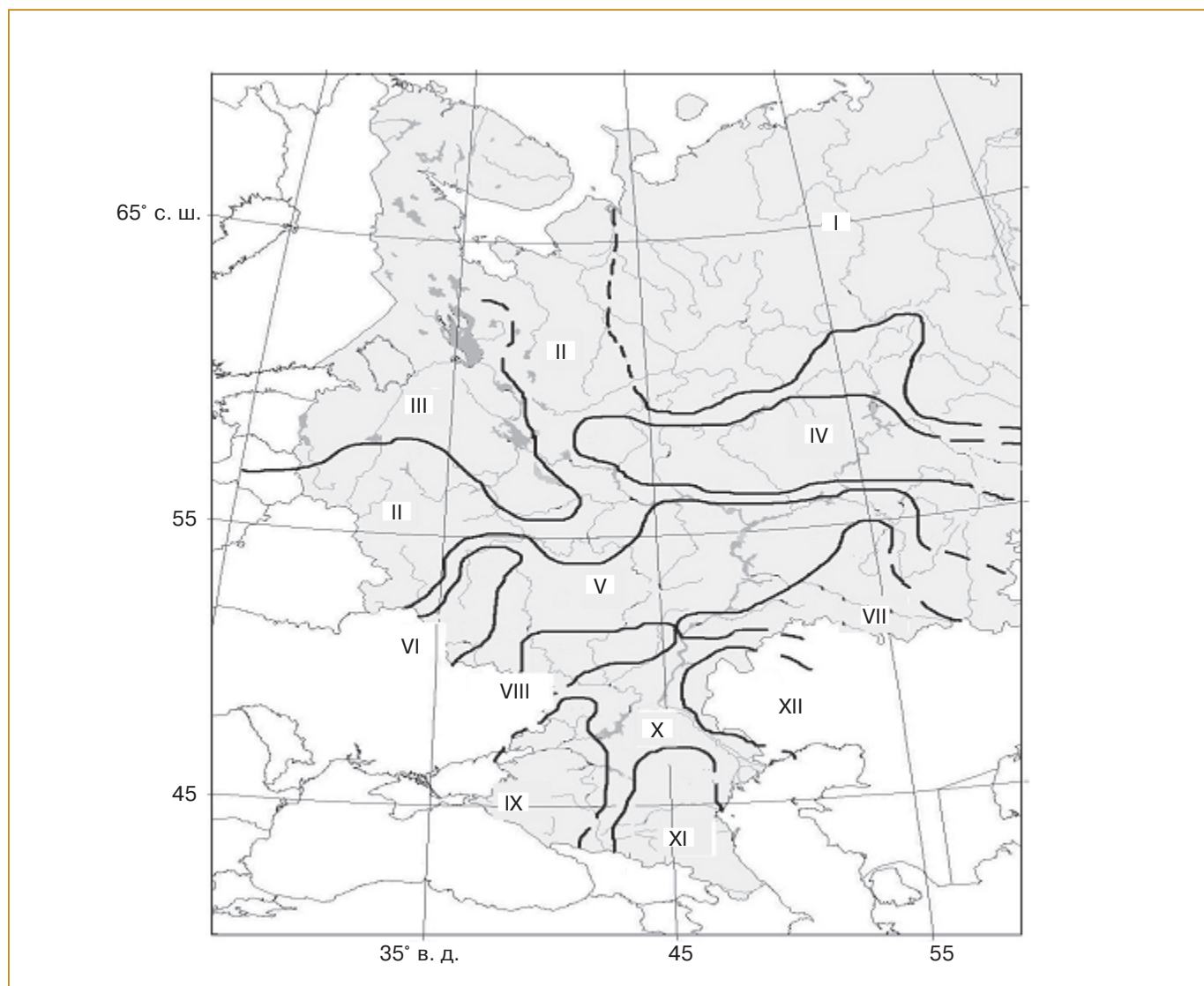
Следует отметить, что по мере продвижения к югу на ЕТР интенсивность направленных изменений испаряемости растет и в зоне сухих степей составляет в среднем 50–60 мм за 40 лет. При этом величина трендов в лесной зоне невелика, а в зоне лесостепей интенсивность изменения испаряемости достаточно резко увеличивается.

Анализ многолетних значений испарения с поверхности воды за теплый период (апрель – сентябрь) в разных природных областях показал, что величины испаряемости подчиняются определенной зональности, закономерно увеличиваясь с севера ЕТР к югу от 450–550 до 900–1000 мм и более (на отдельных станциях) в зоне сухих степей. При этом на ЕТР выделяются 12 районов с однотипными межгодовыми колебаниями испаряемости (рис. 2.4.6). Так, в зоне тайги и смешанных лесов наибольшая испаряемость отмечается на северо-западе ЕТР (районы II, III). На границе зоны лиственных лесов и лесостепей происходит резкое увели-

чение испаряемости, величина которой практически зонально растет к зоне сухих степей Заволжья, слегка уменьшаясь на юго-западе ЕТР (районы VI, VIII).

В этом же направлении возрастает и изменчивость испаряемости (коэффициент вариации  $C_v$  от 0,04 до 0,13). Однако в каждом районе она имеет свои особенности. В зоне лесов максимальная амплитуда (до 34 мм) отмечается в I районе. В лесостепной зоне (район V) амплитуда колебаний испаряемости резко увеличивается (до 53 мм) и продолжает расти по направлению к сухим степям Заволжья.

Такая же картина наблюдается и для аномалий испаряемости. В лесной зоне максимальные аномалии отмечаются на северо-востоке ЕТР (бассейн Северной Двины). На границе зоны лесов и лесостепей аномалии увеличиваются практически вдвое. Южнее изменчивость испаряемости в западной и восточной частях степной зоны различается довольно значительно. Аномалии испаряемости в районах VI, VIII, IX примерно в 1,5 раза меньше, чем в районах VII, X–XII.



**Рис. 2.4.6.** Схема расположения районов с однотипными изменениями испаряемости на ЕТР (Голубев и др., 2002, 2003; Сперанская, Цыценко, 2007).

Однако для всех районов отмечается одна общая особенность изменчивости — с середины 1980-х годов амплитуда колебаний испаряемости уменьшается по сравнению с предыдущим периодом. По-видимому, это явление может быть объяснено уменьшением скорости ветра и ростом влажности воздуха, отмечаемыми практически на всей ЕТР.

Следует, однако, отметить, что изменения испарения с открытой водной поверхности за последние 15 лет могут несколько изменить величины полученных оценок, но выявленные тенденции вряд ли изменятся на противоположные.

### 2.4.4. Литература

Айзен В. П., Лактионова Е. М., 1995. Снежный покров, ледники и озера Центральной Азии

как индикаторы климатических изменений, *Материалы гляциологических исследований*, вып. 79, с. 76–83.

**Антропогенные изменения климата, 1987.** Под ред. М. И. Будыко, Ю. А. Израэля, Л., Гидрометеоздат, 406 с.

**Арпе К., Спорышев П. В., Семенов В. А., Бенгтссон Л., Голицын Г. С., Елисеев А. В., Мелешко В. П., Мешерская А. В., Мохов И. И., 2002.** Исследование причин колебаний уровня Каспийского моря с помощью моделей общей циркуляции атмосферы, в сб.: *Изменения климата и их последствия*, СПб, Наука, с. 165–179.

**Бабкин А. В., 1998.** Исследования изменений состояния Аральского моря при колебаниях притока вод, *Метеорология и гидрология*, № 6, с. 103–110.

**Борзенкова И. И., 1992.** Изменение климата в кайнозойе, СПб, Гидрометеоздат, 247 с.

## 2. ИЗМЕНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ И ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ В XX В.

- Борзенкова И. И., 1999.** О природных индикаторах современного глобального потепления, Метеорология и гидрология, № 5, с. 99–110.
- Борзенкова И. И., Лемешко Н. А., 2005.** Водный баланс бассейна Волги в начале XXI века (на основе палеоклиматических сценариев), Метеорология и гидрология, № 7, с. 52–60.
- Борзенкова И. И., Лемешко Н. А., 2006.** Особенности увлажнения крупных регионов Северного полушария при глобальных потеплениях и похолоданиях в прошлом и в современную эпоху на примере Арал-Каспийского региона, Расширенные тезисы Международной конференции “Экстремальные гидрологические события в Арало-Каспийском регионе”, М., Национальный геофизический комитет, с. 2–7.
- Будыко М. И., Дроздов О. А., 1976.** О причинах изменений влагооборота, Водные ресурсы, № 6, с. 35–44.
- Вилесов Е. Н., Морозова В. Н., 2005.** Деградация оледенения гор южной Джунгарии во второй половине XX века, Материалы гляциологических исследований, вып. 98, с. 201–206.
- Вилесов Е. Н., Уваров В. Н., 2002.** Эволюция современного оледенения Заилийского Алатау в XX веке, Алматы, 233 с.
- Вуглинский В. С., Гронская Т. П., Литова Т. Э., 2002.** Многолетние характеристики притока воды, ледовых явлений и толщины льда крупнейших озер и водохранилищ России, СПб, Гидрометеиздат, 48 с.
- Георгиевский В. Ю., 1996.** Оценка влияния возможных изменений климата на гидрологический режим и водные ресурсы рек на территории бывшего СССР, Метеорология и гидрология, № 11, с. 89–99.
- Георгиевский В. Ю., 2001.** О влиянии глобального потепления на сток крупных рек России, в сб.: Научно-промышленный форум “Великие реки 2001”, Генеральные доклады, Нижний Новгород, ИНГАСУ, с. 90–91.
- Георгиевский В. Ю., 2002.** Влияние антропогенных изменений климата на гидрологический режим и водные ресурсы, в сб.: Изменения климата и их последствия, СПб, Наука, с. 152–164.
- Георгиевский В. Ю., 2005.** Изменение стока рек России и водного баланса Каспийского моря под влиянием хозяйственной деятельности и глобального потепления. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора географических наук, СПб, ГГИ, 39 с.
- Георгиевский В. Ю., Ежов А. В., Шалыгин А. Л., 1997.** Оценка изменений стока рек под влиянием хозяйственной деятельности и глобального потепления климата, в сб.: Доклады международного симпозиума “Расчеты речного стока”, ЮНЕСКО, с. 75–81.
- 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, в сб.: Материалы научно-технической конференции “Водные ресурсы и устойчивое развитие экономики Беларуси”, Минск, т. 1, с. 21–23.
- Глазовский А. Ф., Носенко Г. А., Цветков Д. Г., 2005.** Ледники Урала: современное состояние и перспектива эволюции, Материалы гляциологических исследований, вып. 98, с. 207–213.
- Голубев В. С., Сперанская Н. А., Цыценко К. В., 2002.** К оценке суммарного испарения в бассейне Волги по данным режимных наблюдений на сети водно- и почвенно-испарительных станций, Метеорология и гидрология, № 4, с. 74–84.
- Голубев В. С., Сперанская Н. А., Цыценко К. В., 2003.** Суммарное испарение в бассейне Волги и его изменчивость, Метеорология и гидрология, № 7, с. 89–98.
- Гройсман П. Я., 1990.** Современные изменения атмосферных процессов Северного полушария, Известия АН СССР, сер. геогр., № 3, с. 20–30.
- Гронская Т. П., Лемешко Н. А., 2004.** Гидрологический режим крупнейших озер России при современных изменениях климата, Тезисы докладов VI Всесоюзного гидрологического съезда, секция 3, с. 238–239.
- Захаров В. Ф., 2003.** Изменение в распространении морских арктических льдов в XX веке, Метеорология и гидрология, № 5, с. 75–86.
- Золотарев Е. А., Алейников А. А., Харьковец Е. Г., 2005.** Сокращение оледенения Эльбруса в XX столетии, Материалы гляциологических исследований, вып. 98, с. 162–166.
- Китаев Л. М., Кренке А. Н., Титкова Т. Б., 2004.** Климатические условия пределов нарастания снежности на севере Евразии, Материалы гляциологических исследований, вып. 97, с. 117–122.
- Колосов П. А., Минин А. А., 1992.** Тенденции изменений параметров климата и продуктивности растительности на территории СССР за последние 40 лет, в кн.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, Л., Гидрометеиздат, т. 14, с. 31–40.
- Кондратьев С. А., Бобыкин И. В., 2003.** Влияние возможных климатических изменений на гидрологический режим системы водосбор – озеро, Метеорология и гидрология, № 10, с. 86–96.
- Кренке А. М., Китаев Л. М., Турков Д. В., 2001.** Климатическая роль изменений снежного покрова в период потепления, Известия РАН, сер. геогр., с. 44–51.



- Мещерская А. В., Голод М. П., Белянкина И. Г., 2002.** Колебания уровня Каспийского моря в связи с особенностями общей циркуляции атмосферы в XX веке, в сб.: Изменения климата и их последствия, СПб, Наука, с. 180–204.
- Михаленко В. Н., Архипов С. М., Кутузов С. С., 2004.** Деградация горного оледенения в тропических и умеренных широтах в период глобального потепления, Известия РАН, сер. геогр., № 4, с. 39–41.
- Михаленко В. Н., Кутузов С. С., Файзрахманов Ф. Ф. и др., 2005.** Сокращение оледенения Тянь-Шаня в XIX — начале XXI века: результаты ядерного бурения и изменения температуры в скважинах, Материалы гляциологических исследований, вып. 98, с. 173–182.
- Нарожный Ю. К., Паромов В. В., Шантыкова Д. Н., 2005.** Возможные изменения режима ледников и климата высокогорья Алтая до 2010 года, Материалы гляциологических исследований, вып. 98, с. 220–224.
- Попова В. В., 2004.** Многолетняя изменчивость толщины снежного покрова и колебания речного стока в Северной Евразии, Материалы гляциологических исследований, вып. 97, с. 109–116.
- Солдатова И. И., 1996.** О сроках ледовых явлений на реках в условиях современного климата, Метеорология и гидрология, № 4, с. 87–94.
- Сперанская Н. А., Цыценко К. В., 2008.** Суммарное испарение в бассейне Дона и его изменчивость, Метеорология и гидрология, № 5.
- 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, с. 250.
- Шикломанов И. А., Георгиевский В. Ю., 2004.** Изменение стока рек России при глобальном потеплении климата, Тезисы докладов VI Всероссийского гидрологического съезда, Санкт-Петербург, 28 сентября — 1 октября 2004 г., СПб, Гидрометеиздат, секция 3, с. 200–201.
- Шикломанов И. А., Георгиевский В. Ю., Шалыгин А. Л., 2003.** Причины повышения уровня Каспийского моря, в кн.: Гидрометеорологические аспекты проблемы Каспийского моря и его бассейна, под ред. И. А. Шикломанова, А. С. Васильева, СПб, Гидрометеиздат, с. 254–266.
- Шикломанов И. А., Шикломанов А. И., 2003.** Изменение климата и динамика притока речных вод в Северный Ледовитый океан, Водные ресурсы, т. 30, № 6, с. 645–654.
- Шикломанов И. А., Георгиевский В. Ю., Шалыгин А. Л., 2005.** Влияние климатических условий на сток рек бассейна Лены, в сб.: Современные проблемы экологической метеорологии и климатологии, М., Наука, с. 218–231.
- Allen M. R. and Ingram W. J., 2002.** Constraints on future changes in climate and the hydrological cycle, *Nature*, vol. 415, pp. 224–232.
- Armstrong R. L. and Brodzik M. J., 2004.** Northern Hemisphere snow extent trends derived from optical and microwave satellite data, *Data of Glaciological Studies*, Publ. 97, pp. 101–108.
- Climate Change 2001, 2001a.** The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change, Houghton J. T., Ding Y., Griggs D. J., Noguer M., van der Linden P. J., Dai X., Maskell K., and Johnson S. A. (eds.), Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, Cambridge University Press, 881 p.
- Climate Change 2001, 2001b.** Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change, McCarthy J. J., Canziani O. F., Leary N. A., et al. (eds.), Cambridge University Press, 1032 p.
- Dickenson B. et al., 2002.** Rapid freshening of the deep North Atlantic Ocean over the past four decades, *Nature*, vol. 416, pp. 832–837.
- Dyurgerov M. B., 2001.** Mountain glaciers at the end of the twentieth century: Global analysis in relation to climate and water cycle, *Polar Geography*, vol. 25, pp. 241–336.
- Georgievsky V. Yu., Zhuravin S. A., and Ezhov A. V., 1995.** Assessment of trends in hydrometeorological situation on the Great Russian Plain under the effect of climate variations, Proc. of American Geophysical Union, 15th Annual Hydrology Days, pp. 47–58.
- Georgievsky V. Yu., Ezhov A. V., and Shalygin A. L., 1998.** Studying the effects of climate variability on hydrological cycle elements by the water-balance station data, Proc. of the Second Int. Conf. Climate and Water, vol. 3, Espoo, Finland, 17–20 August 1998, pp. 1623–1631.
- Groisman P. Ya., Knight R. W., Easterling D. R., Karl T. R., Hegeri G. C., and Razuvaev V. N., 2005.** Trends intense precipitation in the climatic records, *J. Climate*, vol. 18, No. 9, pp. 1325–1350.
- Holmes B., 2004.** Meeting ice, global warming, *New Scientist*, vol. 184, No. 2467, pp. 8–9.

## 2. ИЗМЕНЕНИЯ ПРИРОДНЫХ И ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ В XX В.

- Milly P. C. B., Wetherald R. T., Dunne K. A., and Delworth T. L., 2002. Increasing risk of great floods in a changing climate, *Nature*, vol. 415, pp. 514–517.
- Palmer T. N. and Ratsanen J., 2002. Quantifying the risk of extreme seasonal precipitation events in a changing climate, *Nature*, vol. 415, pp. 512–514.
- Peterson B. J., Holmes R. M., McClelland J. W., Vorosmarty C. J., Lammers R. B., Shiklomanov A. I., Shiklomanov I. A., and Rahmstorf S., 2002. Increasing river discharge to the Arctic Ocean, *Science*, vol. 298, pp. 2171–2173.
- Podlech S., Mauer C., and Boggild C. E., 2004. Glacier retreat, mass balance and thinning: Sermilik glacier, South Greenland, *Geogr. Ann., A*, vol. 86, No. 4, pp. 305–317.
- Schlesinger M. E., 1984. Climate model simulations of CO<sub>2</sub>-induced climatic change, *Adv. Geophys.*, vol. 26, pp. 141–235.

### 2.5. ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

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

#### 2.5.1. Общая характеристика

В последние годы изменение климата рассматривается как один из негативных глобальных факторов, оказывающих влияние на здоровье населения (Хайнес и др., 2004; Working Group II Contribution..., 2007), наряду с такими ведущими факторами риска индустриальной эпохи, как загрязнение атмосферного воздуха и питьевой воды, курение, употребление наркотических веществ.

Влияние изменения климата на здоровье человека разнообразно. Прямое воздействие связано в основном с усилением экстремальности климата — увеличением числа дней с экстремально высокими или (и) низкими температурами, частоты и интенсивности наводнений, штормов, тайфунов и т. д. Косвенное воздействие связано в основном с уменьшением объемов доступной доброкачественной питьевой воды, увеличением частоты повышенных уровней загрязнения воздуха при неблагоприятных метеорологических условиях и изменением ареалов климатозависимых болезней человека.

Задачу оценки климатогенных изменений здоровья населения осложняет их полифакторность, включая действие мощных неклиматических факторов — изменение состояния загрязнения окружающей среды и доступности ресурсов, происходящие по иным, не климатическим причинам. Это может исказить “климатический сигнал”. Их совместное с климатическими факторами действие может быть неаддитивно — возможны эффекты ослабления или же усиления (синергидный эффект).

На рис. 2.5.1 (Patz et al., 2000; Хайнес и др., 2004) схематически представлены возможные пути — прямые и косвенные — воздействия изменения климата на здоровье населения, происходящего на фоне действия других факторов неклиматической природы. Из всего многообразия приведенных на этом рисунке факторов в данном

разделе будут обсуждаться лишь влияние экстремальных температурных условий на здоровье населения и влияние климатических условий на распространение инфекционных заболеваний человека. Последняя проблема является сложной для исследования, но весьма серьезной.

Потепление климата приводит к изменению условий распространения инфекционных болезней человека, в том числе и трансмиссивных. При этом меняются условия существования популяций переносчиков трансмиссивных болезней и условия развития возбудителей в переносчике, что влечет за собой изменение возможностей передачи многих болезней человека и животных. Увеличение температуры ускоряет развитие возбудителя в организме переносчика, а сам процесс передачи делает более эффективным, расширяет его нозоареал, облегчает передачу заболевания (Kramer et al., 1983; Watts et al., 1987; Geographical Distribution..., 1989; Reisen et al., 1993, 1995; Martens et al., 1999; Lieshout et al., 2004; Хайнес и др., 2004).

#### 2.5.2. Экстремально высокие и низкие температуры

Устойчивая, продолжительная жаркая погода вызывает увеличение смертности и заболеваемости сердечно-сосудистыми заболеваниями. К группам наибольшего риска относятся дети младшего возраста, люди пенсионного возраста, лица, профессиональная деятельность которых связана с пребыванием на открытом воздухе, и лица с низким уровнем доходов, для которых адаптационные возможности (например, использование кондиционеров) малодоступны. В крупных городах группой риска являются также люди, живущие или работающие в “островах тепла”. Под этим термином понимается центральная часть города, характеризующаяся плотной многоэтажной застройкой, большими заасфальтированными пространствами, минимальным количеством зеленых насаждений и открытых водоемов. В таких условиях воздействие жары наиболее губительно. Со-