Н.А.Мячкова

КЛИМАТ СССР



Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги
гидрометеорология Бош бошқармаси
Главное управление по гидрометеорологии при Кабинете Министров
Республики Узбекистан

В.А. Бугаев номидаги Ўрта Осиё илмий-тадқиқот
гидрометеорология институти

Среднеазиатский научно-исследовательский гидрометеорологический
институт им. В.А.Бугаева

ЎРТА ОСИЁ ИҚЛИМИНИНГ ЎЗГАРУВЧАНЛИГИ

ИЗМЕНЧИВОСТЬ КЛИМАТА СРЕДНЕЙ АЗИИ

Под редакцией доктора геогр. наук, профессора Ф.А.Муминова,
канд. геогр. наук С.И.Инагамовой

Ташкент
1995

УДК 551.582.2

Рассматривается изменчивость общей циркуляции атмосферы и региональных климатических характеристик Средней Азии за период метеорологических наблюдений. Оцениваются также изменения мезо- и микроклимата отдельных районов, произошедшие под воздействием хозяйственной деятельности.

Для специалистов, интересующихся проблемами колебаний и изменений климата.

Атмосферанинг умумий циркуляцияси ва Ўрта Осиё региони иқлим хусусиятларининг ўзгарувчанлиги таҳлил қилинади. Хўжалик фаолияти таъсирида айрим жойларда мезо- ва микроиқлимнинг ўзгаришлари ҳам баҳоланади.

Иқлимнинг ўзгариш муаммолари билан қизиқадиган мутахассисларга мўлжалланган.

The variability of general circulation of the atmosphere and regional climatic characteristics for the period of meteorological observations in the Central Asia are investigated.

Meso- and microclimatic changes unduced by economic activity in the several regions are estimated.

This publication is designated for specialist, interested in fluctiuations and changes of climate.

Рецензент канд. геогр. наук В.Ф. Ушинцева

© Среднеазиатский научно-исследовательский гидрометеорологический институт им. В.А. Бугаева (САНИГМИ), 1995 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	.....	5
Введение.	Специфические особенности формирования климата Средней Азии (С.Г. Чанышева)	8
Глава 1.	Циркуляция атмосферы (О.И. Субботина)	12
Глава 2.	Радиационные факторы климата (Ю.В. Петров, Х.Т. Эгамбердыев)	34
Глава 3.	Температура воздуха (С.Г. Чанышева) ..	59
Глава 4.	Тепловые ресурсы вегетационного периода (С.Г. Чанышева)	79
Глава 5.	Атмосферные осадки (О.И. Субботина) ..	108
Глава 6.	Влажность воздуха (С.Г. Чанышева)	144
Глава 7.	Ветер (С.Г. Чанышева)	152
Глава 8.	Оценка антропогенных воздействий на климат (Б.А. Айзенштат, Г. Н. Леухина. О.И. Субботина, С.Г. Чанышева)	163
Заключение	.....	182
Список литературы		186
Приложение	.....	193
Ўрта Осие иқлимининг ўзгарувчанлиги		208
The climatic variability in the Central Asia		212

Сокращенные наименования и обозначения

ВКП	-	Всемирная Климатическая Программа
ВМО	-	Всемирная Метеорологическая Организация
КООНОСР	-	Конфедерация ООН по окружающей среде и развитию
МГЭИК	-	Межправительственная группа экспертов по изменению климата
ОЦА	-	общая циркуляция атмосферы
ПВФЗ	-	планетарная высотная фронтальная зона
ЦЭ	-	циркуляционная эпоха

ПРЕДИСЛОВИЕ

Зависимость от климата - одна из первых, которую человек осознает в своей жизни и ощущает в повседневном существовании на бытовом и социальном уровнях. Изменение климатических условий побуждало человеческое общество в историческом прошлом к смене образа жизни, совершенствованию производства, иногда к массовой миграции.

Технологический прогресс в последнее столетие подвел человечество к опасной иллюзии об уменьшении роли климата. Этому способствовала относительная стабильность климатических условий в XIX-XX веках на большей части Земли. Положение изменилось в 70-е годы текущего века. Жестокие засухи в Сахели, участившиеся наводнения и засухи, а также давно забытые суровые зимы в Европе и Америке начали вызывать серьезную обеспокоенность. В это же время обнаружилось увеличение содержания в атмосфере углекислого газа, озона, метана, хлорфторуглеродов, которое создает в системе "Земля-атмосфера" парниковый эффект, то есть сокращает излучение Земли в космическое пространство. В последнее время отмечается также увеличение сульфатов.

Предположение о том, что увеличение концентрации так называемых "парниковых газов" (преимущественно CO_2) должно привести к росту средней температуры земной атмосферы, в целом оправдалось. Во всяком случае, хронологический ход этих двух величин имеет однонаправленную тенденцию. Неординарные результаты опытных прогнозов (сценариев) возможных глобальных изменений климата выдвинули климатологию на авансцену научных исследований. Стало очевидным, что в связи с ростом населения Земли и соответствующим ему развитием энергетической и технологической базы промышленного и сельскохозяйственного производства вопрос о зависимости человека от климата и одновременно - воздействии человека на климат, становится проблемой века.

Наша огромная технологическая мощь при сократившихся на душу населения богатств Земли без долговременных социально-экономических программ может привести и уже приводит к экологическим катастрофам. Прогноз будущего состояния природных систем и проекты их защиты возможно разработать лишь при энергичном и тесном

всемирном сотрудничестве ученых в соответствующих областях науки. Такое сотрудничество началось в 70-х годах под эгидой Всемирной Метеорологической Организации (ВМО). За прошедшие 20 лет были достигнуты существенные научные результаты. В 1990 году Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) в своем первом докладе констатировала, что глобальная средняя температура воздуха за 100 лет увеличилась по сравнению с доиндустриальной эпохой на 0,3 - 0,6°С, а уровень моря повысился на 10-20 см. Предполагается, что к 2050 году произойдет удвоение концентрации углекислого газа в атмосфере, если не будут приняты немедленные меры по сокращению определенных промышленных выбросов. Связанный с этим темп увеличения глобальной температуры составит 0,3°С за 10 лет. Предполагается, что по широтам потепление будет происходить неравномерно. В одних районах, в том числе в Средней Азии, ожидается увеличение осадков, однако в других - могут ужесточиться засухи. Возрастание опасности засух представляется наиболее серьезным из негативных последствий изменения климата. В целом ожидается смещение по направлению к полюсам границ климатических зон и одновременно - экосистем [16-18, 44].

Безусловно, эти выводы нельзя считать окончательными. Особенно большая неопределенность остается в вопросе об изменении осадков. Что касается региональных климатических сценариев, то они находятся в начальной стадии разработок.

Определяющей вехой в международном сотрудничестве ученых в области климата явилась Конференция ООН по окружающей среде и развитию (КООНОСР), состоявшаяся в 1992 году в Рио-де-Жанейро. Во время этой конференции была подписана Рамочная конвенция об изменении климата. Центральным моментом конференции можно считать разработку повестки дня на XXI век - программы конкретных целей и действий для "нового глобального партнерства в целях устойчивого развития".

В 1992 году была подготовлена очередная Всемирная Климатическая Программа (ВКП) на 1992-2001 годы, в соответствии с которой разрабатываются национальные климатические программы. Основными целями ВКП является развитие мониторинга глобальной климатической системы, совершенствование знаний о климате, оценка воздействий изменений и изменчивости климата на жизнь людей, рекомен-

дации правительствам к разработке социально–экономических стратегий [31, 35].

Составляя свою национальную программу, ученые Республики Узбекистан считали, что нельзя исследовать климат, а особенно его изменения в одном небольшом государстве, искусственно изолируясь политическими границами от соседней территории. Поэтому предусмотренно и текущие, и будущие климатические проблемы решать, как и прежде, для всего региона, который долгие годы условно назывался Средней Азией и является достаточно самостоятельной (за исключением границ на Памире) частью Центральной Азии. Напомним, что в дореволюционной географической литературе эта территория так же рассматривалась как географическая единица и называлась Западным Туркестаном.

ВВЕДЕНИЕ

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КЛИМАТА СРЕДНЕЙ АЗИИ

Климат любого региона формируется в результате сложного взаимодействия солнечной радиации, общей циркуляции атмосферы и подстилающей поверхности. Преобладание первого или второго климатообразующего фактора зависит от общих географических условий и сезона. Чем южнее, тем резче выражена доминирующая роль солнечной радиации; чем выше широта, тем важнее циркуляционный процесс. Большая континентальность благоприятствует усилению роли радиационных факторов: на севере - зимой (выхолаживание), на юге - летом (перегрев) [15].

Средняя Азия располагается близ северной границы субтропических широт, благодаря чему получает большое количество солнечного тепла. По классификации Б.П. Алисова [7] и представлениям среднеазиатских климатологов [9, 11], южная ее часть находится в субтропическом климатическом поясе, северная - в умеренном. Условной границей между ними является январская изотерма $-3°C$, проходящая между 41-42°с.ш.

Летом определяющим климатообразующим фактором является радиационный. Под его воздействием свойства воздушных масс, приходящих из арктического и умеренного поясов, нивелируются над раскаленными пустынями, и эти массы вместе с тропическими, пришедшими с юга, трансформируются в однородный тропический туранский воздух. Средний месячный температурный фон, свойственный субтропикам (28-30°C), наблюдается вплоть до северных границ Средней Азии. Максимальные температуры воздуха достигают 50°C. Осадки летом над равнинами весьма редки. Муссонные потоки с юго-запада не могут преодолеть горные барьеры, представляющие собой естественную южную границу рассматриваемой территории. Атлантические воздушные массы приходят в Среднюю Азию уже обедненными влагой. Кроме того, даже большое содержание водяного пара не может реализоваться над пустынями из-за высокого уровня конденсации. Атмосферные фронты активизируются лишь над горными

районами. Воздушная и почвенная засухи приводят к тому, что в неполивной зоне растительность выгорает или переходит в состояние покоя.

Зимой циркуляционный климатообразующий фактор выступает более выразительно, так как холодные воздушные массы, беспрепятственно вторгающиеся с запада, северо-запада и севера и приносящие обильные осадки, не могут быстро и существенно трансформироваться над сравнительно охлажденной осенними дождями поверхностью равнин. Горные цепи Копетдага, Паропамиза и Гиндукуша препятствуют дальнейшему продвижению холодного воздуха, и в случае малооблачной антициклональной погоды, он подвергается дополнительному радиационному выхолаживанию. В отдельные годы минимальные температуры воздуха опускаются ниже $-30°C$, достигая над Устюртом $-38°C$. Возможность существования суровых зим отличает Среднюю Азию от приморских субтропических зон Кавказа и Крыма, лежащих на той же широте, но защищенных с севера Кавказским хребтом от холодных вторжений.

Однако такие жестокие зимы имеют место в основном в самых северных климатических округах - Аральском и Устюртском, которые принадлежат уже к Центральноказахской климатической провинции, а не к Туранской, как равнинная часть Средней Азии, где более характерны мягкие зимы с частыми оттепелями и неустойчивым снежным покровом, обусловленные прорывами теплого воздуха через Паропамиз и Копетдаг с Персидского залива и Аравийского моря. Большую роль играет солнечный прогрев в дневные часы. Во многих районах Средней Азии не прекращается полностью вегетация, то есть отсутствует зимний период покоя растений, характерный для умеренных климатов. Это своеобразие в сезонности позволяет причислить большую часть Средней Азии к зоне субтропического континентального климата.

Континентальность как в субтропическом, так и в умеренном климатических поясах проявляется в больших суточных и годовых амплитудах температуры и резких изменениях погоды.

Горные массивы имеют специфический климат со свойственной ему вертикальной зональностью и зависимостью осадков от ориентации горных хребтов относительно влагонесущих потоков.

Климат Средней Азии, как и на всей планете, подвержен ци-

ческим колебаниям с периодами разной длительности. Не останавливаясь подробно на историческом аспекте этого вопроса, который отражен в известных публикациях [48, 69 и др.], отметим, что климатические условия Средней Азии в начале послеледниковой эпохи (7-8 тыс. лет назад) были более благоприятными, чем в наши дни. В период, именуемый лявляканским плювиалом (7-4 тыс. лет до н.э.), климат пустыни Кызылкум был сходен с климатом современной европейской степной зоны, где средняя температура воздуха в июле равна 21-23°С, а количество осадков достигает 400-450 мм/год. На рубеже 3 и 2 тысячелетий до н.э. произошла резкая аридизация климата. По историческим материалам с привлечением археологических, геоморфологических и других данных сделано заключение о том, что малый климатический оптимум раннего средневековья (с апогеем в X веке) и малая ледниковая эпоха (особенно XYI-XIX века) вполне четко проявились в истории климата Средней Азии. Климатическая изменчивость XX века явилась предметом настоящего исследования.

Составители книги не ставили перед собой задачу создания нового климатического описания Средней Азии. Работы, выполненные ранее, особенно в 1950-1960 годах, О.А. Семеновой, О.М. Челпановой, Л.Н. Бабушкиным, В.А. Бугаевым и В.А. Джорджио, а также другими исследователями, не утратили своей основополагающей роли в современных представлениях о климате Средней Азии.

В предлагаемой читателю работе подводятся итоги исследований, проводившихся последние 10-15 лет климатологами Среднеазиатского научно-исследовательского гидрометеорологического института в содружестве с учеными Ташкентского государственного университета. Авторы стремились выявить особенности внутривековых колебаний климата, изменчивости его элементов и климатообразующих факторов. В соответствии с применяющейся в настоящее время терминологией речь идет об изучении изменчивости климата, а не об изменении климата, имеющего прогрессивный характер [83], хотя некоторые аспекты и обсуждаются.

Введение, главы 3, 4, 6, 7 написаны С.Г. Чанышевой; 1, 5 - О.И. Субботиной; 2 - Ю.В. Петровым и Х.Т. Эгамбердыевым; 8 - Б.А. Айзенштатом, Г.Н. Леухиной, О.И. Субботиной, С.Г. Чанышевой. Заключение - О.И. Субботиной, С.Г. Чанышевой. В работе использованы обстоятельные исследования Т.И. Молосновой, З.Н. Фатхуллаевой. Авторы выражают благодарность сотрудникам, принимавшим

участие в работе над рукописью и подготовкой ее к публикации - Т.Л. Веремеевой, А.А. Зверянской, Э.П. Илиняк, Т.М. Чевычаловой, Ф.Ф. Бахаревой.

Большую услугу при ознакомлении с рукописью оказал доктор геграфических наук, профессор Г.Е. Глазырин своими существенными замечаниями, которые были приняты во внимание при окончательной доработке.

Авторы признательны научным редакторам доктору географических наук, профессору Ф.А. Муминову, кандидату географических наук С.И. Инагамовой за тщательное рецензирование работы и доброжелательные замечания, большинство которых учтено.

ГЛАВА 1

ОБЩАЯ ЦИРКУЛЯЦИЯ АТМОСФЕРЫ

Для исследования влияния общей циркуляции атмосферы (ОЦА) на климат Средней Азии использовались данные о повторяемости ее формы по классификациям Г.Я. Вангейгейма [19], А.А. Гирса [27], Б.Л. Дзердзеевского [32], А.Л. Каца [41], М.Х. Байдала [10]. Ввиду того, что принципиальных различий в результатах, полученных с использованием разных классификаций, не было, а в оперативной практике специалистов Средней Азии и Казахстана больше распространена классификация М.Х. Байдала, то в данной работе ей отдается предпочтение. Архивные данные по повторяемости ОЦА по М.Х. Байдалу имеются с 1930 года.

Показателем типа циркуляции является географическое положение планетарной высотной фронтальной зоны (ПВФЗ). Изменение структуры и географической ориентации ПВФЗ меняет пути перемещения циклонов и антициклонов, следовательно, и характер погоды на значительных территориях. По особенностям формирования и эволюции ПВФЗ М.Х. Байдал выделил три основные типа циркуляции над атлантико-евразийским сектором северного полушария (рис.1.1).

Тип Ш (широтный) соответствует зональному состоянию циркуляции. Характерными особенностями ПВФЗ при этом типе являются сравнительно малые размеры фронтальных волн и быстрое перемещение их с запада на восток. При зональной циркуляции ПВФЗ обычно формируется в высоких широтах, а затем претерпевает постепенный сдвиг к югу.

С и Е представляют меридиональные типы циркуляции. Они противоположны друг другу по географической локализации высотных гребней и ложбин и типов погоды. При типе С ПВФЗ характеризуется двумя высотными гребнями, расположенными над Западной Европой и Западной Сибирью. Между этими гребнями ПВФЗ имеет сильный изгиб к югу. При типе Е высотный гребень локализован таким образом, что он располагается между 30 и 60°в.д. К востоку и западу от этого гребня обычно имеются холодные ложбины, которым

соответствуют на приземных картах погоды циклоны, обусловливающие в своем тылу вторжение холодных воздушных масс.

В настоящей работе для каждого месяца года определялось число дней с определенным типом циркуляции. Совместно со средними величинами рассматривались также отклонения их от средней многолетней (нормы) за различные промежутки времени. При анализе смены типов ОЦА использовалось понятие "климатическая и циркуляционная эпоха", предложенное Б.Л. Дзердзеевским [32], означающее период, в течение которого наблюдается превышение относительно нормы повторяемости того или другого типа ОЦА.



Рис. 1.1. Схема положения ПВФЗ, соответствующая основным типам ОЦА по классификации М.Х.Байдала.
1 - тип Ш, 2 - тип С, 3 - тип Е

В среднем многолетнем (1930-1990 годы) на меридиональные процессы типа С приходится 38%, повторяемость меридиональных процессов типа Е составляет 33, а широтных - всего лишь 29. Нарушение такого соотношения в отдельные годы приводит к отклонениям разного знака как в повторяемости синоптических процессов, так и в

режиме метеорологических характеристик над Средней Азией.

В зависимости от классификации и длины ряда, за который вычисляется норма, границы между эпохами несколько разнятся [45]. Следует иметь в виду, что при сравнении рядов отклонений от нормы характеристик ОЦА и метеорологических элементов, нормы должны быть вычислены за один и тот же период. Для Средней Азии начало массовых наблюдений приходится на 30-е годы. Поэтому нельзя было воспользоваться выводами исследователей, использовавших данные с 1900 года.

В хронологическом ходе повторяемости типов макромасштабной циркуляции с 1930 по 1990 годы выделяются две циркуляционные эпохи (рис. 1.2, табл. 1.1-1.2). Переход от одной эпохи к другой происходил в период 1958-1960 годов; в дальнейшем для удобства расчетов будем считать границей перехода 1960 год: до 1960 года - первая циркуляционная эпоха (ЦЭ I), с 1961 - вторая (ЦЭ II).

Чем отличаются эти два крупных временных периода по особенностям макромасштабных циркуляционных процессов?

Первая ЦЭ характеризуется тем, что широтных типов циркуляции в этот период отмечалось значительно больше нормы, тогда как меридиональных процессов типа С и Е - меньше. Во второй ЦЭ складывается обратная картина: стали значительно преобладать над нормой меридиональные процессы типа С и существенно меньше - широтных. Вторая ЦЭ отличается также и тем, что наблюдались более значительные величины отклонений от нормы (аномалии) в повторяемости всех трех типов циркуляции.

Следует обратить внимание на то, что после 1985 года монотонно увеличивается повторяемость широтного типа циркуляции: в 1992 году отклонение от нормы составило 36 сут по сравнению с 1985 годом, когда отклонение было 4 сут. Значительно уменьшилась повторяемость меридионального типа Е: в 1992 году его меньше нормы на 52 сут, тогда как в 1985 году их было больше нормы на 4. Складывается впечатление, что начинается формирование новой эпохи в атмосферной циркуляции. В табл.1.3 представлены экстремальные годы, когда повторяемость меридиональных процессов (типы С и Е) составляла более 40% от общего числа, а отклонение от средней многолетней было более 30 сут.

Так как повторяемость широтных процессов всегда меньше ме-

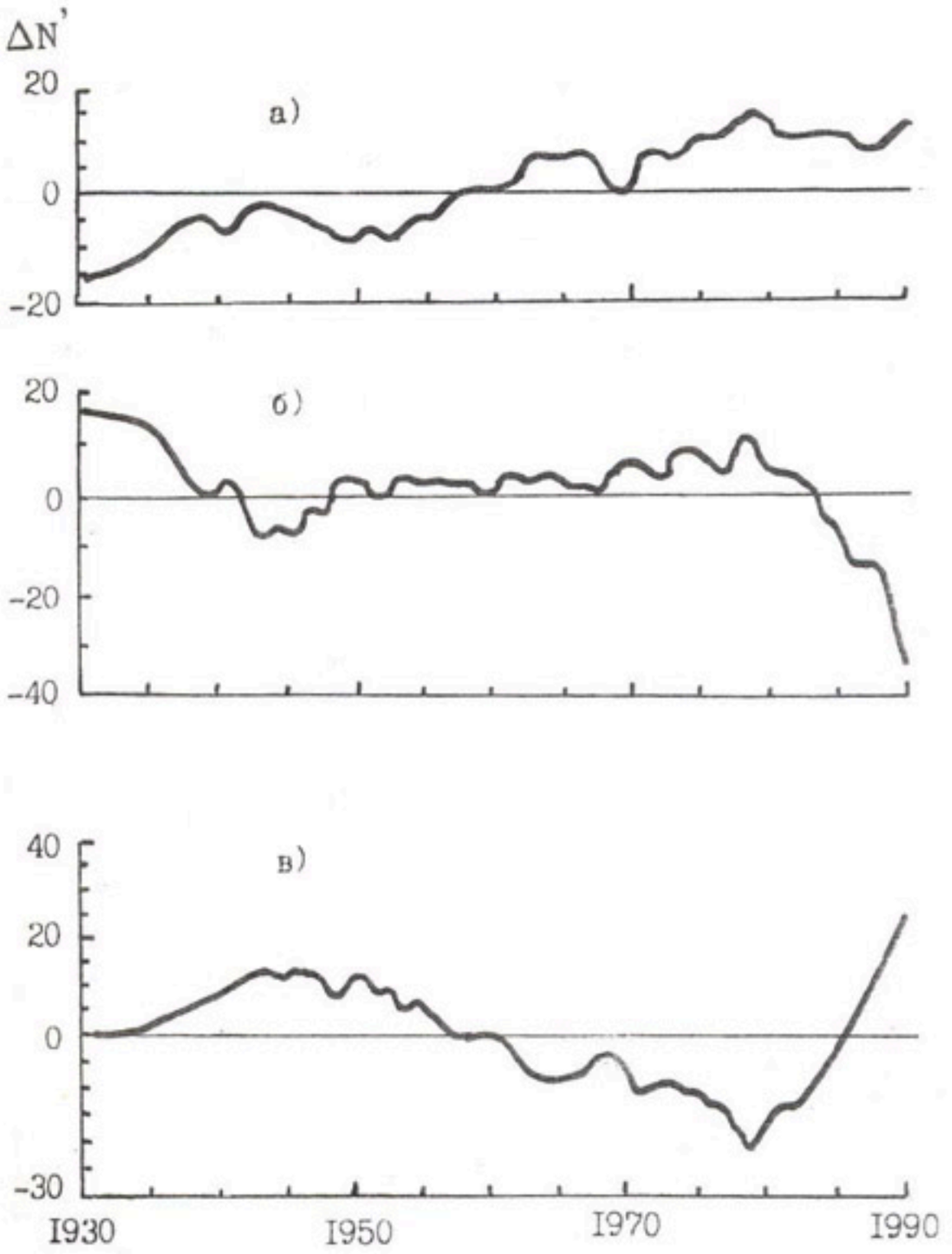


Рис. 1.2. 10-летние скользящие средние отклонения от нормы числа дней ($\Delta N'$) с типами циркуляции Ш (а), С (б) и Е (в).

ридиональных, то для них были выделены наибольшие отклонения независимо от повторяемости процесса.

Таблица 1.1

Средняя многолетняя годовая повторяемость (%) числа дней и отклонение среднего годового числа дней от нормы типов циркуляции в различные периоды

Годы	Типы циркуляции					
	С	Е	Ш	С	Е	Ш
	повторяемость			отклонения		
1931-1940	35	37	28	-12	+12	+1
1941-1950	37	30	33	-4	-12	+16
1951-1960	37	33	30	-5	-1	+6
1961-1970	40	34	26	+8	+1	-9
1971-1980	39	35	26	+4	+5	-9
1981-1990	42	32	26	+12	-5	-7
1930-1960						
ЦЭ I	36	33	31	-7	-1	+8
1961-1990						
ЦЭ II	41	33	26	+8	0	-8

Данные таблицы свидетельствуют о том, что большие величины положительных отклонений в повторяемости типов циркуляции приходятся на вторую ЦЭ.

Изменения происходили и в непрерывной продолжительности каждого типа циркуляции. На рис. 1.3 показано многолетнее изменение количества периодов устойчивой циркуляции разной продолжительности (4-9, 10-20, более 20 сут). Во второй ЦЭ заметно уменьшилось число коротких периодов (4-9 сут) для всех типов циркуляции. Можно отметить, что тип С стал более устойчивым: значительно возросла повторяемость длительных периодов (более 20 сут). У широтного типа Ш как в первой ЦЭ, так и во второй ЦЭ повторяемость практически равна средней многолетней.

Данные о повторяемости типов макромасштабной циркуляции, вычисленной по отдельным 10-летиям (табл. 1.1), также свидетельствуют о том, что на смену преобладания над нормой широтных процессов в первой ЦЭ пришло преобладание во второй ЦЭ меридио-

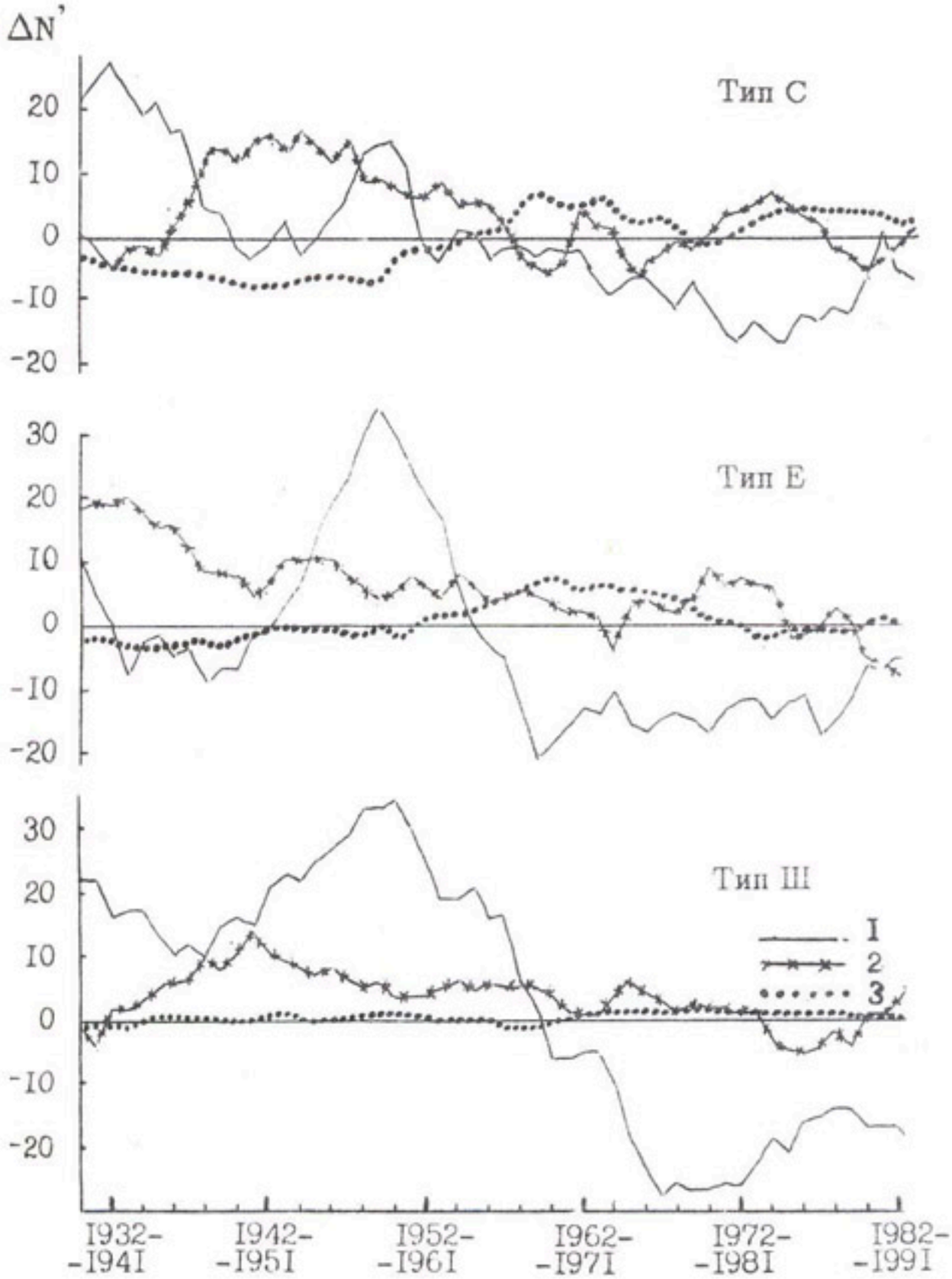


Рис. 1.3. Многолетний ход 10-летних скользящих средних годовых отклонений от нормы ($\Delta N'$) числа периодов различной непрерывной продолжительности типов ОЦА. 1) 4-9, 2) 10-20, 3) более 20 суток.

нальных процессов С. Заметим, что в последнем 10-летии (1981-1990 годы) повторяемость типа Ш значительно превышает среднюю многолетнюю за всю вторую ЦЭ, а повторяемость типа Е стала намного меньше средней. В годы, следующие за этим периодом, отмечается тенденция к увеличению повторяемости широтного типа: от 26% в 1991 году до 38 - в 1992 году, однако, по-прежнему, велика повторяемость меридионального типа С.

Таблица 1.2

Годовой ход повторяемости числа дней типов макромасштабных процессов по 10-летиям

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
						Тип С						
1931-1940	9	11	13	9	12	13	10	11	11	10	9	11
1941-1950	13	9	15	12	11	12	12	11	12	12	9	10
1951-1960	13	12	12	9	13	10	10	10	14	11	10	10
1961-1970	18	13	15	8	13	15	8	8	13	16	7	13
1971-1980	12	11	15	13	13	13	10	9	13	16	9	11
1981-1990	14	14	9	13	11	11	14	11	11	13	14	15
Средняя многолетняя	13	12	13	11	12	13	11	10	12	13	10	12
						Тип Ш						
1931-1940	8	8	11	10	9	7	8	8	9	10	9	11
1941-1950	10	10	11	10	9	9	11	8	11	11	10	10
1951-1960	8	8	10	10	7	8	10	10	9	11	8	11
1961-1970	6	7	11	9	6	7	9	8	6	6	11	8
1971-1980	7	8	7	5	7	6	9	8	8	9	12	10
1981-1990	11	7	9	6	7	7	4	10	10	8	7	11
Средняя многолетняя	8	8	10	8	8	7	9	9	9	9	9	10
						Тип Е						
1931-1940	14	9	7	10	11	10	14	13	10	12	13	10
1941-1950	9	10	5	8	11	9	8	12	9	8	11	11
1951-1960	10	9	9	12	11	11	11	12	7	9	13	10
1961-1970	7	8	5	13	12	8	13	15	11	10	12	10
1971-1980	12	10	11	13	13	11	12	14	9	7	9	7
1981-1990	6	8	13	11	13	11	13	10	8	10	9	6
Средняя многолетняя	10	9	8	11	12	10	12	13	9	9	11	9

Таблица 1.3

Годы с максимальными положительными отклонениями от нормы преобладающего типа циркуляции

Годы	Преобладающий тип циркуляции	Отклонение от нормы, дни	Повторяемость типа, %	Остальные типы циркуляции	Отклонение от нормы, дни	
1936	Е	+46	46	С, Ш	-39,	-5
1941	Ш	+26	35	Е, С	-36,	+10
1954	Е	+32	42	С, Ш	-31,	0
1964	С	+34	47	Е, Ш	-19,	-13
1966	Е	+30	42	С, Ш	-31,	+2
1968	С	+36	48	Е, Ш	-18,	-16
1973	Ш	+28	36	Е, С	-31,	+3
1974	Е	+50	47	С, Ш	-51,	+1
1976	С	+49	51	Ш, Е	-54,	+7
1979	Е	+40	44	С, Ш	-12,	-27
1983	С	+31	47	Е, Ш	-16,	-14
1984	Е	+54	48	Ш, С	-51,	-1
1986	Ш	+27	36	Е, С	-20,	-6
1990	С	+41	50	Е, Ш	-42,	+1

Многолетние изменения в повторяемости макромасштабной циркуляции атмосферы по сезонам (табл. 1.4) в общем отражают те же закономерности, что и средние годовые значения.

В отдельные месяцы года могут отсутствовать некоторые типы циркуляции. Данные табл. 1.5 показывают, что если в первой ЦЭ не было отмечено отсутствия широтных процессов, то во второй ЦЭ более 50% случаев отсутствующих процессов составляют широтные.

Анализ особенностей в развитии макромасштабной циркуляции указывает на различную длительность тенденции одного знака.

В табл. 1.6 представлены значения линейного тренда (β), рассчитанные по способу наименьших квадратов [13] для различных периодов годового числа дней с различными типами ОЦА, и вклад тренда в общую дисперсию ряда (α).

Таблица 1.4

Повторяемость числа дней за сезон типов макромасштабных процессов по 10-летиям

Годы	Зима XII-II	Весна III-Y	Лето YI-YIII	Осень IX-XI	Холодный период XI-III	Теплый период IY-X
			Тип С			
1931-1940	31	34	34	30	53	76
1941-1950	32	38	35	33	56	80
1951-1960	35	34	30	35	57	78
1961-1970	44	36	31	36	66	81
1971-1980	37	41	32	38	62	87
1981-1990	43	33	36	38	66	84
Средняя многолетняя	37	36	33	35	60	81
			Тип Ш			
1931-1940	27	30	23	28	47	61
1941-1950	30	30	28	32	51	69
1951-1960	27	27	28	28	45	65
1961-1970	21	26	24	23	43	51
1971-1980	25	19	23	29	44	52
1981-1990	29	22	21	25	45	52
Средняя многолетняя	26	26	25	27	46	58
			Тип Е			
1931-1940	33	28	37	35	53	80
1941-1950	30	24	29	28	46	65
1951-1960	29	32	34	29	51	73
1961-1970	25	30	36	33	42	82
1971-1980	29	37	37	25	49	79
1981-1990	20	37	34	27	42	76
Средняя многолетняя	28	31	35	30	47	76

Значение α, так называемый коэффициент детерминации, вычислялся по формуле:

$$\alpha = \frac{\sigma^2_{mp}}{\sigma^2_y} \times 100\% = r^2,$$

где σ^2_{mp} - дисперсия тренда, σ^2_y - общая дисперсия ряда, σ^2_{mp}/σ^2_y - доля общей дисперсии, обусловленная влиянием тренда.

Таблица 1.5

Годы и месяцы с отсутствием одного из типов ОЦА

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1930						E						
1931	C	C										
1932		E										
1933												
1934						E						
1935			E							C		
1936												
1937				C								
1938			E	E								C
1939									E			
1940												
1941			E	E								
1942			E									
1943												
1944												
1945	C											
1946		E				C		C				
1947			E									
1948							E					
1949												
1950											C	
1951							E					E
1952												
1953			E									
1954							C					
1955						E						
1956									E		E	
1957										C		
1958												
1959		E							E			
1960	E	E									C	C
1961			E			C	C		III			
1962			E							III		
1963			E			E						

Продолжение таблицы 1.5

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1964	Е		Ш						Ш		Е	
1965		Ш	Е						С	Е		
1966									Е		С,Ш	
1967	Ш					Е		Ш	Ш		Ш	
1968							Е					Ш
1969		С								Е	С	
1970						Ш						
1971												
1972						С					Е	Е
1973				С								
1974				Ш						С		
1975					Ш					Ш		
1976		Ш	Ш					Ш				
1977				Ш						Е		Е
1978		Ш								Е		
1979			С	Ш	С							
1980	Ш					Ш			Ш			
1981				Е	Ш	Ш	Ш				Ш	
1982		Е		Е								
1983		Е							Ш		Е	
1984		С,Ш		Ш		Ш		Е				
1985		Е						С		Ш		
1986				С		Ш			Е			Е
1987		Ш		Ш		С						
1988			Ш				Ш				Е,Ш	Е
1989	Е						Ш				Ш	Е
1990	Е				Е	Ш						

Примечание. Графы, заполненные индексами С, Е, Ш, означают отсутствие этого типа циркуляции в том или ином году и месяце.

Таблица 1.6

Линейный тренд (β) годового числа дней с разными типами ОЦА и вклад тренда в общую дисперсию ряда (α)

Годы	С		Е		Ш	
	β,дни/10лет	α,%	β,дни/10лет	α,%	β,дни/10лет	α,%
1931-1990	+4	12	-1	0	-3	14
1931-1960	+2	1	-4	3	+1	2
1961-1990	+3	1	-3	1	+0	0
1931-1940	+1	0	-8	2	+9	17
1941-1950	-31	21	+42	35	-11	32
1951-1960	0	0	-1	0	+2	0
1961-1970	+2	0	+2	0	-4	2
1971-1980	+24	8	+21	6	-45	32
1981-1990	+6	0	-30	12	+24	12

Данные этой таблицы подтверждают выводы, сделанные выше. Однако следует отметить, что разброс точек около прямой регрессии по отдельным периодам колеблется в весьма широких пределах: от 0 до 35%.

Типы синоптических процессов. В работе использовалась классификация типов, предложенная коллективом среднеазиатских ученых в 1957 году [74] и далее дополненная с 1944 года [38,71]. В качестве исходного материала служили Календари типов синоптических процессов над Средней Азией [39-40].

Рассматривались следующие типы синоптических процессов Средней Азии: 1- южнокаспийский, 2-мургабский, 3- верхнеамударьинский циклоны, 5- северо-западное холодное вторжение, 6- северное холодное вторжение, 7- волновая деятельность, 8- малоподвижный циклон, 9- юго-западная периферия антициклона, 9а- юго-восточная периферия антициклона, 9б- южная периферия антициклона, 10- западное вторжение, 11- летняя термическая депрессия, 12- малоградиентное поле повышенного давления, 13- малоградиентное поле пониженного давления.

Типы 9б, 12 и 13 были введены в классификацию с 1945 года. Малоградиентные поля пониженного давления (тип 13) ранее входили как заключительная и начальная фаза в летнюю термическую депрессию (тип 11), малоградиентные поля повышенного давления (тип 12)

и южная периферия антициклона (тип 9б) выделены из типа 9 и 9а.

Следует принять во внимание, что в работе в дальнейшем используется повторяемость группы процессов - циклонические прорывы через юг Средней Азии (типы 1, 2, 3), холодные вторжения (типы 5, 6), периферия антициклона (типы 9, 9а, 9б).

Многолетние изменения в характере общей циркуляции атмосферы над атлантико-евразийским сектором северного полушария отражаются на повторяемости определенных типов синоптических процессов Средней Азии и их изменчивости.

Преобладание широтной формы циркуляции в первой ЦЭ сопровождалось увеличением повторяемости южнокаспийских, мургабских циклонов (типы 1, 2), холодных северо-западных и северных вторжений (типы 5, 6) и некоторым увеличением антициклональных полей (тип 9, 9а, 9б). В свою очередь, во вторую ЦЭ увеличение над нормой меридиональной формы циркуляции (тип С) сопровождалось увеличением повторяемости малоградиентных полей пониженного давления и малоподвижных циклонов (табл. 1.7).

На фоне изменений в повторяемости разных типов макропроцессов выделяются отдельные периоды с преобладанием тех или иных региональных типов синоптических процессов (рис. 1.4-1.6).

Так, в период 1935-1944 годов существенно превышали норму холодные вторжения и циклонические прорывы, было мало антициклональных полей, а в 1945-1957 годах, наоборот, повторяемость антициклональных полей значительно превзошла норму. В 1958-1968 годах участились северо-западные и северные холодные вторжения, волновая деятельнсть на холодном фронте, стало больше малоградиентных полей пониженного давления.

Период 1969-1990 годов в целом характеризуется преобладанием малоградиентных полей пониженного и повышенного давления; в отдельные годы этого периода наблюдаются значительные отклонения от нормы в повторяемости таких синоптических процессов как выходы южных циклонов на территорию Средней Азии (1976, 1981 годы), западные вторжения (1978, 1983 годы), малоподвижный циклон (1974, 1979, 1986 годы). Подобные закономерности были отмечены в [24].

Представление о повторяемости основных типов синоптических процессов как в среднем многолетнем, так и по общепринятым 10-летним периодам можно получить из табл. 1.7. Приведенные значения

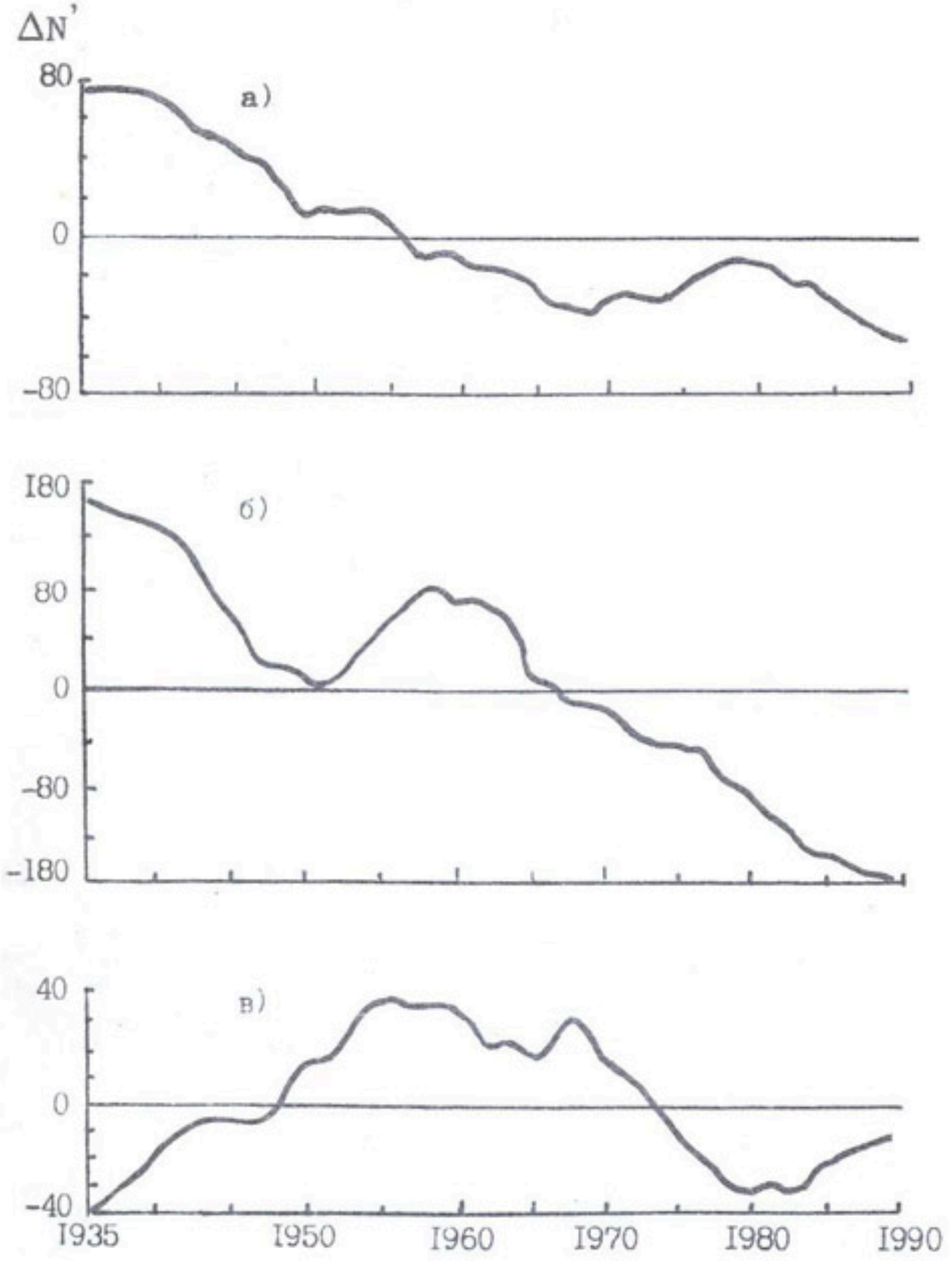


Рис. 1.4. 10-летние скользящие средние отклонения от нормы годового числа сроков ($\Delta N'$) типов синоптических процессов: а) южные циклоны (1,2,3), б) северо-западные и северные холодные вторжения (5,6), в) волновая деятельность (7).

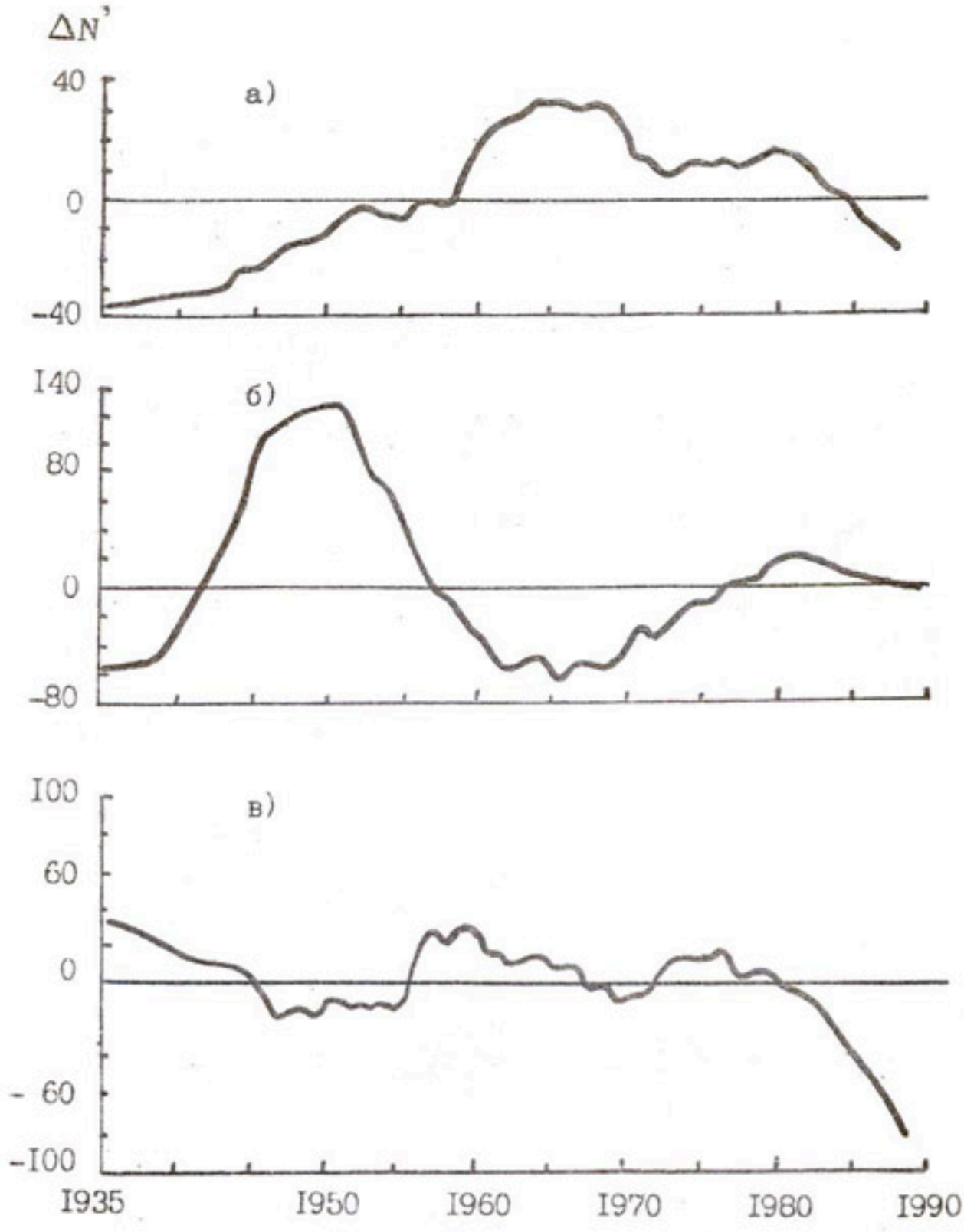


Рис. 1.5. 10-летние скользящие средние отклонения от нормы годового числа сроков ($\Delta N'$) типов синоптических процессов: а) малоподвижный циклон (8), б) юго-западная (9), юго-восточная (9а), южная (9б) периферия антициклона и в) западное вторжение (10).

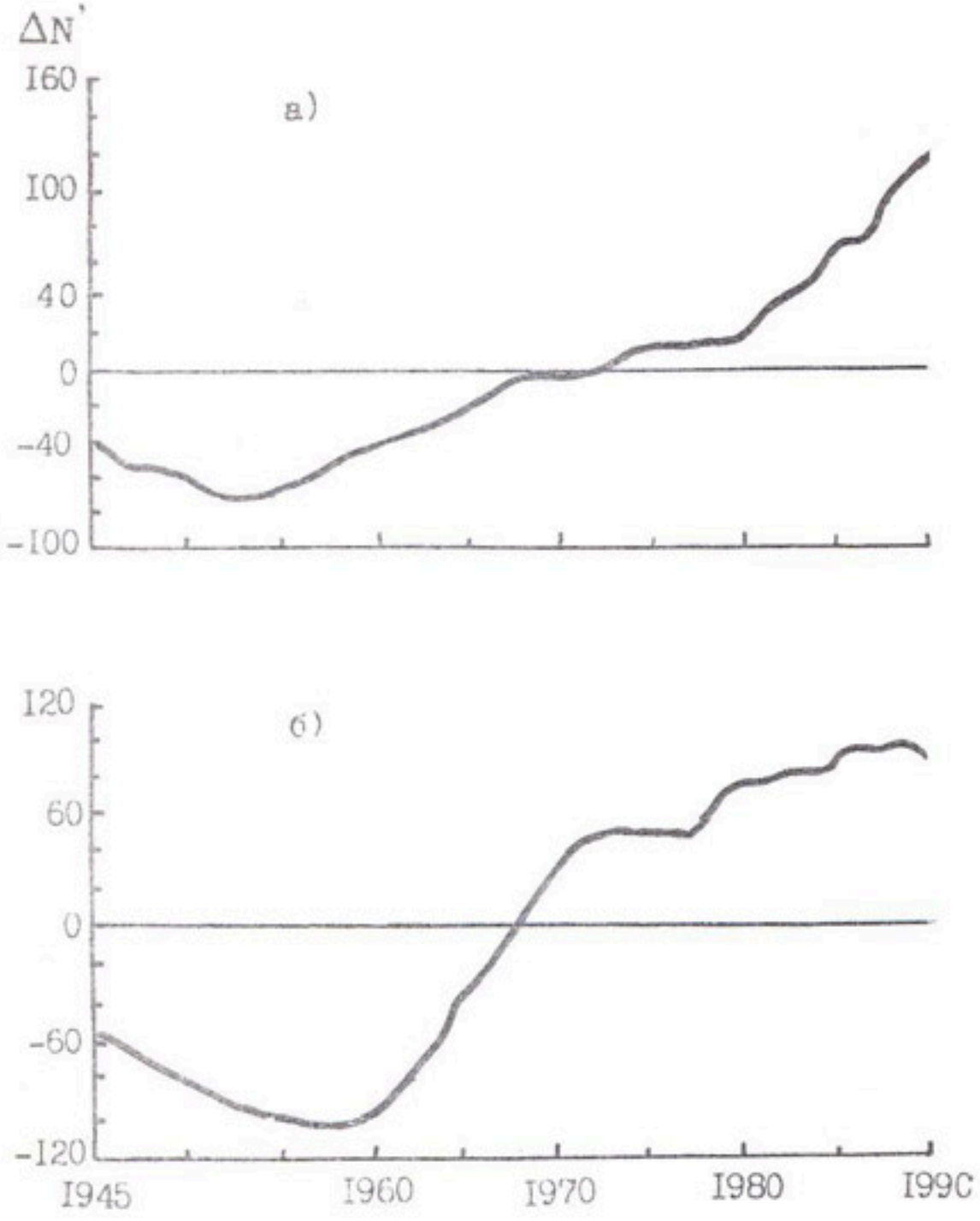


Рис.1.6. 10-летние скользящие средние отклонений от нормы годового числа дней ($\Delta N'$) типов синоптических процессов: а) малоградиентное поле повышенного давления (12) и б) малоградиентное поле пониженного давления (13).

Таблица 1.7

Повторяемость (%) типов синоптических процессов над Средней Азией по 10-летиям

Годы	Типы синоптических процессов									
	1,2,3	5,6	7	8	9 9а 9б	10	11	12	13	Преобладающий тип ОЦА
Годовая										
1935-1940	14	31	3	1	28	19	4	-	-	Е
1941-1950	12	21	4	2	36	18	2	3	2	Ш
1951-1960	10	23	8	4	35	16	1	2	1	Ш
1961-1970	8	20	6	7	26	18	2	6	7	С
1971-1980	8	14	4	5	30	19	1	8	11	Е, С
1981-1990	9	7	3	5	35	16	1	13	14	С
Средняя многолетняя	10	17	5	4	33	16	2	6	7	
Холодный период (XI-III)										
1935-1940	26	25	5	2	33	9	0	-	-	Е
1941-1950	21	26	8	2	39	13	0	1	0	Ш
1951-1960	16	13	8	3	48	10	0	1,5	0,5	Е
1961-1970	14	15	9	5	36	16	0	2	3	С
1971-1980	14	12	8	5	40	14	0	5	2	С, Е
1981-1990	16	6	5	5	42	12	0	11	3	С
Средняя многолетняя	17	13	7	4	40	12	0	5	2	
Теплый период (IY-X)										
1935-1940	6	35	1,5	0,5	24	25	8	-	-	Е, Ш
1941-1950	6	24	2	2	32	21	4	4	5	Ш
1951-1960	5	30	7	4	27	21	1	3	2	Ш
1961-1970	4	23	4	8	21	21	2	8	9	Е
1971-1980	4	17	1	5	24	21	2	9	17	С
1981-1990	4	11	2	4	25	18	1	14	21	С
Средняя многолетняя	5	21	3	4	25	20	3	8	11	

Примечание. До 1945 года тип 13 входил в тип 11, типы 9б и 12 - в 9, 9а.

повторяемости типов синоптических процессов Средней Азии отражают основные особенности циркуляции в теплый и холодный периоды года в разные десятилетия, позволяют выделить преобладающее направление переноса воздушных масс, приходящих в Среднюю Азию при тех или иных процессах.

Стоит обратить внимание на особенности взаимосвязи между общей циркуляцией атмосферы над атлантико-евразийским сектором северного полушария и синоптическими процессами над Средней Азией в разные десятилетия. Для иллюстрации достаточно рассмотреть 1941-1950 годы с преобладанием типа Ш и последнее десятилетие 1981-1990 с преобладанием типа С. Если в 40-е годы повторяемость южных циклонов составляла 12% от общего числа случаев, холодных северо-западных и северных вторжений - 21, то в 80-е годы повторяемость этих типов составила соответственно 9 и 7%.

Крупные аномалии в повторяемости синоптических процессов являются непосредственным следствием их устойчивости. Как следует из табл. 1.8, в основном во всех типах преобладает продолжительность процесса 2-3 сут. В последнем десятилетии (1981-1990 годы) заметно уменьшилась повторяемость длительных периодов (4-5 и более 5 сут) для холодных (тип 5, 6) вторжений и южных циклонов, более длительными стали антициклональные поля и малоградиентные поля пониженного и повышенного давления.

Оценка временной изменчивости синоптических процессов Средней Азии производилась также и по величине линейного тренда (таблицы 1.9), рассчитанного для различных интервалов лет. Расчеты, выполненные по всему ряду наблюдений, указывают на значительную отрицательную тенденцию в повторяемости северных и северо-западных вторжений (-56 сроков/10лет), пониженного давления ($+53$ срока/10лет). В то же самое время небольшие величины отрицательного тренда прослеживаются для таких типов, как южные циклоны, периферия антициклона, западные вторжения, волновая деятельность, летняя термическая депрессия; небольшой положительный тренд отмечен у малоподвижных циклонов. Сравнение тенденций в изменении повторяемости синоптических процессов в обоих циркуляционных эпохах свидетельствует о перемене знака после 1960 года.

Таблица 1.8

Повторяемость (%) за год типов синоптических процессов различной продолжительности

Годы	Продолжительность, сут			
	1	2 – 3	4 – 5	> 5
Холодные вторжения (тип 5, 6, 10)				
1941-1950	20	62	16	2
1951-1960	18	56	23	3
1961-1970	10	57	30	3
1971-1980	6	66	26	2
1981-1990	17	67	14	2
Южные циклоны (тип 1, 2, 3)				
1941-1950	28	58	13,5	0,5
1951-1960	24	65	10,5	0,5
1961-1970	18	69	12	1
1971-1980	8	76	15	1
1981-1990	19	70	11	0
Периферия антициклона (тип 9,9а,9б)				
1941-1950	40	43	15	2
1951-1960	30	44	21	5
1961-1970	20	49	25	6
1971-1980	11	60	25	4
1981-1990	15	49	27	9
Малоградиентное поле повышенного давления (тип 12)				
1951-1960	51	42	7	0
1961-1970	17	60	22	1
1971-1980	18	70	10	2
1981-1990	19	59	19	3
Малоградиентное поле пониженного давления (тип 13)				
1951-1960	45	42	13	0
1961-1970	15	56	21	8
1971-1980	12	53	29	6
1981-1990	20	48	22	10

Ряды данных о повторяемости типов синоптических процессов и форм атмосферной циркуляции[19, 27] подвергались спектральному анализу [55, 68]. В табл. 1.10 приведены максимальные доли дисперсии, приходящиеся на колебания с различными периодами, рассчитанными по годовым значениям.

Таблица 1.9

Параметры линейного тренда (β) годового числа сроков типов синоптических процессов и его вклад в общую дисперсию ряда (α)

Годы	Типы синоптических процессов								
	1,2,3	5,6	7	8	9,9а,9б	10	11	12	13
1935-1990	−14 / 25	−56 / 64	−3 / 4	+11 / 16	−4 / 0,5	−5 / 2	−8 / 25	+34 / 58	+53 / 72
1935-1960	-26 / 18	-31 / 6	+41 / 53	+18 / 27	+54 / 14	-15 / 4	-28 / 45	-2 / 74	-36 / 37
1961-1990	+2 / 0,4	-92 / 72	-17 / 15	-12 / 6	+33 / 18	-24 / 11	-4 / 7	+53 / 49	+59 / 59
1935-1940	+101 / 13	+330 / 58	+51 / 30	+49 / 1	−274 / 88	153 / 56	−41 / 7	– / –	– / –
1941-1950	+16 / 49	−221 / 69	−31 / 15	+6 / 1	+369 / 90	−81 / 32	−26 / 7	162 / 85	−129 / 64
1951-1960	−49 / 12	+255 / 62	+72 / 28	−23 / 5	−260 / 59	+95 / 12	−24 / 16	+20 / 12	−46 / 29
1961-1970	−75 / 36	−188 / 53	+80 / 31	+57 / 12	−33 / 2	152 / 32	−21 / 15	+34 / 15	+248 / 92
1971-1980	+16 / 2	−96 / 21	−80 / 64	+3 / 0,1	+25 / 1	+19 / 1	+36 / 41	+9 / 1	+16 / 3
1981-1990	−38 / 14	−63 / 29	+22 / 5	−61 / 32	−12 / 0,5	−66 / 17	−2 / 0,4	156 / 35	+72 / 36

Примечание. Числитель- β, число сроков/10 лет, знаменатель- α,%.

Наблюдаемые флуктуации, характерные для форм циркуляции Ш, Е, С, устойчивы. Наиболее мощные из них приходятся на низкочастотную часть спектра и имеют периоды для типа С 47,5 и 23,7 года, для типов синоптических процессов 5, 6 соответственно 53, 26,5 и 17,7 года. В высокочастотной части спектра отмечаются колебания с незначительными флуктуациями. Наличие циклов, близких к полу-

вековому (типы 1, 2, 3, 5, 6, 8, 11, 13), 25-летнему (типы 5, 6, 9, 12, 11), по-видимому, обусловлено колебаниями общей циркуляции атмосферы. В высокочастотных частях спектров наблюдаются мощные всплески (типы 1,2,3, 8, 10, 11), которые соответствуют 2-3-х и 5-6-летним периодичностям. Некоторые из них достигают 16,0% (тип 10) и 11,6% (тип 8).

Таблица 1.10

Максимальная доля дисперсии, приходящаяся на колебания с различными периодами

Формы циркуляциии. Тип процесса	Период, годы	Вклад гармоники, %	Формы циркуляциии. Тип процесса	Период, годы	Вклад гармоники, %
Ш	95,0	39,2	10	17,7	12,6
	31,7	8,3		8,8	9,1
С	47,5	19,7		5,3	7,5
	23,7	17,9		2,9	16,0
Е	95,0	18,2	7	53,0	30,5
	47,5	18,0		13,2	14,9
	23,7	10,5	8	53,0	28,7
1, 2, 3	53,0	27,0		17,7	13,3
	17,7	6,9		2,3	11,6
	5,9	8,5	11	54,0	17,9
	2,0	9,0		27,0	10,2
5, 6	53,0	23,1		6,0	9,1
	17,7	27,4		27,0	10,2
				3,6	7,4
9,9а,9б, 12	26,5	37,4	13	43,0	72,8
	17,7	22,8		14,0	7,0
	13,2	10,0			

Таким образом, многолетние колебания, происходящие в общей циркуляции атмосферы над атлантико-евразийским сектором северного полушария непосредственно отразились на повторяемости основных типов циркуляции над Средней Азией. Были выделены две циркуляционные эпохи до и после 1960 года: в первой ЦЭ в ОЦА преобладали

широтные процессы, во второй ЦЭ - меридиональные (тип С). Следует обратить внимание на то, что после 1985 года намечается некоторая перестройка в ОЦА- монотонно увеличивается повторяемость широтных процессов и уменьшается повторяемость типа Е. Эта перестройка в общей циркуляции атмосферы отразилась на повторяемости синоптических процессов: резко стала увеличиваться повторяемость волновой деятельности (тип 7), малоградиентных полей повышенного давления (тип 12), при существенном уменьшении числа холодных вторжений (типы 5, 6) и южных циклонов (типы 1, 2, 3). Возможно, происходит формирование новой циркуляционной эпохи.

ГЛАВА 2

РАДИАЦИОННЫЕ ФАКТОРЫ КЛИМАТА

В Средней Азии радиационный фактор в течение большей части года является решающим в формировании климата. Приход солнечной радиации определяется высотой Солнца, продолжительностью дня, количеством облачности, прозрачностью атмосферы. За исключением последнего условия, все остальные благоприятствуют исключительному обилию солнечного тепла и света. В летние месяцы продолжительность солнечного сияния составляет от 300-330 ч на севере до 380-390 ч на юге. Годовая продолжительность соответственно равна 2800 и 3050 ч. Отношение продолжительности фактически наблюдающегося солнечного сияния к возможному на некоторых станциях летом достигает 90-94%, что превышает соответствующие величины в субтропиках Средиземноморья.

В горных районах Средней Азии продолжительность солнечного сияния и другие характеристики радиации существенно зависят от закрытости горизонта и экспозиции склонов. Наименее благоприятны для поступления солнечной радиации котловины. Зато в открытом высокогорье из-за большой прозрачности атмосферы интенсивность солнечной радиации максимальна.

Прямая солнечная радиация. Прямая солнечная радиация, приходящая на горизонтальную поверхность, в среднем за месяц при средних условиях облачности (табл.2.1), максимальна в июле, достигая 680 мДж/м^2 над пустыней (Тамды) и 664 мДж/м^2 над горами (станция им. Горбунова). Рассеянная радиация имеет максимум в более ранние месяцы - в мае-июне над равнинами, в марте-мае над горами, где ее значение превышает 400 мДж/м^2.

Радиационный баланс в Средней Азии представляет основную долю теплового. Годовые его значения достигают 1885 мДж/м^2 на севере и 2807 - на юге. На большей части территории радиационный баланс положительный [7,9]. Уже в 60-х годах было замечено [5], что в радиационном режиме северного полушария наметилась тенденция к ослаблению отдельных составляющих солнечной радиации, что, вероятно, связано как с вулканическими извержениями (вулкан Агунг

на острове Бали, 1963 год) [15], так и с интенсификацией хозяйственной деятельности человека. Увеличение площади пахотных земель и развитие промышленности привели к росту замутнения атмосферы аэрозольными примесями. Как показали последующие исследования, тенденция эта сохранялась в течение долгого времени [12]. Здесь она представлена преимущественно на материалах однородных рядов актинометрических станций Узбекистана (1955-1990 годов) для срока $12^{ч}{}^{30}$мин в ясные дни и отдельными сведениями других станций, из соответствующих климатических справочников сопредельных территорий [76].

Прямая солнечная радиация на перпендикулярную лучам поверхность (табл. 2.2, 2.6 и табл. 2.1 приложения) в среднем уменьшалась на всех станциях до 80-х годов. Минимальное уменьшение имело место над пустыней Кызылкум (Тамды), где оно составляло около 11% зимой и практически отсутствовало летом. Над остальной территорией Узбекистана, кроме ее северо-западных районов, в зимнее время приход прямой солнечной радиации уменьшился за этот же период на 13-15%, а летом - на 1-3. Особо следует отметить значительное и устойчивое ослабление прямой радиации на плато Устюрт, где оно достигает в октябре и январе 26-27% и даже летом составляет 10%. По-видимому, существенно снизилась прозрачность атмосферы над северо-восточной предгорной частью Узбекистана (Ташкент), где прямая солнечная радиация уменьшилась на 22% зимой и на 14- летом. Наиболее сильное ослабление радиации наблюдалось в юго-восточной части Ферганской долины. В Фергане прямая солнечная радиация зимой уменьшилась почти на 40%, а летом - на 13. Для горных районов Западного Тянь-Шаня (Кызылча) характерно ослабление на 10-14%.

Анализ ежегодных суточных сумм прямой радиации на горизонтальную поверхность независимо от состояния небосвода приводит к тем же выводам. Так, например, в Ташкенте, средние за месяц суточные суммы прямой радиации на горизонтальную поверхность уменьшились в январе от 3,49 мДж/м^2 в 1956 году до 2,89 в 1980 году, в июле от 21,4 до 20,3 за тот же период. Относительное уменьшение составило в январе 17, в июле - 5%.

Уменьшение радиации происходило в течение рассматриваемого периода неравномерно и по территории, и во времени. Наиболее интенсивный спад был отмечен во второй половине 70-х годов над Устюртом, Приаральем и горными районами. В промышленных городах он был

Таблица 2.1

Месячные и годовые суммы прямой (S') и рассеянной (D) солнечной радиации (МДж/м^2) на горизонтальную поверхность при средних условиях облачности

Станция	Радиация	I	II	III	IV	V	VI	VII
Каракалпакия	S'	86	148	227	317	509	513	556
	D	108	141	208	257	268	269	250
Тамды	S'	129	173	256	353	540	656	680
	D	113	138	202	234	248	204	196
Ташкент	S'	101	128	203	301	490	619	659
	D	110	138	199	246	261	231	215
Фергана	S'	83	100	175	266	444	555	566
	D	126	161	215	264	277	248	251
Кызылча	S'	170	190	261	279	405	533	604
	D	149	200	281	262	255	244	219
Душанбе	S'	99	127	201	280	450	562	582
	D	122	144	199	242	250	258	258
Им. Горбунова	S'	118	124	200	269	444	619	664
	D	169	219	332	423	422	485	442
Бишкек	S'	109	124	174	281	394	493	540
	D	114	149	206	236	273	248	246
Суусамыр	S'	141	158	220	275	383	476	513
	D	153	212	340	322	286	252	234

Станция	Радиация	VIII	IX	X	XI	XII	Сумма за год
Каракалпакия	S'	536	402	237	104	61	3696
	D	210	164	134	98	84	2191
Тамды	S'	642	481	305	153	90	4458
	D	165	142	127	99	93	1961
Ташкент	S'	585	418	241	126	73	3945
	D	192	181	157	107	93	2130
Фергана	S'	528	394	236	121	60	3518
	D	224	189	171	118	100	2344
Кызылча	S'	606	430	268	176	132	4054
	D	189	169	144	121	127	2360
Душанбе	S'	521	415	263	153	87	3740
	D	240	201	156	112	110	2292
Им. Горбунова	S'	656	486	286	171	94	4129
	D	177	143	176	158	157	2903
Бишкек	S'	483	360	210	113	79	3360
	D	214	172	142	99	91	2190
Суусамыр	S'	519	395	260	141	112	3593
	D	193	165	157	144	135	2593

Продолжение табл. 2.1

Станция	Радиация	I	II	III	IV	V	VI	VII
Тянь-Шань	S'	189	220	317	377	397	405	414
	D	140	187	315	362	377	329	292
Ашгабат	S'	118	144	190	297	458	581	592
	D	108	140	205	239	264	236	248
Гасан-Кули	S'	148	192	245	299	463	520	472
	D	116	141	208	261	281	277	302

Станция	Радиация	VIII	IX	X	XI	XII	Сумма за год
Тянь-Шань	S'	417	364	301	201	169	3771
	D	255	207	171	134	121	2890
Ашгабат	S'	571	440	297	168	101	3558
	D	206	184	152	107	94	2183
Гасан-Кули	S'	438	364	286	195	139	3761
	D	268	215	168	124	106	2467

не такой заметный, а на юге республики (Термез) прямая радиация даже увеличилась.

Вторая половина 80-х годов характеризовалась почти повсеместно сменой знака тенденции солнечной радиации, особенно летом. Средние за 1985-1990 годы величины прямой солнечной радиации на перпендикулярную лучам поверхность в июле если не сравнялись, то по крайней мере приблизились к значениям, характерным для начала рассматриваемого периода на большинстве станций. Исключением является Фергана, хотя и там наблюдается некоторый рост прямой солнечной радиации.

Очевидно, что тенденции изменения прямой радиации над территорией Узбекистана были связаны с крупномасштабными антропогенными процессами в атмосфере, в частности, с общим фоновым возрастанием загрязнения атмосферы, хотя нужно принимать во внимание и такой фактор, как изменение повторяемости проникновения в Среднюю Азию воздушных масс с другими оптическими свойствами. В случае уменьшения солнечной радиации за счет крупномасштабных факторов регионального масштаба должна быть хорошая согласованность между всеми пунктами актинометрических наблюдений. Действительно, в зимнее время, когда в Средней Азии преобладает

Таблица 2.2

Средние значения прямой солнечной радиации (кВт/м^2) на перпендикулярную поверхность (12ч^{30}мин ср.солн.вр.)

Станция	Месяц	1955-1960	1960-1965	1965-1970	1970-1975
Каракалпакия	I	0,915	0,885	0,846	0,825
	YII	0,895	0,908	0,895	0,875
Тахиаташ	I	0,886	0,866	0,843	0,873
	YII	0,861	0,840	0,868	0,865
Тамды	I	0,910	0,853	0,818	0,831
	YII	0,876	0,838	0,868	0,866
Кызылча	I	-	1,060	1,043	1,025
	YII	-	0,956	0,981	0,936
Ташкент	I	0,893	0,815	0,766	0,745
	YII	0,856	0,853	0,833	0,820
Фергана	I	0,806	0,778	0,656	0,581
	YII	0,850	0,826	0,776	0,748
Термез	I	0,930	0,888	0,851	0,816
	YII	0,826	0,798	0,785	0,818

Станция	Месяц	1975-1980	1980-1985	1985-1990
Каракалпакия	I	0,743	0,701	0,732*
	YII	0,823	0,831	0,845*
Тахиаташ	I	0,788	0,763	0,808
	YII	0,793	0,820	0,855
Тамды	I	0,803	0,746	0,841
	YII	0,870	0,855	0,878
Кызылча	I	0,978	0,898	0,018
	YII	0,858	0,861	0,946
Ташкент	I	0,731	0,673	0,785
	YII	0,808	0,796	0,853
Фергана	I	0,538	0,551	0,595
	YII	0,751	0,748	0,775
Термез	I	0,841	0,811	0,810
	YII	0,808	0,796	0,808

* Осреднение за 4 года.

антициклональный режим погоды, парные коэффициенты корреляции между радиационными характеристиками разных станций оказались достаточно высокими, особенно для однотипных физико-географических районов, величины которых составили 0,74 – 0,76 (таблица 2.2 приложения). Связь между удаленными станциями ослабевает: коэффициент корреляции между Тахиаташем и Ферганой со-

ставляет 0,40, между Тамды и Термезом - 0,39. В теплое время года хорошая согласованность наблюдается редко и лишь для отдельных соседних станций. Это говорит о том, что на общем фоне уменьшения прозрачности атмосферы большую роль играют локальные источники помутнения атмосферы. В пустынных районах это, как правило, пыль.

Таблица 2.3

Средние значения рассеянной радиации ($кВт/м^2$) ($12ч^{30}мин$ ср. солн. вр.)

Станция	Месяц	1955-1960	1960-1965	1965-1970	1970-1975
Каракалпакия	I	0,090	0,110	0,086	0,106
	YII	0,100	0,110	0,136	0,130
Тахиаташ	I	0,078	0,086	0,103	0,195
	YII	0,118	0,133	0,160	0,151
Тамды	I	0,098	0,123	0,098	0,090
	YII	0,124	0,135	0,133	0,131
Кызылча	I	-	0,101	1,108	1,090
	YII	-	0,136	0,130	0,125
Ташкент	I	0,088	0,103	0,116	0,128
	YII	0,133	0,145	0,150	0,161
Фергана	I	0,100	0,103	0,151	0,140
	YII	0,141	0,168	0,176	0,169
Термез	I	0,081	0,090	0,093	0,103
	YII	0,128	0,166	0,183	0,176

Станция	Месяц	1975-1980	1980-1985	1985-1990
Каракалпакия	I	0,100	0,141	0,127*
	YII	0,158	0,196	0,172*
Тахиаташ	I	0,100	0,126	0,111
	YII	0,155	0,163	0,166
Тамды	I	0,111	0,131	0,108
	YII	0,145	0,150	0,133
Кызылча	I	0,091	0,113	0,118
	YII	0,148	0,143	0,146
Ташкент	I	0,138	0,148	0,131
	YII	0,185	0,176	0,176
Фергана	I	0,181	0,181	0,158
	YII	0,183	0,205	0,196
Термез	I	0,111	0,118	0,106
	YII	0,193	0,205	0,201

* Осреднение за 4 года.

Рассеянная радиация. После 1963 года над территорией СНГ [15], в том числе над большей частью Средней Азии, рассеянная радиация имела тенденцию к увеличению (табл. 2.3 и 2.6). Сезонный ход этого увеличения на большинстве станций выражен плохо. Однако сохраняются особенности пространственного распределения, характерные для прямой радиации. Наименьший прирост рассеянной радиации наблюдается над пустыней Кызылкум (Тамды), где он не превышает в абсолютных единицах 0,03 кВт/м^2. Некоторое увеличение (0,02 - 0,03 кВт/м^2) характерно для горных районов (Кызылча). В Приаралье (Тахиаташ) рассеянная радиация увеличилась на 0,04 - 0,06 кВт/м^2. Особо выделяются изменением рассеянной радиации плато Устюрт (Каракалпакия), северо-восточная и южная часть Узбекистана (Ташкент, Термез), Ферганская долина, где за рассматриваемый период произошло возрастание рассеянной радиации больше, чем в 1,5 раза. Обнаруженные закономерности сохраняются и в условиях средней облачности. В конце рассматриваемого периода величина рассеянной радиации начала уменьшаться.

Отметим также, что изменение значений рассеянной радиации, по крайней мере на всей территории Узбекистана, происходило достаточно синхронно. На это обстоятельство указывают сравнительно высокие коэффициенты корреляции между станциями (табл. 2.3 приложения). Исключением является горная станция Кызылча. Объясняется это тем, что процессы дополнительного рассеяния, в результате которого осуществилось увеличение рассеянной радиации, происходят в самом нижнем слое атмосферы.

Очевидно, что изменения прямой и рассеянной радиации должны были соответствующим образом отразиться на значениях суммарной радиации. Как следует из табл. 2.4, в зимний сезон 60-х годов наблюдалось устойчивое снижение суммарной радиации над всей территорией Узбекистана. Летом характер изменений не был однозначен. Однако величина этих изменений невелика. Зимой в первой половине 70-х годов заметное снижение суммарной радиации сохраняется только над Ферганской долиной и в горах. Летом к указанным районам добавляется Устюрт и Приаралье. Над остальными частями Узбекистана происходило незначительное увеличение суммарной радиации. Во второй половине 70-х годов и зимой, и летом продолжается уменьшение суммарной радиации над Устюртом, Приаральем и горными районами. Над остальной территорией намечается тенденция к увели-

чению суммарной радиации. В первой половине 80-х годов уменьшение суммарной радиации происходило только в горах. Над остальной территорией, особенно во второй половине 80-х годов, начался рост. При этом наибольший рост суммарной радиации наблюдался над горной частью (Кызылча) и в индустриальных районах (Ташкент, Фергана).

Таблица 2.4

Средние значения суммарной солнечной радиации ($кВт/м^2$) ($12ч^{30}мин$ ср. солн. вр.)

Станция	Месяц	1955-1960	1960-1965	1965-1970	1970-1975
Каракалпакия	I	0,441	0,436	0,420	0,441
	YII	0,920	0,933	0,948	0,930
Тахиаташ	I	0,466	0,461	0,475	0,493
	YII	0,923	0,913	0,966	0,951
Тамды	I	0,514	0,510	0,475	0,476
	YII	0,936	0,911	0,938	0,943
Кызылча	I	-	0,600	1,583	0,573
	YII	-	1,035	1,048	0,998
Ташкент	I	0,493	0,480	0,471	0,471
	YII	0,931	0,930	0,815	0,930
Фергана	I	0,476	0,476	0,461	0,418
	YII	0,936	0,945	0,908	0,856
Термез	I	0,566	0,553	0,535	0,528
	YII	0,918	0,933	0,941	0,960

Станция	Месяц	1975-1980	1980-1985	1985-1990
Каракалпакия	I	0,413	0,448	0,457*
	YII	0,925	0,945	0,937*
Тахиаташ	I	0,466	0,483	0,418
	YII	0,895	0,945	0,955
Тамды	I	0,485	0,465	0,481
	YII	0,958	0,943	0,956
Кызылча	I	0,548	0,586	0,588
	YII	0,955	0,945	1,031
Ташкент	I	0,486	0,458	0,511
	YII	0,921	0,930	0,950
Фергана	I	0,423	0,436	0,446
	YII	0,895	0,911	0,926
Термез	I	0,556	0,555	0,540
	YII	0,968	0,970	0,975

* Осреднение за 4 года.

Радиационный баланс подстилающей поверхности. Изменения радиационного баланса (РБ) в ночные часы за весь рассматриваемый период находились в пределах точности измерения этой величины (0,01 кВт/м^2). Наиболее заметные изменения наблюдались в полуденный срок. Очевидно, что в дневное время величина радиационного баланса в основном определяется значением его коротковолновой части, то есть суммарной радиацией. По этой причине изменение радиационного баланса хорошо согласуется с изменением суммарной радиации (табл. 2.5-2.6). Так, над пустыней Кызылкум имеется тенденция к возрастанию РБ, особенно заметному летом (Тамды 22%). В Приаралье (Тахиаташ), напротив, происходило уменьшение РБ, достигающее в апреле 12%. В Ташкенте изменения РБ несущественны. В Ферганской долине зимой отмечается уменьшение РБ на 13%, а в другие сезоны - увеличение. На горной станции Кызылча наблюдается устойчивое уменьшение РБ и суммарной радиации. Значения парных коэффициентов корреляции показывают, что изменение РБ над равнинной территорией Узбекистана происходит одновременно.

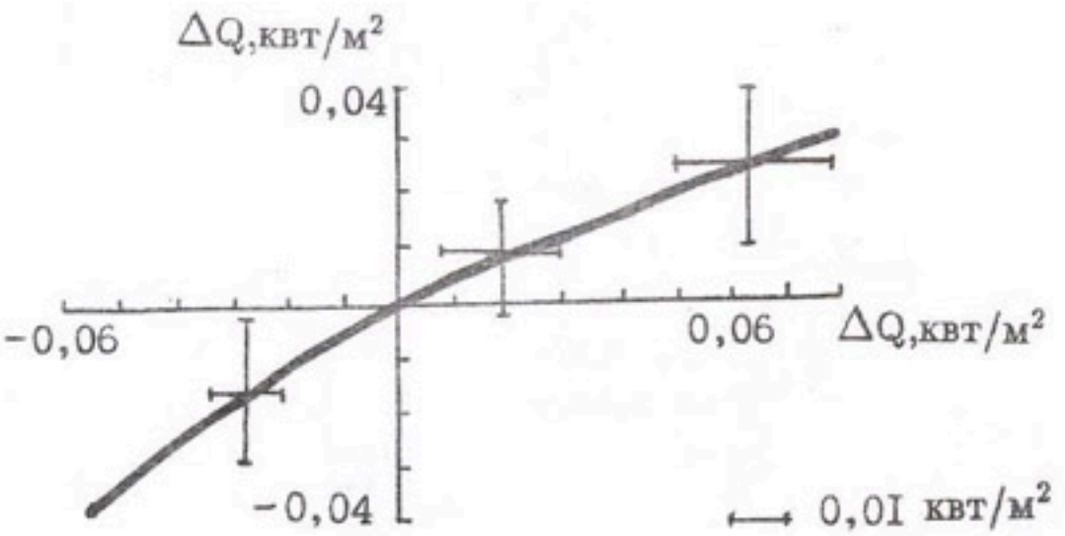


Рис. 2.1. Связь между изменениями суммарной радиации и радиационным балансом подстилающей поверхности (12ч^{30}мин ср.солн.вр.).

Таблица 2.5

Средние значения радиационного баланса (кВт/м^2) (12ч^{30}мин ср. солн. вр.)

Станция	Месяц	1955-1960	1960-1965	1965-1970	1970-1975
Каракалпакия	I	0,116	0,098	0,143	0,123
	YII	0,476	0,466	0,433	0,438
Тахиаташ	I	0,256	0,231	0,240	0,263
	YII	0,533	0,558	0,596	0,586
Тамды	I	0,240	0,215	0,173	0,160
	YII	0,453	0,396	0,458	0,466
Кызылча	I	-	0,043	1,030	0,016
	YII	-	0,550	1,621	0,580
Ташкент	I	0,226	0,216	0,186	0,138
	YII	0,513	0,591	0,568	0,515
Фергана	I	0,273	0,241	0,210	0,181
	YII	0,460	0,493	0,588	0,565
Термез	I	0,305	0,293	0,318	0,285
	YII	0,476	0,576	0,568	0,535

Станция	Месяц	1975-1980	1980-1985	1985-1990
Каракалпакия	I	0,155	0,176	0,167*
	YII	0,416	0,460	0,505*
Тахиаташ	I	0,240	0,236	0,246
	YII	0,523	0,473	0,573
Тамды	I	0,185	0,186	0,231
	YII	0,483	0,468	0,488
Кызылча	I	0,046	0,031	0,038
	YII	0,561	0,488	1,525
Ташкент	I	0,170	0,183	0,238
	YII	0,525	0,511	0,568
Фергана	I	0,201	0,203	0,223
	YII	0,581	0,631	0,626
Термез	I	0,273	0,310	0,323
	YII	0,546	0,575	0,570

* Осреднение за 4 года.

Можно полагать, что при маломеняющихся оптических, механических и теплофизических свойствах подстилающей поверхности (альбедо, тип растительности, теплопроводность почвы) коротковолновая часть радиационного баланса должна хорошо согласовываться с ее длинноволновой частью, то есть должна существовать связь между изменениями суммарной радиации и радиационного баланса. Действительно, связь между этими величинами является удовлетворительной

Таблица 2.6

Линейный тренд характеристик солнечной радиации и радиационного баланса на актинометрических станциях Узбекистана

Станция	Солнечная радиация						Радиационный баланс	
	прямая		рассеянная		суммарная			
	$\Delta S/S_0$, %	$\Delta S \cdot 10^{-3}$, кВт/м² в год	$\Delta D/D_0$, %	$\Delta D \cdot 10^{-3}$, кВт/м² в год	$\Delta Q/Q_0$, %	$\Delta Q \cdot 10^{-3}$, кВт/м² в год	$\Delta B/B_0$, %	$\Delta B \cdot 10^{-3}$, кВт/м² в год
				Январь				
Каракалпакия	-27	-7,1	63	1,4	2	0,3	6	2,0
Тахиаташ	-13	-3,4	50	1,1	2	0,3	0	0,0
Тамды	-11	-2,9	33	0,9	-8	-1,1	0	0,0
Кызылча	-14	-4,3	33	0,9	-7	-1,1	-25	-0,3
Ташкент	-22	-5,4	67	1,7	2	0,3	0	0,0
Фергана	-40	-9,1	64	2,0	-13	-1,7	-13	-0,9
Термез	-15	-4,0	50	1,1	-4	-0,6	7	0,6
				Апрель				
Каракалпакия	-20	-5,7	80	2,3	-3	-0,9	-11	-1,4
Тахиаташ	-6	-1,4	29	1,1	0	0,0	-12	-2,0
Тамды	-1	-0,3	–	-0,3	6	1,4	9	1,1
Кызылча	-14	-4,3	15	0,6	-9	-2,6	-32	-5,1
Ташкент	-14	-3,7	43	1,7	-1	-0,3	0	0,0
Фергана	-16	-4,0	47	2,0	-4	-0,9	28	3,7
Термез	-7	-1,7	46	1,7	3	0,9	11	1,7

Продолжение табл. 2.6

Станция	Солнечная радиация						Радиационный баланс	
	прямая		рассеянная		суммарная			
	$\Delta S/S_0$, %	$\Delta S \cdot 10^{-3}$, кВт/м² в год	$\Delta D/D_0$, %	$\Delta D \cdot 10^{-3}$, кВт/м² в год	$\Delta Q/Q_0$, %	$\Delta Q \cdot 10^{-3}$, кВт/м² в год	$\Delta B/B_0$, %	$\Delta B \cdot 10^{-3}$, кВт/м² в год
				Июль				
Каракалпакия	-10	-2,6	111	2.9	3	0,9	7	0,9
Тахиаташ	-4	-0,9	50	1,7	3	0,9	-4	-0,6
Тамды	1	0,3	15	0,6	9	2,3	22	2,6
Кызылча	-11	-3,1	15	0,6	-5	-1,4	-12	-2,0
Ташкент	-6	-1,4	46	1,7	2	0,6	4	0,6
Фергана	-13	-3,1	40	1,7	-3	-0,9	32	4,6
Термез	-1	-0,3	57	2,3	5	1,4	6	0,9
				Октябрь				
Каракалпакия	-26	-7,4	71	1,4	0	0,0	0	0,0
Тахиаташ	-2	-0,6	44	1,1	-2	-0,3	-3	-0,3
Тамды	-2	-0,6	22	0,6	9	1,7	0	0,0
Кызылча	-10	-2,9	33	0,9	-3	-0,6	3	0,3
Ташкент	-17	-6,0	42	1,4	0	0,0	-6	-0,6
Фергана	-24	-5,4	54	2,0	-8	-1,4	13	1,1
Термез	-13	-3,1	50	1,7	-1	-0,3	-8	0,9

(рис. 2.1) и практически линейной при небольших значениях обеих величин ($\Delta Q = 0{,}015$ кВт/м^2, $\Delta B = 0{,}025$ кВт/м^2). Указанная связь позволяет оценивать изменения радиационного баланса подстилающей поверхности по величине суммарной радиации.

Попробуем увязать, хотя бы приближенно, обнаруженные особенности многолетнего хода рассмотренных характеристик с изменениями составляющих атмосферы, ответственных за ослабление солнечной радиации. Как известно, ослабление солнечной радиации, в реальной атмосфере можно рассматривать как суммарный эффект от ослабления в идеальной атмосфере, аэрозольного ослабления и ослабления за счет водяного пара. В этом случае в качестве характеристики прозрачности атмосферы используют фактор мутности Линке (T), который представляют в виде [73]:

$$T = 1 + W + R,$$

где R - остаточная мутность, значение которой обусловлено в основном содержанием в атмосфере различного рода аэрозолей, W - влажная мутность, зависящая от концентрации водяного пара в ней. Если газовый состав идеальной атмосферы не изменяется, то относительное изменение фактора мутности определится соответствующими изменениями влажной и аэрозольной мутности, то есть

$$\frac{\Delta T}{T_0} = \frac{\Delta W}{W_0} + \frac{\Delta R}{R_0} \ .$$

Не вдаваясь детально в физическую сущность ослабления солнечной радиации водяным паром, отметим, что влажная мутность является функцией упругости водяного пара (e_0) у поверхности Земли:

$$W = \varphi(e_0) \ .$$

Вид этой функции определяется обычно эмпирически для данного типа местности. В случае малой изменчивости оптической массы атмосферы и ее стратификации в ясные полдни для таких месяцев как июль и январь, эта зависимость имеет линейный характер. Тогда относительное изменение величины влажной мутности будет пропорционально относительному изменению упругости водяного пара:

$$\frac{\Delta W}{W_0} = \frac{\Delta e}{e_0} \ .$$

Как следует из формулы Бугера-Ламберта, фактор мутности можно представить в виде [68]:

$$T_0 = P(m) \lg \frac{S_0}{S'_0},$$

где P(m) - коэффициент, постоянный для данной оптической массы m, S_0- солнечная постоянная, S'_0 - прямая солнечная радиация на перпендикулярную солнечным лучам поверхность. После несложных преобразований получим:

$$\frac{\Delta T}{T_0} = \frac{\lg\left(\frac{S'_0}{S'_t}\right)}{\lg\left(\frac{S_0}{S'_0}\right)},$$

где S'_0- значение прямой солнечной радиации на перпендикулярную поверхность, соответствующее фактору мутности Т. Очевидно, что эти формулы применимы для климатических оценок изменения оптического состояния атмосферы в зависимости от содержания водяного пара и аэрозолей.

Упругость водяного пара. Рассмотрим изменение упругости водяного пара над территорией Узбекистана. Для анализа использован материал с 1955 года (табл. 2.7 и табл. 2.4 приложения). Зимой, начиная с 1955 года, над восточными и южными районами республики, а с 1960 года над всей ее трериторией, происходило устойчивое уменьшение упругости водяного пара. Минимум упругости наблюдался в 1970-1975 годах и составил над центральными и западными районами 2,1 - 2,6 гПа, в горных районах - 1,6, в восточных промышленных районах - 3,4 -3,8, в южных - 4,8 . Однако уменьшение упругости было сравнительно небольшим и повсеместно, кроме Ферганской долины, не превышало 0,5-0,8 гПа. В Ферганской долине оно составило 1,2 гПа. После 1975 года над всей территорией, исключая Устюрт, наметилась вполне очевидная тенденция к возрастанию величины упругости водяного пара, и она оказалась более ощутимой, чем вклад ее в предыдущие годы: в Приаралье и пустынной зоне - 1,0 - 1,3 гПа, в Ташкенте - 0,8, Ферганской долине - 1,2, над южными районами - 1,5. Над Устюртом, после увеличения упругости в 1975-1980 годах на 0,8 гПа, происходило в последующие годы ее уменьшение. Очевидно, что довольно синхронное изменение влагосодержания атмосферы над большей территорией

в зимнее время года обусловлено изменением циркуляционных условий над ней.

Летом картина изменения упругости водяного пара по территории оказалась более сложной. Над Устюртом и в Приаралье наблюдалось устойчивое и значительное увеличение ее значений вплоть до 1985 года. При этом они возросли в 1,5-2,0 раза, достигнув в 1980-1985 годах 17,3 гПа в Каракалпакии и 18,5 в Тахиаташе. В 1985 - 1990 годах над Устюртом произошло резкое (на 5,8 гПа) уменьшение упругости водяного пара. Над пустынными и горными районами до 1975 года отмечалось увеличение упругости водяного пара на 1,1-1,8 гПа, а затем ее спад на 1,6-3,5. В Ташкенте возрастание влагосодержания атмосферы продолжалось до 1980 года и достигло 4,6 гПа. В Ферганской долине в 1955-1980 годах упругость водяного пара изменялась в пределах 14,5-14,8 гПа, а в последнее десятилетие увеличилась на 1,6. Над югом республики с 1955 до 1990 года упругость водяного пара увеличилась на 5,2 гПа. Таким образом, в летний сезон упругость водяного пара имела тенденцию к увеличению над большей территорией Узбекистана, кроме горных (Кызылча) и центральных районов пустыни Кызылкум (Тамды). Особенно заметным это возрастание оказалось над Устюртом, Приаральем и югом республики. Надо полагать, что оно также было связано с особенностями циркуляционного режима над этими районами.

Оценим вклад упругости водяного пара в изменение факторов мутности (табл. 2.8). Изменение фактора мутности происходило в полном соответствии с описанным выше изменением прямой солнечной радиации. В связи с тем, что в зимний сезон влагосодержание атмосферы до 1975 года уменьшалось, также уменьшалась и влажная мутность. Уменьшение прозрачности атмосферы было связано, таким образом, с ее аэрозольным загрязнением. Особенно оно было заметным в индустриальных районах восточной предгорной части Узбекистана, где постоянно в огромных количествах поступают в атмосферу аммиак, окись азота, сернистый газ, фенол, углеводород и пыль индустриального происхождения. После 1975 года вклад аэрозольной мутности стал уменьшаться и, напротив, возрастал вклад влажной мутности. В 1985-1990 годах увеличение прозрачности атмосферы стало возможным только за счет резкого уменьшения аэрозольной мутности.

Таблица 2.7

Средние значения упругости водяного пара (гПа) на актинометрических станциях Узбекистана ($12ч^{30}$мин ср. солн. вр.)

Станция	Месяц	1955-1960	1960-1965	1965-1970	1970-1975
Каракалпакия	I	2,82	2,90	2,68	2,12
	YII	8,98	9,63	11,83	13,67
Тахиаташ	I	3,12	3,28	2,97	2,58
	YII	12,12	12,42	13,83	14,38
Тамды	I	3,08	3,22	2,77	2,50
	YII	10,18	12,20	11,27	13,00
Кызылча	I	-	2,07	1,83	1,62
	YII	-	8,40	9,13	9,48
Ташкент	I	4,13	3,98	3,65	3,38
	YII	10,90	11,37	12,68	12,37
Фергана	I	4,97	4,23	4,21	3,82
	YII	14,63	14,50	14,80	14,55
Термез	I	5,62	5,28	5,10	4,83
	YII	10,88	12,20	13,62	14,28

Станция	Месяц	1975-1980	1980-1985	1985-1990
Каракалпакия	I	2,88	2,73	2,65*
	YII	13,68	17,30	11,53*
Тахиаташ	I	3,02	3,72	3,93
	YII	17,34	18,48	18,17
Тамды	I	3,00	3,23	3,48
	YII	12,30	10,63	9,45
Кызылча	I	1,83	1,73	2,07
	YII	9,43	8,67	7,90
Ташкент	I	3,83	3,87	4,15
	YII	15,58	13,78	12,93
Фергана	I	4,57	4,37	5,03
	YII	14,82	16,38	16,48
Термез	I	5,12	5,60	6,43
	YII	13,05	15,43	16,02

* Осреднение за 4 года.

Летом вклад обоих компонентов в общую мутность существенно отличается от зимнего. Например, над Устюртом аэрозольная мутность до 1975 года уменьшалась, а в 1975-1980 годах и в 1985-1990 годах возрастала. В Приаралье, начиная с 1980 года, ее вклад в общее ослабление солнечной радиации уменьшался. Увеличение прозрачности атмосферы над остальными районами республики, начавшееся с

1985 года, также связано со значительным уменьшением аэрозольной мутности. Этот вывод независимо подтверждается данными о динамике состояния загрязнения атмосферного воздуха в городах Узбекистана [66]. Так, в Ташкенте пыль уменьшилась в 1981-1990 годах с 2,8 до 1,3 ПДК, в Чирчике - с 2,5 до 2,0, в Алмалык-Ахангаранском районе с 2,7-3,0 до 1,3-2,0, в Фергане с 4,5 до 1,3. Подобная тенденция характерна для других загрязняющих веществ.

Таблица 2.8

Разности значений фактора мутности ($\Delta T/T_0$), влажной ($\Delta W/W_0$) и остаточной ($\Delta R/R_0$) мутности между различными периодами на актинометрических станциях Узбекистана ($12ч^{30}$мин ср. солн. вр.)

Станция	Период					
	(1960-1965)-(1955-1960)			(1965-1970)-(1960-1965)		
	$\Delta T/T_0$	$\Delta W/W_0$	$\Delta R/R_0$	$\Delta T/T_0$	$\Delta W/W_0$	$\Delta R/R_0$
			Январь			
Каракалпакия	8,2	2,8	5,4	10,1	-7,5	17,6
Тахиаташ	5,3	5,1	0,2	6,1	-9,4	15,5
Тамды	15,8	4,5	11,3	8,8	-14,0	22,8
Кызылча	-	-	-	6,4	-11,6	18,0
Ташкент	21,6	-3,6	25,2	12,0	-8,3	20,3
Фергана	6,7	-14,9	21,6	30,2	-0,5	30,7
Термез	12,0	-6,0	18,0	9,9	-3,4	13,3
Станция	(1970-1975)-(1965-1970)			(1975-1980)-(1970-1975)		
Каракалпакия	5,3	-20,9	26,2	20,5	35,8	-15,3
Тахиаташ	-7,2	-13,1	5,9	22,6	12,0	5,6
Тамды	-3,1	-9,7	6,6	6,9	20,0	-13,1
Кызылча	6,4	-11,5	17,9	16,3	12,9	3,4
Ташкент	4,8	-7,4	12,2	3,1	13,3	-10,2
Фергана	16,5	-9,3	25,8	9,0	19,6	-10,6
Термез	8,8	-5,3	14,1	-5,8	6,0	-11,8
Станция	(1980-1985)-(1975-1980)			(1985-1990)-(1980-1985)		
Каракалпакия	6,7	-5,2	11,9	-6,5	-3,5	-2,9
Тахиаташ	5,8	23,2	-17,4	-9,8	5,6	-15,4
Тамды	13,8	7,7	6,1	-19,7	7,7	-27,4
Кызылча	25,5	-5,4	30,9	-29,9	19,6	-49,5
Ташкент	13,2	1,0	12,2	-21,7	7,2	-28,9
Фергана	-2,5	-4,4	1,9	-8,5	15,1	-23,6
Термез	7,5	9,4	-1,9	0,2	14,8	-14,6

Продолжение таблицы 2.8

Станция	Период					
	(1960-1965)-(1955-1960)			(1965-1970)-(1960-1965)		
	$\Delta T/T_0$	$\Delta W/W_0$	$\Delta R/R_0$	$\Delta T/T_0$	$\Delta W/W_0$	$\Delta R/R_0$
			Июль			
Каракалпакия	-3,5	7,2	-10,7	3,5	22,8	-19,3
Тахиаташ	5,3	2,5	2,8	-6,6	11,3	-17,9
Тамды	10,0	19,8	-9,8	-7,2	-7,6	0,4
Кызылча	-	-	-	-7,2	8,7	-15,9
Ташкент	0,7	4,3	-3,6	5,0	11,5	-6,5
Фергана	6,0	-0,9	6,9	12,4	6,6	5,8
Термез	6,8	12,1	-5,3	3,0	11,6	-8,6
Станция	(1970-1975)-(1965-1970)			(1975-1980)-(1970-1975)		
Каракалпакия	5,3	15,6	-10,3	13,4	0,1	13,3
Тахиаташ	0,8	7,6	-6,8	19,1	16,5	2,6
Тамды	0,5	15,3	-14,8	-1,0	-5,4	4,4
Кызылча	14,1	3,8	10,3	23,0	-0,5	23,5
Ташкент	3,2	-2,4	5,6	2,9	25,9	-23,0
Фергана	6,5	-1,7	8,2	-0,7	1,8	-2,5
Термез	-7,4	4,8	-12,2	2,4	-8,6	11,0
Станция	(1980-1985)-(1975-1980)			(1985-1990)-(1980-1985)		
Каракалпакия	2,3	26,5	-24,2	-7,4	-33,3	25,9
Тахиаташ	-6,2	6,6	-12,8	-8,2	-1,7	-6,5
Тамды	3,8	-13,6	17,4	-5,6	-11,1	5,5
Кызылча	-0,8	-8,0	7,2	-20,4	-8,9	-11,5
Ташкент	2,8	-11,5	14,3	-12,8	-6,2	-6,6
Фергана	0,7	10,5	-9,8	-5,9	0,6	-6,5
Термез	8,2	18,2	-15,4	-2,7	3,8	-6,5

Таким образом, изменение прозрачности атмосферы над территорией Узбекистана определялось несколькими причинами. Во-первых, это изменение содержания аэрозоля, которое носило как фоновый характер, так и локальный в индустриальных районах. Особенно заметным локальное увеличение аэрозольного ослабления было в зимние месяцы, что связано с увеличением застойных явлений в это время года. В Ферганской долине, где увеличение аэрозольной мутности в 1960-1975 годах оказалось особенно заметным, дополнительную роль сыграла вогнутая форма рельефа.

Довольно устойчивое увеличение упругости водяного пара и соответственно влажной мутности над Устюртом и Приаральем в летние месяцы 1960-1985 годов оказалось несколько неожиданным и свя-

зано, надо полагать, с повышенной повторяемостью более влажных воздушных масс над этой территорией Узбекистана, принадлежащей к иной климатической провинции.

Все вышесказанное относилось преимущественно к солнечной радиации в ясные дни при максимальной высоте Солнца, когда рассматриваемые тенденции и колебания связываются только с концентрацией аэрозоля и газовыми составляющими атмосферы. В стороне был оставлен фактор, который, в первую очередь, обусловливает энергетическую освещенность Земли - облачный покров.

Облачность. Роль облачности, как одного из важнейших факторов в климатической системе, полно сформулировал А.С. Монин в [57]. Облачность является эффективным регулятором процессов переработки постоянного притока солнечной радиации в неравномерно распределенные в пространстве и времени притоки тепла в атмосфере. Регулятор этот характерен обратной связью, так как эволюция облачности определяется теми же крупномасштабными процессами, которые она регулирует (температура и ветер, обусловливающие испарение влаги и перенос ее, а также вертикальные движения, приводящие к росту или таянию облаков). Так, повышение средней температуры воды в океане должно привести к интенсификации испарения, следовательно, и к увеличению облачного покрова. В то же время рост облачности должен приводить к похолоданию и изменению океанических и воздушных течений.

Для изучения климатических колебаний из характеристик облачности достаточно удобным является число дней с разной степенью покрытости неба облаками - ясных, пасмурных, полуясных. Как видно из анализа годового числа ясных дней, максимум приходится на август. Летом наибольшее число ясных дней наблюдается в пустынных районах Туркмении (25-28), наименьшее (10-12) - на побережье Каспийского моря. С ноября по март число их не достигает там и 10 (рис. 2.2-2.5).

Оценка изменчивости числа тех или иных дней по количеству облачности затруднена сменой сроков наблюдений и их числа с 1966 года. Для частичного устранения нарушения однородности рядов для каждой станции был использован разработанный климатологами переходный множитель (0,75 – 0,95), вводимый к числу дней, наблюдавшихся до 1966 года. При сравнении средних за десятилетия



Рис. 2.2. Разность числа ясных дней за год между периодами 1930 – 1990 и 1961 - 1990 годов.

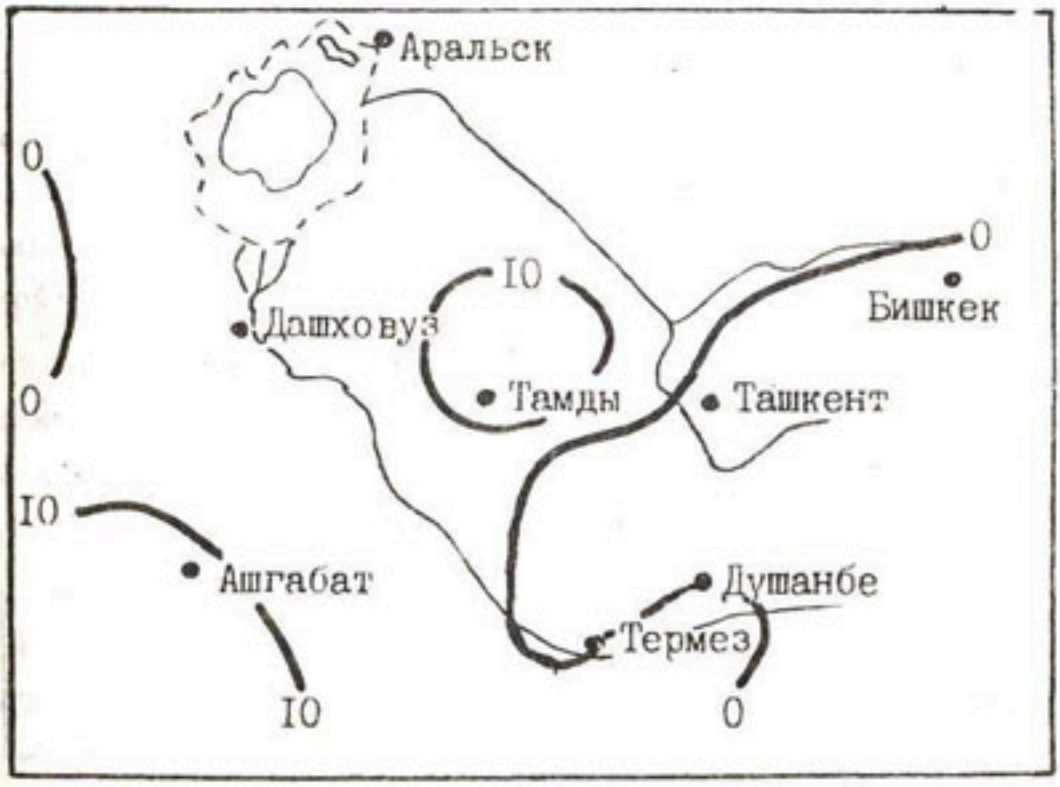


Рис. 2.3. Разность числа полуясных дней за год между периодами 1930 - 1990 и 1961 - 1990 годов.

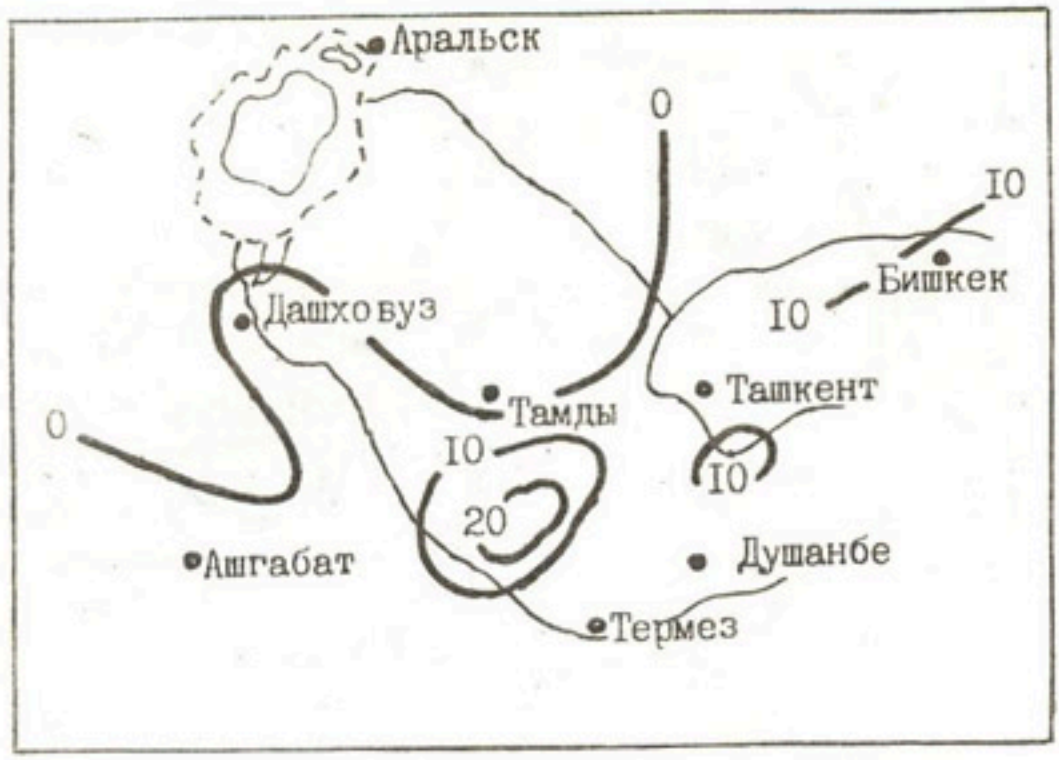


Рис. 2.4. Разность числа пасмурных дней за год между периодами 1930 – 1990 и 1961 - 1990 годов.

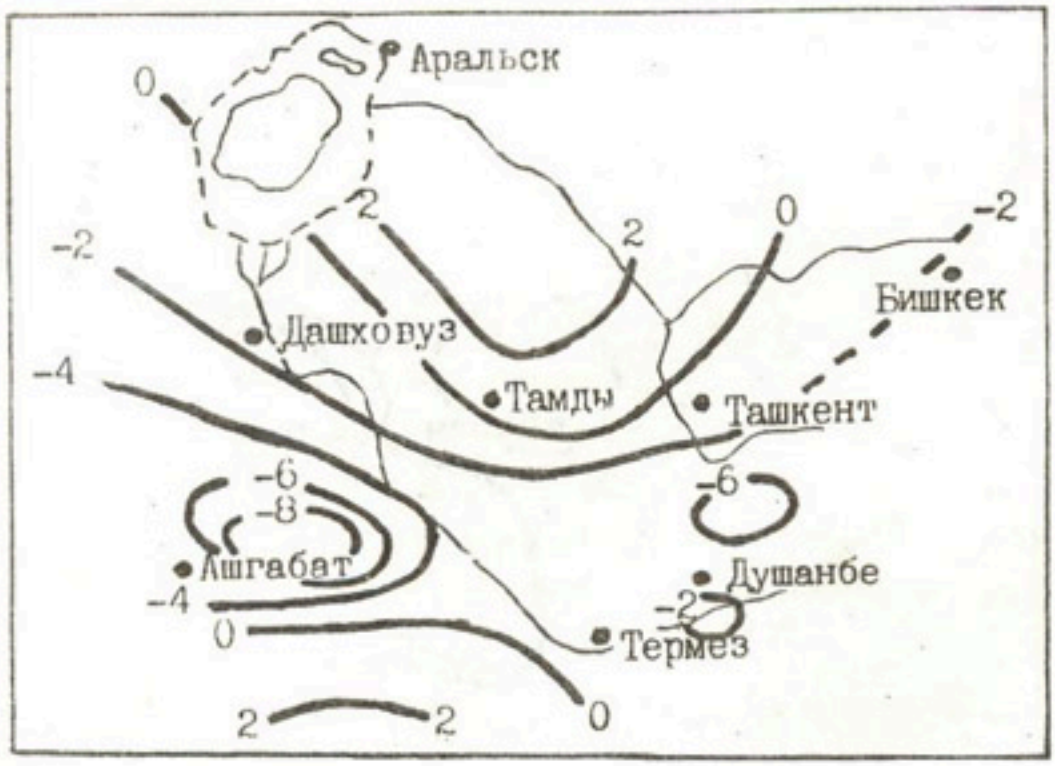


Рис. 2.5. Средняя аномалия числа ясных дней по общей облачности за период 1981 – 1990 годов (лето).

значений (табл. 2.9) можно увидеть, что наименее ясными были десятилетия 1951-1960 и 1981-1990 годов. Расчет линейного тренда для периода 1966-1990 годов (табл. 2.10) показывает тенденцию к уменьшению числа ясных дней на многих станциях, более существенную статистически не по общей облачности, а по нижней облачности.

Заслуживает внимания тот факт, что в [37], где в расчет входили данные лишь по 1985 год, отрицательная тенденция обнаружена повсеместно. С включением последних лет в Тамды, Карши и на некоторых горных станциях сменился знак тенденции. Отметим также, что количество пасмурных дней изменяется аналогичным образом, то есть с 1960 по 1985 год уменьшалась повторяемость как ясного, так и пасмурного неба, и участились полуясные дни.

Наиболее объективным количественным показателем облачного покрова является продолжительность солнечного сияния. В [61] приводятся разности между величинами продолжительности солнечного сияния за тридцатилетие 1951-1980 годов и всем периодом наблюдений с 1930-1936 по 1980 год (табл. 2.11). Отсюда можно сделать вывод о том, что увеличение облачного покрова проявилось только над равнинами. Однако данные табл. 2.12, включая 1990 год, свидетельствуют о единой тенденции на большей части Средней Азии, а именно, снижении продолжительности солнечного сияния или увеличении облачного покрова. Но в конце последнего рассматриваемого здесь десятилетия (1981-1990 годы) продолжительность солнечного сияния увеличивается вновь.

Таким образом, вторая циркуляционная эпоха - период повышенной повторяемости меридиональных процессов - характеризовалась в Средней Азии спадом интенсивности прямой и ростом рассеянной солнечной радиации и увеличением облачного покрова.

Вторая половина 80-х годов, когда в общей циркуляции атмосферы наметился переход к процессам широтного типа, отличается сменой знака тенденции характеристик солнечной радиации. Трудно сказать, имеем ли мы дело с резкой короткопериодной флуктуацией, как в начале 60-х годов, или новой циркуляционной эпохой.

Таблица 2.9

Среднее годовое число ясных дней по общей (о) и нижней (н) облачности

Станция	1931-1940		1941-1950		1951-1960		1961-1970		1971-1980		1981-1990		Среднее многолетнее	
	о	н	о	н	о	н	о	н	о	н	о	н	о	н
Муйнак	-	-	106	208	105	201	111	233	108	232	105	223	107	219
Красноводск	-	-	-	-	92	194	91	215	77	217	79	219	85	211
Ашгабат	-	-	132	229	122	208	116	210	101	186	95	173	113	201
Гушгы	-	-	162	248	146	221	155	232	157	244	155	259	155	241
Байрамалы	-	-	167	271	151	258	162	273	156	266	151	251	157	264
Репетек	-	-	166	263	145	241	154	224	142	205	124	206	146	228
Бухара	-	-	-	-	133	219	134	245	134	254	122	251	131	242
Тамды	-	-	135	235	107	199	119	226	124	224	136	253	124	227
Карши	156	246	160	267	150	246	150	250	143	244	134	239	149	249
Термез	148	237	149	237	133	237	133	240	145	268	131	257	140	246
Джизак	105	185	119	210	111	188	116	204	123	206	208	207	114	200
Ташкент	116	224	114	224	99	209	105	213	110	219	105	214	108	217
Фергана	82	190	92	190	79	186	80	210	83	213	75	228	82	203
Санглок	-	-	-	-	105	181	106	175	113	187	102	175	107	180
Анзобский перевал	-	-	93	145	91	145	97	148	89	135	86	124	91	139
Шахристанский перевал	-	-	103	172	98	171	97	155	91	152	94	150	97	160
Дараут-Курган	-	-	-	-	76	172	84	166	75	136	72	155	77	157
Им. Горбунова	-	-	-	-	68	113	68	119	63	104	56	94	64	108
Хорог	-	-	110	185	106	214	108	212	112	216	106	228	108	211
Мургаб	-	-	-	-	74	173	87	197	80	168	82	198	81	184
Чатыр-Куль	-	-	-	-	65	180	63	153	65	173	58	199	63	176
Нарын	-	-	84	190	63	144	67	170	58	162	61	170	67	167
Тянь-Шань	-	-	55	135	52	136	-	-	55	139	51	136	53	137
Бишкек	-	-	73	184	63	158	64	167	58	150	61	147	64	161

Таблица 2.10

Линейный тренд (b) годового числа ясных дней по общей и нижней облачности и относительный вклад тренда (α) в общую дисперсию ряда за 1966-1990 годы

Станция	Облачность			
	общая		нижняя	
	b	α	b	α
Муйнак	-0,55	6	-0,97	13
Красноводск	-0,03	0	-0,09	0
Ашгабат	-0,001	0	-1,49	36
Гушгы	0,12	0	1,28	14
Байрамалы	0,25	2	-1,48	40
Репетек	-1,34	40	-0,97	13
Бухара	-0,44	6	0,07	0
Тамды	1,36	25	2,11	25
Термез	-0,009	0	-0,16	1
Джизак	-0,42	4	0,40	2
Ташкент	0,23	2	-0,05	0
Фергана	-0,55	7	0,90	14
Санглок	-0,12	0	0,59	4
Анзобский перевал	-0,47	5	-1,07	19
Шахристанский перевал	0,46	3	0,86	8
Дараут-Курган	-0,17	1	0,74	5
Им. Горбунова	-0,62	14	-1,06	35
Хорог	0,07	0	1,24	32
Мургаб	0,05	0	-0,09	0
Нарын	-0,51	11	0,43	2
Бишкек	0,29	4	-0,63	7

Примечание. b – число дней/год, α – %.

Таблица 2.11

Отклонения продолжительности солнечного сияния за 1951-1980 годы от средней многолетней

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Ташкент	6	1	-5	-9	-4	-1	-5	-3	-4	-4	-7	-3
Им. Горбунова	0	0	2	-3	-2	0	0	1	2	1	-1	1
Тянь-Шань	3	-2	-5	-1	9	6	-1	0	-1	3	1	1
Гасан-Кули	3	1	-2	-6	3	-2	-2	-3	-6	-5	2	1

Таблица 2.12

Линейный тренд (b, %/год) наблюдавшейся за год продолжительности солнечного сияния к возможной (y, %) и относительный вклад тренда (α, %) в общую дисперсию ряда

Станция	y	b	α	Станция	y	b	α
Ташкент	66	-0,16	49	Нарын	57	-0,07	4
Репетек	69	-0,06	3	Шахристанский			
Красноводск	63	-0,14	7	перевал	60	-0,13	8
Горабогазкел	59	0,004	0	Хорог	50	-0,23	19
Бишкек	57	-0,19	28	Мургаб	65	-0,20	20

ГЛАВА 3

ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА

Территорию Средней Азии можно условно разделить по температурным условиям на три основные зоны - северную, южную и высокогорную [9]. Северная часть, представляющая собой переход от умеренного климата (климата средних широт) к субтропическому, имеет достаточно холодную зиму (табл. 3.1 - 3.2). В самом холодном месяце - январе - вдоль северной границы Средней Азии проходит изотерма −12°С. Нулевая изотерма в это время располагается на 37-39°с.ш. В южной, непосредственно субтропической зоне зимы теплые, и даже в январе средние температуры воздуха положительные. Средняя месячная суточная температура (Т) января в Шерабаде составляет 3,7°С, а в Кизыл-Атреке достигает 5,3°С. Изменчивость средних месячных температур ($\sigma_т$) зимой максимальна и равна 3-4°С, средних суточных 5-7°С (рис 3.1).

С марта по ноябрь равнины Средней Азии полностью находятся в области положительных температур.

Весна отличается быстрым ростом температуры воздуха и неустойчивостью погоды. Средняя месячная температура апреля достигает 7-10°С на севере и 17-19°С на юге. Среднее квадратическое отклонение средних суточных и средних месячных температур уменьшается по сравнению с зимой.

Лето в Средней Азии жаркое даже в северной ее части. Средние месячные температуры июля равны 27-32°С. Если зимой поле изотерм характерно зональной конфигурацией и горизонтальными градиентами температуры воздуха до 1,8°С/100 км, то в июле имеют место замкнутые очаги особо нагретых участков подстилающей поверхности. Горизонтальные градиенты температуры не превышают 0,6°С/100 км. Изменчивость средних месячных температур ($\sigma_т$= 0,9 − 1,1°С) минимальна в августе, а средних суточных - в июле ($\sigma_т$= 1,9 − 3,4°С).

Понижение температуры начинается во второй половине августа, погода окончательно теряет летние черты в октябре. Средняя температура воздуха октября изменяется по территории от 0°С на северных окраинах до 18-20° на юге. Как и весной, для осеннего периода характерны резкие чередования оттепелей и похолоданий.

Среднее квадратическое отклонение, являющееся количественной оценкой изменчивости температуры, в сентябре начинает увеличиваться. В октябре оно равно для средних суточных температур 3,5 - 5,5°, для средних месячных 1,4-1,6°С.

Широтные различия в поле температуры проявляются и в предгорьях, и в низкогорных районах. Высокогорная зона, где средние высоты гребней хребтов достигают 4-5 км, а отдельные вершины превышают 7 км н.у.м., имеет широкий спектр значений температуры, зависящий от высоты, экспозиции склонов и форм рельефа. Широтный эффект здесь нивелируется [67, 78].

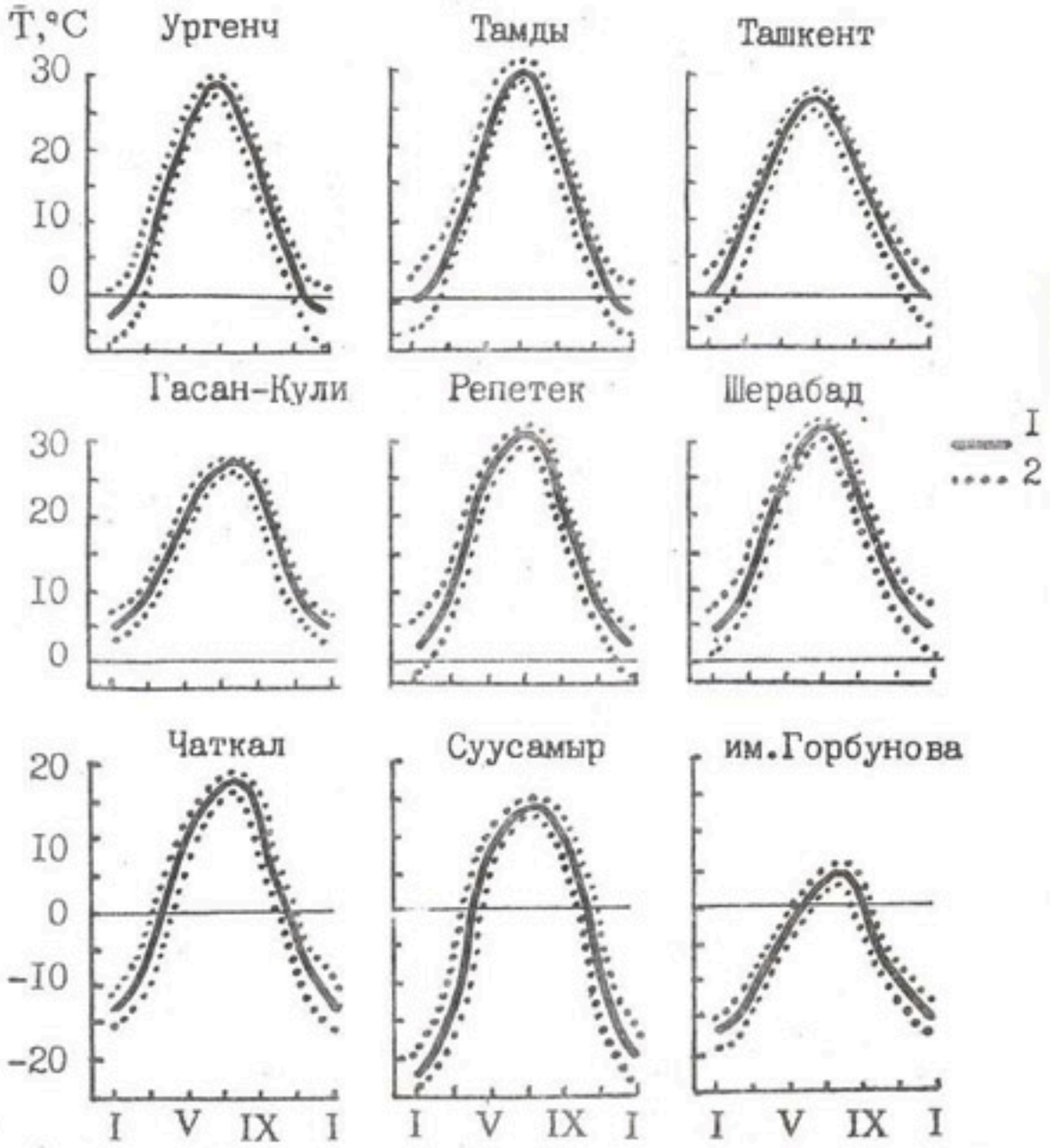


Рис.3.1. Годовой ход средней месячной температуры воздуха (1) и ее среднего квадратического отклонения (2).

В тропосфере, вплоть до тропопаузы, поле изотерм имеет зональный характер. Однако горизонтальные градиенты температуры

Таблица 3.1

Средние за сезон значения температуры воздуха для некоторых станций Средней Азии

Годы	Зима	Весна	Лето	Осень	Зима	Весна	Лето	Осень
		Чимбай				Тамды		
1941-1950	-4,9	11,5	24,4	9,4	-1,2	14,6	28,3	10,5
1951-1960	-4,4	11,0	24,5	9,5	-0,9	13,6	28,0	12,2
1941-1960	-4,7	11,3	24,5	9,5	-1,1	14,1	28,2	11,4
1961-1970	-4,0	12,2	25,1	10,1	-0,6	15,3	28,8	13,3
1971-1980	-5,6	12,1	25,6	10,8	-2,2	15,0	28,2	13,8
1981-1990	-2,6	12,0	26,4	10,5	-0,6	14,7	29,6	15,4
1961-1990	-4,1	12,1	25,7	10,5	-1,1	15,0	28,9	14,2
1941-1990	-4.3	11,8	25,2	10.1	-1.1	14,6	28,6	13,6
		Ташкент				Тянь-Шань		
1941-1950	1,4	14,3	25,6	12,7	-20,3	-7,2	3,4	-7,1
1951-1960	1,6	13,2	25,6	12,8	-20,1	-7,8	3,2	-6,7
1941-1960	1,5	14,8	25,6	12,8	-20,2	-7,5	3,3	-6,9
1961-1970	2,2	14,8	25,8	13,2	-20,3	-6,6	3,3	-7,0
1971-1980	0,8	14,9	26,2	14,1	-20,2	-6,6	3,6	-6,7
1981-1990	1,2	14,4	25,6	13,0	-20,2	-7,2	3,4	-7,9
1961-1990	1,4	14,7	25,9	13,4	-20,2	-6,8	3,4	-6,9
1941-1990	1,4	14,3	25,8	13,2	-20,2	-7,1	3.4	-6,9
		Карши				Им. Горбунова		
1941-1950	3,1	16,1	28,3	14,2	-16,2	-7,6	2,6	-6,0
1951-1960	3,8	15,6	28,5	14,3	-15,9	-8,3	1,8	-5,8
1941-1960	3,5	15,9	28,4	14,3	-16,1	-8,0	2,2	-5,9
1961-1970	3,3	16,5	28,6	14,7	-16,0	-8,0	2,0	-6,4
1971-1980	1,9	16,7	28,8	15,2	-16,5	-7,7	2,9	-5,7
1981-1990	4,2	16,8	29,1	15,3	-15,8	-8,1	2,5	-6,0
1961-1990	3,1	16,7	28,9	15,1	-16,1	-7,9	2,5	-6,0
1941-1990	3,3	16,3	28,7	14,7	-16,1	-7,9	2,4	-6,0
		Байрамалы				Гасан-Кули		
1941-1950	3,4	17,1	29,1	15,6	4,9	14,5	26,9	17,3
1951-1960	4,2	16,5	28,8	15,3	5,7	14,2	26,1	16,9
1941-1960	3,8	16,8	29,0	15,5	5,3	14,4	26,5	17,1
1961-1970	4,2	17,4	28,9	15,5	5,8	14,7	26,0	17,1
1971-1980	2,9	17,5	29,0	15,3	4,8	14,7	26,0	17,5
1981-1990	4,7	17,6	29,4	16,0	5,6	14,9	26,5	17,8
1961-1990	3,9	17,5	29,1	15,6	5,4	14.7	26,2	17,5
1941-1990	3,9	17,2	29,0	15,5	5,4	14,6	26,3	17,3

Таблица 3.2

Средняя месячная температура воздуха (°С) для длиннорядных станций Средней Азии

Годы	I	IV	VII	X	Год
		Ташкент			
1881-1890	-1,6	15,0	27,0	12,5	13,2
1891-1900	-2,4	14,0	27,0	12,2	13,2
1881-1900	-2,0	14,5	27,0	12,4	13,2
1901-1910	-1,0	13,8	26,4	11,4	13,2
1911-1920	1,6	14,5	26,5	12,6	13,4
1921-1930	-1,7	14,4	26,9	13,4	13,3
1901-1930	-0,4	14,2	26,6	12,5	13,3
1931-1940	-1,9	14,7	27,0	12,9	13,2
1941-1950	-0,4	14,6	27,0	13,1	13,5
1951-1960	1,0	14,5	26,9	12,8	13,4
1931-1960	-0,4	14,6	27,0	12,9	13,4
1961-1970	0,7	14,8	27,1	12,8	14,0
1971-1980	-1,1	16,1	27,7	14,1	14,1
1981-1990	2,3	15,3	28,0	12,9	14,5
1961-1990	0,6	15,4	27,6	13,3	14,2
1881-1990	-0,4	14,7	27,0	12,8	13,5
		Байрамалы			
1891-1900	-0,7	17,0	30,5	15,7	16,2
1901-1910	0,6	16,7	29,9	14,4	15,8
1911-1920	3,3	15,9	29,2	14,5	-
1921-1930	0,6	16,8	30,0	15,6	15,7
1901-1930	1,5	16,5	29,7	14,8	15,8
1931-1940	0,5	17,0	30,3	15,2	15,7
1941-1950	2,8	16,5	30,6	15,8	16,3
1951-1960	3,4	17,2	30,3	15,3	16,2
1931-1960	2,2	16,9	30,4	15,4	16,1
1961-1970	2,6	17,2	30,4	15,2	16,5
1971-1980	0,7	18,5	30,7	15,7	16,3
1981-1990	4,1	18,1	31,0	15,2	16,9
1961-1990	2,5	17,9	30,7	15,4	16,6
1881-1990	2,1	17,3	30,4	15,4	16,2

с высотой значительно уменьшаются и на поверхности 500 гПа не превышают 0,5-0,8°С/100 м. Временная изменчивость с высотой также уменьшается. Характерными для вертикального распределения температуры в климатическом аспекте являются зимние инверсии на равнинах и в предгорьях.

Исследуя в 60-х годах многолетние температурные ряды некоторых станций Средней Азии, В.А. Бугаев, В.А. Джорджио и Т.А. Сарымсаков [14, 15, 72] сделали вывод, что температурный режим Средней Азии за период инструментальных наблюдений не претерпевал ощутимых изменений, хотя в Арктике в 30-е годы происходило интенсивное потепление. Этот факт был объяснен внутриконтинентальным, южным положением региона, где радиационные факторы превалируют над циркуляционными. Этот же вывод получил Е.И. Софиев [75], исследуя температуру воздуха в Ташкенте.

К настоящему времени прошла еще одна циркуляционная эпоха, к климатообразующим факторам добавился антропогенный, проявившийся в росте CO_2 в атмосфере. Поэтому представляется крайне необходимым изучение современной динамики термических условий Средней Азии.

Первым шагом в этом направлении был анализ однородности рядов, проводившийся при создании "Научно-прикладного справочника по климату СССР" [61]. В многолетнем ходе средних месячных значений температуры были обнаружены статистически значимо различающиеся друг от друга периоды [62]. Однако эти факты не были тогда увязаны ни с глобальными, ни с региональными атмосферными процессами. Дальнейшие диагностические исследования проводились более целенаправленно с использованием приемов анализа, принятых в современной климатологии [29, 60, 53, 80, 84].

До недавнего времени за климатическую норму было принято среднее многолетнее значение метеоэлемента, рассчитанное за период 1930-1960 годов. Специалистами ВМО рекомендовано произвести пересчет нормы за период 1951-1980 и 1961-1990 годов, а также за весь период наблюдений. Сравнение норм показало, что средняя месячная температура воздуха в 1961-1990 годах почти на всей территории Средней Азии была выше, чем в 1930-1960 (рис. 3.2, и рис. 3.1-3.5 приложения I). Особенно заметно отличались (до 3°С) температуры марта, ноября и декабря; январь, август и октябрь близки, и лишь февраль оказал-

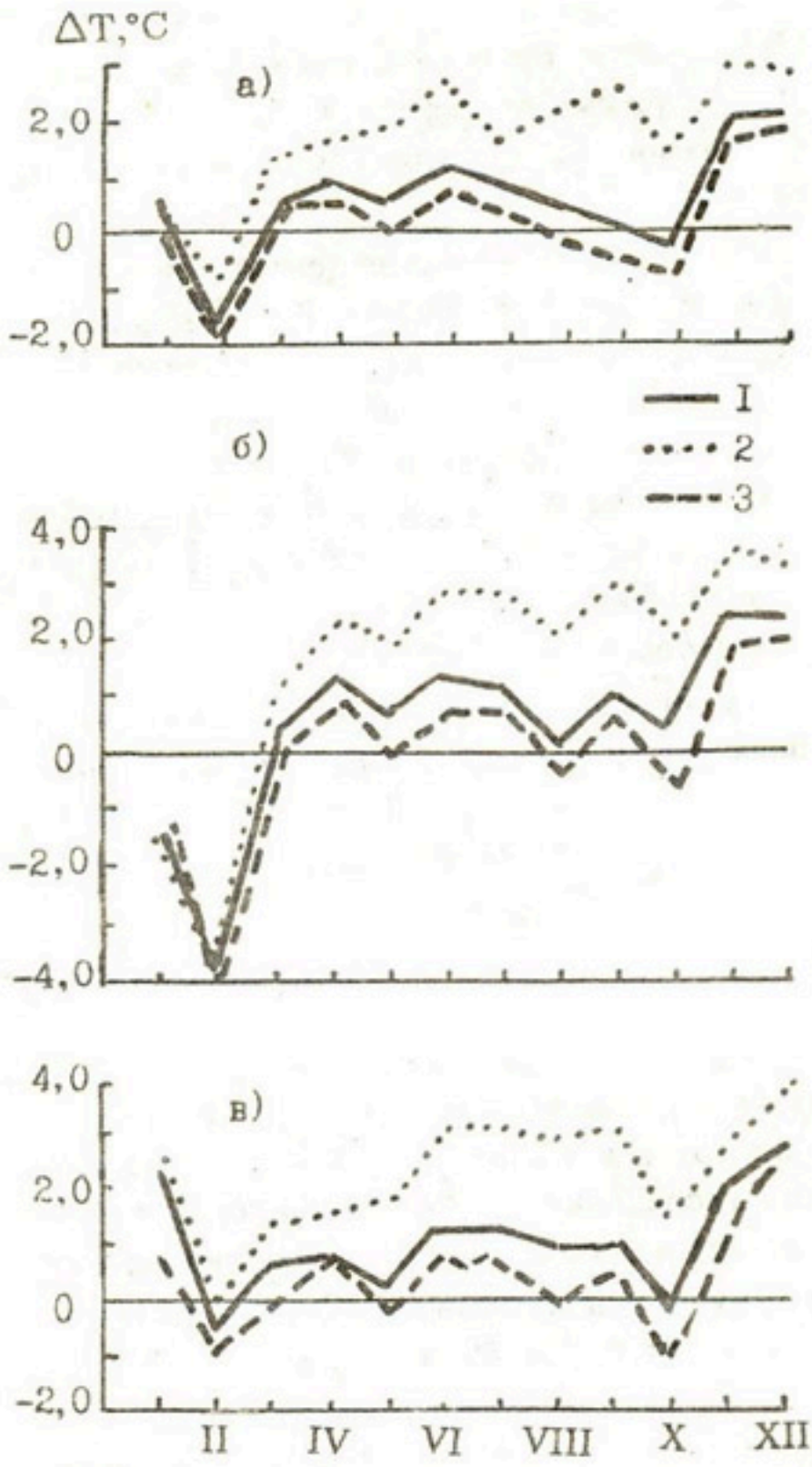


Рис. 3.2. Годовой ход разности средних месячных температур воздуха (1), минимальных (2) и максимальных (3) между периодами: а) (1961-1990)-(1931-1960), б) (1971-1980)-(1931-1960), в) (1981-1990)-(1931-1960)гг. на станции Тамды.

ся холоднее, чем в предыдущий период. В некоторых обширных высокогорных котловинах значительно более теплым оказался и январь (рис. 3.3). Примечательно, что среднее месячное потепление складывалось в большей степени за счет повышения минимальных температур ($T_{мин}$). В высокогорье температуры после 1960 года увеличились преимущественно в теплое полугодие, среднее месячное превышение составило не более 1°C.

Внутри этих двух периодов, соответствующих различным циркуляционным эпохам (см. главу I), выделяются отрезки времени, характеризующиеся экстремальными отклонениями от нормы. Так, в Ташкенте самые низкие значения средней месячной температуры в январе сформировались в 1882-1909, 1926-1935 и 1969-1977 годах. Теплые январи наблюдались в 1910-1925, 1937-1944 и 1981-1988 годах. Июльские температуры были наиболее высокими в 1878-1879, 1930-1948 и 1973-1988 годах.

Разделение временных рядов на десятилетия и соответствующее осреднение сглаживает картину климатических колебаний, но облегчает изучение пространственно–временной динамики климата, дает возможность сравнения с публикуемыми данными по различным регионам планеты, а также с глобальными характеристиками. Поэтому в наших исследованиях широко использовались десятилетние осреднения и расчет средних десятилетних отклонений от нормы, рассчитанной за весь период наблюдений.

В Средней Азии наиболее холодные десятилетия по январским температурам за период наблюдений чередовались через 40 лет. Это были 1891-1900, 1931-1940 и 1971-1980 годы. Самые холодные зимы были в период 1891-1900 годов, когда в Ташкенте T_{10} составляла $-1,5°$ при норме $-0,3$°C, в Джизаке равна $-1,5°$ при норме $0,0$°C, в Нарыне $-18,1°$ при норме $-16,6°$. Вероятно, для Средней Азии это было последнее десятилетие "малой ледниковой эпохи".

Зимой экстремальные (в среднем за 10 лет) понижения температуры охватывают значительную территорию. Однако отдельные горные области могут остаться в изоляции. Так, в 1971-1980 годах расположенные в котловинах и узких долинах станции Суусамыр, Каракуджур, Тянь–Шань, Нарын, Хорог имели небольшие отрицательные отклонения от нормы. Для них самым холодным десятилетием были

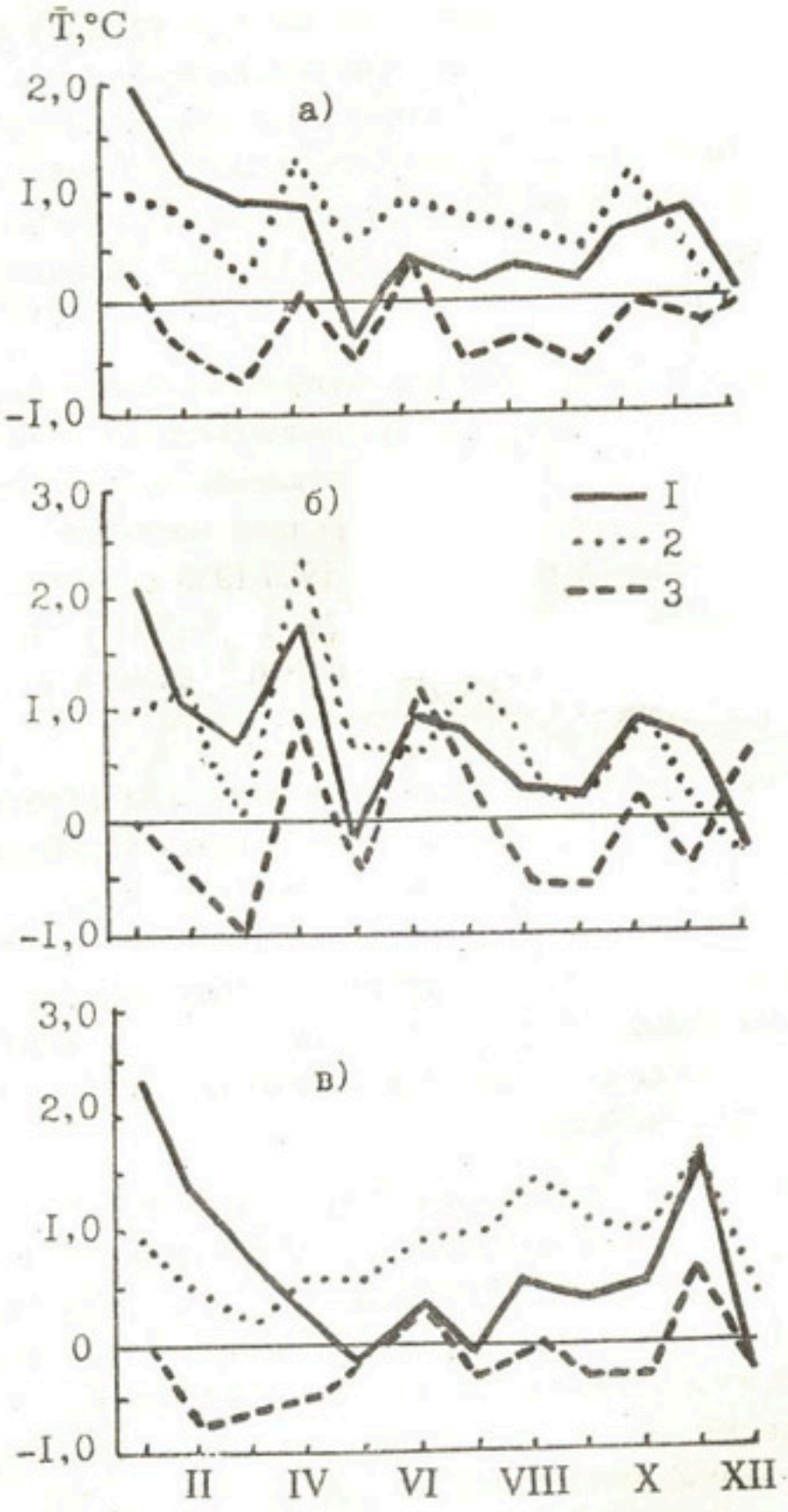


Рис. 3.3. Годовой ход разности средних месячных температур воздуха (1), минимальных (2) и максимальных (3) между периодами: а) (1961-1990)-(1931-1960), б) (1971-1980)-(1931-1960), в) (1981-1990)-(1931-1960)гг. на станции оз. Каракуль.

1951-1960 годы, которые являлись относительно теплыми на большей части территории.

Наиболее низкие температуры воздуха в среднем за 10 лет отмечаются на равнинах и в предгорьях, а также в открытых долинах. Отклонения от среднего многолетнего значения достигают здесь 2-3°С. В горах, выше 2 км н.у.м., в открытых формах рельефа различия январских температур между десятилетиями меньше. Так, на станции им. Горбунова (ледник Федченко, 4169 м) отклонение от нормы составляло в холодные зимы всего около 0,5°С.

Холодное зимой десятилетие 1971-1980 практически повсеместно за весь столетний период наблюдений сменилось наиболее теплым десятилетием 1981-1990 годов. В высокогорье положительные отклонения от нормы достигали 15°, а в Приаралье 3-3,5°С.

Что касается теплого периода года, то центральный месяц лета (июль) и лето в целом были достаточно теплыми в 1941-1950 годах. Однако максимальные в среднем за десятилетие температуры воздуха, в основном, наблюдались в 1971-1980 годах.

Средняя за десятилетие положительная аномалия 1981-1990 годов на большей части территории несколько меньше предшествующей или, во всяком случае, одинакова. Однако отдельные горные станции (Ош, Хорог) и южные станции Туркменистана (Байрамалы, Серахс, Гушгы) характеризовались более значительным повышением температуры воздуха именно в этот период (на некоторых станциях в 1976-1985 годах).

Минимальные положительные отклонения температуры от нормы обнаруживаются в Туркменистане, на орошаемых землях Ферганской долины и Голодной степи, на отдельных высокогорных станциях Центрального Тянь-Шаня.

Холодным в среднем за 10 лет в текущем столетии для большей части территории было лето в периоды 1901-1910, 1931-1940 и 1951-1960 годов, но отрицательные отклонения от нормы, в основном, не превосходили 1°С.

Весна на равнинах преимущественно отличалась повышением температуры после 1960 года. Это увеличение складывалось больше за счет апреля и мая 1961-1980 годов. В последнем десятилетии повышение температуры прекратилось, а в отдельных районах положительная тенденция сменилась отрицательной. В горах повышенные

средние за десятилетие температуры воздуха наблюдались в основном в период 1961-1970 годов. На отдельных орографически защищенных станциях обнаруживается некоторое увеличение температуры весеннего сезона в последнее десятилетие.

Осень в Средней Азии в первую ЦЭ отличалась отсутствием одного (единого) знака тенденции на всей территории. В каждом десятилетии можно выделить 3-4 района, где формировались свои, иногда противоположные, тенденции. Но в период 1971-1980 годов почти повсеместно наблюдалось заметное увеличение средней за сезон температуры за счет октября и ноября. В сентябре ощутимые положительные отклонения температуры от нормы отмечались, в основном, в группе станций Туркменистана. В 1981-1990 годах тенденция сменила знак, но отклонения еще оставались положительными.

В 1961 году М.Х. Байдал [10] показал, что в каждой циркуляционной эпохе на территории Казахстана и Средней Азии преобладает тот или иной знак аномалии сезонной температуры. В табл. 3.3, составленной по картам аномалий из [10], приведены знаки средней сезонной аномалии температуры, характерные для северной и центральной части Средней Азии. При сопоставлении этой таблицы с данными о повторяемости типов циркуляции (табл. 1.4) и величины средних месячных температур за различные периоды времени (табл. 3.2), если и не получается полного соответствия с данными Байдала, то во всяком случае нет и противоречий.

Так, холодным зимам 1971-1980 годов соответствует повторяемость процессов Е и Ш, близкая к норме. В 1981-1990 годах, в наиболее теплом зимой десятилетии, повторяемость типа С была несколько выше нормы. Летом явной зависимости температурных колебаний от характера ОЦА не обнаруживается. Но осень оказалась наиболее теплой в 1971-1980 годы, когда выше нормы была повторяемость типа С и Ш, а тип Е, гарантирующий отрицательные аномалии, имел минимальную в среднем за 10 лет повторяемость за рассматриваемый период.

Связь изменчивости температуры с циркуляцией атмосферы более наглядно выступает при сопоставлении региональных процессов. Еще в 1953 году О.И. Чернышевой [87] было показано, что положительные аномалии температуры воздуха холодного полугодия наблюдались в периоды резкого снижения повторяемости холодных вторжений, пре-

имущественно арктических. Именно это имело место в целом во второй ЦЭ.

Таблица 3.3

Знак средней сезонной аномалии температуры при различных типах ОЦА в Казахстане и Средней Азии

Тип ОЦА	Сезон			
	Зима	Весна	Лето	Осень
Ш	–	+	+ хх	+
С	+хх	+	+	+
Е	–хх	–х	–	–

ПРИМЕЧАНИЕ. хх-аномалия 2-3°С, х-аномалия 1,5°С.

Для лета категорических выводов в [87] сделать не удалось. Тем не менее мы рискнем, ссылаясь на табл. 1.7, предположить, что повышение температуры летнего сезона было связано с увеличением повторяемости малоградиентных полей пониженного и повышенного давления, благоприятных для интенсивного прогрева воздуха.

К сожалению, из-за ухудшающейся в последние годы работы аэрологической сети в Средней Азии, нельзя получить корректную оценку изменчивости температуры в тропосфере в климатическом аспекте. Но некоторые ориентировочные представления о современных тенденциях все же можно составить из табл. 3.1 приложения, где приведены средние десятилетние значения температуры у поверхности Земли и на поверхностях 850, 700, 500 гПа во вторую ЦЭ. Данные в графе "Земля" получены осреднением лишь тех сроков, в которые производилось радиозондирование. Как следует из этой таблицы, рис. 3.4-3.7 и рис. 3.6 приложения, средние десятилетние отклонения от нормы, отмеченные у поверхности Земли, прослеживаются, по крайней мере, до поверхности 500 гПа. В десятилетие 1971-1980 годов зимой атмосфера была холодной до значительных высот, а в 1981-1990 годах - теплой. Разности между десятилетиями составляют 2,6°С и более на поверхности 850 гПа и 1-1,2° на поверхности 500 гПа. Отклонение от нормы соответственно равнялось 1,5 и 0,8°С.

Над равнинами горизонтальные широтные градиенты у поверхности Земли несколько уменьшились в последнее десятилетие, а на

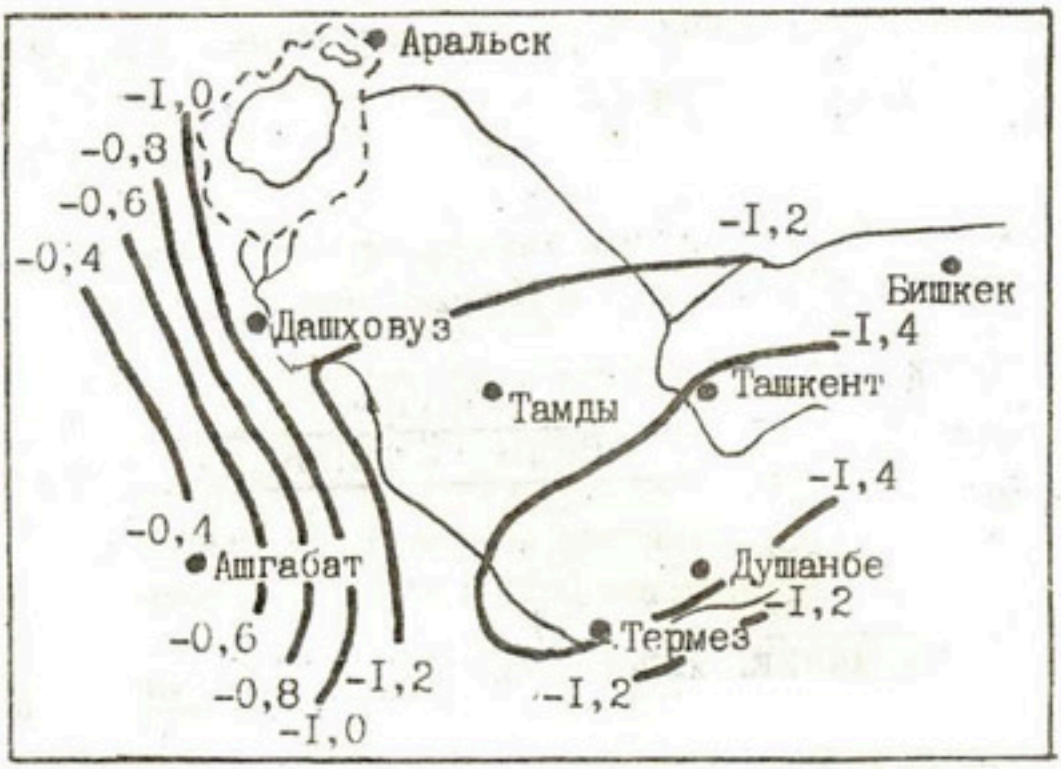


Рис. 3.4. Отклонение (°С) средней месячной за 1971-1980 гг. температуры воздуха от нормы, рассчитанной за период 1961-1990 годов, у поверхности Земли в январе.

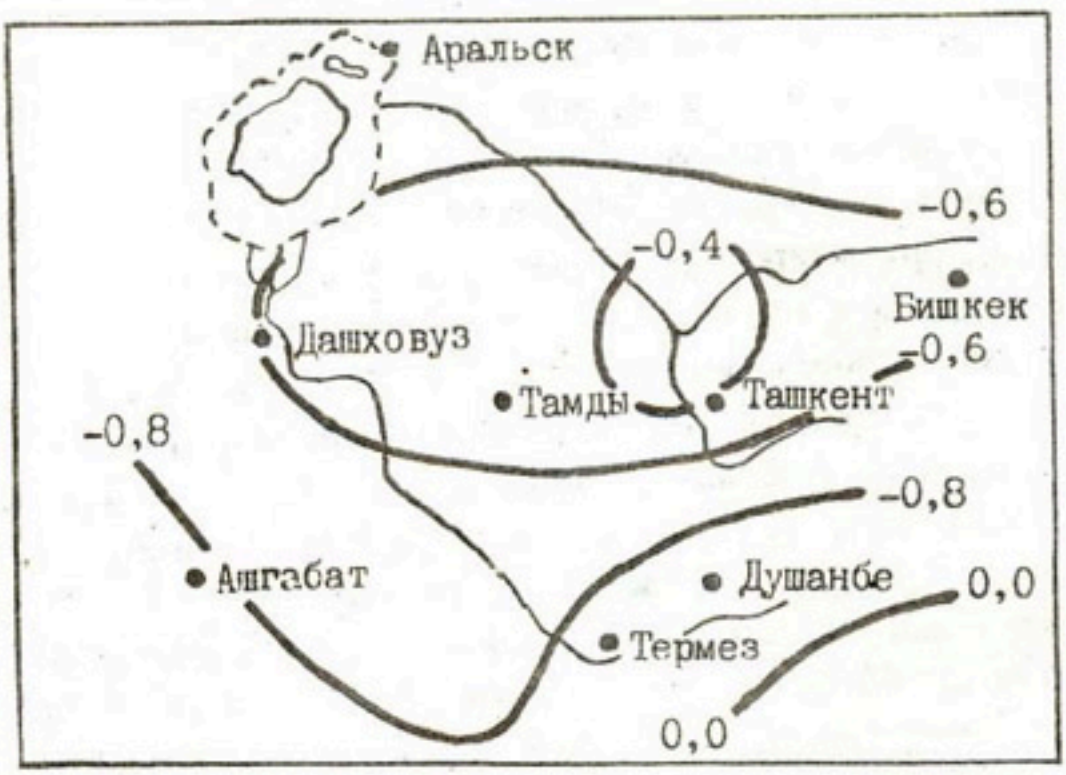


Рис. 3.5. Отклонение (°С) средней месячной за 1971-1980 годы температуры воздуха от нормы, рассчитанной за период 1961 - 1990 годов, на поверхности 700 гПа в январе.

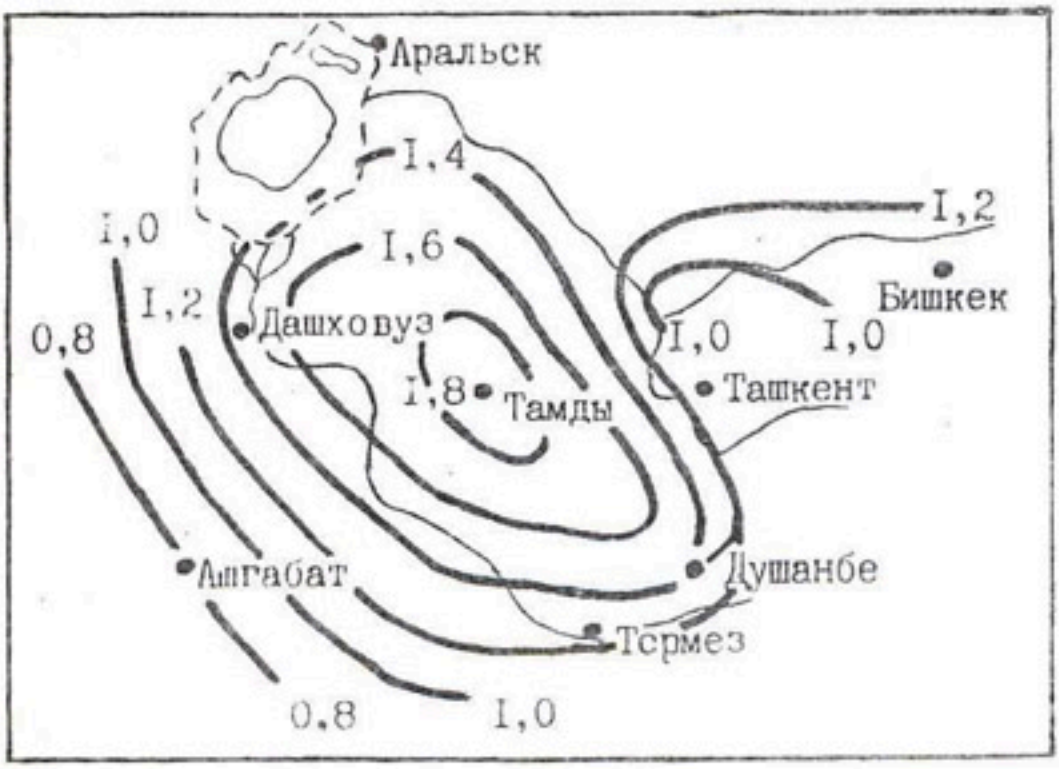


Рис. 3.6. Отклонение (°С) средней месячной за 1981-1990 гг. температуры воздуха от нормы, рассчитанной за период 1961-1990 годов, у поверхности Земли в январе.

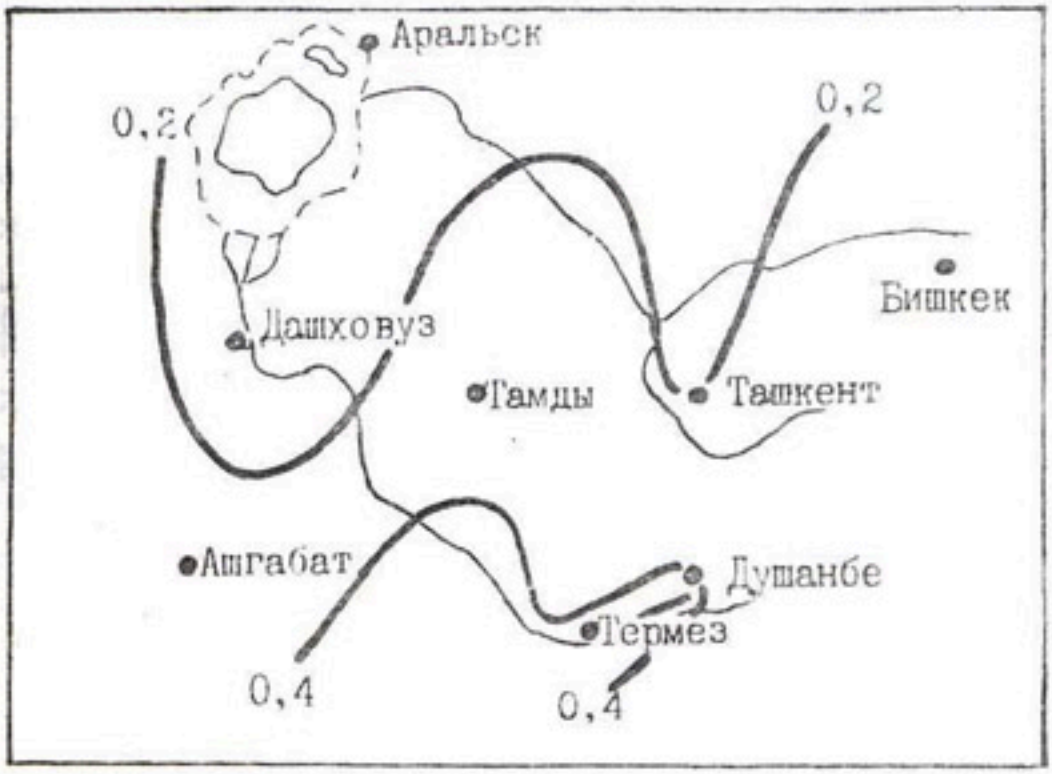


Рис. 3.7. Отклонение (°С) средней месячной за 1981-1990 гг. температуры воздуха от нормы, рассчитанной за период 1961-1990 гг., на поверхности 700 гПа в январе.

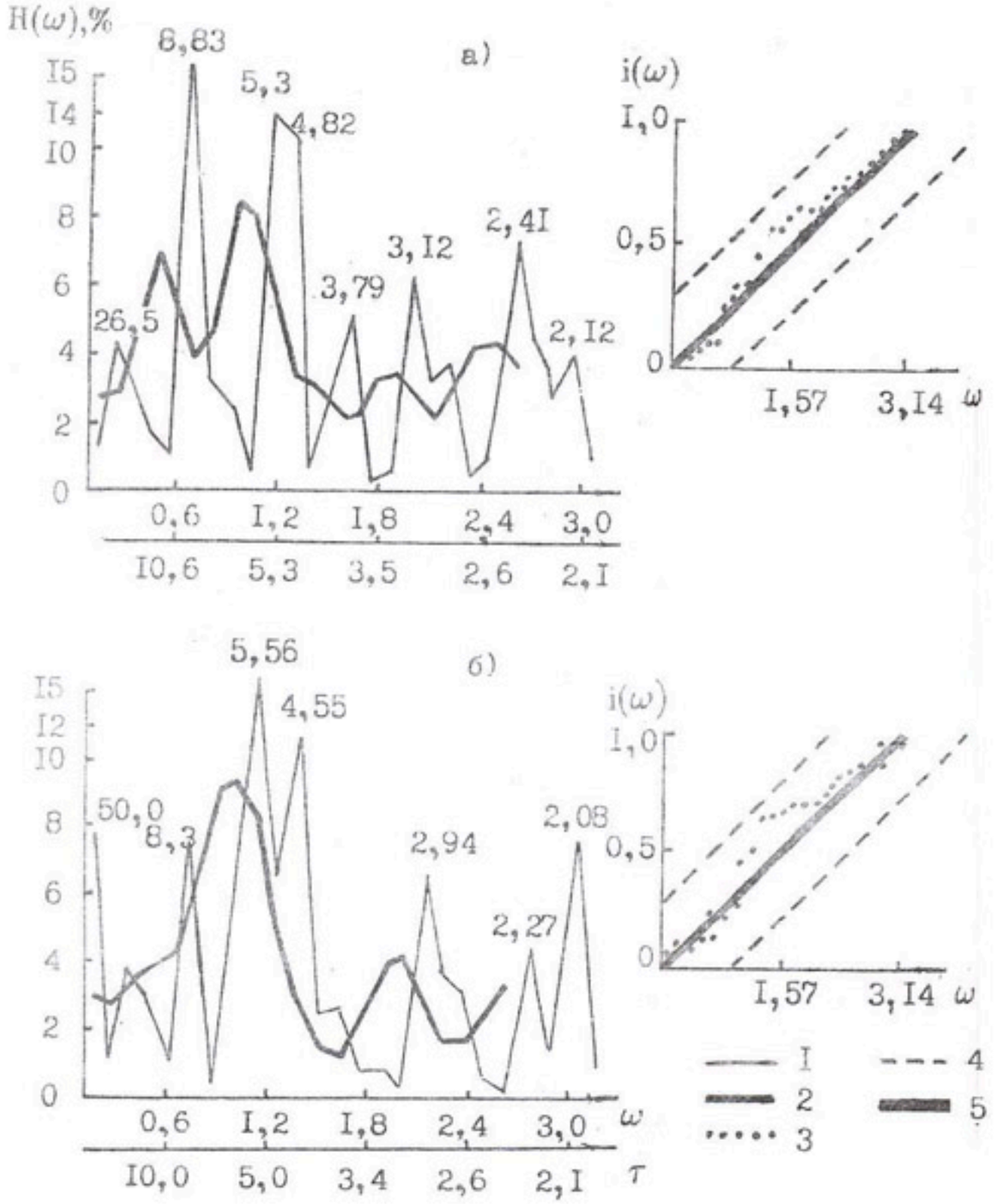


Рис.3.8. Периодограммы, оценки спектральных плотностей и спектральных функций на станциях Ургенч (а) и Андижан (б) в октябре.

1-периодограммы, 2-оценки спектральных плотностей, 3-оценки спектральных функций, 4-95%-ный доверительный интервал для белого шума (5), ω -гармоническая частота, τ -период, $H(\omega)$-доля дисперсии ряда, $i(\omega)$-спектральные функции.

поверхности 850 гПа возросли. Над горными районами картина скорее противоположная (табл. 3.2 приложения).

Самым интересным, с нашей точки зрения, эффектом является изменение средней стратификации атмосферы. Вертикальный градиент температуры в инверсии уменьшился на севере Средней Азии (Аральское море, Бишкек) в 1,5-2,0 раза. На станциях Дашховуз, Тамды, Ташкент климатическая инверсия исчезла совсем. Что же касается горных районов (Душанбе, Хорог), где инверсии редки и не находят отражения в средних значениях, произошло заметное увеличение положительных вертикальных градиентов температуры. Это явление находится в полном соответствии с отмеченной выше тенденцией к уменьшению минимальных температур воздуха у поверхности Земли.

Летом в рассматриваемый период несомненно существует тенденция к увеличению температуры, более заметная в 1971-1980 годах, чем в последующие годы. Это потепление на отдельных станциях оказывается большим в более высоких слоях, чем у поверхности Земли. Однако неоднородность рядов наблюдений не позволяет считать этот эффект достоверным. Изменение вертикального градиента температуры воздуха не было однонаправленным на всей территории.

Описание колебаний многолетнего температурного режима было бы неполным без оценки характера их периодичности. Материалы по данному вопросу были предоставлены доцентом ТашГУ З.Н. Фатхуллаевой.

Проведение спектрального анализа, как и использование любых других методов теории случайных процессов, возможно лишь при отсутствии в исследуемых последовательностях статистически значимого линейного тренда. Ряды средних месячных и средних сезонных температур длиннорядных станций были проанализированы на предмет наличия такого тренда и статистической значимости последнего с помощью критерия t(k-1) [68]:

$$t(k-1) = \frac{|\beta_1|}{\sigma_{\beta_1}},$$

где β_1 -один из коэффициентов прямой $\beta_1 + \beta_1 \cdot t$, характеризующей скорость изменения температуры; σ_{β_1} - дисперсия коэффициента β_1, k -объем выборки.

В данных условиях при 95%-ном уровне для статистической значимости тренда необходимо соблюдение неравенства $t(k-1) > 2$.

Как видно из табл. 3.4, статистически обоснованного линейного тренда ($t(k-1) > 2$ при 95% значимости) за весь период наблюдений не было обнаружено.

Таблица 3.4

Параметры линейного тренда средней месячной температуры воздуха

Станция	Период	Апрель		Октябрь	
		β,°C/10лет	$t(\varkappa-1)$	β,°C/10лет	$t(\varkappa-1)$
Ургенч	1928-1980	0,24	0,014	0,06	0,003
Термез	1927-1980	0,14	0,009	-0,01	0,0008
Чимбай	1927-1980	0,19	0,011	-0,04	0,002
Чарвак	1922-1980	0,007	0,0005	-0,19	0,012
Андижан	1931-1980	0,26	0,018	-0,02	0,001
Бухара	1922-1980	0,08	0,005	-0,34	0,023

Таблица 3.5

Параметры линейного тренда (β) средней сезонной температуры воздуха за 1928-1980 годы

Станция	β,°C/10лет	α, %	$t(\varkappa-1)$	β,°C/10лет	α, %	$t(\varkappa-1)$
	Зима			Весна		
Ургенч	0,359	5,19	0,013	0,174	5,26	0,013
Хива	0,423	7,16	0,016	0,103	2,22	0,009
Дашховуз	0,360	5,03	0,013	0,164	5,27	0,140
	Лето			Осень		
Ургенч	0,230	24,95	0,030	0,200	7,07	0,016
Хива	0,023	0,30	0,0004	0,113	3,61	0,011
Дашховуз	0,228	23,03	0,004	0,229	11,85	0,210

О большей или меньшей степени определенности выявленной тенденции можно судить по доле относительного вклада (α, %) тренда в дисперсию ряда. Из табл. 3.4 и 3.5 очевидно, что величина α, в основном, тоже невелика. Из сказанного следует правомерность использования спектрального анализа температурных рядов, которая была выполнена с применением разложения эмпирических функций

в ряд Фурье. Однако, как показали статистические оценки, обнаруженные гармоники мало отличаются от шумовой компоненты. На 95%-ом уровне значимости наблюдаемая периодичность оказывается реализацией белого шума. Тем не менее, нельзя отказаться от признания существования колебаний с теми периодами, которые встречаются чаще, присутствуют на многих станциях и на которые приходится большая доля дисперсии из общей. Из табл. 3.6-3.7 и рис. 3.8 видно, что в любое время года, как для средних сезонных, так и для средних месячных температур, имеют место относительно устойчивые 2-3 и 5-летние циклы. Так, зимой в Ургенче и Дашховузе на 2-3-летнюю периодичность средней сезонной температуры приходится около 25% дисперсии. В низкочастотной части спектра относительно хорошо выражен 20-летний цикл. На 2-3 летние циклы средних месячных температур приходится 15-20% дисперсии.

Таблица 3.6

Доли дисперсии, приходящиеся на колебания средней месячной температуры воздуха с различными периодами

Станция	Период, годы	Вклад гармоники, %	Период, годы	Вклад гармоники, %
	Январь		Апрель	
Ургенч	53,0	13,6	8,8	5,9
	17,7	6,4	2,6	25,6
	2,7	6,3	2,3	13,7
	2,5	11,6		
Термез	54,0	22,7	27,0	12,4
	18,0	7,8	3,9	8,2
	3,9	7,4	3,0	14,2
	2,4	7,0		
Чимбай	54,0	15,4	54,0	9,4
	5,4	6,5	3,0	7,9
	2,6	9,3	2,8	12,3
	2,0	12,8	2,7	14,4
Чарвак	59,0	13,3	2,8	6,1
	19,7	15,7	2,7	12,7
	7,4	9,1	2,3	20,3
	2,5	8,1	2,1	8,6

Продолжение таблицы 3.6

Станция	Период, годы	Вклад гармоники, %	Период, годы	Вклад гармоники, %
Андижан	50,0	9,8	50,0	8,3
	16,7	8,7	16,7	8,6
	7,1	10,7	2,6	15,2
	2,0	18,4	2,3	9,9
Бухара	59,0	8,8	59,0	5,8
	19,7	21,6	14,8	7,0
	7,4	11,1	2,7	12,0
	2,5	15,1	2,3	14,5
		Июль		Октябрь
Ургенч	53,0	8,7	8,8	15,4
	10,6	17,1	5,3	14,2
	4,4	18,3	4,8	10,8
	2,1	6,4	2,4	7,2
Термез	54,0	24,2	13,5	7,1
	27,0	10,8	4,9	7,7
	10,8	7,7	3,6	6,3
	2,6	7,2	3,0	8,2
Чимбай	54,0	18,2	9,0	20,9
	10,8	11,0	5,4	9,3
	4,5	16,8	2,2	6,9
	2,1	8,6	2,1	9,2
Чарвак	59,0	12,8	59,0	7,1
	4,5	13,4	4,9	10,4
	2,6	13,5	4,5	10,4
	2,1	8,3	3,0	9,1
Андижан	25,0	12,6	50,0	7,8
	16,7	17,6	5,6	15,3
	4,6	11,4	4,6	12,1
	2,3	7,3	2,1	8,0
Бухара	59,0	40,2	59,0	23,4
	19,7	7,2	19,7	6,3
	2,6	5,8	5,4	8,4
			4,5	6,6

Таблица 3.7

Доля дисперсии, приходящаяся на колебания средней сезонной температуры воздуха с различными периодами

Станция	Период, годы	Вклад гармоники, %	Период, годы	Вклад гармоники, %
		Зима		Весна
Ургенч	19,7	16,2	7,4	6,2
	4,9	6,8	2,9	24,3
	2,9	6,7	2,4	8,3
	2,6	8,5		
	2,0	9,9		
Хива	19,7	16,3	2,9	28,3
	4,9	6,2	2,8	6,0
	2,6	8,6		
	2,0	10,1		
Дашховуз	19,3	12,1	19,3	6,5
	4,8	7,1	3,2	7,4
	2,9	7,0	2,9	12,9
	2,0	17,8	2,4	7,8
			2,2	9,4
		Лето		Осень
Ургенч	59,0	17,3	59,0	13,7
	29,5	6,8	8,4	18,4
	19,7	10,6	3,9	6,3
	8,4	6,0	2,3	6,0
	4,5	9,0		
Хива	60,0	11,0	29,5	8,7
	20,0	6,1	14,8	6,1
	8,6	7,2	8,4	17,5
	5,0	6,0	7,4	6,4
	3,5	11,7	2,9	10,2
	3,2	6,1	2,3	6,6
Дашховуз	58,0	15,6	58,0	9,0
	29,0	8,4	19,3	7,4
	19,3	6,0	14,5	10,7
	11,6	9,0	8,3	16,7
	5,8	6,2	5,3	7,2
	4,5	9,4	3,9	6,0

Таким образом, можно заключить, что на большей части территории Средней Азии, за исключением отдельных высогорных районов и интенсивно орошаемых зон, после 1960 года имело место повышение температуры воздуха по сравнению с периодом до 1960 года. Различия средних месячных температур за тридцатилетия 1931-1960 (первая ЦЭ) и 1960-1990 годов (вторая ЦЭ) достигают $1,5°$, а в январе даже $2,5°$C. Рост температуры воздуха был более интенсивным после 1970 года. Поэтому при анализе всего периода наблюдений статистически значимого линейного тренда не обнаруживается. Однако присутствует хорошо выраженная цикличность с периодами около двух, пяти и двадцати лет. Достоверность более долгопериодных колебаний мала.

ГЛАВА 4

ТЕПЛОВЫЕ РЕСУРСЫ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА

Тепловой режим, наряду с другими факторами, составляет основу жизнедеятельности растений. Для оценки тепловых термических ресурсов вегетационного периода, в основном, используют суммы положительных температур, даты переходов средней суточной температуры через различные пределы и крайние даты заморозков. Как и другие метеорологические характеристики эти показатели подвержены межгодичной изменчивости [8] и циклическим колебаниям с разными периодами.

Суммы эффективных температур воздуха. Рассмотрим изменчивость сумм эффективных температур (выше 10°С) для сева 11 апреля, то есть за вегетационный период с 11 апреля по 31 октября. Этот срок сева выбран как оптимальный по погодным условиям для равнинной территории Средней Азии по отношению к основной культуре - хлопчатнику. Высокогорные районы, где термические ресурсы ($\Sigma T_{>10}$) малы, оцениваются суммой положительных температур воздуха за весь теплый период. В дальнейшем мы не будем каждый раз оговаривать это различие.

Диапазон средних сумм эффективных температур на большинстве рассматриваемых равнинных станций включает величины от 1950 – 2000°С в Южном Казахстане до 2900 – 3000°С на юге Туркменистана. В среднегорных долинах, где ведется активное сельское хозяйство, эти величины составляют 1000 – 1500°С. Термические ресурсы высокогорных районов за апрель-октябрь (реально за июль-август) не превосходят в среднем 300 – 400°С. Размах временного распределения сумм температур достигает 800°С (юг Таджикистана, Чуйская долина). Минимальные значения характерны для Ферганской долины (около 400°С) и высокогорных станций. Среднее квадратическое отклонение (σ_T) составляет от 50 – 60° в высокогорье до 180 – 190° на южных равнинах.

Хронологический ряд сумм температур, как и других характеристик, был подразделен на два периода, соответствующих циркуляционным эпохам: до 1960 года (преимущественно с 1936 года) и с 1961 по 1985 год (табл. 4.1). К сожалению, в отличие от других разделов, не

удалось собрать материалы по всем станциям до 1990 года. Поэтому о последнем пятилетии, характеризуемом лишь данными Узбекистана, речь будет идти отдельно.

Как оказалось, в ЦЭ I (1930-1960 годы) суммы эффективных температур оказались в среднем меньше на 100 – 150°, чем во ЦЭ II (1961-1985 годы). Для межгодичных различий эти величины квалифицируются как небольшие - "в пределах нормы". Однако при сравнении средних за период 10 и более лет на такие изменения следует обращать внимание.

Таблица 4.1

Средние суммы эффективных температур воздуха ($\Sigma T_{>10}$,°C) за вегетационый период (11 апреля - 31 октября) и средние квадратические отклонения (σ_T)

Станция	1936--1985		1936--1960		1961--1985		1951--1960	1971--1980
	$\Sigma T_{>10}$	σ	$\Sigma T_{>10}$	σ	$\Sigma T_{>10}$	σ	$\Sigma T_{>10}$	$\Sigma T_{>10}$
Кзыл-Орда	2046	150	1995	133	2198	155	1940	2190
Тамды	2720	150	2650	134	2780	142	2640	2830
Муйнак	2030	110	2020	128	2030	100	1990	2030
Чимбай	2050	120	2120	107	1970	82	1970	2140
Нукус	2270	135	2200	80	2330	150	2190	2410
Карши	2740	150	2670	140	2800	140	2730	2830
Чарджев	2680	110	2630	90	2730	110	2580	2790
Ашгабат	2930	116	2990	104	2900	113	2970	2910
Ташкент	2290	110	2270	118	2310	104	2230	2340
Сырдарья	2260	94	2230	92	2280	95	2230	2280
Джизак	2500	127	2530	148	2470	99	2510	2450
Галляарал	2050	120	2030	128	2070	113	2000	2120
Самарканд	2100	114	2080	102	2130	123	2070	2170
Санзар	1540	117	1540	119	1540	117	1510	1590
Федченко	2300	102	2260	105	2330	94	2260	2370
Касансай	2030	128	2040	141	2020	122	1970	2090
Пайтуг	2360	106	2350	103	2380	100	2330	2430
Андижан	2370	108	2370	113	2380	108	2340	2450
Курган-Тюбе	2660	180	2560	111	2730	190	2510	2870
Душанбе	2270	174	2270	162	2270	190	2170	2260
Айвадж	3010	190	2990	162	3020	214	2990	3090
Тянь-Шань	370	60	360	58	370	60	360	380
Шахристанский перевал	1320	134	1320	58	1330	184	1290	1400
Сары-Таш	330	66	310	72	260	70	330	370
Им. Горбунова	250	287	240	72	260	102	220	290

Наименее обеспеченным теплом был вегетационный период 1951 – 1960, а наиболее теплым - 1971 - 1980 годов. (Для отдельных станций - 1956 - 1965 и 1976 - 1985 годов, соответственно). Наибольшие разности сконцентрированны в трех районах - северные предгорья Киргизского хребта и Кюнгей - Ала-Тоо, Центральные Каракумы и обширная полоса предгорий Юго-Западного Тянь-Шаня. Разность между средними за десятилетия составила 250°С в Кзыл-Орде, 210° в Чарджеве, 300° в Курган-Тюбе. Суммы положительных температур в высокогорьях разнились в эти десятилетия на 60 – 90° на Памиро-Алае и на 100 – 150° на Тянь-Шане.

Средние десятилетние аномалии, как положительные, так и отрицательные, были минимальными на отдельных станциях Ферганской долины, в Зеравшанской долине, предгорьях Туркестанского хребта и на юго-западе Туркменистана.

В северных предгорьях Кыргызстана и западе Узбекистана после 1960 года возросла изменчивость ресурсов тепла. В Нукусе среднее квадратическое отклонение сумм температур увеличилось с 81 до 150°, в Самарканде с 102 до 123°, на станции им. Горбунова с 73 до 102°. На многих станциях возросло число выбросов за пределы σ_T (табл. 4.2).

Таблица 4.2

Число выбросов за уровень σ_T сумм эффективных температур воздуха за вегетационный период (апрель-октябрь)

Станция	Число выбросов			
	1936-1960		1961-1985	
	$+\sigma$	$-\sigma$	$+\sigma$	$-\sigma$
Арысь	3	3	9	2
Ташкент	3	6	5	3
Фергана	2	6	7	2
Сары-Таш	1	2	7	1

В Ферганской долине, в предгорьях Западного Тянь-Шаня, в отдельных пунктах Приаралья и Южного Таджикистана либо не произошло изменений σ_T, либо оно уменьшилось.

На рис. 4.1. дано распределение по территории Средней Азии по-

казателя значимости различия сумм эффективных температур воздуха за вегетационный период $R_T = \Delta\Sigma T/\sigma_T$. При сравнении десятилетий 1971-1980 и 1951-1960 годов этот показатель оказывается достаточно большим ($R_T > 1$) над центральной, пустынной частью Средней Азии. Разности, сопоставимые с величиной среднего квадратического отклонения, сосредоточены в тех же зонах, где располагаются максимальные $\Delta\Sigma T$.

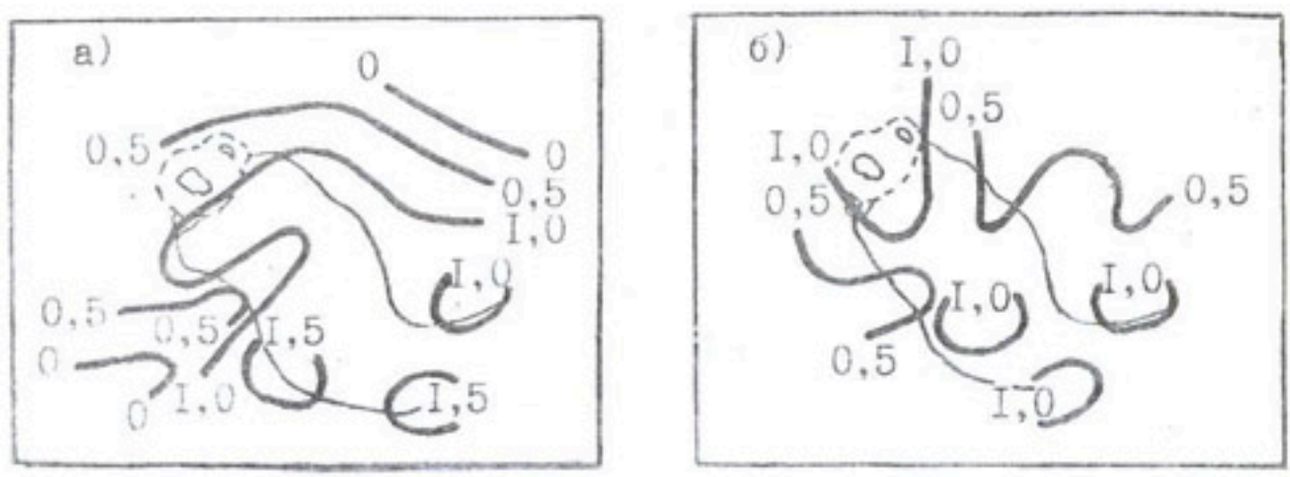


Рис. 4.1. Показатель значимости различия (R) сумм эффективных температур воздуха за вегетационный период между периодами 1951-1960 и 1971-1980 гг. (а), 1971-1980 гг. и нормой (б).

Анализ разностей между десятилетиями и двадцатипятилетиями с использованием более жестких критериев по "правилу 3σ", приводит к выводу о статистической незначимости (случайности) изменений на большей части Средней Азии. Лишь на отдельных станциях изменения могут быть отнесены к вероятным.

На рис. 4.2-4.3 приведены десятилетние скользящие средние значения отклонений от нормы сумм температур воздуха на станциях, расположенных в самых разнообразных формах рельефа.

При общем для большинства станций характере векового хода имеются более или менее существенные различия на отдельных его участках. Наиболее примечательным является общий подъем хронологической кривой с 1967 года и спад в 1982 году. Синхронность коле-

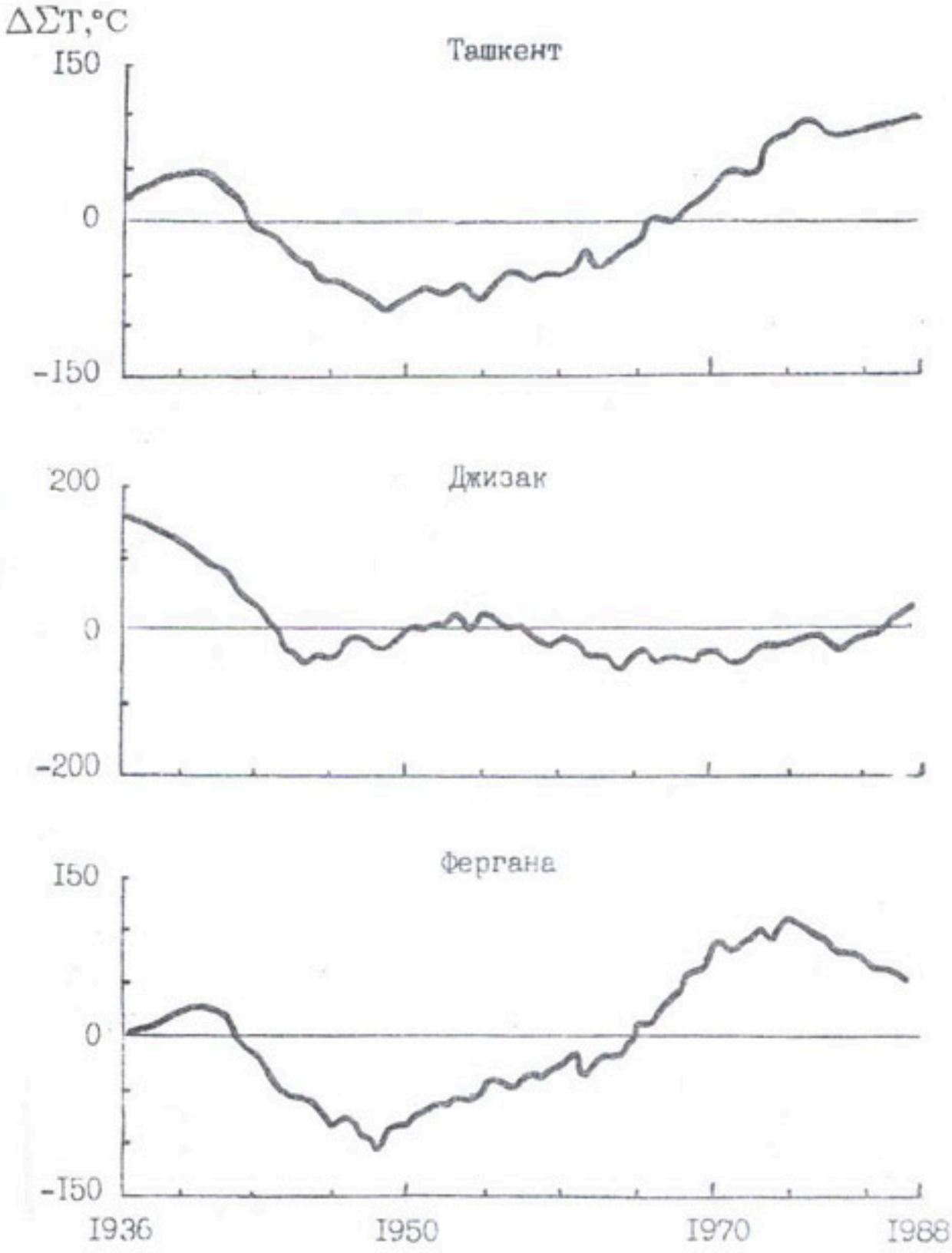


Рис. 4.2. *10-летние скользящие средние отклонения сумм эффективных температур воздуха от средней многолетней.*



Рис. 4.3. 10-летние скользящие средние отклонения сумм положительных температур воздуха от средней многолетней.

баний на открытых высокогорных и равнинных станциях свидетельствует о единстве и мощности механизма потепления, происходившего в 70-х годах на всей территории Средней Азии.

Для того, чтобы представить структуру изменений тепловых ресурсов за вегетационный период, были рассчитаны суммы эффективных температур различной обеспеченности.

Таблица 4.3

Суммы эффективных температур воздуха ($\Sigma T_{>10}$,°C) различной обеспеченности за вегетационный период

Период	Обеспеченность, %							
	100	75	25	10	100	75	25	10
	Аральское море				Кзыл-Орда			
1936-1960	1550	1810	2010	2090	1660	2010	2140	2190
1961-1985	1750	1970	2100	2280	1660	2090	2220	2290
1936-1985	1550	1850	2055	2160	1660	2050	2180	2240
	Муйнак				Ургенч			
1936-1960	1780	2030	2160	2220	2150	2350	2490	2520
1961-1985	1880	2030	2160	2220	2250	2480	2590	2660
1936-1985	1780	2030	2160	2220	2150	2420	2520	2600
	Тамды				Ташкент			
1936-1960	2430	2570	2640	2840	2050	2190	2390	2460
1961-1985	2520	2710	2880	2930	2050	2290	2410	2490
1936-1985	2430	2610	2840	2910	2050	2240	2440	2470
	Байрамалы				Карши			
1936-1960	2660	2760	2960	3050	2330	2580	2780	2860
1961-1985	2660	2910	3050	3100	2480	2780	2930	3030
1936-1985	2660	2810	3000	3070	2330	2720	2880	2950
	Пайтуг				Душанбе			
1936-1960	2220	2300	2460	2550	2020	2200	2460	2570
1961-1985	2240	2380	2530	2610	2020	2230	2520	2620
1936-1985	2220	2340	2510	2600	2020	2210	2480	2590
	Ашгабат				Айвадж			
1936-1960	2680	2980	3180	3270	2660	2920	3160	3230
1961-1985	2680	2880	3140	3180	2660	2960	3230	3310
1936-1985	2680	2960	3180	3270	2660	2940	3190	3290

Оказалось, для большей территории Средней Азии во вторую циркуляционную эпоху характерна тенденция к увеличению обеспеченности градаций более высоких сумм температур (табл. 4.3).

Приведенные в табл. 4.4 данные по некоторым пунктам Узбекистана не дают однозначного представления о дальнейшем характере режима летних тепловых ресурсов. В Приаралье пятилетие 1986-1990 годов отличалось самым высоким уровнем сумм эффективных температур. На остальной территории наблюдались либо стабилизация, либо их уменьшение.

Таблица 4.4

Средние суммы эффективных температур воздуха ($\Sigma T_{>10}$, °С), даты устойчивого перехода суточной температуры через различные пределы и даты первых и последних заморозков в воздухе за период 1986-1990 годов

Станция	$\Sigma T_{>10}$	Сезон	Температура, °С						Заморозки	
			5		10		15			
Тамды	2740	Весна	7	III	4	IY	27	III	-	
		Осень	28	XI	24	III	29	X	24	X
Муйнак	2450	Весна	3	IY	13	IY	27	IY	9	IY
		Осень	5	XI	11	X	29	IX	14	X
Чимбай	2230	Весна	29	III	6	IY	24	IY	10	IY
		Осень	6	XI	13	X	29	IX	11	X
Нукус	2450	Весна	23	III	5	IY	24	IY	9	IY
		Осень	6	XI	19	X	30	IX	17	X
Сырдарья	2320	Весна	27	II	17	III	2	IY	29	III
		Осень	3	XII	4	XI	5	X	17	X
Джизак	2390	Весна	26	II	26	III	21	IY	21	III
		Осень	7	XII	11	XI	8	X	28	X
Самарканд	2120	Весна	7	III	2	IY	28	IY	11	IY
		Осень	6	XII	30	X	6	X	7	XI
Санзар	1480	Весна	22	III	18	IY	11	Y	8	IY
		Осень	5	XII	27	X	27	IX	23	X
Федченко	2230	Весна	25	II	22	III	16	IY	23	III
		Осень	28	XI	-		7	X	5	XI

Для демонстрации существования цикличности в многолетнем ходе сумм эффективных температур воздуха ограничимся приведением автокорреляционных функций, вычисленных по пятилетним скользящим значениям для некоторых станций (рис. 4.4). Джизак и Фергана, самые длиннорядные станции, имеют экстремумы, приходящиеся на период 10, 24, 32, 44-46, 56 лет. По данным короткорядных станций с определенной долей уверенности можно говорить о 10-летнем цикле в Ашгабате, Гушгы, Санзаре, о 7-летнем цикле в Кизыл-Атреке, Жамбуле, Галляарале и других пунктах.

Изменчивость дат перехода средней суточной температуры воздуха через различные пределы. Важнейшими климатическими характеристиками являются даты (τ) устойчивого перехода средних суточных температур воздуха через 0, 5, 10, 15°С. В первом приближении их можно рассматривать как объективные границы климатических сезонов и их фаз. Оценка изменчивости этих показателей чревата погрешностями из-за весьма значительной доли субъективизма при определении даты устойчивого перехода.

Относительно надежные результаты можно получить лишь для территории севернее 37° с.ш. Южная субтропическая часть Средней Азии имеет столь высокий фон зимних температур, что даты перехода через 0 и 5°С можно определить лишь в отдельные годы, когда устойчивый переход имел место. Особенно это касается перехода через 0°С, так как зимы с устойчиво отрицательными температурами явление здесь довольно редкое.

Даты перехода средней суточной температуры воздуха через 0°С к положительным средним суточным температурам на значительной части территории во второй ЦЭ оказались более поздними, чем в предшествующий период. Однако это смещение невелико: лишь в узкой полосе на широте около 42° с.ш. оно достигло 6 дней, а в Ферганской долине и на северной границе Средней Азии тенденция была противоположной (рис. 4.5).

Самые ранние и самые поздние в среднем за десятилетие даты сконцентрировались в период 1961-1985 годов, то есть во вторую циркуляционную эпоху. Разница в средних датах ($\Delta\tau$) между десятилетиями 1961-1970 и 1971-1980 годов почти повсеместно достигала двух недель. "Средний" размах был соизмерим со средним квадратическим отклонением, то есть $R_\tau = \Delta\tau/\sigma \geq 1$. Так, в Ургенче средняя

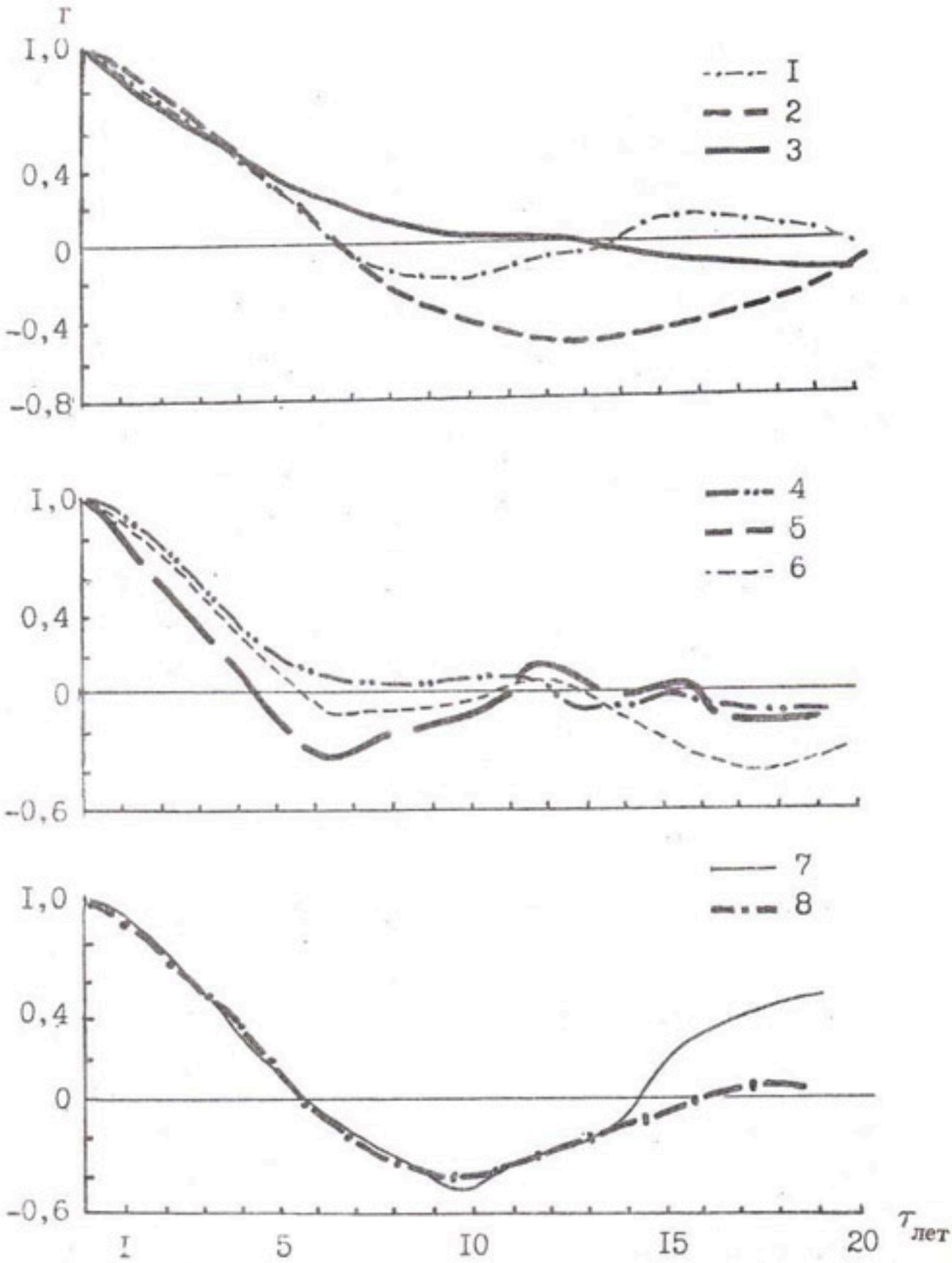
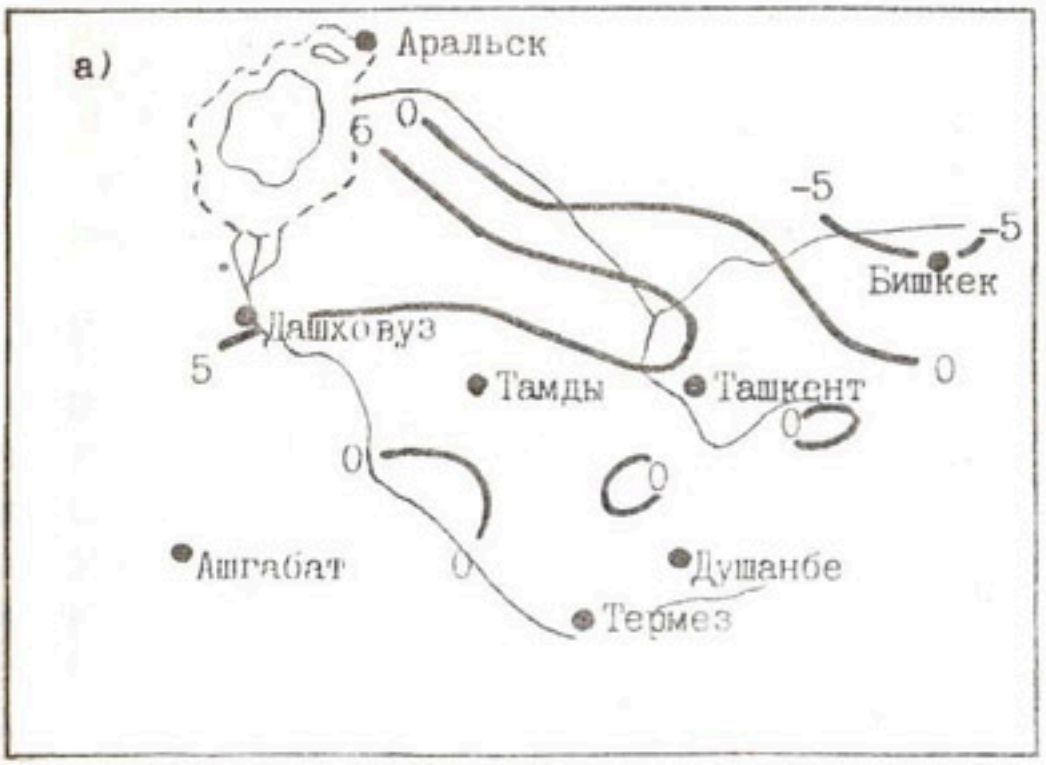


Рис. 4.4. Автокорреляционные функции сумм эффективных температур воздуха за вегетационный период. 1- Федченко, 2- Андижан, 3- Наманган, 4- Галляарал, 5- Сырдарья, 6- Ташкент, 7- Самарканд, 8- Санзар.



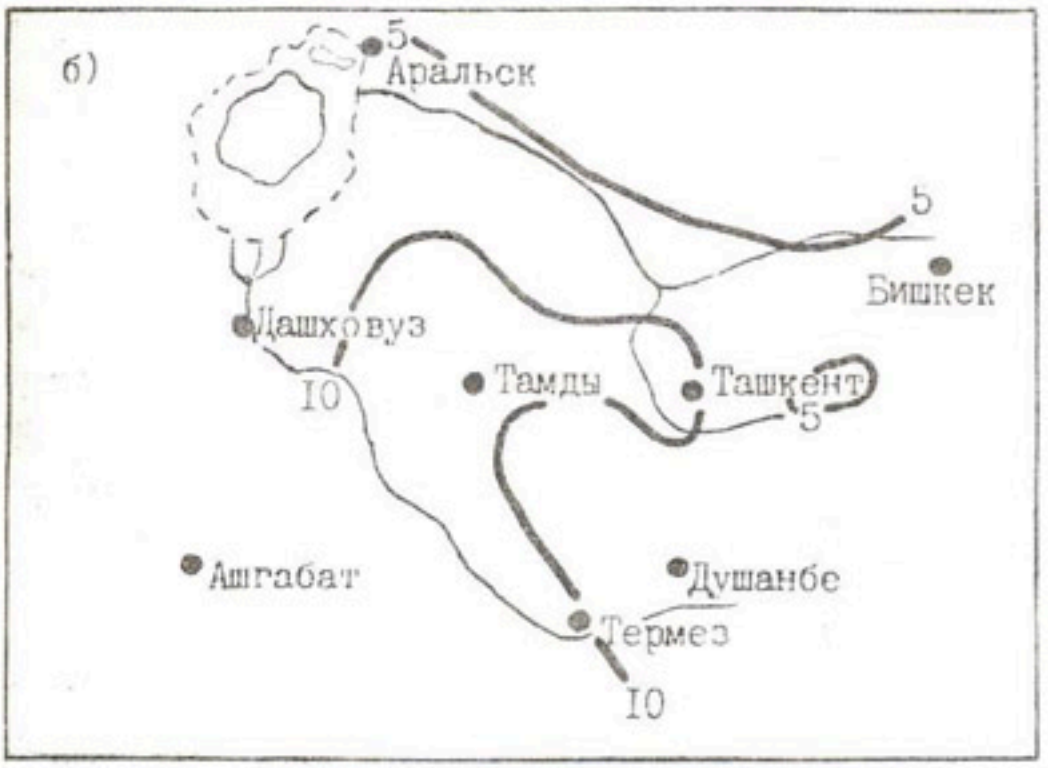


Рис. 4.5. Разность (число дней) средних дат перехода средних суточных температур воздуха через 0°С весной (а) и осенью (б) между периодами 1936-1960 и 1961-1985 гг.

дата перехода через 0°С к положительным значениям температуры сместилась с 13 февраля к 26 февраля, в Карши - с 30 января на 9 февраля, в Джизаке - с 4 февраля на 17 февраля и так далее.

Смещение даты перехода через 0°С к более поздним находится в соответствии с ходом средних за весенний сезон температур, более низких в этот период.

Что касается дат перехода средних суточных температур воздуха через 0°С к отрицательным температурам, то между осредненными за двадцатипятилетия данными разность достигает на равнинах 10-13 дней. Наиболее ранними средними датами перехода к отрицательным температурам характеризуется десятилетие 1951-1960 годов, а наиболее поздними - период 1971-1980. В Чимбае произошло смещение с 20 ноября к 8 декабря, в Тамды - со 2 декабря к 17 декабря, в Арыси - с 20 ноября к 30 ноября, в Карши - с 9 декабря к 22 декабря и так далее. В Ферганской долине соответствующие разности были не менее 7 дней. На достаточно большой территории показатели значимости различий превышали критическое значение, то есть $R_t>1$.

Оценка по "правилу 3σ" для большинства станций приводит к выводу о вероятных различиях между периодами, а в Тамды, где смещение составило 13, и Арыси - 10 дней - даже о статистически значимом различии.

Любопытно, что в период после 1960 года на южных станциях Туркменистана возросло число зим с более четко выраженным переходом температуры через 0°С. Это зимы 1966-1967, 1968-1969, 1970-1971, 1976-1977, 1980-1981 годов. Что касается южных районов Узбекистана и Таджикистана, то там, напротив, увеличилось число вегетационных зим, при которых практически не было устойчивого перехода через 0°С, то есть усилились субтропические черты климата.

Переход средней суточной температуры через 5°С к более высоким температурам, то есть начало среднеазиатской весны, наступает в среднем через 16-20 дней после перехода через 0°С и приходится на конец февраля - начало марта (табл. 4.5).

В период после 1960 года в среднем за 25 лет на равнинной центральной части Средней Азии произошло смещение даты перехода через 5°С к более поздним датам. Осуществилось это, как и для дат перехода через 0°С, в основном, за счет последних 10-15 лет.

На северных станциях (Аральское море, Кзыл-Орда, Алматы и

другие) средняя суточная температура 5°С установилась раньше на 3 дня. Оценка статистической значимости на большинстве станций приводит к выводу о несущественности различий средних дат между двумя периодами.

Таблица 4.5

Даты перехода средней суточной температуры воздуха через 5°С в сторону повышения

Станция	1951-1960	1971-1980	1936-1960	1961-1985
Алматы	2 IY	27 III	30 III	27 III
Аральское море	7 IY	3 IY	6 IY	3 IY
Кзыл-Орда	5 IY	26 III	30 III	27 III
Ургенч	23 III	16 III	19 III	10 III
Чимбай	30 III	19 III	29 III	20 III
Тамды	1 III	9 III	2 III	5 III
Федченко	26 II	9 III	27 II	1 III
Ташкент	25 II	7 III	23 II	26 II
Джизак	24 II	7 III	21 II	26 II
Самарканд	27 II	9 III	25 II	27 II
Карши	21 II	1 III	22 II	21 II
Термез	19 II	2 III	21 II	24 II
Ашгабат	20 II	5 III	20 II	21 II
Байрамалы	17 II	25 II	21 II	16 II
Чарджев	22 II	4 III	22 II	23 II
Нарын	13 IY	5 IY	10 IY	4 IY
Бишкек	26 III	19 III	24 III	17 III
Сары-Таш	28 Y	23 Y	29 Y	26 Y
Душанбе	19 II	24 II	20 II	17 II

Как и в случае с переходом через 0°С, наиболее резкие колебания дат перехода через 5°С наблюдались во вторую ЦЭ. 1961-1970 годы отличались для многих станций самой ранней датой перехода температуры воздуха через 5°С, а десятилетие 1971-1980 годов - самой поздней. Так, в Джизаке в 1961-1970 годах переход через 5°С наступил 17 февраля, а в следующее десятилетие - 7 марта, в Самарканде соответственно 18 февраля и 9 марта, в Карши - 14 февраля и 1 марта. В период

1951–1960 годов переход температуры воздуха через 5°С происходил тоже достаточно рано.

Дисперсия дат перехода на северных станциях уменьшилась, на южных - возросла; однако значимость различий несущественная.

Анализ автокорреляционных функций позволяет предполагать наличие 10-летних циклов на равнине и 5-8-летних - в высокогорных районах.

Переход средней суточной температуры воздуха через 5°С в сторону понижения, то есть наступление зимы, во вторую ЦЭ отличается четким смещением средней даты к более поздним числам на всей без исключения территории с одновременным увеличением дисперсии (табл. 4.6). Оценка различий по "правилу 3σ" на многих станциях определяется как вероятная, на некоторых (Тамды, Нурата, Ургенч) - как значимая.

Таблица 4.6

Даты перехода средней суточной температуры воздуха через 5°С в сторону понижения

Станция	1951-1960	1971-1980	1936-1960	1961-1985
Алматы	26 X	28 X	27 X	27 X
Аральское море	24 X	20 X	24 X	23 X
Кзыл-Орда	23 X	27 X	27 X	27 X
Ургенч	7 XI	18 XI	5 XI	18 XI
Чимбай	2 XI	11 XI	2 XI	11 XI
Тамды	15 XI	1 XII	14 XI	25 XI
Федченко	19 XI	24 XI	17 XI	22 XI
Ташкент	20 XI	4 XII	10 XI	29 XI
Джизак	22 XI	5 XII	20 XI	29 XI
Самарканд	22 XI	4 XII	20 XI	30 XI
Карши	23 XI	8 XII	22 XI	30 XI
Термез	19 XI	3 XII	22 XI	1 XII
Ашгабат	20 XI	10 XII	23 XI	11 XII
Байрамалы	24 XI	18 XII	25 XI	18 XII
Чарджев	12 XI	2 XII	13 XI	-
Нарын	17 X	23 X	16 X	21 X
Бишкек	1 XI	21 XI	29 X	10 XI
Сары-Таш	21 X	18 IX	19 IX	19 IX

Самой ранней датой перехода через 5°С к более низким температурам характеризуется десятилетие 1941-1950 годов для одних станций и 1951-1960 для других. Различия между этими десятилетиями незначительны. Самой поздней датой перехода отличается десятилетие 1971-1980 годов. В междуречье Амударьи и Сырдарьи разница между экстремальными десятилетиями достигала 10-15 дней Отношение $R_\tau > 1$ сосредоточено именно в этих районах.

Линейный тренд в целом повсеместно положителен и составляет от 0,01 до 0,20 дня/год. Его наличие четко прослеживается на графиках тридцатилетних скользящих средних (рис. 4.6).

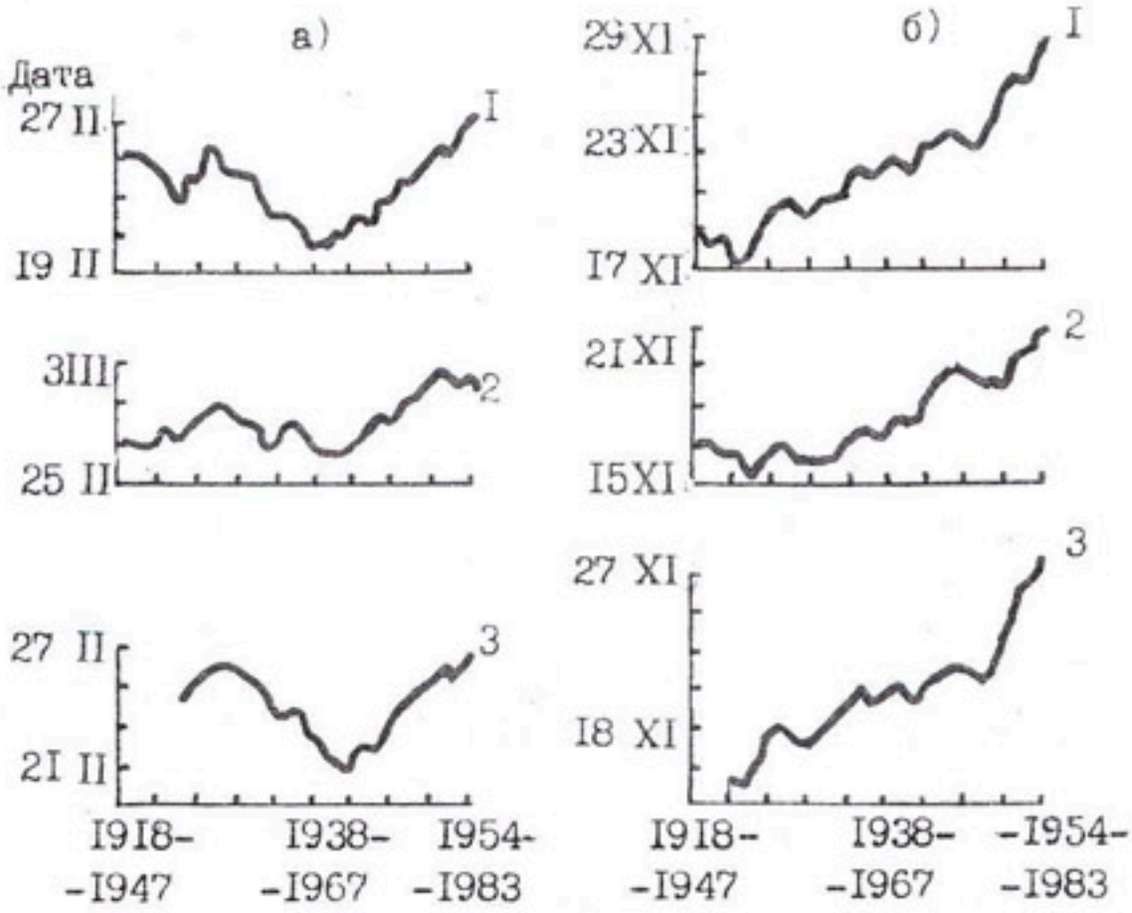


Рис. 4.6. Тридцатилетние скользящие средние даты перехода средней суточной температуры воздуха через 5°С весной (а) и осенью (б) в Джизаке (1), Фергане (2) и Ташкенте (3).

В период 1986-1990 годов принципиальных изменений, по крайней мере в Узбекистане, не произошло (табл. 4.4).

Для многих станций, в том числе и высокогорных, как это можно предположить из вида автокорреляционных функций, в ряде дат перехода средней суточной температуры через 5°С к более низким температурам имеется цикличность с периодом 5-8 лет (рис. 4.7).

Время установления весной средней суточной температуры 10°С является определяющим в судьбе сельскохозяйственного года, так как означает начало сева теплолюбивых культур. На большей части Средней Азии устойчивый переход через 10°С происходит в последней декаде марта - первой декаде апреля и лишь, начиная с широты Алматы к северу, а также на высокогорных станциях - в конце апреля и даже в мае-июне.

Этот переход в среднем за вторую ЦЭ по сравнению с первой, как видно из табл. 4.7, сместился, в основном, к более ранним датам на 3-5 дней. Между десятилетиями 1951-1960 и 1971-1980 годов различия достигают 9 дней. Критерий значимости различий $R_\tau > 1$ в Тамды, Санзаре, Акбайтале.

Линейный тренд составляет $\beta = 0,05$ дня/год. Смены знака тенденции в последние годы еще не произошло.

Средние даты перехода через 10°С в сторону понижения в разные циркуляционные эпохи различаются наиболее заметно на юге Средней Азии (табл. 4.8), где в 1961-1985 годах переход стал наблюдаться значительно позже. В Ашгабате и Байрамалы средние за десятилетия 1951-1960 и 1971-1980 годов даты перехода разнятся соответственно на 13 и 12 дней. Ограниченная Амударьей и Сырдарьей пустыня Кызылкум не испытала столь резкой перемены. В Зеравшанской долине и Каршинской степи даже произошло смещение в сторону более ранних дат. Однако на знаке разностей между средними за двадцатипятилетия это не сказалось, в целом, вторая ЦЭ отличается более поздним переходом к температурам воздуха ниже 10°С.

В среднем за 1985-1990 годы на отдельных станциях Узбекистана (табл. 4.5) обнаруживается противоположная тенденция - переход через 10°С снова сместился к более ранним датам.

Переход средней суточной температуры воздуха через 15°С к более высоким значениям на севере территории происходит в последней декаде апреля, южнее - во второй декаде; в Шерабаде средняя дата перехода через 15°С - 2 апреля.

За исключением Джизака, Самарканда, Галляарала и Ургенча

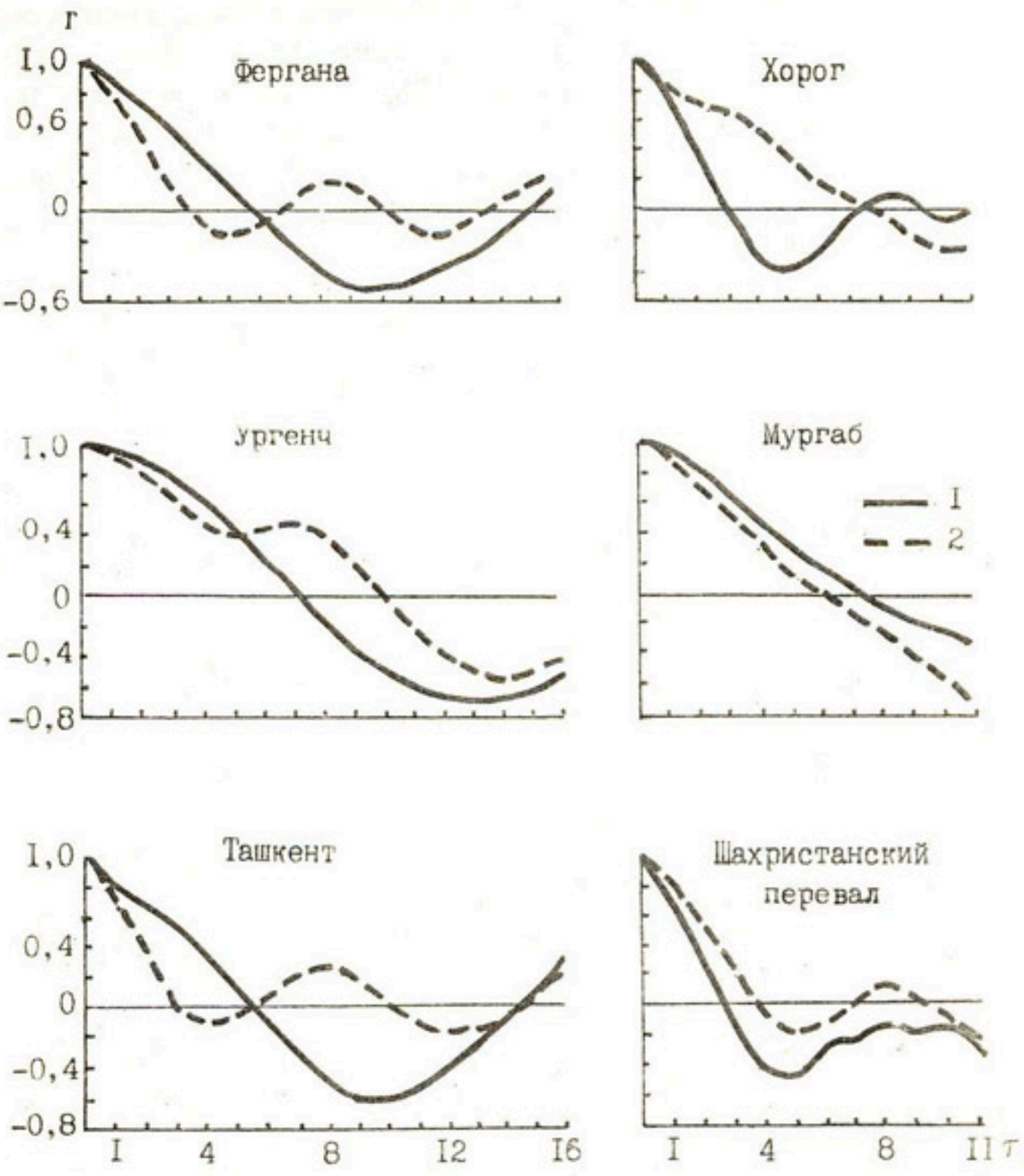


Рис. 4.7. Автокорреляционные функции дат перехода средней суточной температуры воздуха через 5°С весной (1) и осенью (2). r - коэффициент корреляции, τ - число лет.

эта температура после 1960 года стала в среднем устанавливаться на 3-5 дней раньше (табл. 4.9). Экстремальными десятилетиями, как и для перехода через 10°С, являются 1951-1960 годы, когда наблюдались самые поздние средние даты перехода, и 1971-1980 с наиболее ранними датами перехода. Так, в Кзыл-Орде в 1951-1960 годах переход температуры воздуха через 15°С в среднем осуществлялся 5 мая, а в 1971-1980 годах - 20 апреля.

Таблица 4.7

Средние даты перехода средней суточной температуры воздуха через 10°С в сторону повышения

Станция	1951-1960	1971-1980	1936-1960	1961-1985
Алматы	10 IY	8 IY	10 IY	10 IY
Аральское море	21 IY	17 IY	20 IY	17 IY
Кзыл-Орда	13 IY	8 IY	10 IY	9 IY
Ургенч	2 IY	24 III	29 III	29 III
Чимбай	12 IY	5 IY	10 IY	7 IY
Тамды	1 IY	27 III	28 III	25 III
Федченко	27 III	25 III	26 III	25 III
Ташкент	4 IY	28 III	31 III	24 III
Джизак	3 IY	22 III	28 III	23 III
Самарканд	4 IY	27 III	28 III	24 III
Карши	29 III	19 III	28 III	20 III
Термез	16 III	12 III	20 III	15 III
Ашгабат	17 III	16 III	20 III	20 III
Байрамалы	16 III	16 III	14 III	19 III
Чарджев	28 III	20 III	25 III	23 III
Нарын	1 Y	5 Y	27 IY	5 Y
Бишкек	11 IY	5 IY	10 IY	6 IY
Сары-Таш	9 YII	28 YI	11 YII	4 YII
Душанбе	15 III	19 III	16 III	20 III
Мургаб	20 YI	22 YI	20 YI	23 YI

Самой большой разностью между двадцатипятилетиями отличаются южные станции - Чарджев, Карши, Шерабад и северные - Аральское море, Кзыл-Орда. В Кзыл-Орде разность дат составила 8 дней, в Чарджеве -10 дней. Кзыл-Орда единственная станция из рассмотрен-

ных, где по "правилу 3σ" происшедшее изменение оценивается как существенное.

Таблица 4.8

Средние даты перехода средней суточной температуры воздуха через 10°С в сторону понижения

Станция	1951-1960	1971-1980	1936-1960	1961-1985
Алматы	7 X	14 X	10 X	12 X
Аральское море	3 X	8 X	5 X	8 X
Кзыл-Орда	8 X	12 X	9 X	8 X
Ургенч	26 X	23 X	24 X	22 X
Чимбай	16 X	14 X	14 X	15 X
Тамды	25 X	29 X	25 X	28 X
Федченко	23 X	1 XI	29 X	30 X
Ташкент	31 X	31 X	29 X	31 X
Джизак	1 XI	1 XI	30 X	2 XI
Самарканд	4 XI	1 XI	31 X	29 X
Карши	6 XI	30 X	1 XI	1 XI
Термез	6 X	8 XI	5 XI	7 XI
Ашгабат	29 X	11 XI	29 X	10 XI
Байрамалы	5 XI	14 XI	1 XI	13 XI
Чарджев	27 X	7 XI	25 X	5 XI
Нарын	1 X	4 X	30 IX	1 X
Бишкек	15 X	28 X	13 X	20 X
Сары-Таш	15 VIII	23 VII	16 VII	23 VIII
Душанбе	5 XI	12 XI	4 XI	10 XI
Мургаб	30 VIII	3 IX	2 IX	1 IX

Осенний переход температуры воздуха через 15°С происходит обычно в конце сентября в северных районах, в первой декаде октября - в центральной части и в последней декаде октября - на юге Средней Азии. Дата этого перехода после 1960 года сместилась осенью к более поздним срокам (табл. 4.10). Между двадцатипятилетиями разность достигает 4-5 дней (Чимбай, Карши), а десятилетиями 1951-1960 и 1971-1980 годов - от 9 до 13 дней. В Касансае, Сырдарье, Джизаке изменений либо нет, либо налицо незначительная противоположная тенденция.

Таблица 4.9

Средние даты перехода средней суточной температуры воздуха через 15°С в сторону повышения

Станция	1951-1960	1971-1980	1936-1960	1961-1985
Алматы	4 Y	26 IY	27 IY	28 IY
Аральское море	10 Y	30 IY	4 Y	30 IY
Кзыл-Орда	5 Y	20 IY	30 IY	22 IY
Ургенч	15 IY	14 IY	13 IY	15 IY
Чимбай	21 IY	21 IY	22 IY	19 IY
Федченко	15 IY	7 IY	14 IY	9 IY
Ташкент	15 IY	10 IY	13 IY	12 IY
Джизак	15 IY	8 IY	13 IY	11 IY
Самарканд	16 IY	16 IY	14 IY	15 IY
Карши	13 IY	9 IY	13 IY	8 IY
Ашгабат	6 IY	5 IY	7 IY	8 IY
Байрамалы	4 IY	2 IY	3 IY	4 IY
Чарджев	7 IY	27 III	10 IY	7 IY

Таблица 4.10

Средние даты перехода средней суточной температуры воздуха через 15°С в сторону понижения

Станция	1951-1960	1971-1980	1936-1960	1961-1985
Алматы	20 IX	28 IX	27 IX	24 IX
Аральское море	20 IX	26 IX	21 IX	25 IX
Кзыл-Орда	21 IX	29 IX	22 IX	26 IX
Ургенч	29 IX	2 X	30 IX	2 X
Чимбай	24 IX	28 IX	24 IX	28 IX
Федченко	5 X	8 X	6 X	6 X
Ташкент	4 X	10 X	6 X	7 X
Джизак	4 X	9 X	8 X	8 X
Самарканд	2 X	8 X	2 X	4 X
Карши	4 X	17 X	7 X	12 X
Ашгабат	17 X	19 X	18 X	18 X
Байрамалы	19 X	15 X	19 X	16 X
Чарджев	10 X	12 X	11 X	11 X

Во второй половине 80-х годов переход через 15°С к более высоким температурам стал происходить позже, а к низким - сохранился на том же уровне.

Даты первых и последних заморозков в воздухе. Заморозки являются одним из наиболее характерных явлений погоды весной и осенью. Они возникают в результате вторжения холодных воздушных масс с севера или северо-запада на фоне положительных средних суточных температур, когда активно идет (или еще не закончилась) вегетация. В благоприятные годы весенние заморозки в воздухе заканчиваются в феврале - начале марта, а осенью возникают, в основном, не раньше середины октября. Однако известны случаи губительных заморозков в апреле-мае и сентябре.

В период 1961-1985 годов средняя за 25 лет дата последних (весенних) заморозков в воздухе практически на всей территории Средней Азии была более ранней, чем в предшествующий период (табл. 4.11, рис. 4.8а). Наибольшее изменение произошло в центральной ее части, по линии Чимбай - Самарканд. Однако существенную сдвижку дат фиксируют и отдельные, защищенные горами, станции Средней Азии (Кизыл-Атрек, Хорог). На большинстве станций наиболее ранние в среднем даты последних заморозков отмечались в 1971-1980 годах (то есть в самое теплое для вегетационного периода десятилетие), а самые поздние - в 1951-1960 годах (самое холодное десятилетие). Например, в Самарканде в 1951-1960 годах средняя дата весеннего заморозка в воздухе была 4 апреля, а в 1971-1980 - 19 марта. Отметим, что в Самарканде средняя за 1986-1990 годы дата последнего замарозка сместилась к 11 апреля. Исключение составляет Андижан, где наиболее поздние в среднем за десять лет заморозки наблюдались в 1971-1980 годах. На некоторых станциях (Навои, Джизак, Ургенч, Федченко) различия между периодами оказались статистически значимыми.

Во вторую ЦЭ время наступления первых (осенних) заморозков тоже претерпело существенное изменение, сместившись к более поздним датам (рис. 4.8 б). Максимальные изменения произошли в юго-восточных предгорьях и даже на некоторых среднегорных закрытых станциях, таких как Хорог, в котором начало заморозочной поры сместилось в среднем на 15 дней.

В отличие от изменчивости дат перехода через 0°С изменчивость дат последних заморозков в воздухе (σ) в 1961-1985 годах, по сравне-

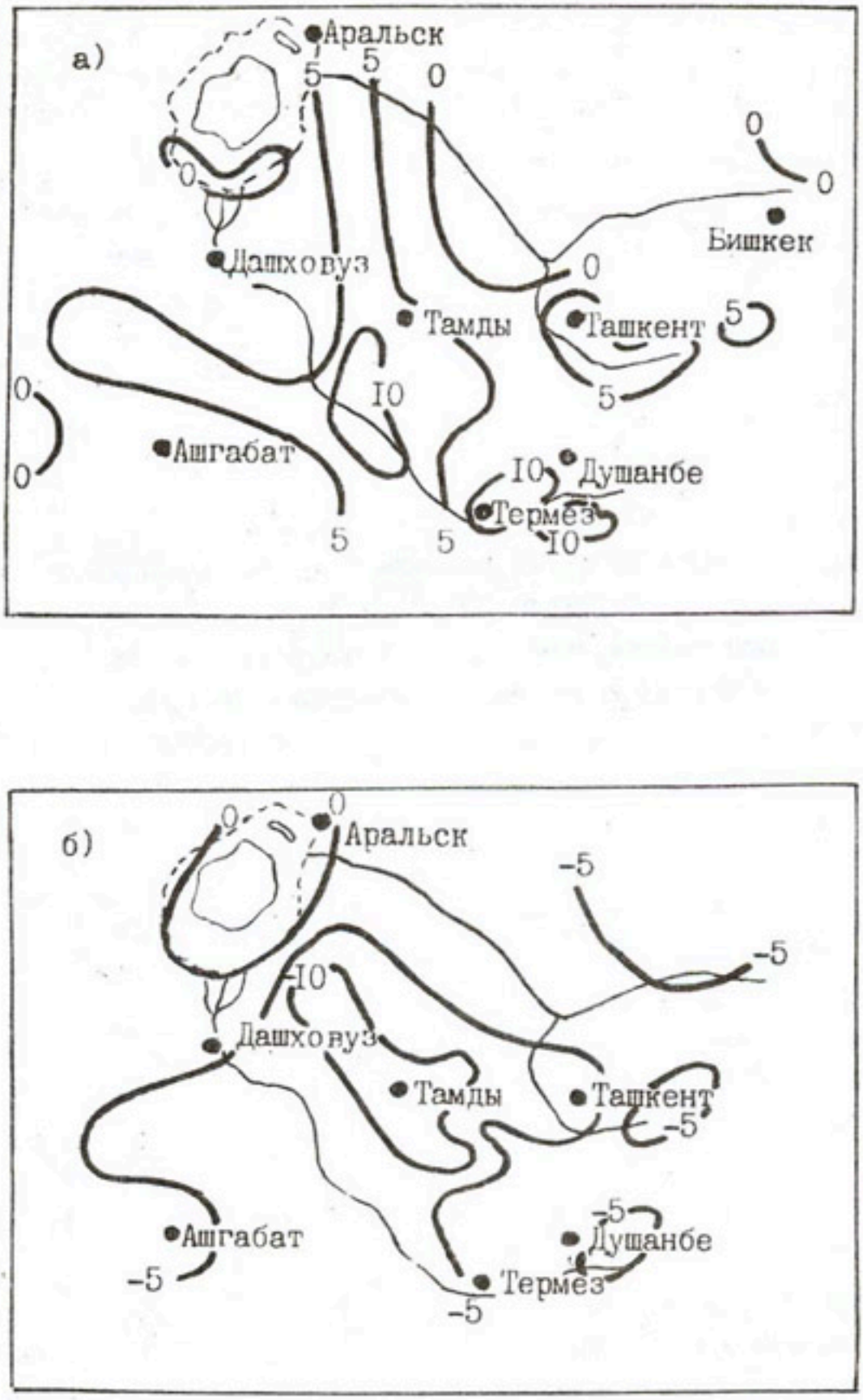


Рис. 4.8. Разность (число дней) крайних дат заморозков осенью (а) и весной (б) между периодами 1951-1960 и 1971-1980 гг.

Таблица 4.11

Средние даты последних (весенних) заморозков в воздухе

Станция	Даты заморозков				Значимость различия средних по "правилу 3σ"
	τ		σ		
	1936--1960	1961--1985	1936--1960	1961--1985	
Алматы	16 IY	13 IY	14,33	17,63	–
Аральское море	11 IY	12 IY	8,36	8,71	–
Кзыл-Орда	12 IY	11 IY	11,62	8,39	–
Ургенч	3 IY	26 III	10,41	12,14	±
Чимбай	11 IY	8 IY	8,11	9,59	±
Тамды	1 IY	21 III	12,82	9,05	+
Федченко	27 III	16 III	15,03	8,34	+
Ташкент	1 IY	18 III	12,43	10,66	+
Ашгабат	16 III	10 III	11,90	12,99	±
Чарджев	22 III	15 III	14,37	8,79	±
Душанбе	25 III	18 III	15,87	11,83	±

ПРИМЕЧАНИЕ. "+" - различие существенное, "±" - различие вероятное, "–" - различие случайное.

Таблица 4.12

Средние даты первых и последних заморозков на почве

Станция	Даты заморозков				Значимость различия средних по "правилу 3σ"
	τ		σ		
	1936--1960	1961--1985	1936--1960	1961--1985	
			Весна		
Ташкент	15 IY	8 IY	15,49	16,78	±
Карши	10 IY	26 III	12,85	9,36	+
Федченко	7 IY	31 IY	14,60	10,71	±
Джизак	20 IY	18 IY	10,70	10,72	–
Чимбай	22 III	19 III	16,98	10,41	–
			Осень		
Ташкент	8 X	7 X	12,94	12,05	–
Карши	17 X	23 X	11,82	12,16	±
Федченко	12 X	13 X	13,34	19,97	±
Джизак	4 X	8 X	6,12	9,52	±
Чимбай	25 X	27 X	13,71	12,20	–

ПРИМЕЧАНИЕ. "+" - различие существенное, "±" - различие вероятное, "–" - различие случайное.

Таблица 4.13

Средние даты интенсивных заморозков ($T_{мин} \leq -2°C$) в воздухе

Станция	Даты заморозков				Значимость различия средних по "правилу 3σ"
	τ		σ		
	1936--1960	1961--1985	1936--1960	1961--1985	
			Весна		
Ташкент	18 III	10 III	18,83	11,27	±
Карши	10 III	9 III	17,97	15,70	–
Федченко	14 III	2 III	15,05	11,65	+
Джизак	5 III	7 III	18,61	14,89	–
Чимбай	2 IY	29 III	11,44	11,47	±
			Осень		
Ташкент	8 XI	18 XI	13,55	19,55	±
Карши	6 XI	10 XI	14,33	18,25	–
Федченко	8 XI	15 XI	10,91	12,09	–
Джизак	15 XI	15 XI	13,68	19,79	–
Чимбай	22 X	20 X	10,27	11,96	–

ПРИМЕЧАНИЕ. "+" - различие существенное, "±" - различие вероятное, "–" - различие случайное.

нию с 1936-1960 годами, уменьшилась к положительным температурам. Явной цикличности в рядах дат заморозков в воздухе не обнаруживается. Однако следует отметить, что автокорреляционная функция дат первых заморозков заметно отличается для равнинных и горных станций (рис. 4.9).

Наиболее губительными для сельскохозяйственных культур являются заморозки на почве и интенсивные заморозки ($T_{мин} \leq -2°C$) в воздухе. Особенности многолетнего хода дат этих явлений, как видно из табл. 4.12-4.13, аналогичны рассмотренным выше. В среднем во ЦЭ II, в отличие от ЦЭ I, временные границы интенсивных заморозков в воздухе и заморозков на почве раздвинулись.

Для обобщения выводов, которые были получены для каждой из средних дат перехода средней суточной температуры воздуха через различные пределы и дат первых и последних заморозков в воздухе, для всех станций были построены диаграммы, примером которых служат рис. 4.10-4.12.

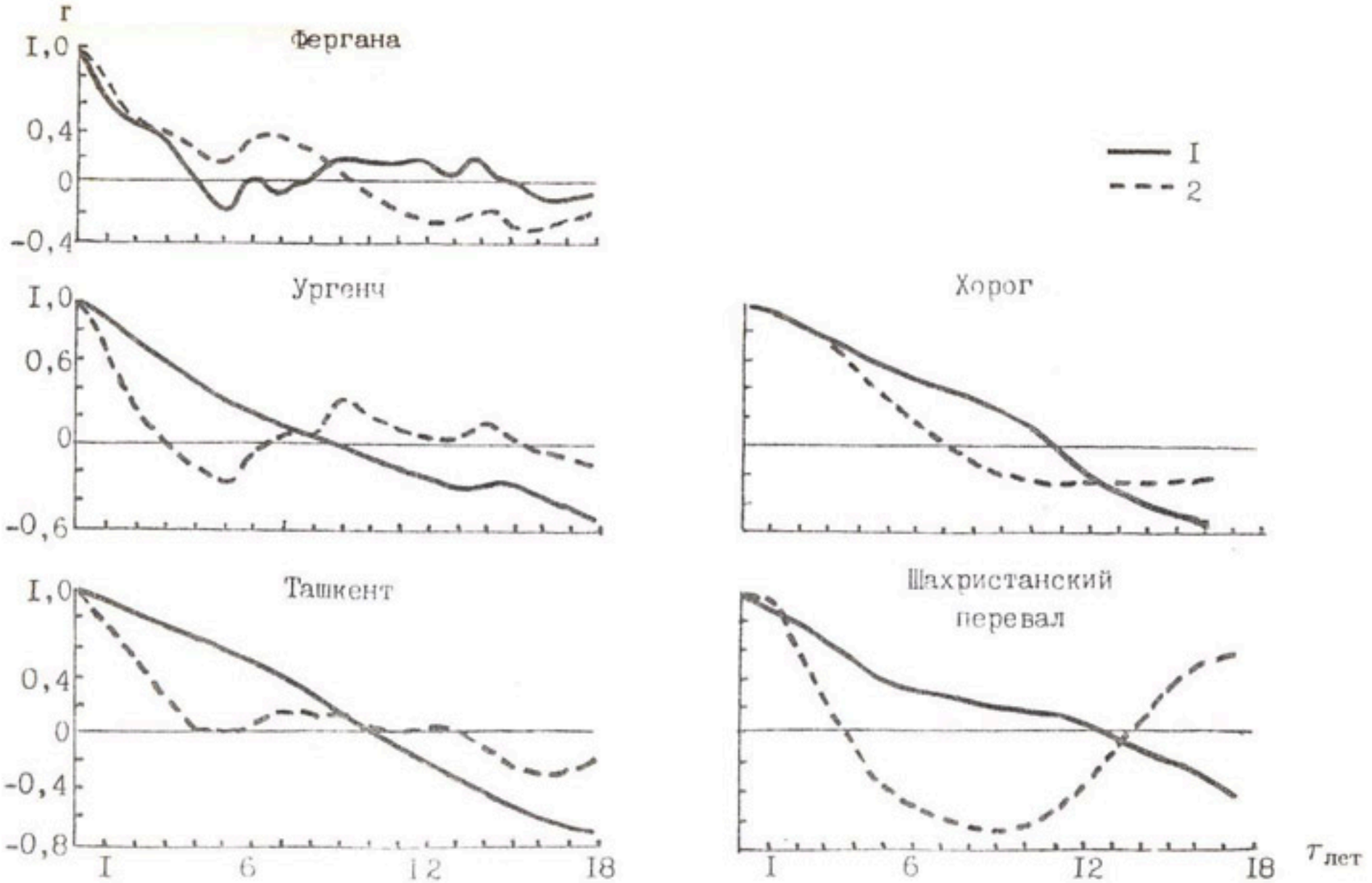


Рис. 4.9. Автокорреляционные функции крайних дат заморозков в воздухе.
1- весна, 2- осень.

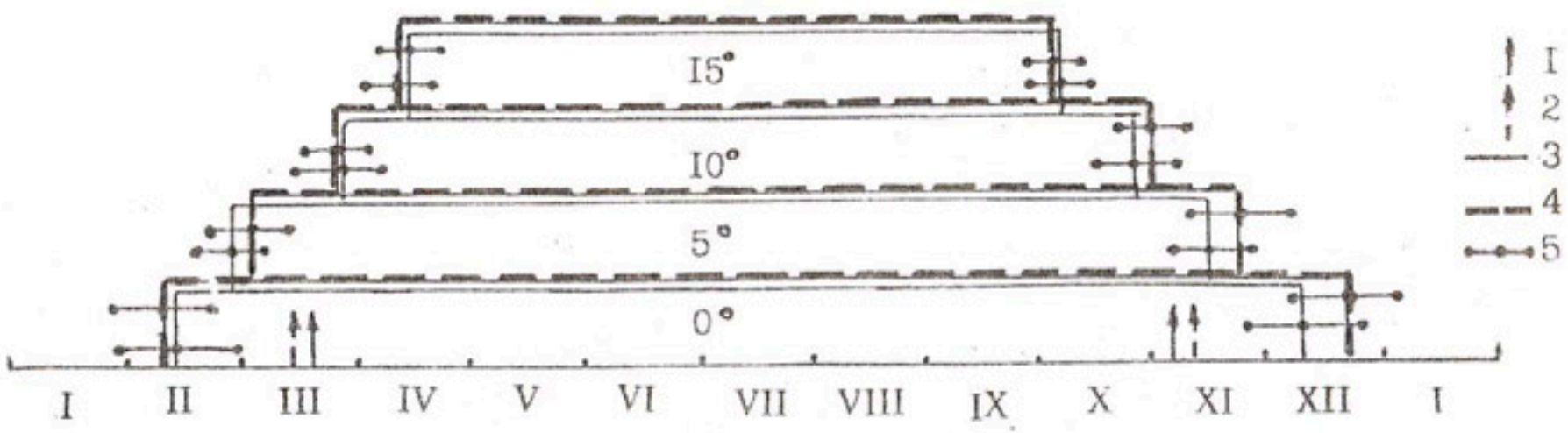


Рис. 4.10. Диаграмма изменения крайних дат заморозков (1,2) и дат перехода средних суточных температур воздуха (3, 4) через различные пределы на станции Фергана. 1, 3- период 1936-1960 годов; 2, 4- период 1961-1985 годов; 5- σ_T.

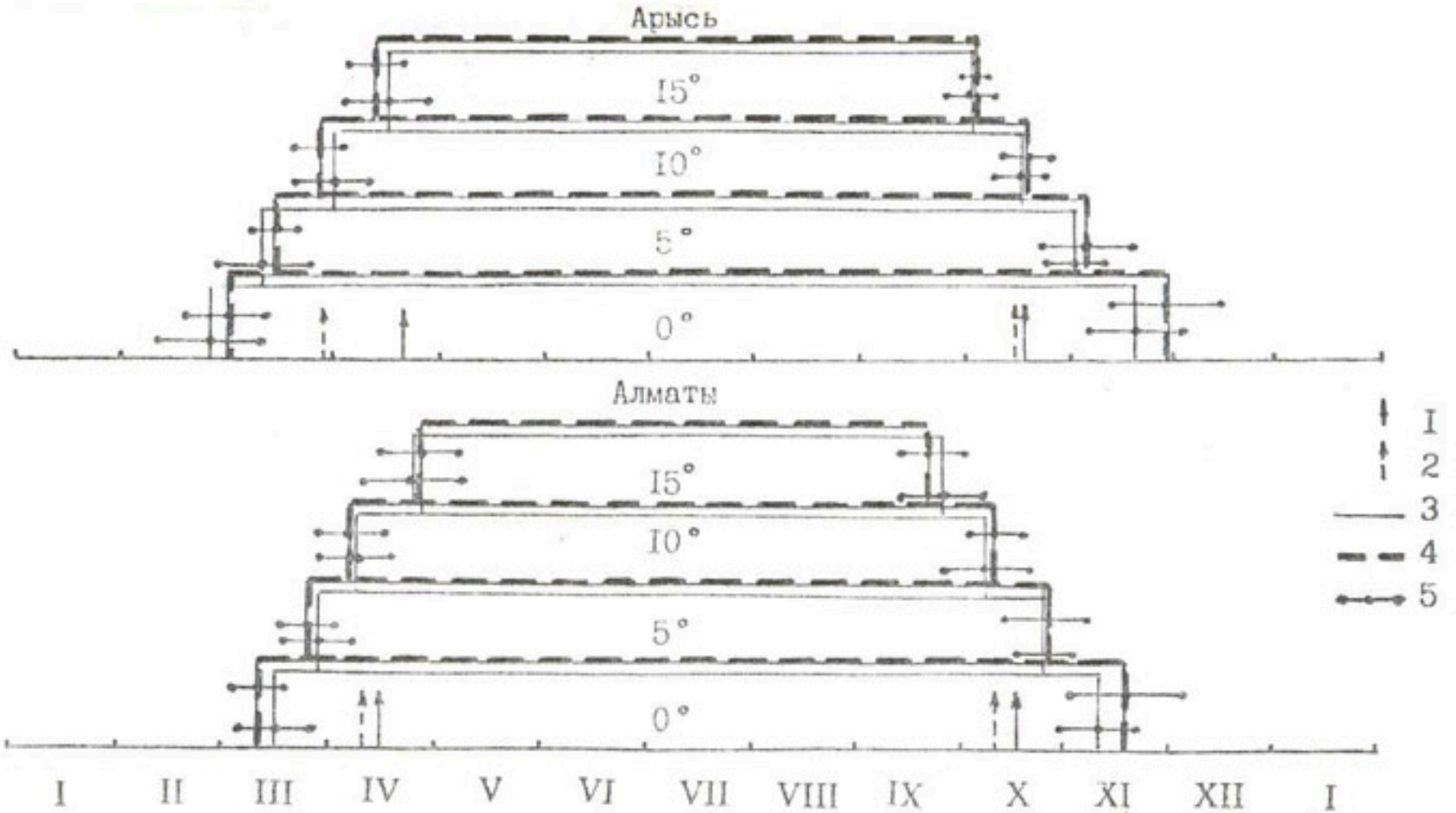


Рис. 4.11. Диаграмма изменения крайних дат заморозков (1,2) и дат перехода средних суточных температур воздуха (3, 4) через различные пределы на станциях Арысь и Алматы. 1, 3- период 1936-1960 годов; 2, 4- период 1961-1985 годов; 5-σ_T.

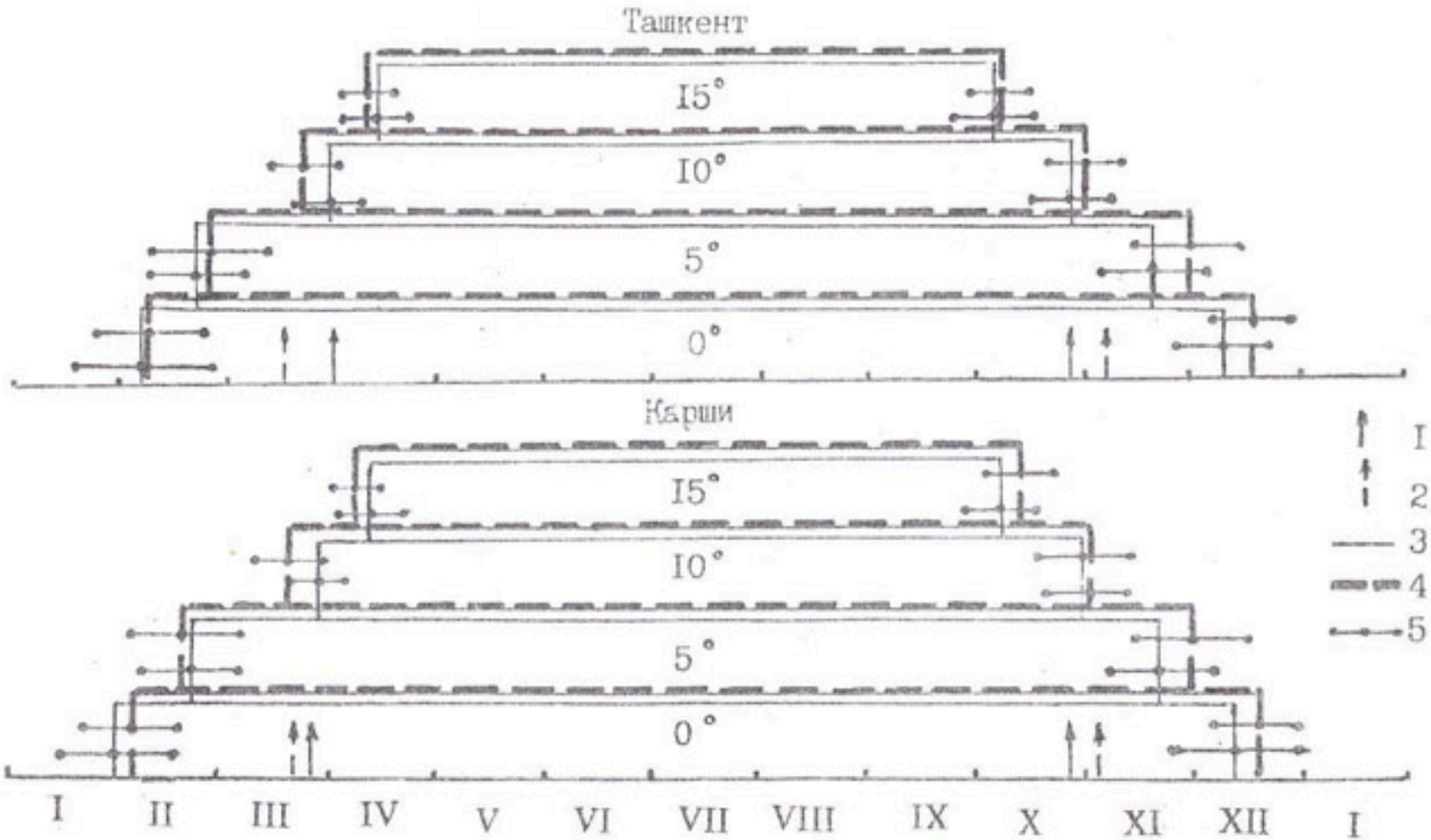


Рис. 4.12. Диаграмма изменения крайних дат заморозков (1,2) и дат перехода средних суточных температур воздуха (3, 4) через различные пределы на станциях Ташкент и Карши. 1, 3- период 1936-1960 годов; 2, 4- период 1961-1985 годов; 5- σ_r.

Анализ диаграмм показал, что на большинстве станций Средней Азии период с положительной средней суточной температурой оказался во второй ЦЭ сдвинутым к концу календарного года на 3-12 дней. Этот сдвиг одновременно сопровождался некоторым увеличением длительности периода. Наибольшее увеличение периода положительных средних суточных температур характерно для Чимбая, Тамды, Ферганы. В Ферганской долине, Сырдарьинской и Джизакской областях границы начала и окончания периода устойчивых положительных температур "раздвинулись" за счет смещения весной в сторону более ранних дат, осенью - более поздних.

Период с положительными температурами воздуха, превышающими 5°С, на большинстве станций изменялся, в целом, аналогично. Исключение составляли некоторые северные станции - Алматы, Кзыл-Орда, Аральское море, Чимбай, Ургенч. Здесь после 1960 года переход через 5°С весной происходил не позже, а раньше, чем в ЦЭ I. Осенью, как и везде, он наблюдался позже. В Ургенче и Чимбае разница в длительности зимы двух ЦЭ составила около 20 дней. Период температур выше 10°С повсеместно увеличился: у одних станций это произошло за счет более длинного осеннего периода, у других за счет раздвижения границ в обе стороны - более раннего наступления и более позднего окончания.

То же самое можно сказать о длительности периода средних суточных температур выше 15°С. Однако его увеличение менее заметно и не превосходит 5-7 дней.

Таким образом, можно заключить, что вторая циркуляционная эпоха (1961-1985 годы) отличалась от первой (1930-1960 годы) более высоким уровнем тепловых ресурсов вегетационного периода. Однако различия между средними характеристиками этих двадцатипятилетий статистически значимы лишь на отдельных станциях. Наиболее показательны для оценки климатической изменчивости средние за десять лет величины. Разности между холодным (1951-1969 годы) и теплым (1971-1980 годы) десятилетиями достигали 200-300°С в суммах эффективных температур воздуха, 15 дней в датах устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через определенные пределы, 10 дней в датах первых и последних заморозков. Определяющую роль играло смещение средних дат перехода в сторону понижения температур к концу календарного года.

ГЛАВА 5

АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ

Особенности распределения осадков в Средней Азии определяются расположением ее в глубине обширного материка, большим разнообразием и сложностью рельефа. Большой засушливостью отличается западная равнинная территория, центральные районы Тянь-Шаня, Восточный Памир, дно Ферганской долины, где среднее годовое количество осадков составляет 100-300 мм. От равнин к предгорьям количество осадков возрастает, а в горной части на западных и юго-западных склонах, открытых для влажных воздушных масс, может выпадать за год более 2000 мм осадков.

Распределение количества осадков по территории Средней Азии в значительной мере зависит от особенностей атмосферных процессов. Зимой над Среднеазиатским регионом преобладают континентальные воздушные массы умеренных широт, летом - тропические. При этом вся территория лежит в полосе сезонного перемещения планетарной высотной фронтальной зоны (ПВФЗ) фронта умеренных широт. ПВФЗ является зоной перехода между холодным арктическим воздухом, распространившимся к югу, и воздухом субтропических широт. От ее ориентации и расположения на территории зависит развитие синоптических процессов Средней Азии и связанный с ними режим погоды [11, 71].

Летом над Средней Азией континентальный воздух трансформируется в тропический. Из 15 основных типов синоптических процессов в июле-августе встречаются только 5-6. В связи с интенсивным нагревом поверхности почвы появляется термическая депрессия (тип 11), которая отличается безоблачной, жаркой и сухой погодой как на равнинах, так и в горах. Одновременно с развитием термической депрессии тропический воздух из Средней Азии распространяется далеко на север, что приводит к нарушению зональной циркуляции: создаются меридиональные течения, которые подготавливают холодные северные, северо-западные и западные вторжения (тип 5, 6, 10), завершающие период развития депрессии. Летние холодные вторжения обычно протекают над пустынями Средней Азии как сухие и малооблачные, в горах развиваются грозы, выпадают осадки. В высокогорных районах Восточного Памира и Тянь-Шаньской горной системы заметно преоб-

ладание летних осадков. Максимум приходится преимущественно на июнь-июль.

ПВФЗ умеренных широт, существующая между тропическим и умеренным воздухом, находится на севере Средней Азии, а смена погоды в Средней Азии определяется лишь периодическими вторжениями холодного воздуха.

Черты осеннего сезона проявляются в том, что практически исчезает термическая депрессия (тип 11), зато возрастает число суток с антициклоническим положением (тип 9) в сентябре, погода - ясная и устойчивая. В октябре возрожлается циклоническая деятельность. Холодные вторжения не всегда сопровожлаются большими осадками. ПВФЗ располагается над югом Средней Азии, что характерно для всего холодного полугодия, в течение которого отмечаются прорывы южнокаспийских (тип 1), мургабских (тип 2), верхнеамударьинских (тип 3) циклонов, возникает волновая деятельность (тип 7), появляются малоподвижные циклоны (тип 8). Все это активизирует циркуляцию атмосферы над Средней Азией и обусловливает часто неустойчивую погоду с осадками.

Периоды существования ПВФЗ над югом Средней Азии в холодное полугодие характеризуются тем, что юго-западные течения на правой половине ПВФЗ переносят влажный воздух Средиземного или Аравийского морей; в последнем случае развиваются наиболее обильные и продолжительные осадки над южной половиной пустынь и в горах.

Северо - западные (тип 5), северные (тип 6) и западные (тип 10) вторжения холодного воздуха в зимнее полугодие наблюдаются реже, чем летом.

Циклоническая деятельность над Средней Азией продолжается весь декабрь и начало января. К середине января ПВФЗ сдвигается в более южные районы (Иран, Афганистан, Пакистан); южные циклоны в большинстве случаев охватывают только южную половину Средней Азии. Северная половина ее в это время находится под сильным воздействием сибирского антициклона; преобладает ясная тихая погода. К концу февраля влияние сибирского антициклона на Среднюю Азию ослабевает. ПВФЗ начинает смещаться в обратном направлении - к северу и располагается на южной границе Средней Азии. Формирование тропического воздуха к югу от нее становится более интенсивным.

Над Сибирью и Казахстаном еще сохраняется зима, тогда как в Иране и Афганистане наступает короткая субтропическая весна. Благодаря этому, температурные контрасты в области ПВФЗ оказываются наибольшими и развитие циклонической деятельности здесь проявляется наиболее энергично. Март и апрель отличаются большим количеством осадков с преобладанием кратковременных ливневых дождей и гроз. В мае еще наблюдается циклоническая деятельность, но уже реже, чем в холодное полугодие; меньше выпадает дождей.

Различия в увлажненности Среднеазиатского региона можно оценить по доле осадков каждого сезона к их годовой сумме (таблица 5.1). Наибольшая доля зимних осадков в годовой сумме (30-40%) отмечается в юго-западной части равнины и предгорий, а наименьшая - на побережье оз. Иссык-Куль и в районах Центрального Тянь-Шаня. Летняя доля осадков заметно уменьшается с севера на юг по равнинной и предгорной территории, изменяясь от 20 до 1%; однако на отдельных горных станциях она достигает 60% от годовой суммы.

Весенние осадки в основном составляют около 40% от годовой суммы; на отдельных горных станциях эта доля несколько больше: Хайдаркан- 46, Минчукур- 47, Дехавз- 46, Анзобский перевал- 42%. Минимальные значения наблюдаются на побережье Иссык-Куля и Центральном Тянь-Шане - 25-27%.

Доля осенних осадков в годовой сумме колеблется незначительно - от 10 до 20%.

Закономерности в изменениях средних многолетних сумм осадков в разные периоды года дают общее представление о территориальном распределении, связанном с физико-географическими особенностями района. Межгодовые изменения количества осадков свидетельствуют о том, что возможны и существенные отклонения от средней многолетней (нормы). Это наглядно иллюстрируют рис. 5.1-5.3, где представлены 10-летние скользящие средние отклонения годовых сумм осадков на отдельных станциях, представляющих разные орографические районы. В целом изменчивость годовых сумм осадков в обоих циркуляционных эпохах проявляется менее четко, чем изменчивость радиации и температуры воздуха. Однако на равнине и в горных районах со свободным воздухообменом (Тамды, Муйнак, Анзобский перевал, станция им. Горбунова) можно выделить переход от одной циркуляционной эпохи к другой по смене знака величины отклоне-

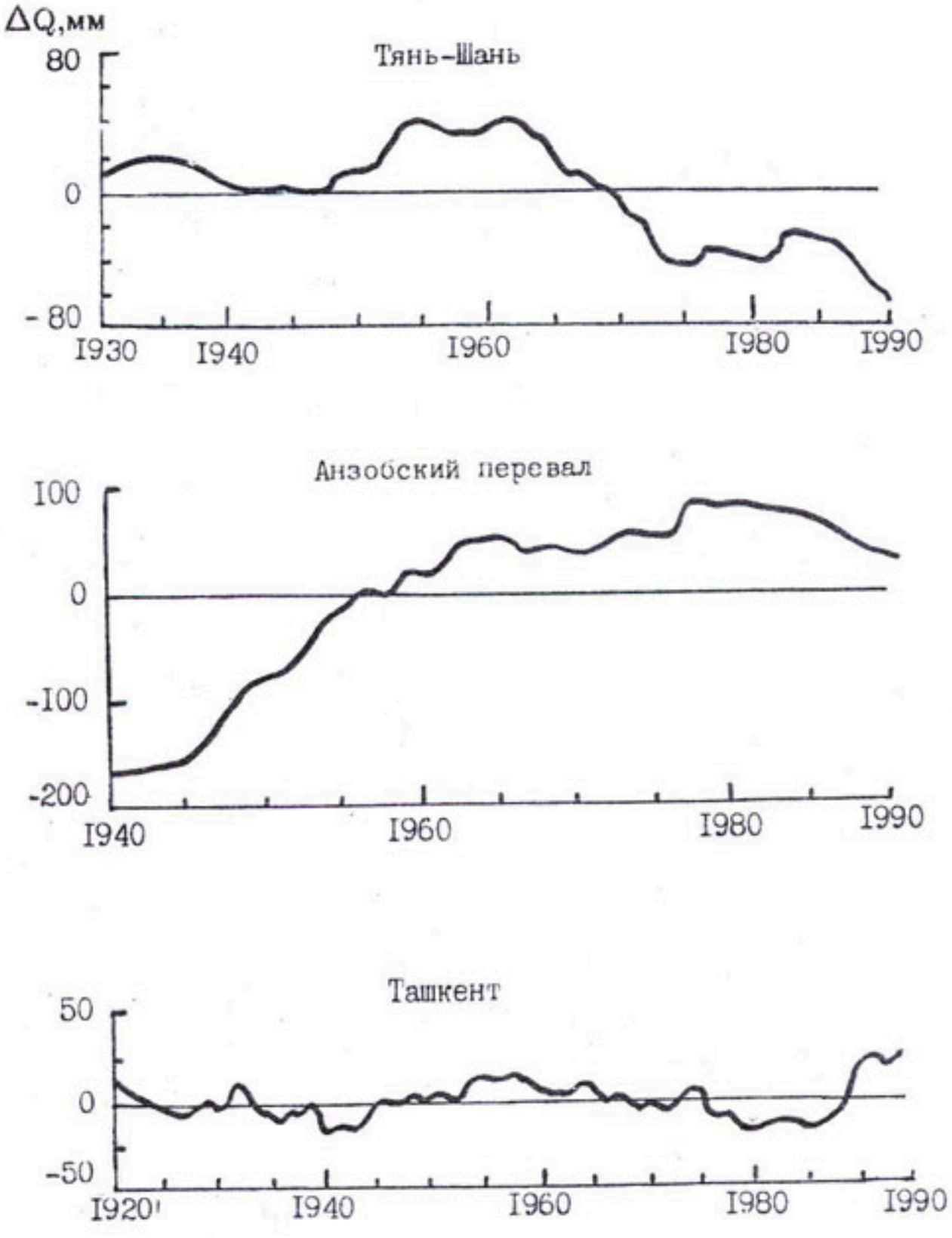


Рис. 5.1. 10-летние скользящие средние отклонения годовых сумм осадков от средней многолетней.

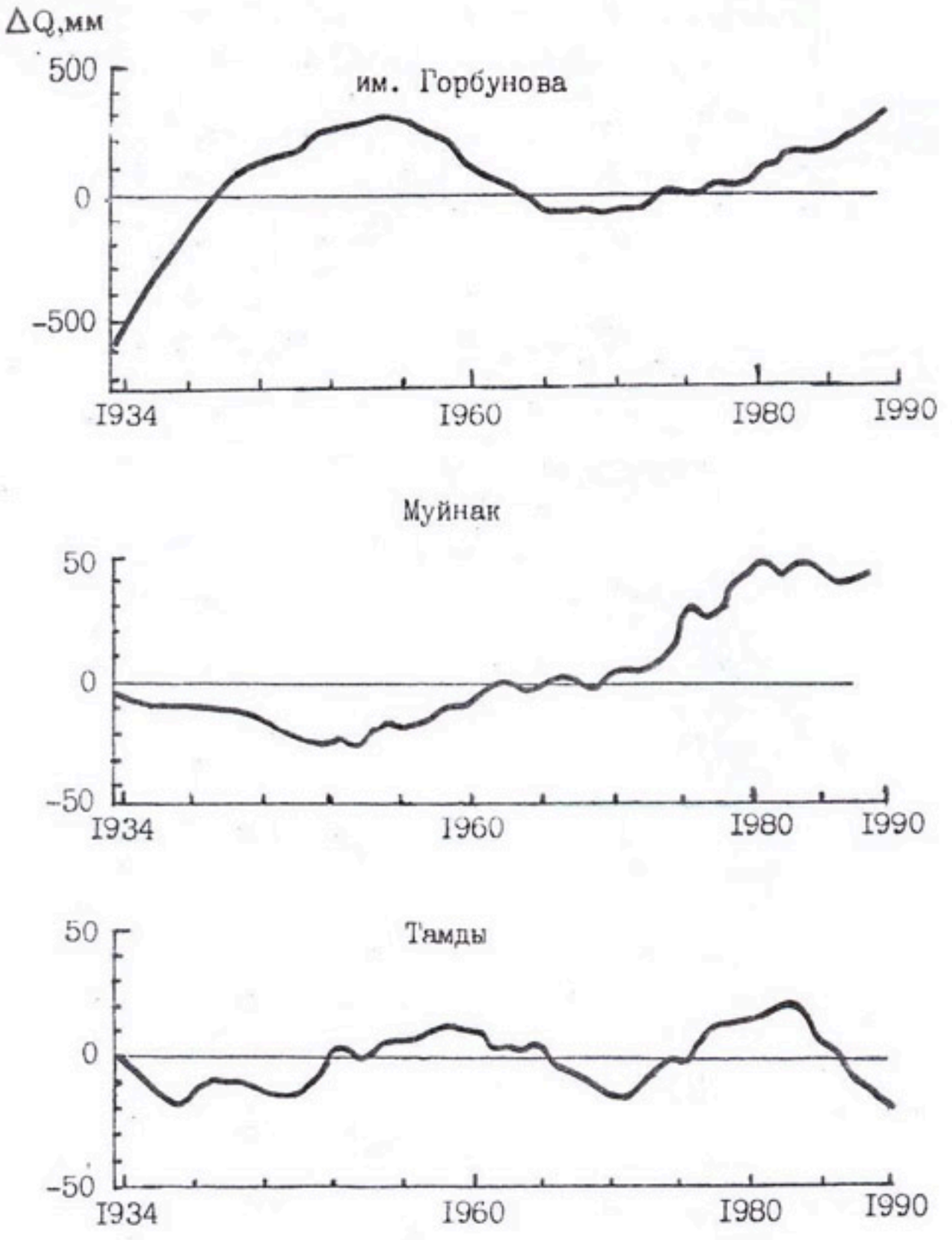


Рис. 5.2. 10-летние скользящие средние отклонения годовых сумм осадков от средней многолетней.

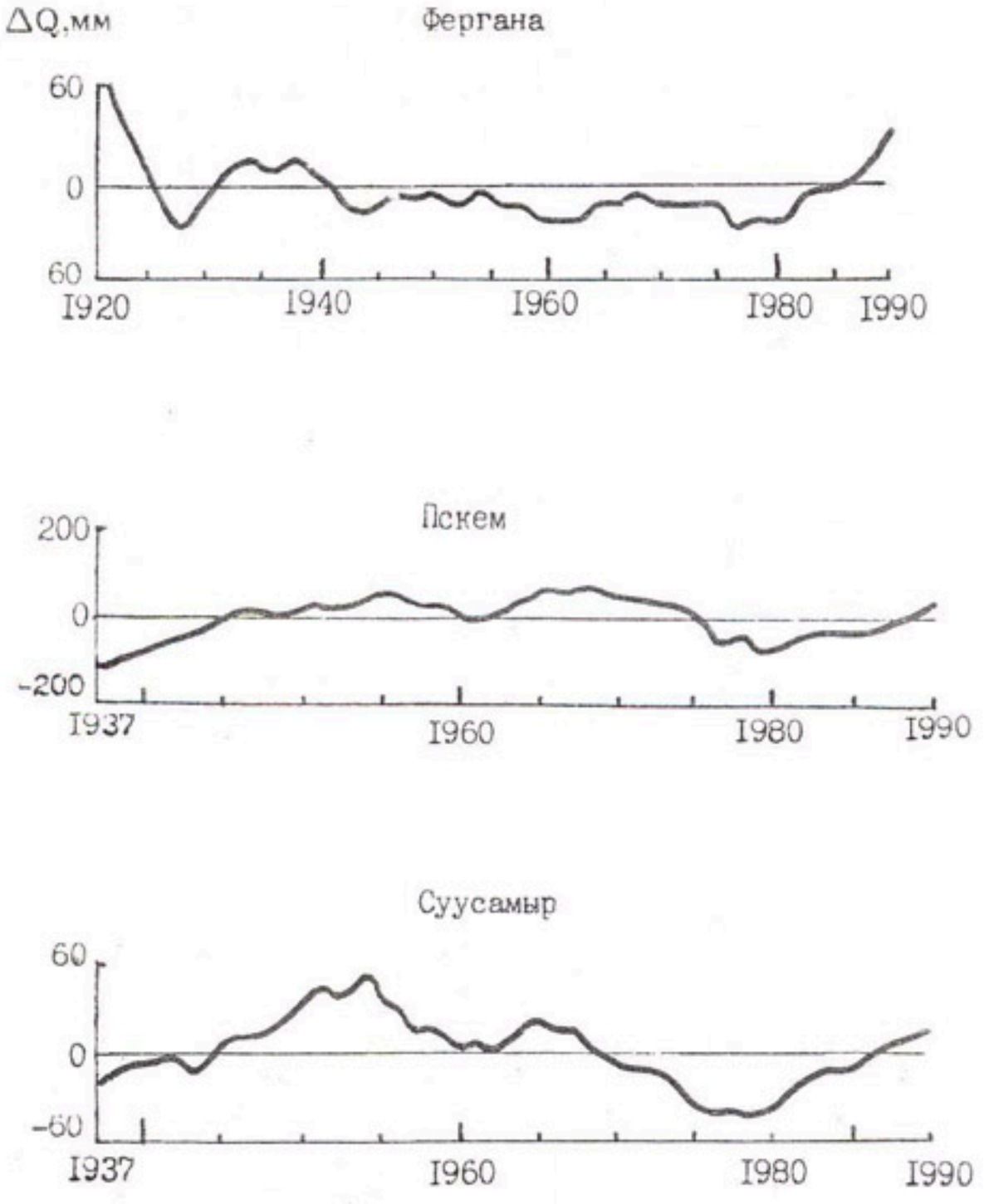


Рис. 5.3. 10-летние скользящие средние отклонения годовых сумм осадков от средней многолетней.

ния от нормы. Примечательно, что на Анзобском перевале в период преобладания над нормой широтного типа циркуляции (ЦЭ I) количество осадков ниже нормы, во второй ЦЭ - выше нормы. Подобных закономерностей в других орографических районах не было замечено.

Таблица 5.1

Среднее многолетнее количество осадков (мм и % от годовой суммы) по сезонам года

Станция	Зима XII-II		Весна III-V		Лето VI-VIII		Осень IX-XI	
	мм	%	мм	%	мм	%	мм	%
Аральское море	27	21	42	34	26	20	31	25
Муйнак	29	26	39	34	16	14	29	26
Чимбай	34	31	44	41	12	11	18	17
Репетек	48	41	53	45	3	3	13	11
Теджен	52	36	72	50	2	1	18	13
Тамды	44	35	58	46	7	6	17	13
Акбайтал	40	34	47	41	10	9	18	16
Елотен	66	44	67	44	1	1	16	11
Термез	63	45	64	45	1	1	12	9
Шерабад	92	48	83	42	1	1	16	9
Ташкент	151	38	162	40	16	4	73	18
Фергана	61	34	66	36	17	9	38	21
Гуппы	129	48	119	45	0	0	19	7
Самарканд	127	36	166	46	10	3	53	15
Душанбе	216	33	346	54	14	2	72	11
Дальверзин	106	33	138	44	10	3	63	20
Талас	49	16	141	45	63	20	60	19
Пскем	304	36	303	35	61	7	188	22
Ысык-Кол	2	2	32	25	78	61	15	12
Чолпоната	26	10	65	26	109	42	59	22
Тамга	18	7	69	27	121	47	48	19
Хайдаркан	97	19	235	46	95	18	90	17
Нарын	35	11	108	36	117	38	45	15
Суусамыр	55	15	131	34	121	32	71	19
Хорог	97	37	115	44	13	5	36	14
Минчукур	263	39	319	47	12	2	81	12
Дехавз	39	12	147	46	84	26	50	16
Каракольская	12	6	52	25	117	56	28	13
Сары-Таш	63	17	128	35	121	33	56	15
Анзобский перевал	105	25	178	42	70	17	65	16
Тянь-Шань	19	6	80	24	177	55	48	15
Им. Горбунова	387	33	409	35	132	11	248	21

Таблица 5.2

Средние значения годовых сумм осадков по 10-летиям (мм)

Станция	1941--1950	1951--1960	1961--1970	1971--1980	1981--1990
Аральское море	114	134	137	132	141
Муйнак	100	112	116	120	155
Чимбай	87	96	198	107	120
Репетек	98	127	109	124	125
Теджен	129	149	146	174	-
Тамды	104	138	122	126	126
Акбайтал	-	77	71	32	114
Елотен	148	162	151	161	167
Термез	133	143	150	134	157
Шерабад	207	196	195	158	207
Ташкент	436	464	446	411	399
Фергана	183	186	183	161	196
Гушгы	244	305	278	307	304
Самарканд	333	401	388	344	338
Душанбе	548	688	696	609	600
Дальверзин	303	364	342	307	305
Талас	297	341	351	298	270
Пскем	863	922	898	792	800
Ысык-Кол	124	160	125	114	145
Чолпоната	243	287	243	248	313
Тамга	244	266	257	251	212*
Хайдаркан	489	616	513	467	561
Нарын	308	353	316	269	314
Суусамыр	378	381	395	320	370
Хорог	249	312	283	285	276
Минчукур	-	678	721	629	638**
Дехавз	301	363	321	325	304
Каракольская	-	215	219	195	199
Сары-Таш	339	418	403	342	373
Анзобский перевал	269	430	486	477	494
Тянь-Шань	304	346	342	296	291
Им. Горбунова	1273	1474	1085	1137	1327

* - среднее за 6 лет, ** - среднее за 7 лет.

Изменчивость годовых сумм осадков по десятилетиям, представленная в табл. 5.2, позволяет выделить сухое десятилетие 1941-1950 годов, когда в Тамды средняя годовая сумма осадков составила всего 100, в Хороге - около 250, в Сары-Таше - 340, в Хайдаркане - 490, на

станции им. Горбунова - 1270 мм, при средних многолетних значениях 130, 260, 370, 520, 1180 мм, соответственно.

Наиболее влажными являются десятилетия 1951-1960 и 1981-1990 годов, когда средние годовые суммы осадков были выше нормы. В два раза была превышена средняя многолетняя величина годовой суммы в Тамды (1978 год), в Репетеке (1954), в Муйнаке (1982), в 1,5 раза - на Анзобском перевале (1964) и на станции им. Горбунова (1987).

В дальнейшем будем употреблять выражение "сухой", когда средняя сумма осадков за соответствующий период ниже нормы, и "влажный", когда выше.

Интересно отметить, что сухие и влажные десятилетия различаются и видом внутригодового хода (рис. 5.4-5.5). В последнем десятилетии (1981-1990 годы) на равнинной территории, в большинстве горных районов: котловинах Памира и Тянь-Шаня, в открытых к влагонесущим потокам долинах, на открытых перевалах годовой максимум осадков сместился на более раннее время - с апреля на март, а на дне Ферганской долины - с ноября на октябрь. Положение максимума осадков в годовом ходе не изменилось на юго-востоке Центральноазиатского горного массива.

Аномалии годовых сумм осадков. Оценка изменений увлажненности осадками Среднеазиатского региона в определенные периоды наиболее показательна по значениям аномалий годовых или месячных сумм осадков как на отдельных метеостанциях, так и осредненных отдельно по равнинной и горной территориям.

Аномалия осадков i-го года (A_i, %) есть отношение суммы осадков отдельного года (Q_i) к среднему многолетнему значению, то есть норме $\bar{Q}$:

$$A_i = \frac{Q_i}{Q} \times 100\% .$$

Согласно Наставлению по службе прогнозов (1986) [59], если величина аномалии осадков более 120% ($A_i > 120$), то этот период относится к аномально влажному, менее 80% ($A_i < 80$) - к аномально сухому, при $80 \leq A_i \leq 120$ - около среднего многолетнего.

Табл. 5.3 дает представление о повторяемости числа лет с разными величинами отклонений годовых сумм осадков от нормы на отдельных станциях, расположенных в разных физико-географических районах. Замечено, что крупные аномалии имеют повторяемость ме-

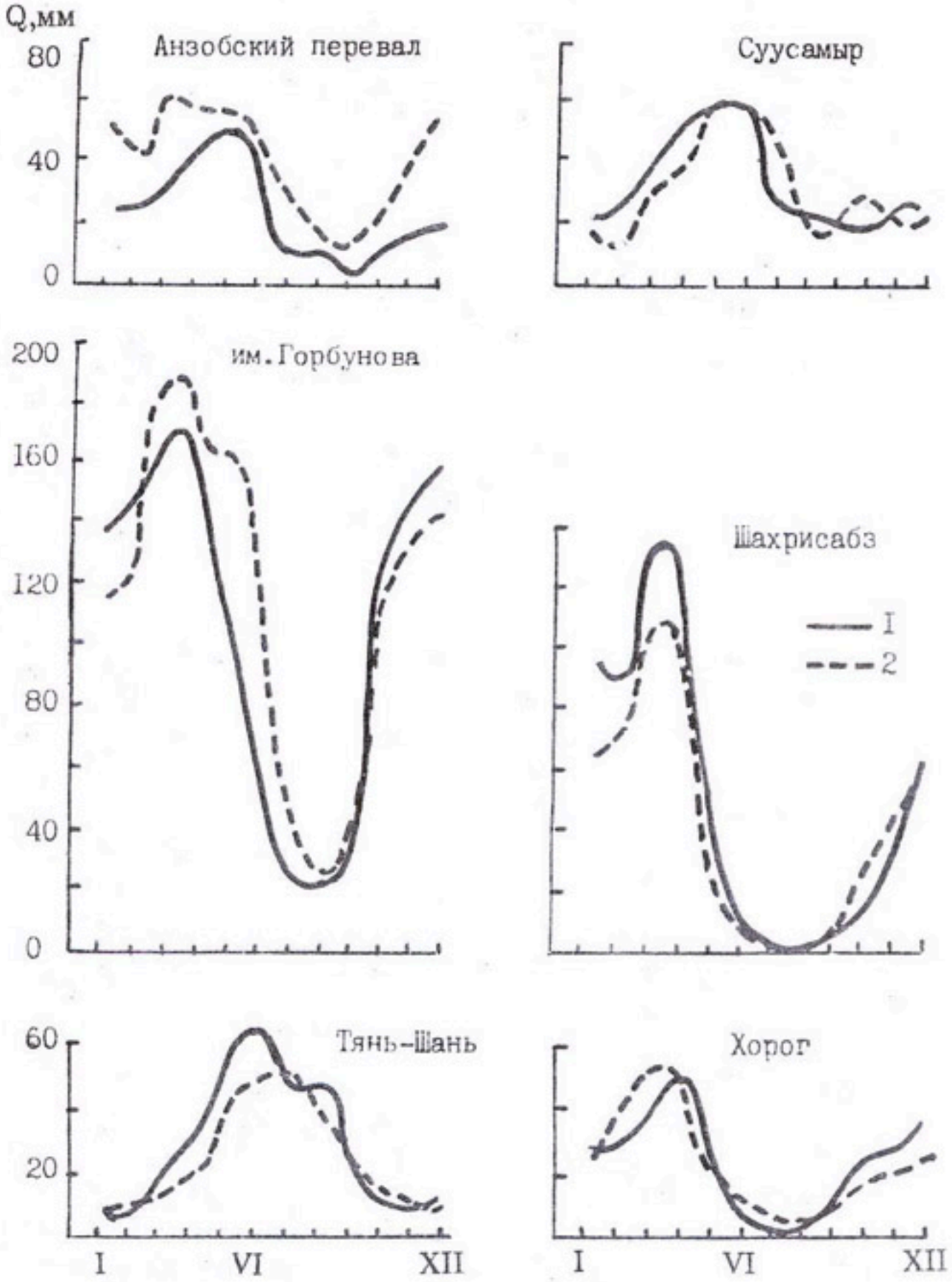


Рис. 5.4. Годовой ход количества осадков (мм) в период 1941-1950 (1) и 1981-1990 годов (2)

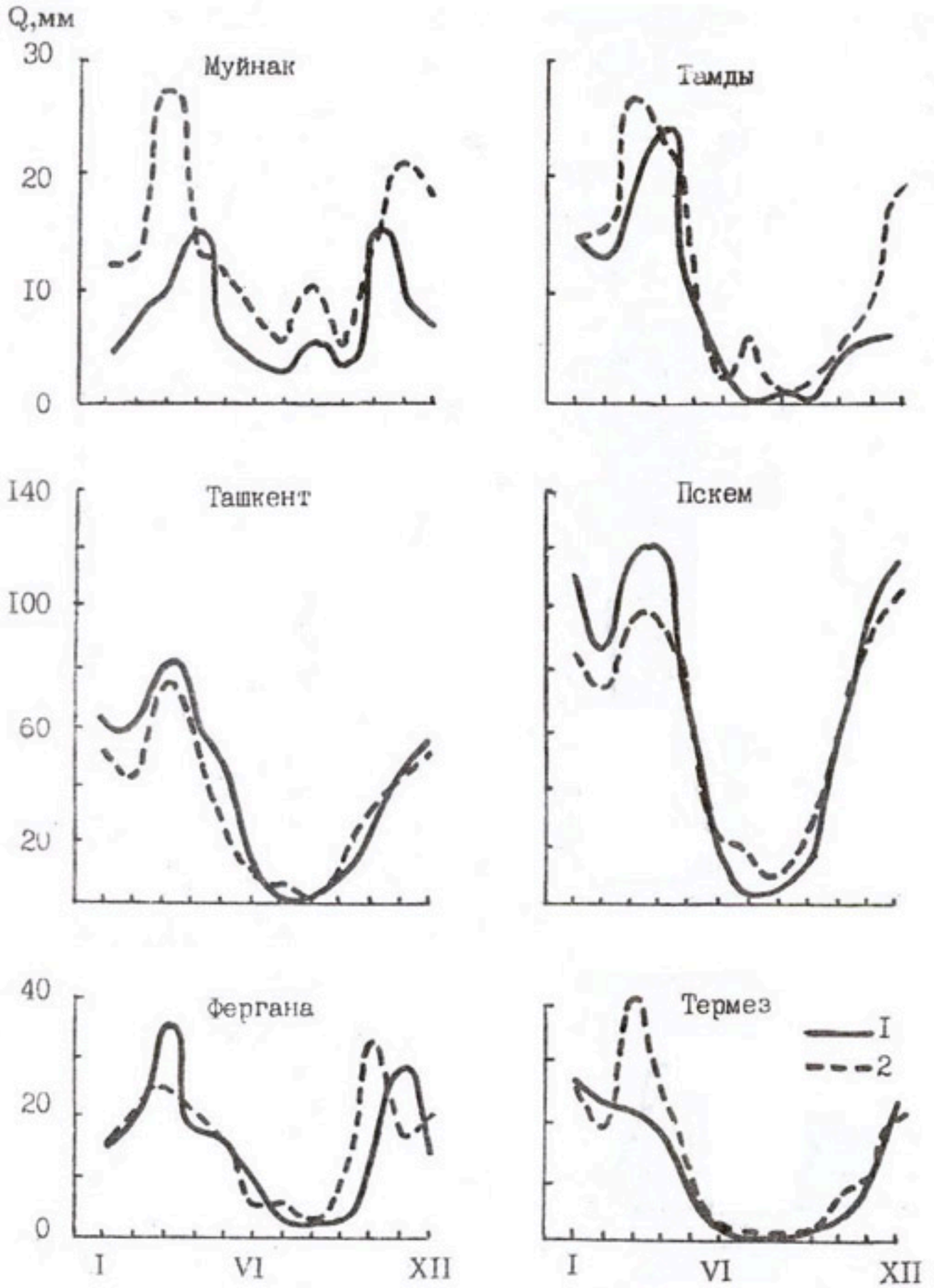


Рис. 5.5. Годовой ход количества осадков (мм) в период 1941-1950 (1) и 1981-1990 годов (2).

нее 50% от общего числа лет, из них больше засушливых лет, нежели влажных.

Таблица 5.3

Повторяемость (%) числа лет с отклонениями от нормы годовых сумм осадков разных градаций

Станция	A_i,%			Станция	A_i,%		
	< 80	> 120	$80 \leq A_i \leq 120$		< 80	> 120	$80 \leq A_i \leq 120$
Муйнак	27	17	56	Ош	21	13	66
Чимбай	31	27	42	Устье р.Тос	20	21	59
Хива	30	23	47	Талас	14	18	68
Репетек	34	23	43	Бишкек	9	14	77
Тамды	28	26	46	Чолпоната	20	18	62
Теджен	22	27	51	Сангистон	19	21	60
Ташкент	11	18	71	Дехавз	21	13	66
Джизак	25	5	70	Анзобский			
Богарное	20	20	60	перевал	26	30	44
Дальверзин	20	17	63	Суусамыр	18	14	68
Карши	23	14	63	Сары-Таш	15	21	64
Шахрисабз	15	20	65	Нарын	18	13	69
Гузар	23	20	57	Пскем	18	16	66
Душанбе	17	15	68	Хорог	29	23	42
Куляб	15	9	76	Им.Горбунова	15	13	72
Термез	16	23	61	Тянь-Шань	10	10	80
Горы	13	8	79	Фергана	30	19	51
Равнина	15	10	75				

На рис. 5.6 представлен хронологический ход аномалий годовых сумм осадков, осредненных по равнинной (A_{ip}) и горной (A_{ir}) территориям, позволяющий проследить изменение увлажнения осадками всего Среднеазиатского региона в течение 60 лет. Осреднение сумм осадков производилось по 30 станциям, расположенным в разных орографических районах для горной территории, и столько же на равнине. Изменения величины аномалий осадков от года к году свидетельствуют о совпадении по времени крупных аномалий как над равниной, так и в горах. Многолетние колебания осадков в значительной мере связаны с изменениями в общей циркуляции атмосферы (табл. 5.4).

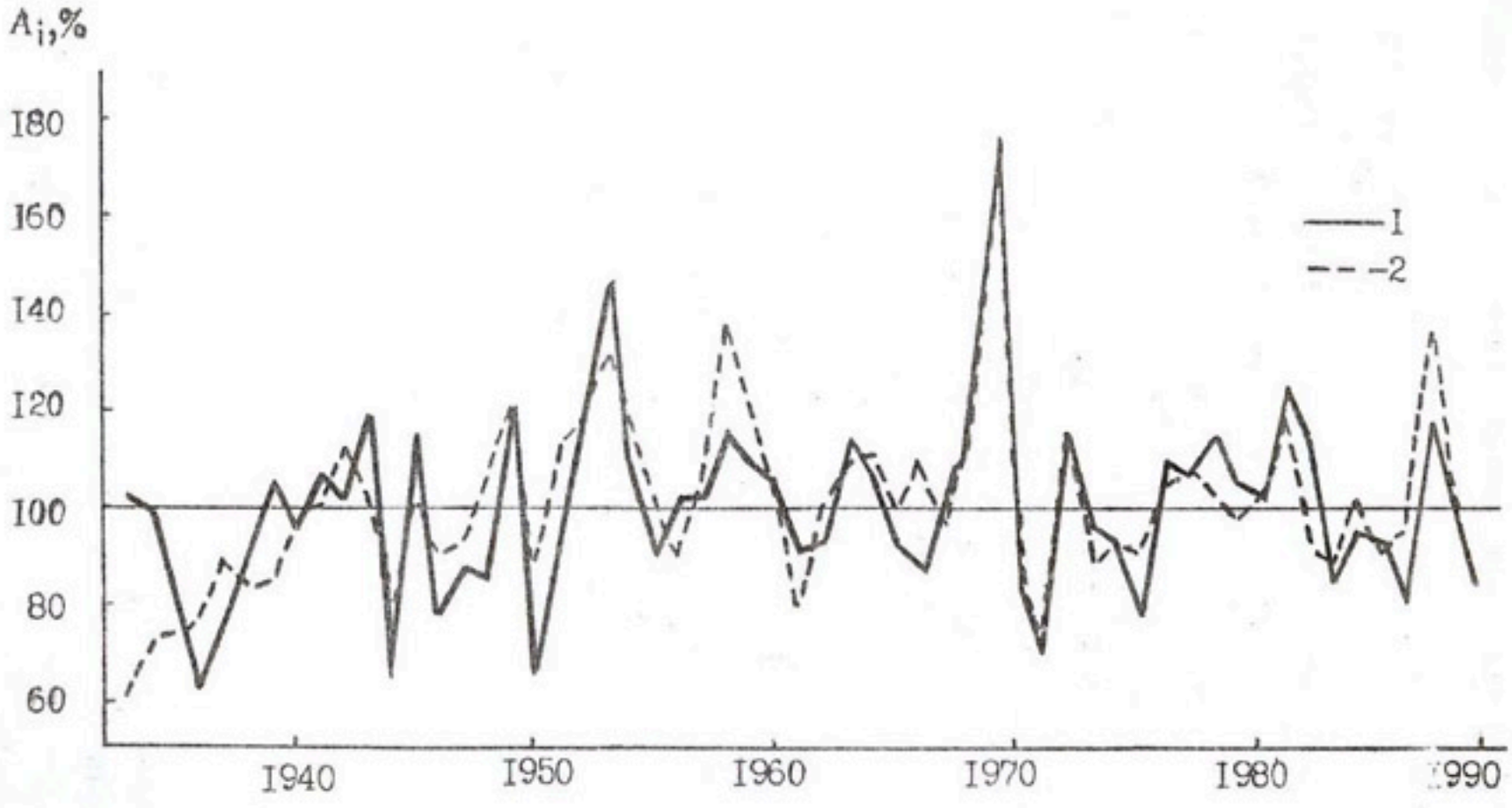


Рис. 5.6. Многолетний ход аномалий годовых сумм осадков (A_i), осредненных по равнинной (1) и горной (2) территориям Средней Азии.

Таблица 5.4

Средние многолетние значения отклонений от нормы годовых сумм осадков (%) при разных типах ОЦА

Станция	Тип ОЦА			Станция	Тип ОЦА		
	С	Е	Ш		С	Е	Ш
Муйнак	144	99	87	Репетек	107	96	97
Пскем	108	99	92	Сангистон	111	102	86
Бишкек	110	104	86	Анзобский			
Тамды	110	99	92	перевал	117	110	72
Джизак	110	101	90	Душанбе	108	99	92
Ташкент	107	99	94	Дехавз	105	101	95
Чаткал	110	96	94	Им. Горбунова	104	96	101
Устье р. Тос	111	101	88	Теджен	109	97	94
Андижан	107	97	96	Гушгы	112	95	94
Нарын	106	102	93	Курган-Тюбе	108	93	99
Каракольская	108	91	101	Горы	112	96	93
Тянь-Шань	101	98	101	Равнина	109	98	92

Максимальные величины отклонений осадков от нормы наблюдаются в периоды, когда преобладает тип С, минимальные - при типе Ш. Лишь на станциях, расположенных на крайнем востоке Центральноазиатского горного массива, прослеживается дефицит осадков при типе Е.

Следует обратить внимание на особенности формирования осадков на станции Анзобский перевал. Эта метеорологическая станция служит индикатором для оценки увлажненности высокогорной территории в условиях свободного воздухообмена.

Когда преобладал широтный тип циркуляции, при значительном снижении повторяемости меридиональных процессов типа С, на Анзобском перевале $A_i = 117\%$. При значительном увеличении повторяемости типа С аномалия уменьшилась до 72%.

На восточном краю горной системы (Тянь-Шань) или в центре (станция им. Горбунова) аномалии практически одинаковы при типе С и типе Ш.

Табл. 5.5 может служить иллюстрацией зависимости величины

отклонений от нормы годовых сумм осадков от особенностей циркуляции атмосферы. В таблице приведены аномально сухие годы (1944, 1971), когда около 70% станций всей территории отмечали аномалию 80% и менее, и только на отдельных горных станциях были осадки около нормы. Повышенной увлажненностью отличались 1953, 1969, 1987 годы - на 80% станций наблюдалась аномалия осадков значительно больше 120%. В 1977 и 1980 годах на 80% станций всей территории осадки выпадали около нормы.

Таблица 5.5

Отклонение от нормы годовых сумм осадков (A_i, %) по станциям Средней Азии

Станция	1944	1971	1953	1969	1987	1977	1980
Муйнак	43	81	89	114	158	93	158
Пскем	64	76	128	196	133	107	101
Бишкек	62	73	112	136	152	103	103
Тамды	70	80	128	145	119	92	117
Джизак	38	64	150	195	118	101	76
Ташкент	62	78	120	195	124	108	92
Чаткал	66	68	133	206	97	113	104
Устье р. Тос	68	65	142	186	123	94	108
Андижан	60	63	192	219	157	126	75
Тянь-Шань	87	69	125	122	117	70	110
Репетек	28	79	144	108	109	102	122
Сангистон	60	63	168	153	167	106	113
Анзобский перевал	49	54	119	140	129	124	125
Душанбе	-	66	127	155	113	81	103
Дехавз	86	90	127	145	127	97	96
Им. Горбунова	94	70	167	118	173	116	79
Теджен	54	112	144	162	94	114	109
Курган-Тюбе	89	59	157	148	100	92	79
Равнина	78	68	147	165	118	106	100
Горы	62	69	131	175	137	107	103

В выделенные годы значительный избыток осадков был связан с преобладанием меридионального типа С либо типов С и Е одновременно. Дефицит осадков наблюдался при существенном преобладании широтного типа циркуляции (рис. 1.2, 1.3).

Изменение величины аномалии осадков по 10-летним периодам

Таблица 5.6

Отклонение от нормы повторяемости типов ОЦА (число дней) и синоптических процессов (число сроков) в годы с дефицитом ($A_i < 80\%$) и избытком ($A_i > 120\%$) годовых сумм осадков

Атмосферные процессы	$A_i < 80\%$		$A_i > 120\%$		
	1944	1971	1953	1969	1987
ОЦА:					
тип С	-3	+4	+27	+8	+7
тип Е	-18	-22	22	+6	+1
тип Ш	+22	+19	-4	-13	-8
Синоптические процессы:					
Южные циклоны (типы 1,2,3)	+81	-43	-40	-53	+16
Северо-западные и северные холодные вторжения (типы 5,6)	+68	-101	+18	-156	-183
Волновая деятельность (тип 7)	-28	+11	+17	+76	+4
Малоподвижный циклон (тип 8)	-15	+12	+24	-168	+27
Юго-западная, юго-восточная, южная периферия антициклона (типы 9,9а,9б)	-46	+86	+71	-100	-41
Западные вторжения (тип 10)	-46	+16	+1	-35	-70
Летняя термическая депрессия (тип 11)	+18	-19	-23	-6	-23
Малоградиентное поле повышенного давления (тип 12)	-	-8	-71	+43	+67
Малоградиентное поле пониженного давления (тип 13)	-	+73	-103	+6	+89

представляется следующим образом (табл. 5.7, рис. 5.6): наиболее засушливым периодом можно считать 1941-1950 годы; особенно засушливой оказалась равнинная территория Средней Азии, где почти не было зафиксировано аномалии более 120%. Судя по величине аномалии на Анзобском перевале (62%), циркуляционные условия, неблагоприятные для выпадения осадков, были характерны для всего открытого высокогорья. В каждом году этого десятилетия широтный тип циркуляции имел значительно большую повторяемость по сравнению со средней многолетней.

Таблица 5.7

Отклонения от нормы годовых сумм осадков (A_i, %) на станциях Средней Азии в различные десятилетия

Станция	1941--1950	1951--1960	1961--1970	1971--1980	1981--1990	Δ_1	Δ_2
Муйнак	83	93	97	100	120	37	27
Тамды	83	110	97	100	100	17	-10
Ташкент	97	109	104	96	97	0	-12
Пскем	100	108	106	93	94	6	-14
Суусамыр	100	102	106	86	99	-1	-3
Тянь-Шань	94	107	106	92	90	-4	-17
Анзобский перевал	62	100	113	110	114	52	14
Им. Горбунова	100	116	86	90	105	5	-11
Хорог	90	112	102	103	100	10	-12

Примечание.
Δ_1- разность между периодами 1981-1990 и 1941-1950,
Δ_2- разность между периодами 1981-1990 и 1951-1960.

Десятилетие 1951-1960 годов характеризуется заметной перестройкой в распределении величины аномалии в Среднеазиатском регионе. В основном количество осадков почти повсеместно больше нормы, за исключением узкой зоны в дельте Амударьи. Этот период можно считать самым значительным по увлажненности: 98% всех станций отмечают увеличение A_i по сравнению с предыдущим десятилетием. Существенные величины аномалии отмечаются в закрытых долинах Памира и Тянь-Шаня. Хотя в целом это десятилетие характеризуется

некоторым превышением числа дней с широтным типом, но ь отдельные годы меридиональный тип С все-таки превышал норму. В региональных синоптических процессах [74] наблюдается заметное увеличение числа холодных вторжений (тип 5, 6), малоподвижного циклона (тип 8). При этом наблюдается большая устойчивость как в ОЦА, так и синоптических процессах Средней Азии.

Аномалии осадков холодного и теплого периодов. Аномалии осадков для холодного периода были рассчитаны с ноября предыдущего по март последующего года (5 месяцев) и теплого - с апреля по октябрь (7 месяцев) (табл. 5.8).

Таблица 5.8

Отклонения от нормы сумм осадков, осредненных по равнинной и горной территориям, в холодном (A_{ix}, %) и теплом ($A_{iт}$, %) периодах

	Холодный период		Теплый период	
Десятилетие	равнина	горы	равнина	горы
1933 - 1940	100	60	88	90
1941 - 1950	94	98	93	94
1951 - 1960	111	117	110	108
1961 - 1970	95	110	106	111
1971 - 1980	98	106	98	97
1981 - 1990	103	101	92	102

Как следует из приведенных данных, распределение аномалий обоих периодов, в основном, аналогично годовому, но имеются некоторые интересные особенности: в аномально сухом 1944 году в холодный период дефицит осадков ($A_{ix} < 80\%$) отмечали 80% станций, тогда как в теплом - дефицит был зафиксирован лишь на 50% станций.

Одновременно и в теплом, и холодном периодах выделяются годы с крупными аномалиями: $A_{ix,iт} < 80\%$ - 1937, 1944, 1950, 1971, 1986 и $A_{ix,iт} > 120\%$ - 1953, 1969, 1987. В отмеченные годы такие аномалии зарегистрировало более 60% всех станций.

Только в холодный период наблюдается дефицит осадков ($A_{ix} < 80\%$) в 1972, 1974, 1977, 1986 годах, а избыток ($A_{ix} > 120\%$)- в 1954, 1959, 1964 годах. В теплый период отмечается $A_{iт} < 80\%$ в

1989 году, $A_{iT} > 120\%$ - в 1949, 1958, 1981 годах. Самым засушливым десятилетием в обоих периодах являются 1941-1950 годы (табл. 5.8). Десятилетие 1971-1980 годов отличается тем, что в холодный период 1977-1978 годов в горных районах зафиксирован максимум осадков, который превзошел величину 1968-1969 годов: 210 и 195%, соответственно.

Последнее десятилетие (1981-1990 годы) в холодном периоде отличается повышеной увлажненностью в пустыне Каракумы. Величины аномалии в горах одинаковы для холодного и теплого периодов. В теплом периоде 1987 года в горах наблюдалось очень много влаги ($A_{iT} = 150\%$), а в холодном, наоборот, очень сухо ($A_{ix} = 60\%$).

Цикличность годовых сумм осадков. Изучение цикличности годовых сумм осадков проводилось как по осредненным раздельно для равнин и гор данным, так и по наблюдениям отдельных метеорологических станций, расположенных в различных физико-географических условиях (табл. 5.9).

Таблица 5.9

Использованные станции

Станция	Высота, м	Станция	Высота, м
Хива	103	Пскем	1256
Репетек	185	Нарын	2049
Тамды	236	Анзобский перевал	3372
Джизак	392	Тянь-Шань	3614
Ташкент	477	Им. Горбунова	4169

За цикл климатических характеристик может быть принят промежуток времени между максимумами или минимумами на графике автокорреляционной функции [33]. Цикличность не является строгой периодичностью, подразумевающей повторение экстремумов через определенные промежутки времени. Однако можно оценить вероятность осуществления того или иного цикла.

Как предложено О.А. Дроздовым [33], определение цикла в осадках производится на коррелограмме по отрицательным ординатам (по минимуму).

Из табл. 5.10, в которой представлены результаты расчета, мож-

но заключить, что в Средней Азии достаточно велика вероятность проявления цикла годовых сумм длительностью в 30-36 лет. Кстати, такой цикл характерен и для общециркуляционных процессов. Сравним с ним по вероятности и цикл длительностью 20-26 лет.

На большей части территории Средней Азии, за исключением орографически открытых высокогорных станций, в годовых суммах осадков имеют место короткие циклы от 2 до 8 лет.

Как и при изучении температуры, вся последовательность наблюдений исследовалась на наличие линейного тренда и оценивалась его значимость [68].

Величины линейного тренда для годовых сумм осадков на отдельных станциях рассчитаны как для всего периода, так и для отдельных временных интервалов. Из табл. 5.11 следует, что весь период наблюдений не характеризуется тенденцией одного знака для всей территории. Положительная тенденция имеет место на равнинной части (Тамды, Муйнак), в котловинах Памира (Хорог) и открытых для воздухообмена горных районах (Анзобский перевал, станция им. Горбунова). Отрицательные значения линейного тренда наблюдаются в предгорье (Ташкент), в закрытых долинах (Суусамыр, Фергана), на северо-востоке Центрального Тянь-Шаня.

Заметна также смена знака тренда для некоторых районов Средней Азии при переходе от первой ЦЭ ко второй.

Последнее десятилетие (1981-1990 годы) характеризуется тенденцией к увеличению осадков на таких станциях, как Ташкент, Фергана, Пскем, Суусамыр, станция им. Горбунова, имеющих отрицательный тренд для всего периода наблюдений.

Обратим внимание на различие знака тренда осадков в разные периоды в Ташкенте в зависимости от периода осреднения. Как следует из [28, 29], в Ташкенте отмечается постоянный рост годовых сумм осадков, тогда как по данным табл. 5.11 тренд отрицателен. Это противоречие произошло из-за того, что использованы разные периоды для расчетов: в первом случае начало наблюдений взято с 1870 года, во втором - с 1920. Мы считаем, что ряд наблюдений за осадками в Ташкенте должен считаться непрерывным с 1920 года и расчет нормы должен производиться с этого года (с 1870 по 1920 в отдельные годы данные по осадкам забракованы по разным причинам).

Таблица 5.10

Вероятность (%) случайного появления минимума

Станция	N	τ	σ_r	P,%	Станция	N	τ	σ_r	P,%
Тянь-Шань	55	2	0,14	30	Ташкент	65	5	0,13	26
		4	0,14	26			14	0,14	26
		14	0,16	17			24	0,16	36
		20	0,17	1			31	0,17	36
		26	0,18	8			41	0,20	5
		33	0,21	26			44	0,22	16
		45	0,32	2			47	0,24	17
Пскем	48	3	0,15	29	Нарын	58	8	0,14	40
		5	0,15	40			19	0,16	36
		8	0,16	16			21	0,16	22
		14	0,17	6			24	0,17	22
		21	0,19	36			30	0,19	24
		21	0,19	36			33	0,20	28
		25	0,21	32			42	0,25	16
		30	0,24	32					
		32	0,24	9	Им.Горбунова	49	14	0,17	5
		41	0,38	40			18	0,18	2
Тамды	52	3	0,14	49			24	0,20	13
		6	0,15	32	Анзобский				
		8	0,15	36	перевал	36	20	0,25	29
		10	0,15	36			22	0,27	37
		12	0,16	13			26	0,32	45
		35	0,24	13			29	0,38	21
		37	0,26	16					
		44	0,35	13	Горы	52	8	0,15	40
							13	0,16	30
Равнина	51	3	0,14	29			19	0,17	3
		7	0,15	27			22	0,18	24
		17	0,17	35			25	0,19	3
		22	0,19	14			31	0,22	11
		32	0,23	6			33	0,23	21
		34	0,24	29			36	0,25	27

ПРИМЕЧАНИЕ.

N - длина ряда (число лет наблюдений); τ - интервал времени, для которого определяется ордината на коррелограмме, число лет; σ_r - случайная ошибка определения ординат автокорреляционной функции; P - вероятность случайного появления каждого минимума в отдельности.

Анализируя линейный тренд, можно заметить, что независимо от продолжительности временных рядов, значение β статистически незначимо, величина α невелика.

Таблица 5.11

Значения линейного тренда (β, мм/год) годового количества осадков на некоторых станциях Средней Азии и относительный вклад тренда (α, %) в общую дисперсию ряда

Станция	Период наблюдений,годы	Весь период		ЦЭ I		ЦЭ II		1981-1990	
		β	α	β	α	β	α	β	α
Муйнак	1934-1990	+1,0	16	-0,4	1	+2,5	24	-2,0	1
Тамды	1934-1990	+0,3	2	+1,0	7	+0,2	0	-6,0	32
Ташкент	1920-1990	-0,2	0	+0,8	1	-0,4	1	+12,0	15
Пскем	1937-1990	-0,5	0	+7,0	9	-1,0	0	+27,0	27
Фергана	1919-1990	-0,2	1	-1,0	3	+1,0	3	+4,0	4
Суусамыр	1936-1990	-0,6	1	+3,0	7	-0,2	0	+11,0	14
Тянь-Шань	1930-1990	-0,6	4	+2,0	8	-2,0	12	-10,0	12
Анзобский перевал	1940-1990	+4,0	18	+11,0	36	-0,1	0	-9,0	25
Им. Горбунова	1934-1990	+1,0	1	+26,0	42	+14,0	23	+35,0	10
Хорог	1938-1990	+1,0	2	+6,0	14	+1,0	1	+1,0	1

Для более строгой математической оценки характера периодичности в рядах годовых сумм осадков привлечен метод спектрального анализа. Спектральный анализ для данного раздела был проведен Фатхуллаевой З.Н.

Периодограммы вычислены по данным наблюдений за осадками теплого и холодного полугодий. Рассчитанные величины представляют собой флуктуации, имеющие различную мощность на отдельных интервалах. В табл. 5.12 приведены максимальные доли дисперсии, приходящиеся на колебания с различными периодами. Наиболее мощные всплески отмечаются в высокочастотной части спектра. Всплески, наблюдающиеся в низкочастотных частях спектров (Ургенч) носят случайный характер. На 2-3 и 5-6-летнюю периодичность приходятся значительные доли дисперсии. Так, в теплое полугодие в Ташкенте

периодичность 4,9 и 5,4 лет составляла 27,3%. На рис. 5.7 приведена периодограмма, построенная по данным о количестве осадков теплого полугодия в Ташкенте. Здесь отмечаются два мощных всплеска в высокочастотной области, соответствующих периодам 4,9 и 2,2 года.

Таблица 5.12

Доли дисперсии, приходящиеся на различные периоды в колебаниях атмосферных осадков

Станция	Полугодие			
	холодное (X-III)		теплое (IV-IX)	
	Период, годы	Вклад гармоники,%	Период, годы	Вклад гармоники,%
Ургенч	30,0	6,5	12,0	5,7
	6,0	6,8	7,5	6,0
	3,0	7,4	6,0	5,1
	2,7	8,1	3,2	15,0
	2,4	6,0	2,4	6,1
	2,2	8,4	2,3	6,9
Карши	12,0	7,9	4,7	10,4
	5,0	19,8	2,3	14,9
	4,0	8,0		
	3,2	7,9		
Ташкент	9,7	8,3	9,7	9,7
	6,2	8,8	4,9	9,3
	5,2	9,3	2,9	6,5
	3,4	6,5	2,5	6,4
			2,3	10,4
			2,2	7,2
Самарканд	4,9	6,0	12,3	9,6
	4,1	6,9	5,4	10,8
	3,8	8,7	4,9	16,5
	2,3	8,3	4,1	8,9
	2,2	21,0	2,1	6,0
	2,1	6,1		
Пскем			10,2	10,7
			5,7	12,9
			5,1	9,0
			4,6	7,1
			3,6	8,0
			2,3	8,9
			2,2	14,9

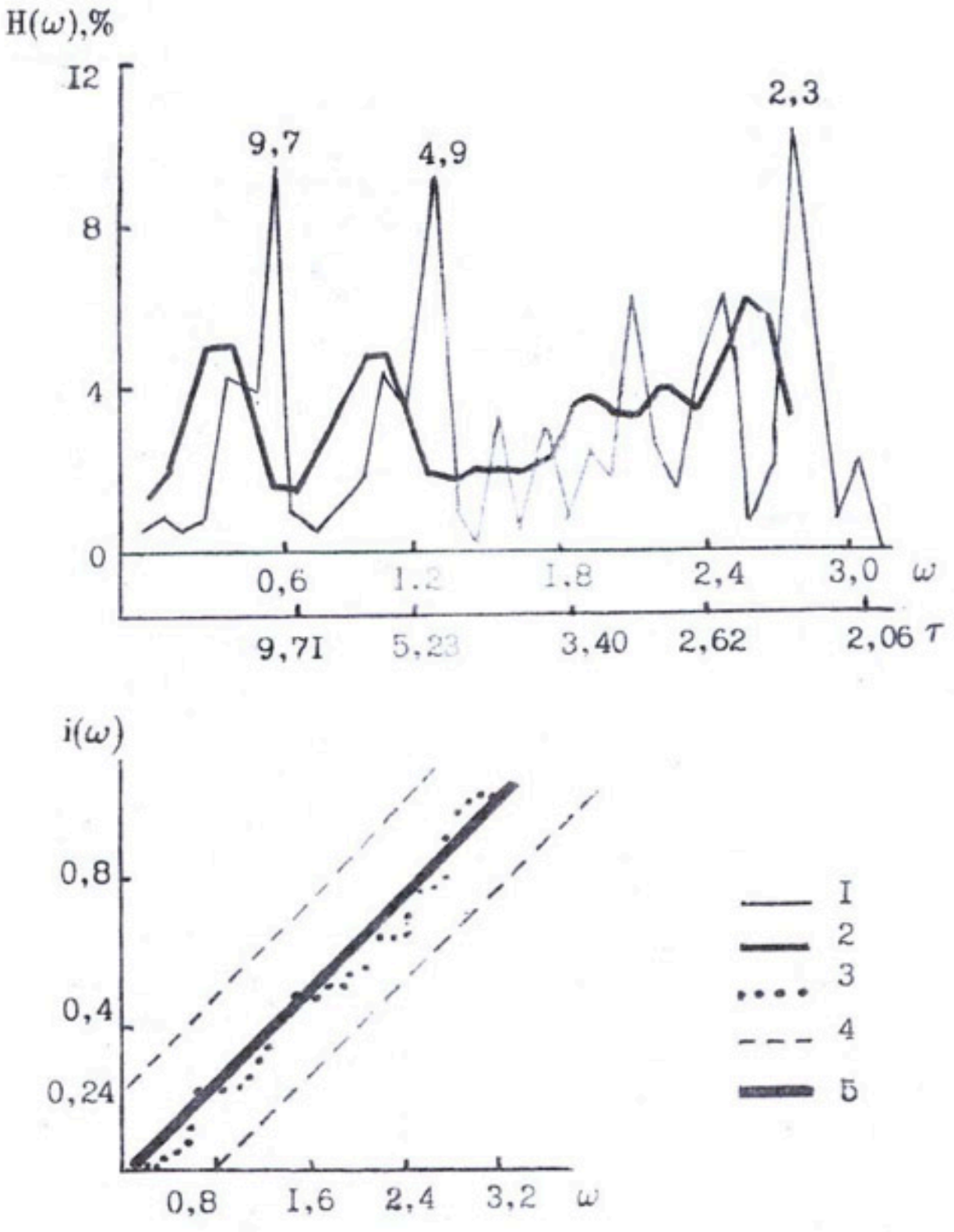


Рис. 5.7. Периодограмма (1), оценка спектральной плотности (2) и спектральной функции (3) временных рядов количества осадков теплого полугодия в Ташкенте. 4 - 95%-ный доверительный интервал для белого шума (5), ω- гармоническая частота, τ- период, H(ω)-доля дисперсии ряда, i(ω)-спектральные функции.

В низкочастотной области наблюдается один всплеск, имеющий период 9,7 года. На рис. 5.7 помимо периодограммы приведены оценки спектральной плотности, сглаживание которых осуществлялось с помощью биномиального фильтра.

Для проверки гипотезы о том, что рассматриваемый временной ряд представляет собой выборку белого шума, был использован критерий значимости Колмогорова-Смирнова [68]. Для уровня значимости $0,95\lambda = 1,36$ доверительные интервалы для Ташкента равны $\pm 0,24$. Из анализа спектральной функции следует, что наблюдаемая периодичность не выходит за пределы доверительных границ белого шума.

Доля атмосферных осадков апреля и мая в теплом периоде года (III-IX). Наибольшие суточные максимумы сумм осадков на территории Средней Азии чаще всего наблюдаются весной. Интенсивные осадки апреля и особенно мая приносят значительный ущерб народному хозяйству. В горных районах при образовании селей уничтожаются не только посевы, но и разрушаются жилые дома, ирригационные сооружения, шоссейные дороги, сносятся проезжие мосты и даже возможны человеческие жертвы.

Поэтому важно показать межгодовые изменения осадков апреля и мая и их доли в теплом периоде года за весь период наблюдений в разных физико-географических районах Средней Азии. В изменчивости осадков апреля и мая обозначаются тенденции в сохранении одного знака для определенных орографических районов (рис. 5.8-5.11). Над горными районами Центральноазиатского региона более четко, чем над равнинами, в распределении осадков апреля и мая видны отличия обоих циркуляционных эпох. Показательными в этом отношений могут быть станция Муйнак и станция им. Горбунова, где тенденции в знаке отклонения от нормы противоположны, что не обнаруживается при сравнении Ферганы и Ташкента. В последнее 10-летие (1981-1990 годы) наблюдается некоторое уменьшение осадков и в апреле, и в мае в орографически закрытых формах рельефа и на крайнем востоке Центральноазиатского горного массива: станции Пскем, Нарын, Сары-Таш, Суусамыр, Тянь-Шань. В Ташкенте уменьшение осадков отмечается только в мае. В горных районах со свободным воздухообменом (Анзобский перевал, им. Горбунова, Дехавз) в последнем десятилетии, напротив, наблюдается увеличение осадков в обоих месяцах.

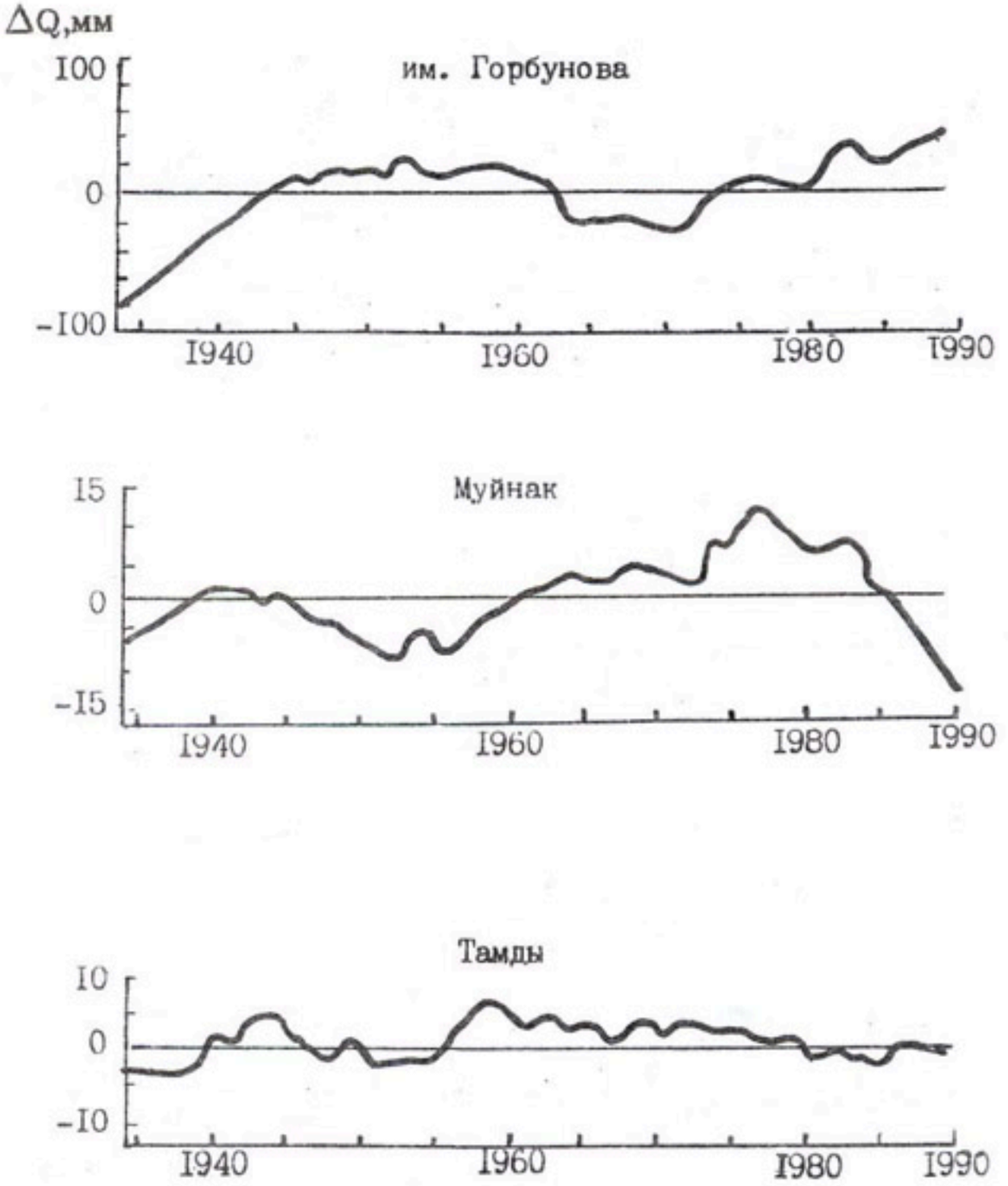


Рис. 5.8. 10-летние скользящие средние отклонения сумм осадков апреля от средней многолетней.

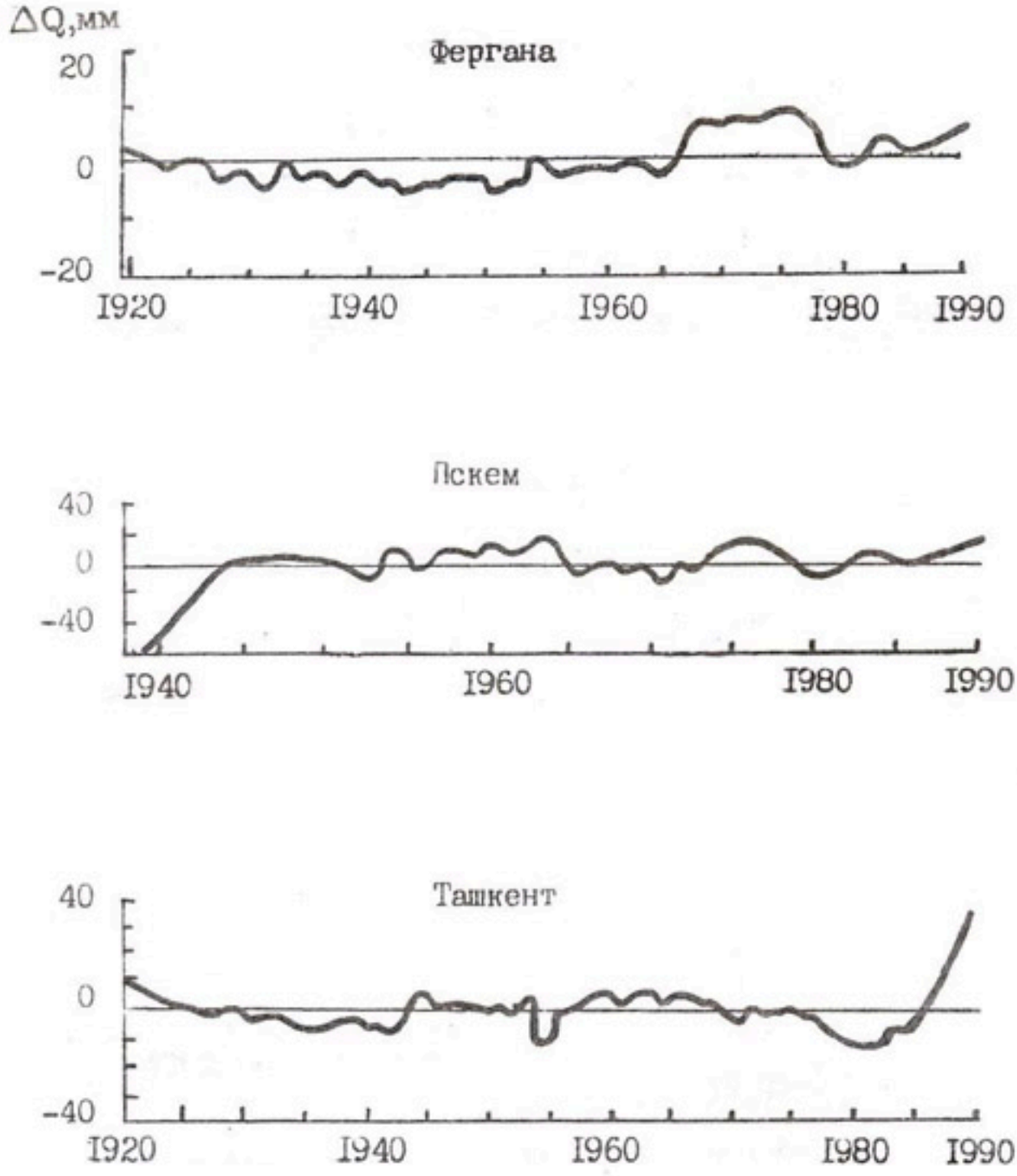


Рис. 5.9. 10-летние скользящие средние отклонения сумм осадков апреля от средней многолетней.

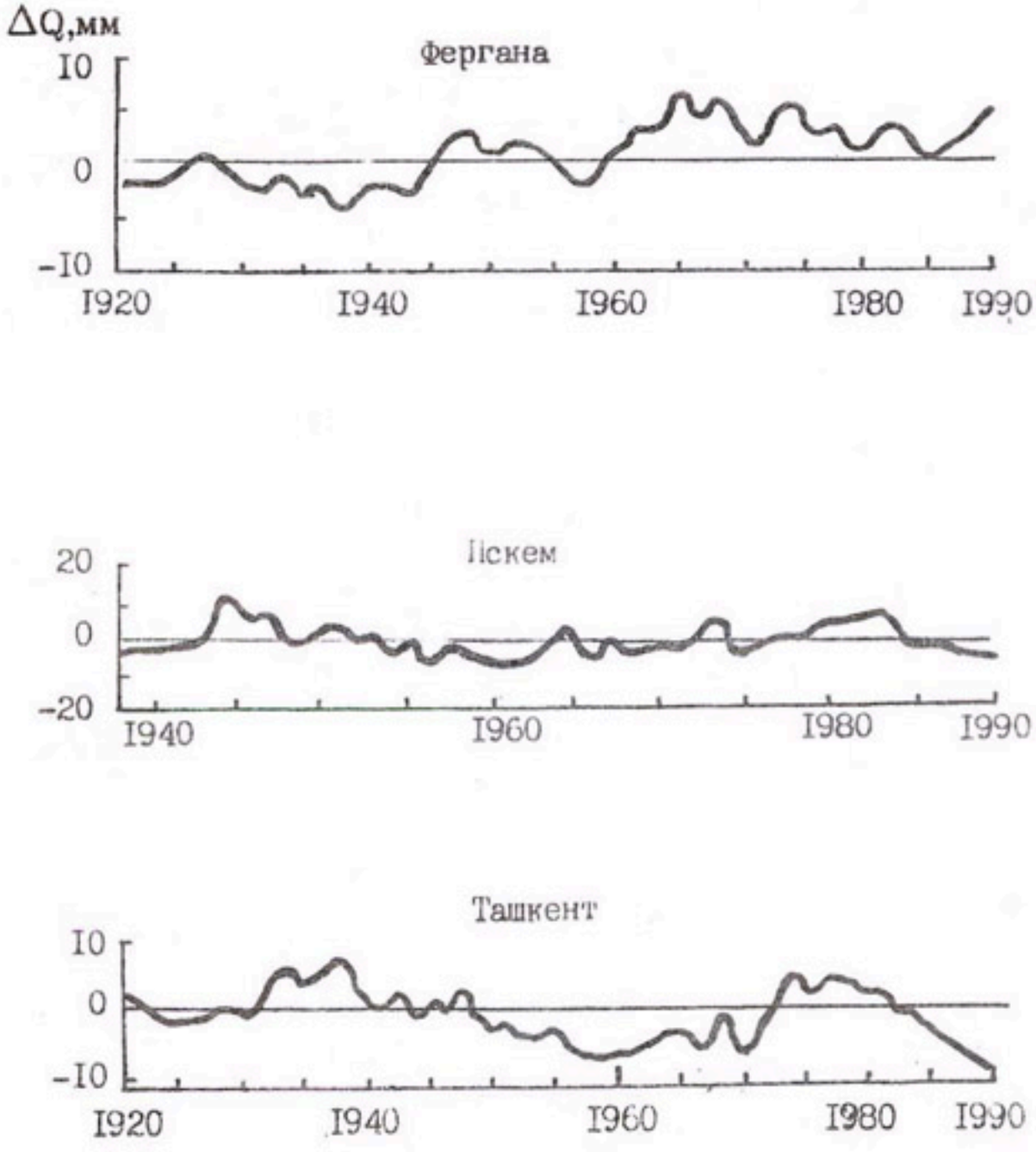


Рис. 5.10. 10-летние скользящие средние отклонения сумм осадков мая от средней многолетней.

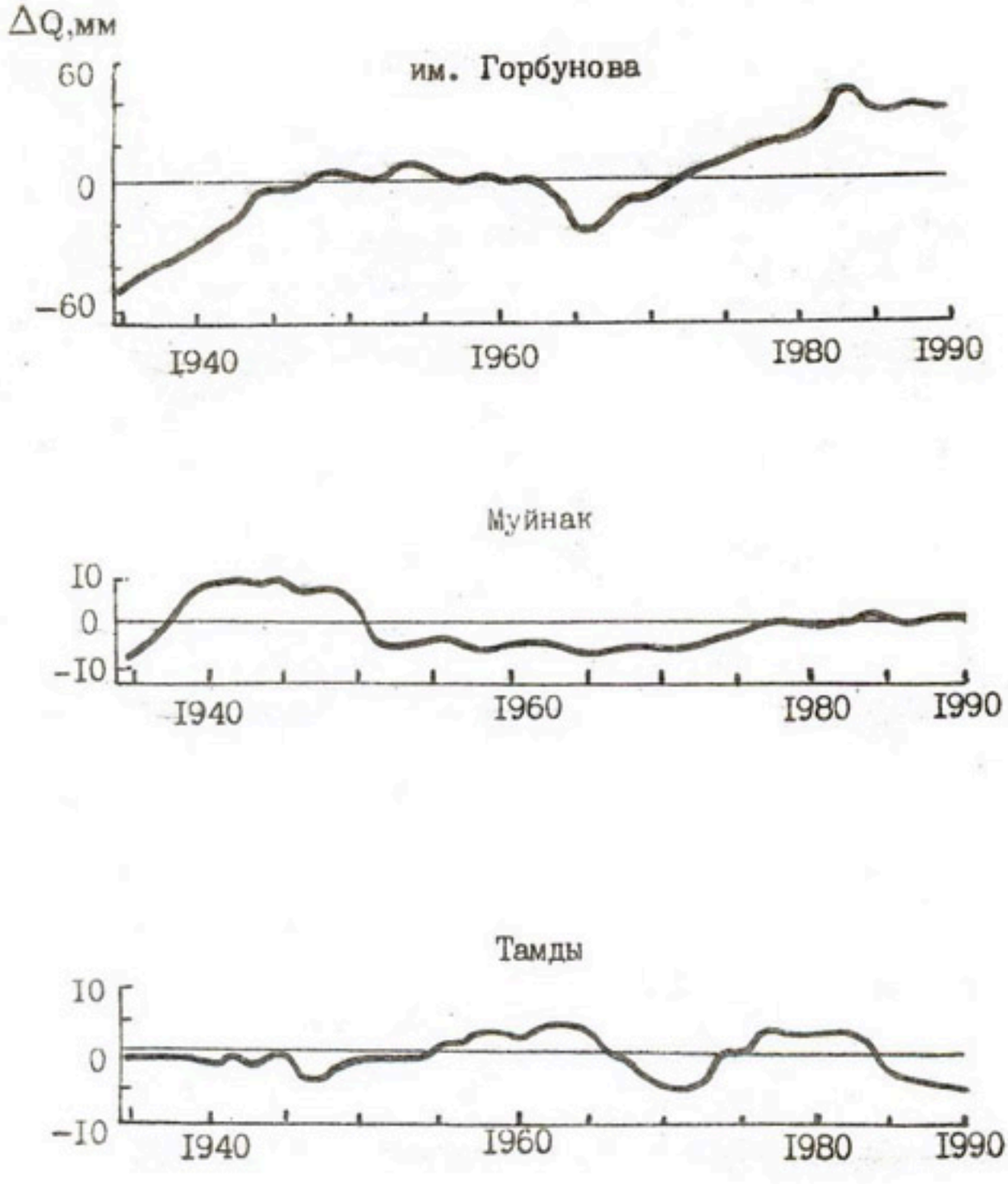


Рис. 5.11. 10-летние скользящие средние отклонения сумм осадков мая от средней многолетней

По многолетним данным доля осадков апреля на равнинной территории составила 30-45, а в горах от 8 до 25%; доля осадков мая составила соответственно 15-25 и 20-25%. Эти цифры свидетельствуют о том, что доля осадков апреля и мая в среднем многолетнем является существенной для теплого периода.

Величины доли осадков апреля и мая были разделены на четыре класса: 0-24% (I класс), 25-49 (II), 50-74 (III) и 75-100% (IV класс), и была рассчитана повторяемость их в среднем для равнинной и горной территорий (табл. 5.13).

На равнинной территории в теплом периоде больше всего осадков бывает в апреле (19% для IV класса). Доля осадков апреля II и III классов на равнине в сумме имеет повторяемость более 60%.

Таблица 5.13

Повторяемость (%) доли осадков апреля и мая в теплом периоде года по градациям

Месяц	Форма рельефа	Доля осадков			
		I класс 0-24%	II класс 25-49%	III класс 50-74%	IV класс 75-100%
Апрель	Горы	53	32	13	2
	Равнина	19	32	30	19
Май	Горы	60	36	3	1
	Равнина	60	30	8	2

В горах на апрель приходится меньше половины осадков теплого периода. В мае доля осадков всех классов практически одинакова для всей территории, она составляет меньше половины осадков теплого периода.

Средние многолетние значения доли осадков апреля и мая на отдельных метеостанциях дают представление о формировании весенних осадков в разных физико-географических районах (табл. 5.14-5.17). В апреле на равнине юго-востока Туркменистана и юго-запада Таджикистана доля осадков IV класса имеет повторяемость около 30%, тогда как северная и западная части равнины - менее 10%; в открытых к западу долинах осадки апреля могут составлять и половину всех осадков теплого периода.

Таблица 5.14

Средняя многолетняя величина доли осадков (%) апреля в теплом периоде (III-IX) для гор по градациям

Станция	I класс 0-24%	II класс 25-49%	III класс 50-74%	IV класс 75-100%
Курган-Тюбе	4	30	46	20
Куляб	0	39	46	15
Хорог	25	41	27	7
Чаткал	47	42	11	0
Устье р. Тос	45	55	0	0
Коканд	54	27	18	1
Фергана	43	43	13	1
Андижан	38	45	17	0
Ош	37	53	10	0
Нарын	89	11	0	0
Каракольская	94	3	3	0
Тянь-Шань	100	0	0	0
Пскем	37	45	18	0
Талас	45	52	3	0
Суусамыр	90	10	0	0
Байтык	79	21	0	0
Чолпоната	98	2	0	0
Ысык-Кол	98	2	0	0
Тамга	98	2	0	0
Красный Октябрь	98	2	0	0
Минчукур	6	40	45	9
Сангистон	30	55	15	0
Ура-Тюбе	13	55	30	2
Анзобский перевал	43	52	5	0
Душанбе	5	55	28	12
Мадрушкат	41	51	8	0
Дангара	6	32	50	12
Дехавз	55	43	2	0
Им. Горбунова	44	54	2	0
Сары-Таш	92	8	0	0
Оз. Каракуль	71	25	4	0

Таблица 5.15

Средняя многолетняя величина доли осадков (%) апреля в теплом периоде (III-IX) для равнины по градациям

Станция	I класс 0-24%	II класс 25-49%	III класс 50-74%	IV класс 75-100%
Теджен	10	30	39	21
Серахс	4	31	24	41
Елотен	9	29	25	37
Гушгы	5	20	25	50
Шерабад	4	20	39	37
Термез	6	17	37	40
Хива	36	34	21	9
Ургенч	23	43	25	9
Тамды	27	29	21	23
Нурата	16	32	26	26
Джизак	18	39	34	9
Ташкент	18	50	30	2
Кокарал	16	39	43	2
Дальверзин	18	36	41	5
Муйнак	56	14	30	0
Чимбай	45	34	20	1
Акбайтал	31	31	31	7
Чонарык	38	60	2	0
Бишкек	41	57	2	0
Репетек	12	36	25	27
Карши	14	21	34	31
Гузар	5	29	45	21
Самарканд	15	35	33	17
Шахрисабз	8	21	50	21
Денау	7	28	40	25

В мае доля осадков теплого периода практически одинакова для равнинной и горной территории Средней Азии. Повторяемость доли I класса (до 25%) на равнине весьма значительна и колеблется от 50 до 80%; в горах величина доли мая во многом зависит от особенностей рельефа. Так, в открытых долинах, на перевалах доля мая значительно больше, чем в закрытых долинах.

Характерно, что как на равнине, так и в горах, доля осадков мая в теплом периоде более 75% почти не наблюдается.

Судя по представленным данным, можно сделать вывод о том, что наибольший вклад в теплом периоде составляют осадки апреля.

Таблица 5.16

Средняя многолетняя величина доли осадков (%) мая в теплом периоде (III-IX) для гор по градациям

Станция	I класс 0-24%	II класс 25-49%	III класс 50-74%	IV класс 75-100%
Курган-Тюбе	47	40	11	2
Куляб	38	51	5	0
Хорог	48	42	10	0
Чаткал	72	28	0	0
Устье р. Тос	52	46	2	0
Коканд	59	34	5	2
Фергана	56	39	5	0
Андижан	64	33	3	0
Ош	47	47	6	0
Нарын	62	38	0	0
Каракольская	82	18	0	0
Тянь-Шань	95	5	0	0
Пскем	67	33	0	0
Талас	66	30	4	0
Суусамыр	60	40	0	0
Байтык	63	36	1	0
Чолпоната	88	12	0	0
Ысык-Кол	84	16	0	0
Тамга	80	20	0	0
Красный Октябрь	87	13	0	0
Минчукур	40	57	3	0
Сангистон	43	49	8	0
Анзобский перевал	41	54	5	0
Душанбе	35	53	12	0
Мадрушкат	42	54	4	0
Дангара	48	40	12	0
Дехавз	52	46	2	0
Им. Горбунова	44	54	2	0
Сары-Таш	92	8	0	0
Оз. Каракуль	71	25	4	0

Таблица 5.17

Средняя многолетняя величина доли осадков (%) мая в теплом периоде (III-IX) для равнины по градациям

Станция	I класс 0-24%	II класс 25-49%	III класс 50-74%	IV класс 75-100%
Теджен	53	33	14	0
Серахс	59	27	14	0
Елотен	59	21	18	2
Гушгы	64	21	13	2
Шерабад	55	35	6	4
Термез	58	31	7	4
Хива	66	23	7	4
Ургенч	63	23	10	4
Тамды	58	27	10	5
Нурата	66	19	11	4
Джизак	57	36	7	0
Ташкент	57	39	4	0
Кокарал	53	43	4	0
Дальверзин	63	32	5	0
Муйнак	89	11	0	0
Чимбай	59	34	7	0
Акбайтал	64	28	6	2
Чонарык	57	40	3	0
Бишкек	59	38	3	0
Репетек	58	25	13	4
Карши	61	23	13	3
Гузар	64	27	9	0
Самарканд	58	35	7	0
Шахрисабз	54	41	5	0
Денау	45	45	10	0

Табл. 5.18 наглядно иллюстрирует изменение доли осадков апреля и мая по отдельным десятилетиям. Почти повсеместно выделяется десятилетие 1971-1980 годов, когда на равнине, в предгорье и открытых влагонесущим потокам долинах доля осадков обоих месяцев составила более 50%. Это десятилетие характеризуется в апреле и мае превышением над нормой числа случаев с меридиональными типами

циркуляции (типы С и Е). Синоптические процессы над Средней Азией в апреле отличаются повышенной повторяемостью выходов циклонов (тип 1, 2, 3) и западных вторжений (тип 10). В мае стало значительно больше полей пониженного давления и стационарных циклонов (тип 12, тип 8) (табл. 5.19).

Таблица 5.18

Доля количества осадков апреля и мая (%) в теплом периоде (III-IX) по 10-летиям

Станция	1941--1950		1951--1960		1961--1970		1971--1980		1981--1990		Среднее многолетнее	
	IV	V	IV	V	IV	V	IV	V	IV	V	IV	V
Муйнак	37	14	15	12	33	7	43	14	18	16	28	15
Тамды	56	20	41	27	47	26	49	28	46	23	48	27
Ташкент	50	24	41	20	43	18	44	26	42	21	43	23
Пскем	39	24	34	19	30	18	40	20	30	22	34	21
Фергана	28	26	28	22	26	27	31	28	23	19	27	24
Нарын	13	24	12	22	16	17	14	25	12	20	13	23
Тянь-Шань	9	16	7	18	9	13	7	15	6	18	8	16
Анзобский перевал	25	33	22	29	33	22	28	31	24	24	28	28
Им. Горбунова	32	26	26	23	25	22	28	27	25	26	27	26
Сары-Таш	12	25	14	26	16	25	18	24	15	23	14	24
Дехавз	24	25	23	24	28	22	30	25	18	27	25	27
Каракольская	-	-	7	18	8	13	7	20	8	20	8	17
Устье р. Тос	28	27	23	26	27	26	27	30	23	28	27	27

Меньше всего осадков по Средней Азии наблюдается в мае десятилетия 1961-1971 годов, когда доля мая существенно меньше средней многолетней, составляет 7-25%. Это десятилетие отличается тем, что больше средней многолетней было случаев с меридиональным типом циркуляции С. Из синоптических процессов чаще повторялись такие, как волновая деятельность (тип 7), стационарный циклон (тип 8) и перифирия антициклона (тип 9).

Замечено, что в конце 80-х годов десятилетия 1981-1990 в апреле и мае горные районы более засушливы, чем равнина.

Таблица 5.19

Повторяемость (число случаев) типов общей циркуляции атмосферы и синоптических процессов над Средней Азией в апреле и мае

Десятилетие	Синоптические процессы								ОЦА		
	1,2,3	5,6	7	8	9,9а 9б	10	12	13	С	Е	Ш
					Апрель						
1941-1950	20	22	10	4	37	25	-	-	12	8	10
1951-1960	22	27	18	4	19	25	1	1	9	12	10
1961-1970	22	13	15	19	25	20	4	3	8	13	9
1971-1980	25	7	0	6	34	29	5	7	13	13	5
1981-1990	18	5	4	4	43	15	15	11	13	11	6
Среднее многолетнее	21	15	9	7	32	23	6	6	11	11	8
					Май						
1941-1950	20	26	6	5	32	30	-	-	11	11	9
1951-1960	7	35	16	10	27	25	1	2	13	11	7
1961-1970	7	20	4	14	25	32	10	13	13	12	6
1971-1980	5	16	4	11	32	26	12	20	13	13	7
1981-1990	12	23	3	7	30	23	18	16	11	13	7
Среднее многолетнее	10	24	7	9	29	27	10	13	12	12	8

Примечания.

1. Типы синоптических процессов Средней Азии по классификации [38,71,74]: 1- южнокаспийский, 2- мургабский, 3- верхнеамударьинский циклоны, 5- северо-западное, 6- северное холодные вторжения, 7- волновая деятельность, 8- малоподвижный циклон, 9- юго-западная, 9а- юго-восточная, 9б- южная периферия антициклона, 10- западное вторжение, 11- летняя термическая депрессия, 12- малоградиентное поле повышенного давления, 13- малоградиентное поле пониженного давления.
2. До 1945 года тип 13 входил в тип 11, типы 9б и 12- в 9,9а.

ГЛАВА 6

ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА

Отличительной чертой климата равнин Средней Азии является его сухость в теплый период года. Это объясняется континентальным расположением Средней Азии, интенсивной трансформацией воздушных масс над пустынями и связанным с этим высоким расположением уровня конденсации водяного пара. В годовом ходе максимальные значения парциального давления водяного пара (e) и одновременно минимальные значения относительной в
июнь-август (рис. 6.1, 6.2).

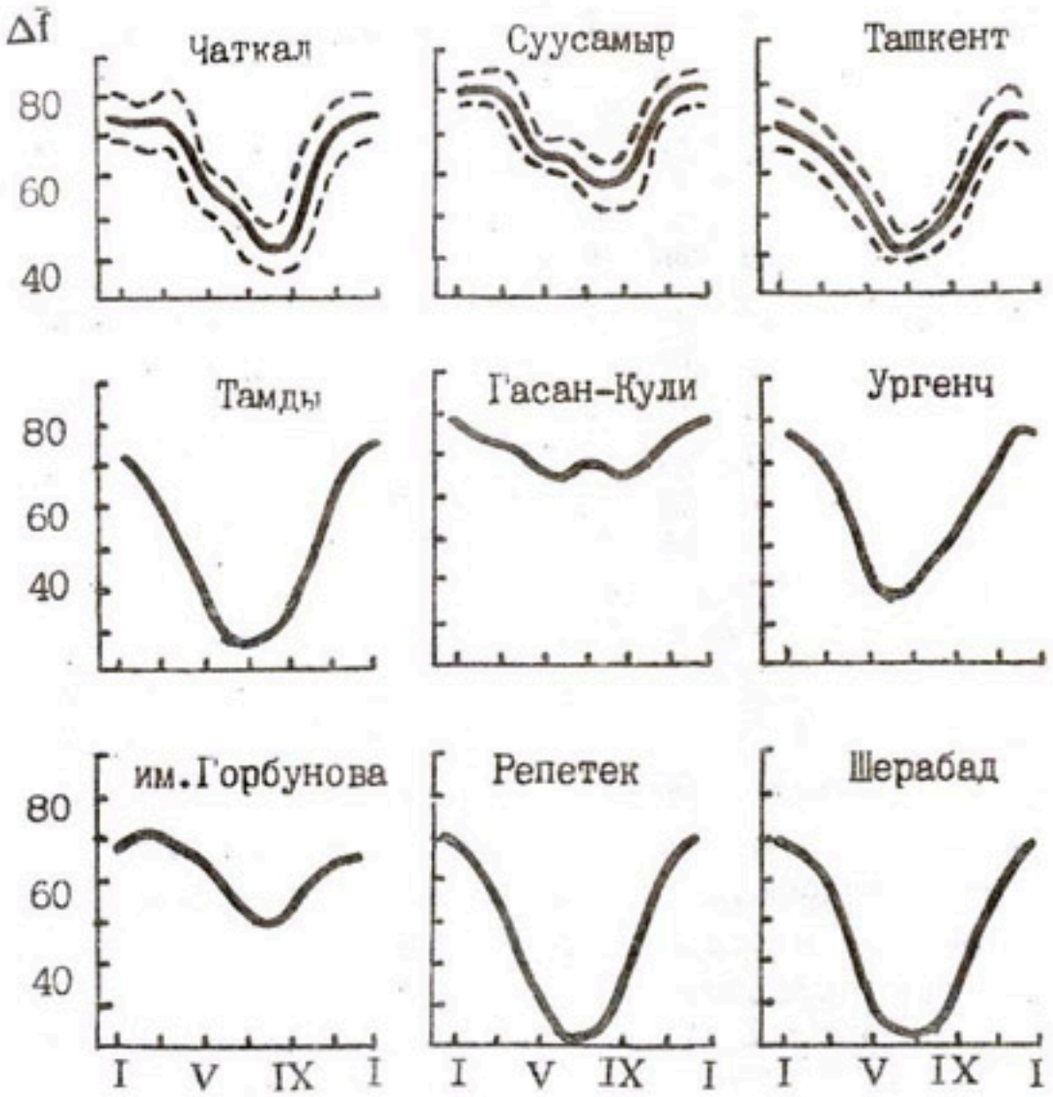


Рис. 6.1. Годовой ход средней месячной относительной влажности воздуха (f, %) и ее среднего квадратического отклонения (σ_f).

1 - f, 2 - $f \pm \sigma_f$

В территориальном распределении характеристик влажности имеет место широтный ход - воздух влажнее в северной части территории. В прибрежных районах различных водоемов и в Ферганской долине воздух более влажен, чем на соответствующих широтах в удалении от водоемов и оазисов.

Временная изменчивость парциального давления водяного пара минимальна в холодное время года: σ_e составляет 0,7-0,9 гПа для средних месячных значений и 1,2-1,3 для средних суточных. Летом соответствующие значения достигают 3 гПа.

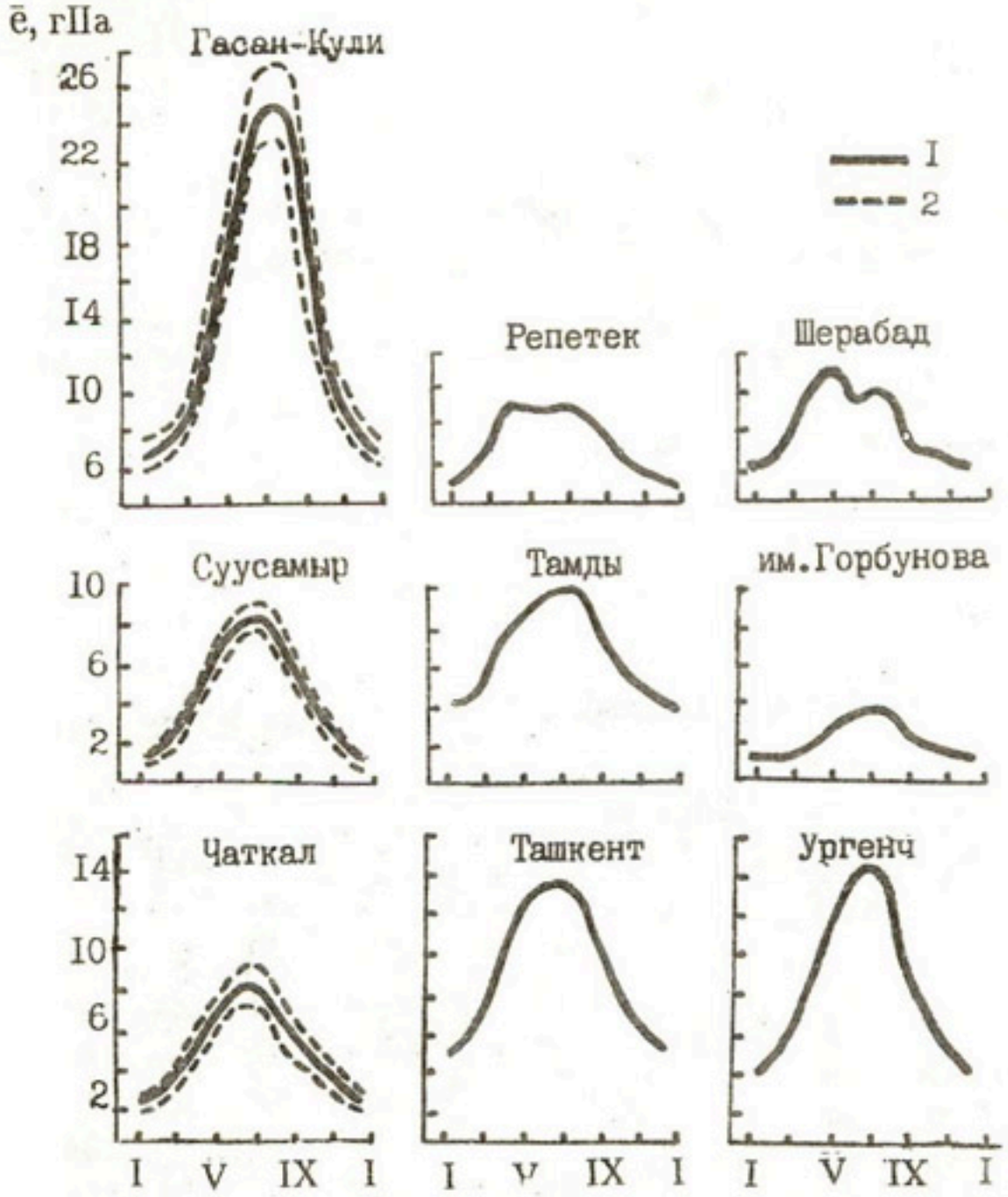


Рис. 6.2. Годовой ход среднего месячного парциального давления водяного пара (ē) и его среднего квадратического отклонения (σ_e).
1 - ē, 2 - $e \pm \sigma_e$

Относительная влажность характеризуется противоположным ходом изменчивости: σ_f составляет 3 – 4% для месячных значений и 6-8 - для суточных.

На многих станциях в современный период (1970-1990 годы) влажность воздуха летом возросла по сравнению с 1931-1960 годами (рис. 6.3, табл. 6.1-6.3). Наиболее выразительно увеличение там, где летнее повышение температуры не было существенным: в зонах активно орошаемых земель Ферганской и Сурхандарьинской долин.

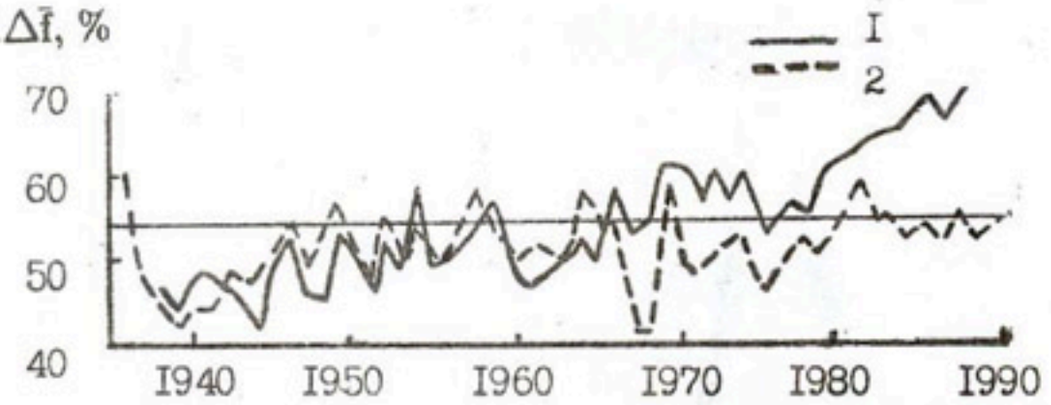


Рис. 6.3. Многолетний ход относительной влажности в Ферганской долине в июле.

1 - Пайтуг, 2 - Фергана.

Таблица 6.1

Средняя месячная относительная влажность воздуха (%)

Станция	1941-1950		1951-1960		1961-1970		1971-1980		1981-1990	
	VII	VIII	VII	VIII	VII	VIII	VII	VIII	VII	VIII
Чимбай	54	60	52	56	50	53	46	50	48	54
Тамды	22	27	26	27	27	28	26	25	26	26
Ташкент	41	45	41	44	41	44	39	42	41	45
Пайтуг	42	48	48	46	49	54	51	57	57	67
Федченко	49	56	53	60	52	58	52	61	54	62
Джизак	32	35	32	34	36	37	40	45	42	44
Шурчи	38	43	41	47	46	50	48	53	52	54
Карши	32	36	30	32	30	31	30	32	36	39

Таблица 6.2

Среднее месячное парциальное давление водяного пара (гПа)

Станция	1941-1950		1951-1960		1961-1970		1971-1980		1981-1990	
	VII	VIII	VII	VIII	VII	VIII	VII	VIII	VII	VIII
Денау	15,3	14,3	15,6	15,1	16,5	14,9	16,4	15,4	16,6	15,4
Шурчи	14,0	13,7	15,0	14,6	16,5	15,6	16,5	15,3	18,7	17,7
Байсун	8,9	8,5	11,0	9,9	11,8	10,7	14,7	13,6	14,3	13,2
Шерабад	9,1	9,1	9,5	8,6	10,6	10,0	12,1	11,4	14,8	13,7
Термез	12,5	12,2	13,0	12,2	14,7	13,8	15,0	13,2	16,5	15,1

Таблица 6.3

Линейный тренд (β, %/год) парциального давления водяного пара (e, гПа) и относительный вклад тренда в общую дисперсию ряда (α, %) в июле

Станция	e	β	α	Станция	e	β	α
Муйнак	19,8	0,05	16,0	Пайтуг	17,3	0,10	52,0
Тамды	10,7	0,08	0,0	Бухара	14,8	0,06	0,0
Ташкент	13,8	0,005	0,0	Репетек	9,2	0,03	17,0
Бишкек	13,2	0,001	0,0	Нарын	9,1	0,07	0,0
Джизак	15,0	0,002	0,0	Хорог	9,6	0,09	56,0

на северных склонах и в предгорьях Туркестанского хребта. Рекордным увеличением влажности отличается станция Пайтуг. В этих районах, вероятно, имеет место один из видов обратных климатических связей. Фоновое увеличение температуры воздуха стимулировало испарение с полей, что, в свою очередь, приводило к снижению температуры в нижних слоях атмосферы. В западных предгорьях Тянь-Шаня, Хорезмском оазисе увеличение влажности воздуха было незначительным. В пустынных районах (Тамды, Чимбай) наблюдалось в целом некоторое понижение влажности воздуха.

В последние годы некоторые авторы стали обращаться к температуре точки росы, как к консервативному элементу, являющемуся неплохим сигналом изменения климата. Летом в Средней Азии средние месячные значения точки росы (T_d) варьируют в достаточно ши-

роких пределах: в пустыне от 4 до 14, в предгорьях от 8 до 16, на прибрежных станциях от 13 до 20°С. В ночные сроки на большинстве станций обнаруживается положительный тренд точки росы. В дневные часы увеличение точки росы к концу рассматриваемого периода наблюдается лишь на отдельных станциях. В средних месячных значениях температуры точки росы положительный тренд незаметен (рис.6.4, 6.5).

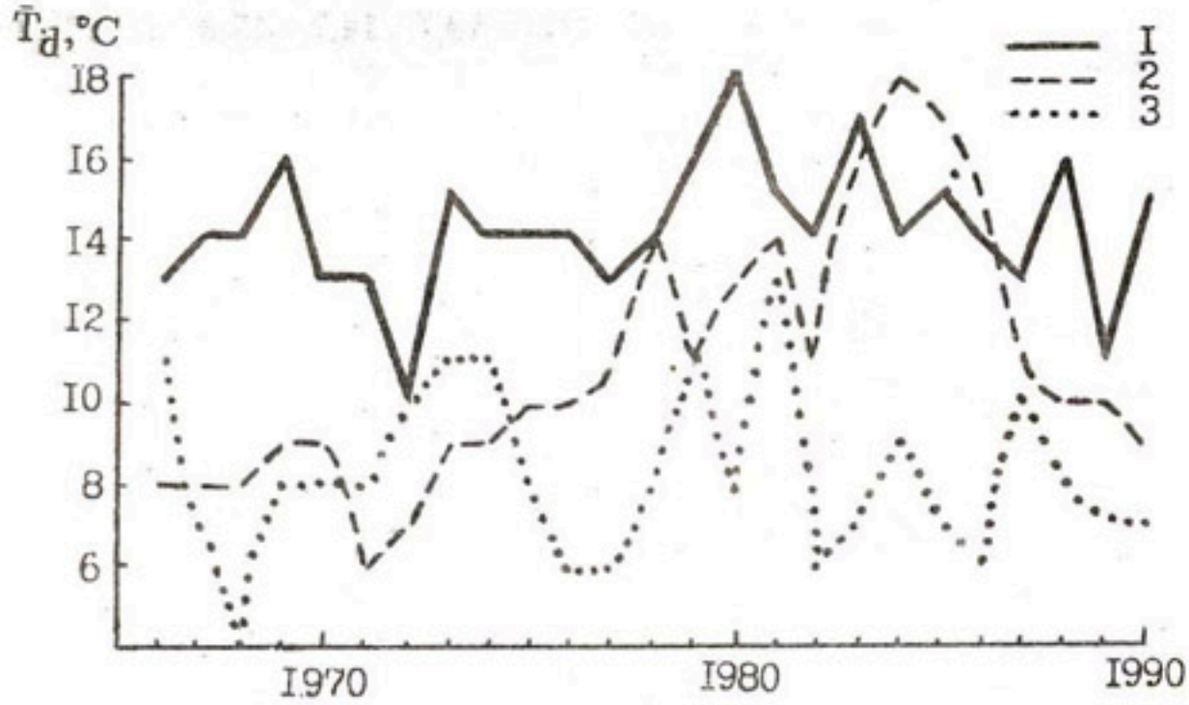


Рис.6.4. Многолетний ход средней месячной температуры точки росы в июле. 1- Денау,2 - Карши, 3 - Тамды.

Четкой периодичности в ходе характеристик влажности нет. Однако станции Ферганской долины отличаются автокорреляционной функцией, имеющей в июле минимум при $\tau = 10$ лет [37].

Метеорологические факторы воздействуют на живой организм в комплексе. Поэтому представляет интерес выяснить - не произошло ли изменений в хронологическом ходе сочетаний различных градаций температуры воздуха и влажности, определяющих типы погоды. В качестве примера была рассмотрена станция Ташкент, как наиболее длиннорядная.

На рис. 6.6 демонстрируются хронологические ходы отклонений от нормы средних месячных значений температуры воздуха и отно-

сительной влажности в июле. Очевидно, что наиболее высокая влажность наблюдалась в первой четверти текущего столетия - в наиболее прохладный для июля период. Впоследствии средние за десятилетие скользящие отклонения от нормы колебались в пределах 5%. Последнее десятилетие характеризуется незначительным ростом влажности на фоне повышения температуры.

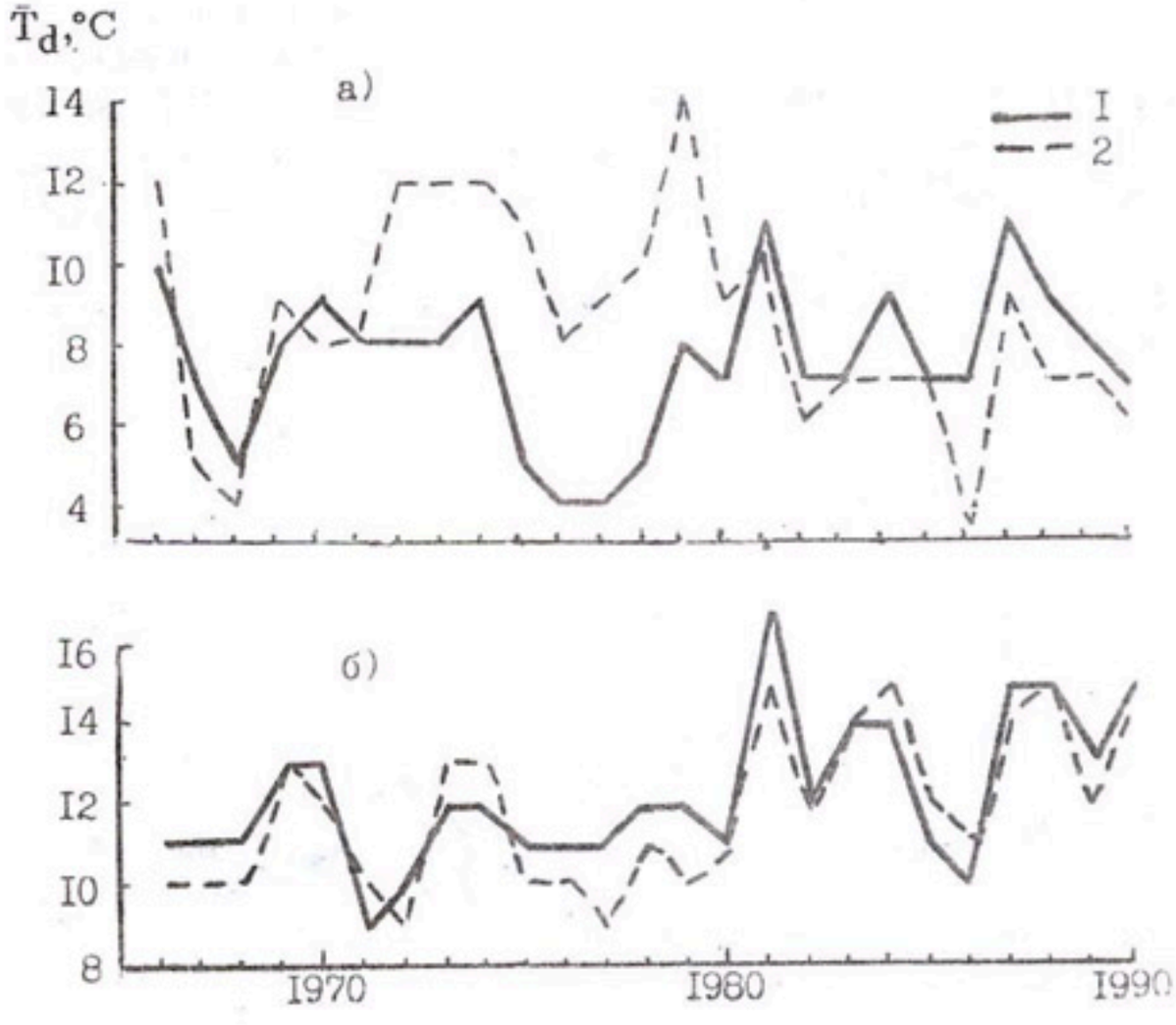


Рис. 6.5. Многолетний ход температуры точки росы в Тамды (а), Термезе (б) в июле в разное время суток.
1 - 03ч, 2 - 12ч.

Рассматривались ежегодные повторяемости комплексов средней суточной температуры и влажности по градациям 2° и 5%, соответственно, а также по более укрупненным интервалам для трех летних месяцев. По средним многолетним данным в июле более частыми значениями относительной влажности являются 36-45%, а температура

24-30°. Следовательно, в Ташкенте преобладает суховейно-засушливая погода ($T \geq 25°C$, $f \leq 40\%$). Умеренно-засушливая погода ($T \geq 25°$, $f \leq 41 - 60\%$) наблюдается значительно реже [81].

Анализ хронологических рядов комплексов температуры воздуха и влажности по отдельным градациям (рис. 6.7) показал, что в летние месяцы в период 1970-1990 годов происходило уменьшение повторяемости невысоких (меньше 25°C) средних суточных температур, особенно в сочетании с умеренной (41-60%) относительной влажностью, то есть засушливость возрастала. В это же время несколько участились температуры самых высоких градаций (больше 28°C) в сочетании с любой влажностью, в том числе и высокой. Таким образом, можно заключить, что в отдельных районах Средней Азии прослеживаются признаки некоторой перестройки структуры погод летнего периода, но статистически это явление незначимо и пока не приводит к принципиальным изменениям.

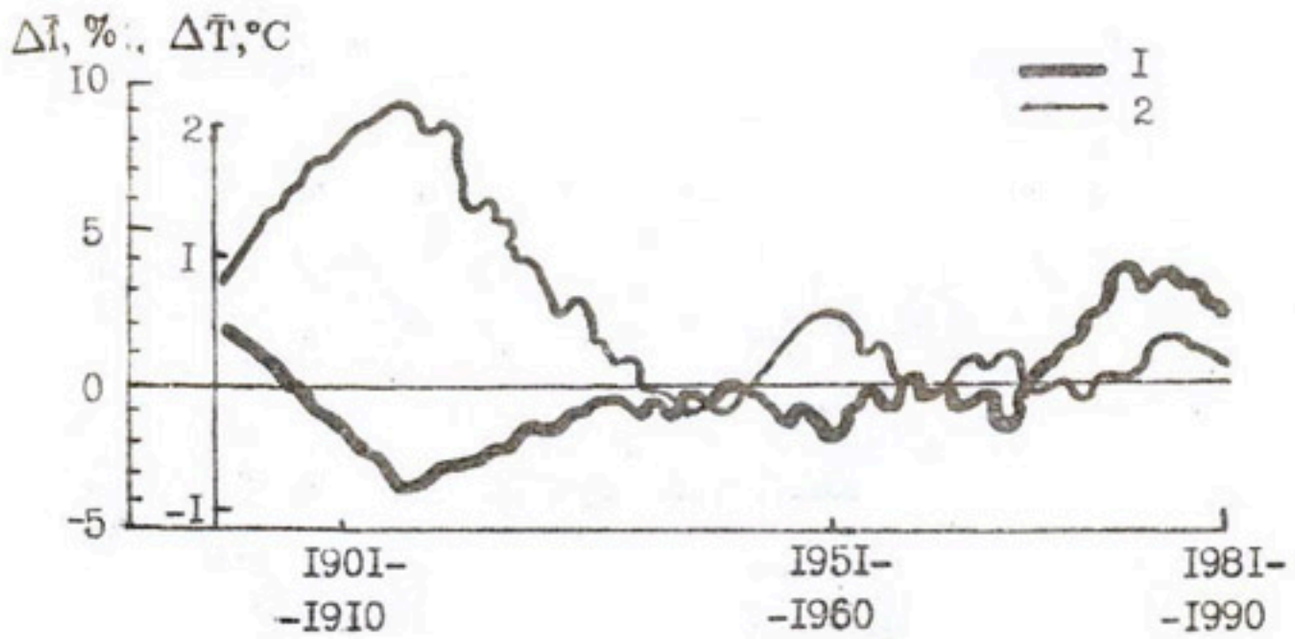


Рис. 6.6. 10-летние скользящие средние отклонения температуры и относительной влажности воздуха от нормы, рассчитанной за 1930-1990 гг. в Ташкенте в июле.

1 - ΔT, 2 - Δf.

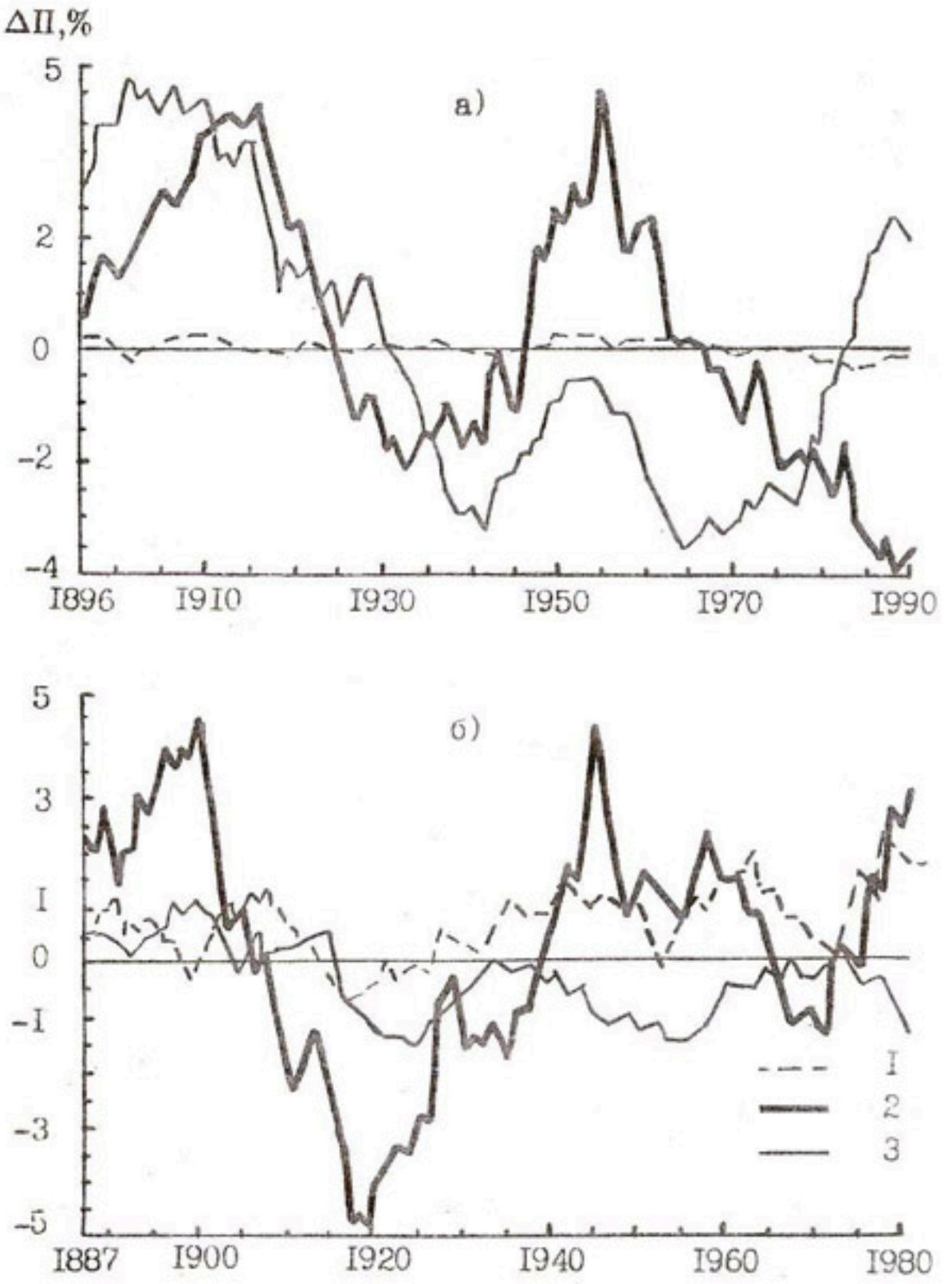


Рис. 6.7. Десятилетние скользящие средние отклонения от нормы повторяемости (ΔП,%) сочетаний различных градаций температуры воздуха $\leq 22,0°$ (1), 22,1-27,9° (2), $\geq 28,0°$C (3) с относительной влажностью 41-60% в Ташкенте. а) июль, б) август.

ГЛАВА 7

ВЕТЕР

Режим ветра на территории Средней Азии определяется сложным взаимодействием циркуляционных и орографических факторов.

Направление ветра и его межсезонная и межгодичная изменчивость обусловлены смещением центров высокого давления, расположенных к северу от Средней Азии. Равнинам более свойственны северные и северо-восточные ветры. Северо-западный ветер наблюдается преимущественно летом, когда область наиболее высокого давления располагается над Устюртом, а над юго-восточной частью Средней Азии развивается депрессия с циклонической циркуляцией. Средние месячные скорости ветра на равнинах в среднем равны 4-6 м/с; на юго-востоке, ближе к горам, они редко превышают 4 м/с. В предгорьях поле ветра, в общем сходное с равнинным, искажено влиянием горно-долинных ветров, проникающих из долин на 40-60 км. Это особенно заметно летом в ночные часы, когда на фоне северо-западных или западных ветров появляются горные ветры восточных румбов со скоростями большими, чем на равнине. В холодном полугодии предгорья подвержены влиянию восточных феновых ветров, скорость которых зачастую превышает 15 м/с [11].

В целом, предгорья представляют собой полосу ослабленных ветров, особенно заметную в поле максимальных скоростей. В этом выражается тормозящая роль рельефа [63].

В горной части Средней Азии развита система местных, преимущественно периодических ветров, направление которых определяется ориентацией долин. Наиболее распространенный тип – горно-долинные ветры, развивающиеся в условиях малоградиентных полей давления за счет локальных градиентов.

Так как господствующим направлением ветра над горами (выше 2-3 км) является юго-западное и западное, в долинах, открытых к западной стороне горизонта, долинные ветры усиливаются общим потоком и оказываются более интенсивными, чем горные восточные. По радиационным причинам особо благоприятна для долинных ветров южная экспозиция долин, а для горных - северная.

Ветры фенового типа возникают, когда на предгорную равнину выходят южные циклоны при сохранении над горами высокого давления. В узких горных проходах эти, так называемые "фены высасывания", а также западные ветры холодных вторжений приобретают штормовой характер (восточный - в районе Янгиера и Бекабада, Пскемско-Чирчикской и Ахангаранской долинах, западный - в районе Коканда, Исык-Кола и так далее).

В горах скорости ветра в среднем за год невелики. Имеются области (Ферганская долина, Юго-западный Тянь-Шань), где они едва превышают 2 м/с.

Сезонный ход средних скоростей ветра из-за разнородной подстилающей поверхности достаточно разнообразен. Для большей части территории характерен летний или весенне-летний максимум. Увеличение средних месячных скоростей ветра зимой свойственно восточному побережью Каспийского моря, южным отрогам Копетдага, нижнему течению Сырдарьи, отдельным горным станциям (перевалам и горным коридорам).

Сезонное распределение минимальных скоростей более однородно. Скорость ветра на равнине преимущественно уменьшается к осени. Побережье Каспийского моря, часть Копетдага и Юго-западного Казахстана характеризуются летним минимумом. На многих горных станциях слабые ветры отмечаются чаще зимой.

По мере удаления от поверхности Земли происходит левый поворот вектора ветра и на высоте 5,5 км н.у.м.(поверхность 500 гПа) преобладающим становится западное и юго-западное направление, а средние скорости ветра увеличиваются к северо-западу с 4-6 м/с над горами до 14-16 над равнинами (рис. 7.1).

Мерой изменчивости скоростей ветра в климатологии принят коэффициент вариации $C_V = \sigma_V/\bar{v}$, где σ_V - среднее квадратическое отклонение, $\bar{v}$ - средняя скорость ветра. На территории Средней Азии коэффициент вариации изменяется в пределах 0,5 -1,4 (рис. 7.2). Минимальные значения C_V свойственны областям более высоких скоростей. Это, в первую очередь, побережье Каспийского моря, горные вершины, перевалы. Значения C_V = 0,6-0,8 характерны для равнинной части Туркменистана и Узбекистана. В предгорной зоне коэффициент вариации увеличивается до 1,0-1,2, а в долине и отдельных участках горной системы достигает максимальных значений - 1,4. Смена циркуляцион-

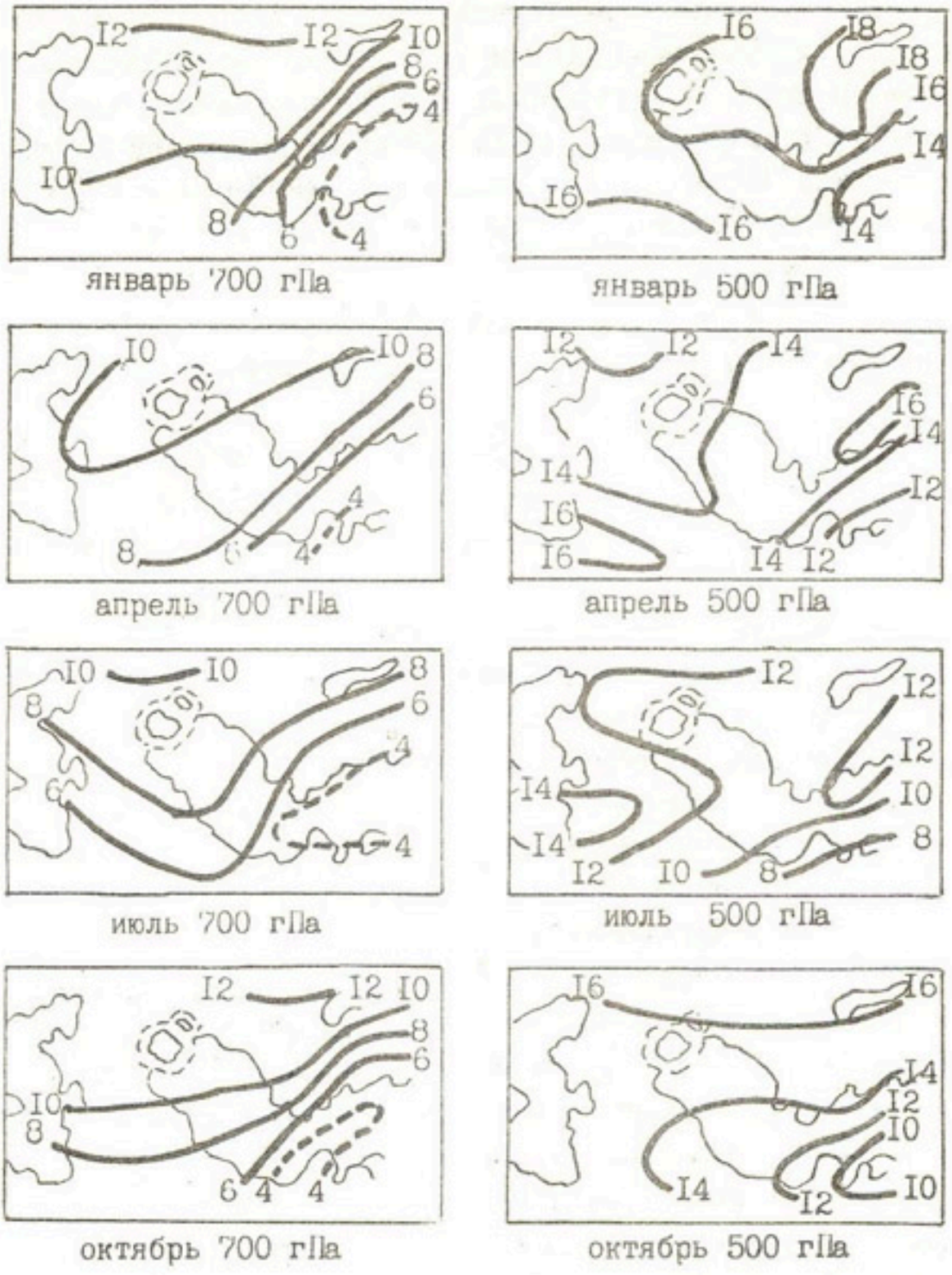


Рис. 7.1. Средняя скорость ветра на изобарических поверхностях 700 и 500 гПа в различные сезоны года.

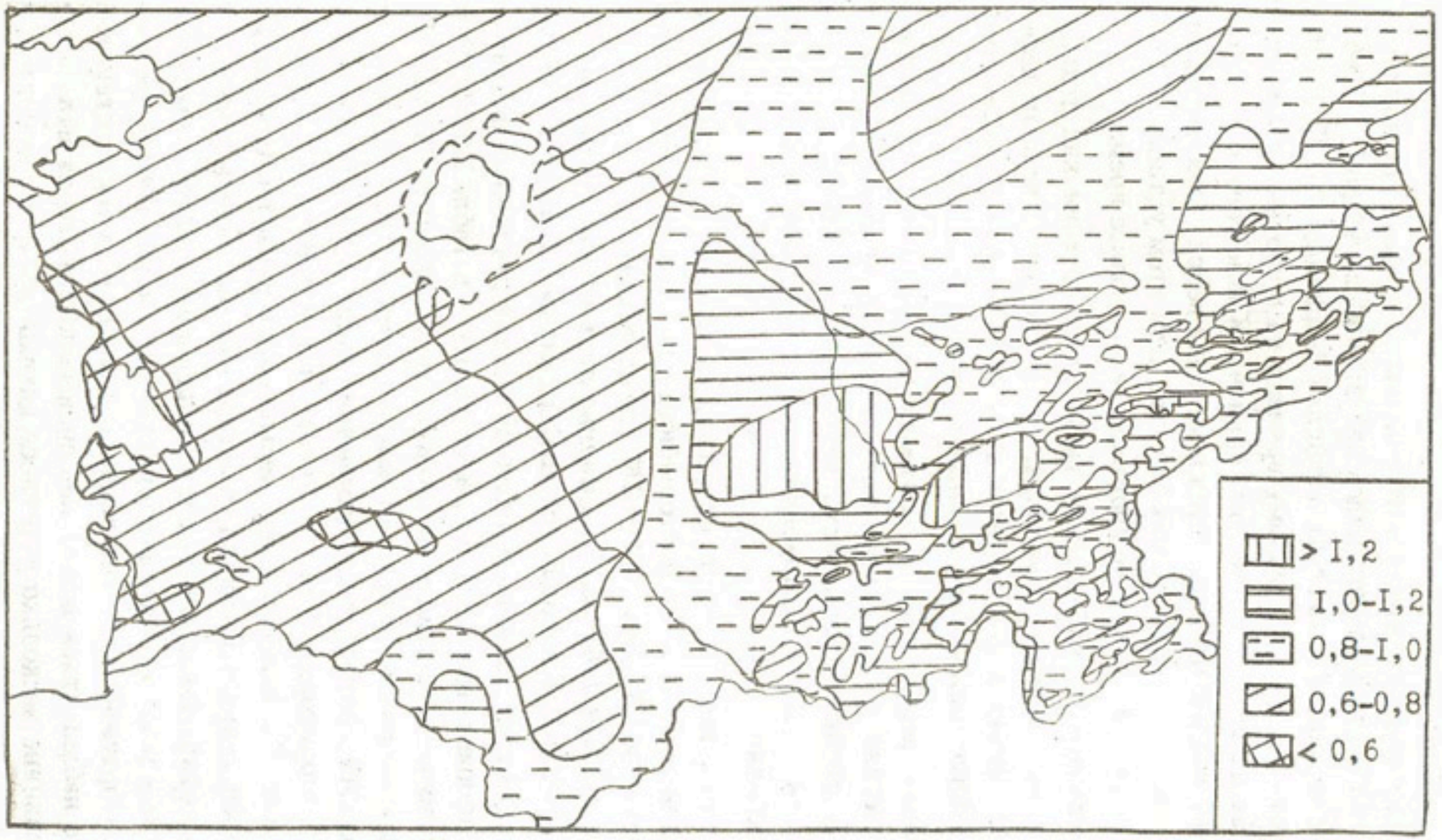


Рис. 7.2. Карта - схема распределения коэффициента вариации C_V скорости ветра.

ных эпох должна бы заметно отражаться на климатической картине ветра. Однако обнаружению или отрицанию этого факта препятствует значительная неоднородность рядов наблюдения за ветром. С 1966 года гидрометеорологическая сеть перешла с 4-срочных (01, 07, 13, 19 ч) по местному среднему солнечному времени на 8-срочные наблюдения (00, 03 и так далее) по московскому времени. Кроме того, в конце 60-х - начале 70-х годов изменился метод измерения ветра - вместо флюгера была внедрена анемометрическая система. При этом установка новых датчиков на разных станциях производилась в разное время.

Аэрологические наблюдения также претерпевали как технические, так и методические изменения, но самым существенным дефектом аэрологических рядов является катастрофическое сокращение количества наблюдений и даже станций в последние 10 лет.

Введение переводных множителей и всякого рода поправок в какой-то степени корректирует метеорологические ряды, но все же получаемые оценки изменчивости ветра нельзя считать достаточно достоверными и уверенно отождествлять их с проявлением климатических колебаний.

Вероятно, меньше всего нарушена однородность рядов направлений ветра. Сравним их повторяемость по данным, приведенным в Справочнике по климату СССР [76], где осреднение проведено по наблюдениям не далее 1962 года, и в Научно-прикладном справочнике по климату СССР [56], в котором обобщены данные с 1966 по 1980 годы.

Разности средних годовых повторяемостей различных направлений ветра приведены в табл. 7.1, а месячных – в табл. 7.2-7.5. Учитывая, что точность вычисления повторяемости находится в пределах 2%, упомянутые разности вряд ли можно счесть выразительными. Не обнаруживается единого знака изменения направлений на достаточно большой территории. Как увеличение, так и уменьшение частоты какого-либо румба не превосходит нескольких процентов. Более определенной представляется картина в январе - на равнинных станциях и в обширных открытых долинах сократилась доля восточного ветра. В апреле на всех рассматриваемых пунктах произошло небольшое увеличение повторяемости южного ветра. В июле на отдельных станциях стали реже наблюдаться ветры западной половины горизонта. В октябре на равнине несколько участился южный ветер и также, как и летом, стал более редким западный и северо-западный.

Таблица 7.1

Разность средней за год повторяемости направлений ветра (%) между периодами 1966-1980 и 1936-1960 годов

Станция	С	СВ	Б	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Каракалпакия	-1	0	1	3	1	-1	-2	-1	3
Аральское море	1	2	0	0	2	-4	-1	0	-4
Тамды	-2	1	2	3	3	0	-2	-1	-7
Туркестан	4	-2	-2	1	0	0	-2	-3	-1
Ташкент	0	-1	-1	0	1	2	2	-3	-4
Ашгабат	1	-1	-4	1	2	1	2	-2	10
Чарджев	-6	3	1	0	1	1	1	-1	-7
Гушгы	-3	-1	1	0	0	4	1	-2	-11
Бишкек	-2	0	-1	2	2	1	0	0	-7
Нарын	0	-2	0	1	1	1	-2	1	-11
Талас	1	1	-4	1	-1	0	1	1	-4
Тянь-Шань	-2	-1	0	0	1	1	1	0	8
Курган-Тюбе	-2	3	1	2	-5	2	-1	0	1
Хорог	-2	-2	0	-4	5	0	3	-4	0
Худжанд	0	0	2	3	2	-10	2	1	-14

Наиболее существенными оказались различия направлений между двумя периодами на горных станциях, например, в Бишкеке и Худжанде. Рост повторяемости южных и уменьшение повторяемости восточных румбов достигают здесь 10-13%. Вряд ли можно связывать полностью этот факт с перестройкой циркуляционного механизма над горами. Скорее всего введение дополнительных 4-х сроков наблюдений привело к более детальному учету суточного хода направления горно-долинных ветров.

Уменьшение повторяемости восточных ветров, по крайней мере на равнинах, продолжалось и в течение 1981-1990 годов. Это более четко видно при разбивке горизонта на 16 румбов (табл. 7.6). По-видимому, перестройка в макромасштабной и региональной циркуляции в климатическом аспекте сказалась в достаточно узком диапазоне направлений ветра (10-15°), иногда лишая этот диапазон статуса преобладающего. Для большинства преобладающих направлений и зимой, и летом характерно уменьшение средней месячной скорости (на 1 м/с) в последние 10-20 лет.

Таблица 7.2

Разность повторяемостей направлений ветра (%) в январе между периодами 1966-1980 и 1936-1960 годов

Станция	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Каракалпакия	3	0	-3	0	1	-1	-2	-2	4
Аральское море	-1	-1	-4	-2	1	0	1	2	-4
Тамды	1	2	-5	1	2	1	-2	0	-5
Туркестан	2	-1	-4	2	2	1	3	-5	0
Ташкент	1	-3	-2	1	1	0	2	0	-2
Ашгабат	2	-2	0	2	1	-1	0	-3	10
Чарджев	0	-3	-2	-1	1	0	2	-3	-7
Гушгы	1	-1	-1	0	-3	4	1	-1	-16
Бишкек	2	1	2	-4	-4	2	1	0	2
Нарын	0	-2	2	2	1	1	-4	0	6
Талас	0	0	-7	2	1	1	3	0	-3
Тянь-Шань	-2	0	0	0	0	0	3	-1	8
Курган-Тюбе	-7	2	2	3	0	0	-1	1	6
Хорог	-2	-4	5	-4	4	1	2	-2	-6
Худжанд	0	1	-10	3	0	-2	7	1	-10

Таблица 7.3

Разность повторяемости направлений ветра (%) в апреле между периодами 1966-1980 и 1936-1960 годов

Станция	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Каракалпакия	1	2	1	0	2	-3	-2	-1	4
Аральское море	0	2	1	0	2	-5	0	0	1
Тамды	-1	-1	0	3	1	1	-2	-1	-6
Туркестан	3	-2	-3	0	1	0	1	0	-8
Ташкент	0	0	-1	1	2	2	0	-4	-3
Ашгабат	2	0	-2	-2	0	-1	2	1	9
Чарджев	-5	-2	1	1	3	1	3	-2	-7
Гушгы	-2	-6	0	0	2	4	2	0	-1
Бишкек	1	1	2	0	1	1	-1	-3	2
Нарын	-1	-2	1	1	1	2	-2	0	-11
Талас	1	1	-2	1	0	-1	-1	1	0
Тянь-Шань	-1	-1	0	0	1	0	1	0	8
Курган-Тюбе	-3	1	1	1	0	-1	0	1	3
Хорог	1	1	-1	-2	2	2	3	-6	-5
Худжанд	0	1	-1	3	2	-14	7	2	-14

Таблица 7.4

Разность повторяемостей направлений ветра (%) в июле между периодами 1966-1980 и 1936-1960 годов

Станция	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Каракалпакия	0	1	0	4	2	-2	-4	-1	2
Аральское море	2	3	0	1	2	-7	-2	1	-4
Тамды	-4	3	4	0	3	-2	-1	-3	-3
Туркестан	6	-5	-1	1	0	0	3	-4	1
Ташкент	-3	0	-1	1	2	4	1	-4	-5
Ашгабат	0	-3	-1	1	4	1	4	-6	6
Чарджев	-9	3	1	1	0	0	2	2	-4
Гушгы	-7	7	2	0	0	0	0	-2	-6
Бишкек	2	0	0	0	-2	0	0	0	-6
Нарын	1	2	-2	0	-1	1	-2	1	-10
Талас	1	1	-2	1	0	-1	-1	1	0
Тянь-Шань	1	-2	-1	1	2	-1	-1	1	7
Курган-Тюбе	0	4	2	0	-9	2	0	1	8
Хорог	4	2	-3	-8	6	0	1	2	-3
Худжанд	0	-1	1	2	2	-1	-2	1	-14

Таблица 7.5

Разность повторяемостей направлений ветра (%) в октябре между периодами 1966-1980 и 1936-1960 годов

Станция	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
Каракалпакия	1	1	0	3	0	-1	-4	0	-1
Аральское море	0	1	0	2	2	-2	-1	-2	-4
Тамды	-2	1	-3	3	5	-1	-2	-1	-12
Туркестан	2	1	-1	-1	-2	3	3	-5	-5
Ташкент	-2	0	0	1	1	2	2	-4	-4
Ашгабат	1	1	-8	-1	6	1	0	0	9
Чарджев	-8	5	1	2	3	0	1	-4	-10
Гушгы	-1	-1	1	1	0	4	1	-5	-14
Бишкек	1	1	2	0	-7	1	1	1	0
Нарын	0	-1	0	1	0	1	-2	1	-9
Талас	1	1	-4	1	-1	0	1	1	-4
Тянь-Шань	-2	-1	-1	0	3	0	0	1	6
Курган-Тюбе	-2	3	4	2	-5	1	-2	-1	-5
Хорог	4	-1	2	-3	0	-2	2	-2	5
Худжанд	2	0	2	3	2	-22	12	1	-8

Возможно, с уменьшением скоростей ветра связано и сокращение числа дней с пыльными бурями. Если в период 1961-1980 годов имело место максимальное за период наблюдений число пыльных бурь в пустынных районах, то в 1981-1990 годах их повторяемость резко снизилась (табл. 7.7, рис. 7.3).

Таблица 7.6

Повторяемость (p, %) преобладающих направлений и скорость (v, м/с) ветра

Станция	Направление	1941-1950		1951-1960		1961-1970		1971-1980		1981-1990	
		p	v	p	v	p	v	p	v	p	v
					Январь						
Ургенч	СВ	29	5,1	28	4,7	18	4,3	10	4,2	8	3,6
	ВСВ	6	5,2	10	3,9	10	4,1	20	4,0	13	3,8
	В	15	4,1	17	4,1	21	3,9	13	3,6	13	3,8
	З	11	5,6	9	4,3	7	4,3	6	4,4	5	4,3
Муйнак	СВ	16	5,6	22	5,0	17	5,3	9	5,0	7	3,5
	ВСВ	10	4,9	7	6,2	8	5,4	11	5,0	8	3,5
	В	14	5,0	19	4,6	17	4,7	14	4,5	9	3,5
	З	9	5,2	9	4,5	11	5,3	12	4,6	7	4,0
Тамды	В	36	3,9	38	4,7	26	4,3	26	3,3	21	3,0
	ВЮВ	10	3,6	11	5,4	15	5,1	13	3,3	13	3,3
	З	13	5,9	14	6,3	12	6,0	15	4,7	11	4,0
					Июль						
Ургенч	С	16	3,4	15	3,6	14	3,1	9	3,7	10	3,8
	ССВ	13	4,2	9	3,3	9	3,5	19	3,9	19	4,0
	СВ	21	4,3	24	3,9	19	3,8	17	4,3	9	3,7
	СЗ	18	4,0	11	4,1	17	3,6	11	3,7	10	3,7
Муйнак	С	11	5,4	13	5,0	15	5,0	17	4,8	19	4,6
	ССВ	10	5,1	9	5,9	15	5,4	23	5,2	14	4,7
	СВ	24	4,8	28	5,4	15	4,4	11	5,0	8	4,3
	ВСВ	8	4,5	7	4,5	4	5,5	8	5,3	4	4,4
	В	11	3,8	11	3,9	8	3,8	6	4,5	4	3,8
	СЗ	7	5,3	12	5,1	9	4,9	4	4,3	5	4,2
Тамды	ССВ	10	4,8	9	5,3	9	4,3	14	4,6	11	3,6
	СВ	16	6,0	14	5,3	15	5,2	16	4,8	9	3,9
	ВСВ	9	3,6	6	3,5	8	4,7	11	3,8	11	3,4
	В	11	2,9	11	3,4	11	3,1	13	3,0	12	3,0
	З	10	4,9	16	5,8	11	4,8	8	4,2	11	3,6

Таблица 7.7

Среднее годовое число дней с пыльными бурями

Станция	Период		Станция	Период	
	1960-1979	1980-1990		1960-1979	1980-1990
Каракалпакия	6	20	Мубарек	34	20
Кунград	3	3	Карши	10	10
Муйнак	11	4	Гузар	11	11
Порлатау	6	3	Шахрисабз	4	3
Нукус	20	9	Нурата	4	4
Чимбай	14	11	Богарное	3	3
Хива	6	0	Галляpал	6	1
Ургенч	6	4	Самарканд	5	5
Каракуль	31	7	Каттакурган	6	2
Тамды	18	8	Совхоз Нурата	13	8
Навои	9	6	Санзар	1	0
Чабанказган	21	14	Заамин	2	2
Акбайтал	14	4	Джизак	7	4
Кулкудук	11	3	Кушрабат	9	6
Машикудук	11	5	Дехканабад	2	5
Джангельды	21	2	Каюмазар	22	16
Аякагитма	16	6	Урочище Бузай	16	16
Бузаубай	30	0	Сырдарья	6	6
Бухара	14	5	Ташкент	7	5
Бозсу	8	6	Каунчи	6	7
Кокарал	3	1	Чимкурган	5	4
Акалтын	8	6	Янгиер	31	3
Андижан	7	8	Фергана	10	3
Наманган	16	13	Пайтуг	8	3
Коканд	34	13	Ильичевск	3	13
Насретдинбек	6	5	Термез	32	19
Шерабад	2	0	Шурчи	3	0
Денау	11	0			

Из анализа рядов среднего месячного результирующего ветра на поверхностях 850, 700 и 500 гПа можно увидеть, что амплитуда межгодичных колебаний направлений в течение 1961-1980 годов не превосходит в основном 40°. В 1981-1990 годах режим ветра в тропосфере стал менее устойчив. Так, в Дашховузе направление результирующего ветра в июле на поверхности 700 гПа варьирует в пределах 90°, в Ташкенте - 180° и так далее.

С высотой диапазон колебаний уменьшается, но тенденция к возрастанию амплитуды колебаний к концу второй ЦЭ сохраняется и на уровне 500 гПа. Одновременно, как и у поверхности Земли, снижаются скорости ветра. Таким образом, можно заключить, что с течением времени режим ветра и связанные с ним явления испытывают колебания, зависящие, по-видимому, от колебаний всей климатической системы. Вторая ЦЭ (в основном период после 1966 года) отличалась от предыдущих лет некоторым уменьшением у поверхности Земли повторяемости ветра восточных румбов.

На некоторых станциях произошло незначительное изменение повторяемости других направлений. Скорость ветра в среднем за месяц уменьшилась, но не более, чем на 1м/с. В целом в тропосфере над Средней Азией возросла межгодичная изменчивость результирующего ветра. Однако достоверность выводов об изменчивости ветра низка из-за неоднородности рядов наблюдений.

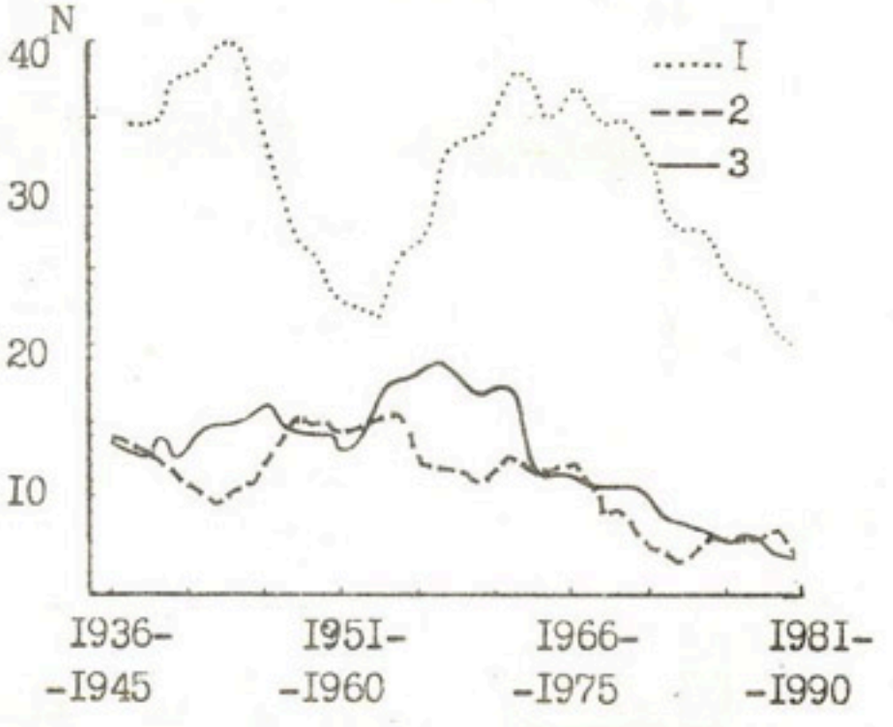


Рис. 7.3. Десятилетние скользящие средние числа дней с пыльными бурями. 1 - Термез, 2 - Карщи, 3 - Бухара.

ГЛАВА 8

ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА КЛИМАТ

Антропогенными изменениями локального климата принято считать изменения, которые происходят в результате урбанизации, мелиорации, опустынивания из-за ликвидации водотоков и растительности, ухудшения почв. На территории Средней Азии в период после 1950 года активно осуществлялись все перечисленные изменения. Первым долгом следует отметить интенсивный рост городов. Установлено [23], что увеличение числа жителей на 1 млн. влечет потепление воздушной среды города на 0,3°С. Этому потеплению сопутствуют и другие изменения климатических характеристик. Ташкент является самым крупным городом Средней Азии, интенсивно развивающимся в течение последних 100 лет, и может служить объектом для анализа эффекта урбанизации. Этот вопрос был достаточно тщательно изучен Г.Н. Леухиной и излагается здесь в ее интерпретации [42, 43].

Особенности архитектурно-планировочной структуры городской территории создают специфические условия формирования метеорологического режима в городе. Большие массивы зданий являются объектами активной аккумуляции тепла. Асфальтированные и бетонные покрытия представляют собой водонепроницаемый слой и характеризуются повышенной теплопроводностью. В результате этого в приземном слое воздуха в городе формируется иной режим поступления тепла, влаги и распределения ветра, чем в условиях пригородных ландшафтов.

Дополнительными источниками тепла в городе являются промышленные объекты, теплоцентрали, автотранспорт, отопление жилых домов. Средняя годовая температура воздуха в Ташкенте оказывается на 0,7-0,9°С выше, чем в пригороде (Каунчи), что позволяет говорить о городе как об "острове тепла" в зоне оазиса.

Особенно заметны различия между городом и пригородом в холодный период года, когда разности средних месячных температур достигают 1,7-2,0°, а минимальных - 2,5°С. Такие различия, очевидно, объясняются тем, что в холодный период тепловыделения в городе увеличены под влиянием отопления (табл. 8.1).

Таблица 8.1

Разности средней суточной ($\Delta\bar{T}_{сут}$), минимальной ($\Delta\bar{T}_{мин}$) и максимальной ($\Delta\bar{T}_{макс}$) температур воздуха между городом и пригородом(Ташкент, обсерватория - станция Каунчи)

Температура,°С	Период	I	II	III	IV	V	VI	VII
$\Delta\bar{T}_{сут}$	1927-1945	1,1	1,1	0,2	0,1	-0,6	0,0	0,3
	1956-1975	1,8	1,3	0,4	0,0	-0,4	-0,1	0,4
	1966-1975	2,2	1,7	0,4	0,0	-0,4	-0,1	0,5
	1976-1985	1,7	1,5	-0,4	0,0	-0,4	-0,1	0,8
$\Delta\bar{T}_{мин}$	1927-1945	1,3	1,1	0,5	0,7	0,5	1,2	1,2
	1956-1975	2,1	1,8	0,9	0,5	0,3	0,7	1,0
	1966-1975	2,5	2,1	1,0	0,7	0,4	0,9	1,2
	1976-1985	2,0	1,5	1,0	0,6	0,0	0,4	0,9
$\Delta\bar{T}_{макс}$	1927-1945	0,7	0,2	-0,6	-1,0	-1,4	-0,9	-0,5
	1956-1975	1,5	0,8	0,4	-0,5	-1,1	-1,0	-0,3
	1966-1975	1,9	1,1	-0,2	-0,5	-1,0	-1,1	-0,4
	1976-1985	1,8	1,3	-0,1	-0,5	-0,9	-0,9	-0,2

Температура,°С	Период	VIII	IX	X	XI	XII	Год
$\Delta\bar{T}_{сут}$	1927-1945	0,5	0,3	0,5	0,7	1,8	0,4
	1956-1975	0,8	0,7	0,8	1,2	1,5	0,7
	1966-1975	0,9	0,7	0,8	1,4	1,6	0,9
	1976-1985	1,0	0,6	0,6	1,3	1,9	0,7
$\Delta\bar{T}_{мин}$	1927-1945	1,4	1,3	1,6	1,5	1,5	1,5
	1956-1975	1,4	1,6	1,7	1,8	1,7	1,3
	1966-1975	1,5	1,7	1,8	2,1	1,8	1,5
	1976-1985	1,2	1,4	1,3	1,9	2,0	1,1
$\Delta\bar{T}_{макс}$	1927-1945	-0,4	-0,8	-0,7	0,1	1,1	-0,5
	1956-1975	-0,2	-0,4	-0,5	0,5	1,9	0,1
	1966-1975	0,0	-0,5	-0,5	0,7	1,5	0,1
	1976-1985	0,2	-0,2	-0,2	0,6	2,0	0,3

Зимой устойчивая стратификация атмосферы способствует сохранению промышленных выбросов тепла в нижнем слое. Летом в дневные часы наблюдается крайне неустойчивая стратификация, сопровождающаяся интенсивным перемешиванием в пограничном слое

атмосферы, что приводит к уменьшению разностей между городом и пригородом. В мае и июне в Ташкенте, благодаря активной вегетации растительного покрова, происходит значительная затрата тепла на испарение. В этот период в пригороде, в частности, в районе Каунчи, территория которого занята, в основном, посевами хлопчатника, возделанные поля еще не имеют выраженного растительного покрова (высота хлопчатника около 10 см). Основной деятельной поверхностью являются вспаханные поля, поверхность которых значительно прогревается. Это обусловливает более высокие температуры воздуха в пригороде по сравнению с городом.

Во все остальные месяцы город теплее, чем пригород. Следует отметить, что в связи с интенсивной урбанизацией Ташкента различия в температуре воздуха между городом и пригородом заметно возросли.

Различия в режиме влажности воздуха характеризуются более высокими значениями относительной влажности и упругости водяного пара в пригородной зоне, где удельная площадь испаряющей поверхности гораздо больше (табл. 8.2).

В дальнейшем аналогичные выводы были получены Г.Е. Глазыриным [28] при сравнении режима температуры в Ташкенте и Дальверзине. Однако станция Дальверзин, находящаяся достаточно далеко от Ташкента, в Голодной степи, подвержена влиянию иных мезомасштабных климатообразующих факторов, в частности, влиянию циркуляции Ферганской долины. Поэтому полученные в [28] величины, строго говоря, не могут свидетельствовать о влиянии урбанизации на климат города Ташкента.

Попытка показать эффект урбанизации в Самарканде была предпринята в [43] путем сравнения наблюдений в этом городе и на станции Каттакурганское водохранилище. Однако избранный репер принципиально отличается от Каунчи отсутствием богатого растительного покрова. Поэтому лишь зимой, особенно в ночные часы, город теплее окрестностей (табл. 8.3). Летом Самарканд, благоустроенный и хорошо озелененный, скорее является "островом холода". Влажность в городе также несколько выше, чем в пригороде (табл. 8.4).

"Шапки тепла" в небольших городах существуют в течение года непосредственно над промышленными объектами и обнаруживаются специально организованными наблюдениями. Так, над промышленной

площадкой алюминиевого завода в городе Турсунзаде (Таджикистан) превышение температуры по сравнению с окрестностями в июле достигает 3-4°С [21].

Таблица 8.2

Разности парциального давления водяного пара ($\Delta\bar{e}$), относительной влажности ($\Delta\bar{f}$) и дефицита насыщения ($\Delta\bar{d}$) между городом и пригородом (Ташкент, обсерватория - станция Каунчи)

Характеристика влажности	Период	I	II	III	IV	V	VI	VII
$\Delta\bar{e}$, гПа	1936-1960	-0,4	-0,5	-0,7	-0,9	-1,1	-1,8	-1,7
	1956-1975	-0,3	-0,5	-0,9	-0,9	-0,8	-1,6	-2,5
	1966-1975	-0,2	-0,4	-0,6	-0,9	-0,9	-2,1	-2,9
	1976-1985	-0,5	-0,6	-1,0	-1,0	-1,5	-2,0	-3,0
$\Delta\bar{f}$, %	1936-1960	-12	-9	-7	-6	-4	-5	-5
	1956-1975	-11	-10	-9	-5	-2	-5	-8
	1966-1975	-11	-11	-9	-5	-2	-6	-9
	1976-1985	-12	-14	-11	-7	-4	-7	-10
$\Delta\bar{d}$, гПа	1936-1960	1,0	0,9	0,8	0,7	0,5	0,7	1,6
	1956-1975	1,2	1,1	1,1	0,9	0,2	0,9	3,2
	1966-1975	1,1	1,1	1,0	0,9	0,2	1,6	3,9
	1976-1985	1,4	1,5	1,3	1,3	0,7	0,7	4,6

Характеристика влажности	Период	VIII	IX	X	XI	XII	Год
$\Delta\bar{e}$, гПа	1936-1960	-1,6	-0,9	-0,3	-0,2	-0,5	-0,9
	1956-1975	-2,3	-1,5	-0,5	-0,6	-0,4	-1,0
	1966-1975	-2,2	-1,6	-0,6	-0,6	-0,4	-1,2
	1976-1985	-3,0	-1,7	-0,9	-0,6	-0,5	-1,4
$\Delta\bar{f}$, %	1936-1960	-6	-6	-4	-7	-10	-7
	1956-1975	-9	-9	-6	-10	-11	-8
	1966-1975	-10	-9	-7	-12	-11	-8
	1976-1985	-12	-8	-7	-10	-13	-10
$\Delta\bar{d}$, гПа	1936-1960	1,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0
	1956-1975	3,4	2,3	1,1	1,5	1,2	1,4
	1966-1975	3,8	2,3	1,3	1,8	1,3	1,7
	1976-1985	4,9	2,5	1,3	1,5	1,6	2,0

Таблица 8.3

Разности средней суточной ($\Delta\bar{\bar{T}}_{сут}$), минимальных ($\Delta\bar{T}_{мин}$, $\Delta\bar{T}_{абс.мин}$), и максимальных ($\Delta\bar{T}_{макс}$, $\Delta\bar{T}_{абс.макс}$) температур воздуха за период 1957-1975 годов между городом и пригородом (Самарканд, агрометеостанция - Каттакурганское водохранилище)

Температура,°С	I	II	III	IV	V	VI	VII
$\Delta\bar{T}$	0,4	0,1	-0,3	-1,1	-1,6	-2,1	-2,6
$\Delta\bar{T}_{мин}$	-0,1	-0,4	-0,4	-0,9	-1,6	-2,2	-2,9
$\Delta\bar{T}_{абс.мин}$	4,3	2,7	4,5	-0,9	-1,4	-2,2	-2,6
$\Delta\bar{T}_{макс}$	0,9	0,4	-0,5	-0,7	-1,5	-2,1	-1,8
$\Delta\bar{T}_{абс.макс}$	0,4	1,1	1,0	-1,4	0,9	-1,6	-1,4
Температура,°С	VIII	IX	X	XI	XII	Год	
$\Delta\bar{T}$	-2,5	-1,8	-0,6	-0,4	0,1	-1,1	
$\Delta\bar{T}_{мин}$	-2,7	-1,6	-0,7	-0,4	-0,3	-1,1	
$\Delta\bar{T}_{абс.мин}$	-2,6	0,6	-1,2	-4,0	0,8	4,3	
$\Delta\bar{T}_{макс}$	-1,9	-1,4	-0,7	-0,4	0,7	-0,8	
$\Delta\bar{T}_{абс.макс}$	-2,9	1,3	-0,7	1,7	1,7	-1,4	

Таблица 8.4

Разности парциального давления водяного пара ($\Delta\bar{e}$), относительной влажности ($\Delta\bar{f}$) и дефицита насыщения ($\Delta\bar{d}$) за период 1951-1975 годов между городом и пригородом (Самарканд, агрометеостанция - Каттакурганское водохранилище)

Характеристика влажности	I	II	III	IV	V	VI	VII
$\Delta\bar{f}$, %	-5	-3	0	0	6	9	12
$\Delta\bar{e}$, гПа	-0,3	-0,4	-0,3	-0,5	0,2	1,5	2,4
$\Delta\bar{d}$, гПа	0,6	0,4	0,3	-0,3	-2,4	-5,2	-7,4
Характеристика влажности	VIII	IX	X	XI	XII	Год	
$\Delta\bar{f}$, %	12	12	8	2	-3	5	
$\Delta\bar{e}$, гПа	2,0	1,4	0,6	0,1	0,0	0,6	
$\Delta\bar{d}$, гПа	-6,5	-4,3	-1,8	-0,3	0,3	2,2	

Мы не останавливаемся здесь на метеорологических явлениях, зависящих от температуры и влажности (заморозки, туманы, грозы и др.). О загрязнении воздушной среды над городом, окружающей окрестностью и происходящим в итоге ослаблении притока солнечной радиации было сказано в главе 2. Что же касается количества осадков, которых как в Ташкенте, так и в Самарканде больше, чем в их пригородах, то вряд ли в условиях предгорий можно надежно разделить влияние орографии и городских условий.

Модификация климата под воздействием мелиорации и опустынивания имела место в Средней Азии на колоссальных площадях. Во-первых, планомерное орошение и освоение земель в Ферганской долине и Голодной степи. Во-вторых, снижение уровня Аральского моря и освобождение от воды десятков тысяч квадратных километров, явившееся результатом непродуманного изъятия вод для орошения из Сырдарьи и Амударьи.

Тенденцию этих двух процессов можно продемонстрировать табл. 8.5, из которой видно, что с 1960 года наблюдается неуклонное снижение уровня Аральского моря и столь же неуклонный рост орошаемых площадей. Несомненно, это должно было привести к изменению местных особенностей климата.

Таблица 8.5

Многолетний ход уровня Аральского моря и орошаемых площадей в ирригационных районах

Годы	Уровень Аральского моря, абс.м	Ферганская долина, тыс.га	Голодная степь, тыс.га	Бассейн Аральского моря, тыс.га
1950	53,2	830	170	-
1955	53,3	905	230	-
1960	52,5	970	280	-
1965	51,3	1040	420	4038
1970	50,0	1075	510,2	4313
1975	49,5	1167	633,8	5353,9
1980	46,0	1226	739	5976,6
1985	42,0	1208,4	884	6779,4
1990	39,6	-	-	-

Как уже было показано в предыдущих разделах, определяющую роль в формировании колебаний климата играют естественные факто-

ры, проявляющиеся, в первую очередь, в изменчивости общей циркуляции атмосферы. Сопоставим сглаженный многолетний ход отклонений от нормы повторяемости типов циркуляции (рис. 1.2, 1.3) и осредненных по площади температур воздуха Ферганской долины и Голодной степи (рис. 8.1). Среднее значение температуры по Ферганской долине сформировано данными станций Фергана, Байток, Наманган, Андижан, Федченко и Коканд; по Голодной степи - станций Джизак, Янгиер, Сырдарья, Кокарал, Дальверзин, Богарное и Галляарал; по Приаралью - станций Уялы, Муйнак, Тигровый, Чимбай [51, 52].

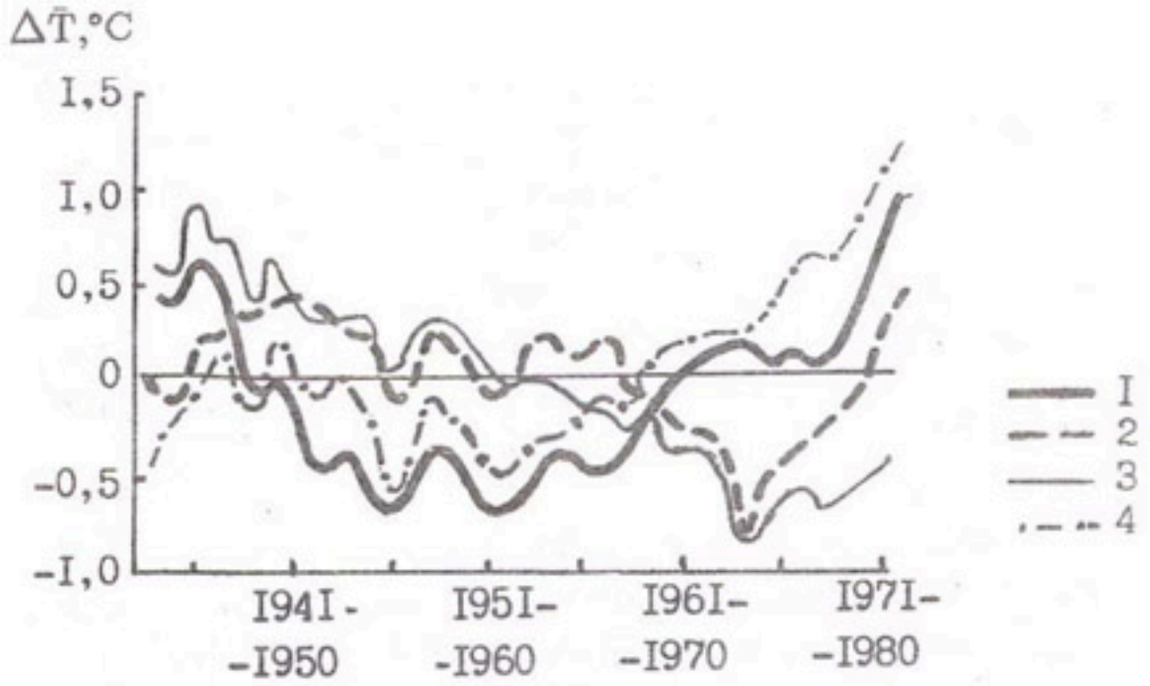


Рис. 8.1. 10-летние скользящие средние отклонения температуры воздуха от средней многолетней. 1-Тамды, 2-Приаралье, 3-Ферганская долина, 4-Голодная степь.

На рис. 8.1 достаточно четко видна согласованность изменений, происшедших в температурном режиме и общей циркуляции атмосферы, независимо от типа изменений в окружающей среде (усыхание или орошение). Этот же вывод следует из табл. 8.6, где приведены значения линейного тренда β и его вклад в общую дисперсию ряда α. Очевидно, что после 1960 года знак тенденции температуры изменился. Увеличение повторяемости меридиональных форм циркуляции сопровождалось до конца 70-х годов похолоданием зимой и потеплени-

ем летом. Похолодание было менее заметным в закрытой Ферганской долине, а потепление - в Голодной степи. Что касается Приаралья, то там ярко выражены обе тенденции. Однако, несомненно, что на всей территории температурные колебания были связаны, в первую очередь, с глобальными циркуляционными факторами.

Таблица 8.6

Линейный тренд (β,°С/год) средней месячной температуры воздуха и относительный вклад тренда в общую дисперсию ряда (α, %)

Район	ЦЭ I		ЦЭ II		ЦЭ I		ЦЭ II	
	β	α	β	α	β	α	β	α
	Январь				Июль			
Приаралье	0,11	8	-0,21	12	-0,04	10	0,09	24
Голодная степь	0,16	14	-0,16	8	-0,03	3	0,01	0
Ферганская долина	0,16	18	-0,09	4	-0,00	0	0,05	13
Тамды	0,11	7	-0,21	10	-0,06	16	0,11	28

Для того, чтобы показать роль антропогенного фактора, рассмотрим разность температуры воздуха на реперной станции Карак и станциями Приаралья, реперной станцией Тамды и станциями Голодной степи и Ферганской долины (табл.8.7). При отсутствии каких-либо преобразующих природу мероприятий эта разность должна оставаться относительно постоянной, не взирая на изменение характера общей циркуляции атмосферы. Однако, как видно из табл. 8.7, она имела вполне определенную тенденцию. В Приаралье, где от ранее прибрежных станций отошла вода, происходило выравнивание температурного поля, и станции приближались по своим термическим условиям к пустынным. В Голодной степи, с ее интенсивно осваиваемыми землями, отличие от пустыни возрастало. В Ферганской долине орошение началось давно и сейчас идет не столь быстрыми темпами. Вероятно, по этой причине изменения разности средней температуры в Ферганской долине не велики.

Таблица 8.7

Разность средней месячной температуры воздуха на реперных станциях и станциях Приаралья, Голодной степи, Ферганской долины

Станция	1951-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990
Уялы	-2,4	-1,8	-2,3	-0,6
Муйнак	-1,4	-1,1	-1,2	-0,6
Барсакельмес	-2,3	-2,3	-1,9	-0,9
Аральское море	-1,5	-1,3	-1,1	-0,3
Хива	-0,3	-0,6	-0,5	-0,1
Чимбай	-1,3	-1,0	-1,0	-0,6
Акбайтал	+1,6	+1,3	+1,5	+1,5
Тамды	+2,6	+2,8	+2,8	+2,6
Пайтуг	-2,5	-3,1	-3,2	-3,1
Коканд	-2,3	-3,0	-3,0	-1,7
Джизак	-1,0	-1,8	-2,9	-2,0
Дальверзин	-2,4	-3,3	-3,6	-2,5
Галляарал	-3,3	-3,6	-4,0	-3,5
Фергана	-3,1	-3,4	-3,3	-2,8

Таблица 8.8

Линейный тренд (β) разности температуры воздуха между реперной станцией и станциями, расположенными в разных зонах увлажнения, и относительный вклад тренда в общую дисперсию ряда (α)

Район	ЦЭ I		ЦЭ II	
	β,°С/год	α,%	β,°С/год	α,%
Приаралье	0,03	3	-0,01	1
Ферганская долина	0,03	7	0,04	16
Голодная степь	0,01	1	0,13	82

Аналогичная картина вырисовывается при рассмотрении суточных амплитуд температуры (табл. 8.9), особенно в зоне опустыни-

вания. Если до 1960 года их тренд в Приаралье был отрицательным, то после 1960 - суточная амплитуда стала резко возрастать ($\beta = 2,5°C/10$лет) при существенной значимости тренда.

Таблица 8.9

Линейный тренд средней суточной амплитуды температуры воздуха (β) и относительный вклад тренда в общую дисперсию ряда (α)

Район	ЦЭ I		ЦЭ II	
	β,°C/год	α,%	β,°C/год	α,%
Приаралье	-0,08	50	0,25	85
Голодная степь	0,05	10	0,04	12
Ферганская долина	-0,04	13	0,00	0
Реперная станция	0,04	7	0,01	2

Различие значений тренда амплитуды температуры между эпохами в Приаралье оказалось более значительным, чем в Голодной степи и Ферганской долине, где циркуляционные факторы влияют более существенно, чем антропогенные.

Таблица 8.10

Линейный тренд относительной влажности воздуха (β) и относительный вклад тренда в общую дисперсию ряда (α)

Станция	ЦЭ I		ЦЭ II	
	β,°C/год	α,%	β,°C/год	α,%
Уялы	0,32	7	-0,30	8
Муйнак	0,22	29	-0,16	5
Джизак	0,10	4	0,54	58
Фергана	0,26	29	0,15	6
Карак	0,20	10	-0,14	5

Не менее ярко выражен эффект антропогенного воздействия в изменении относительной влажности (табл. 8.10). До 1960 года большинство станций отличалось положительной тенденцией (в Фергане и Муйнаке даже статистически значимой). После 1960 года на ре-

перной станции Карак влажность начала уменьшаться. В Приаралье также возник отрицательный тренд, но величина и значимость его существенно превосходят значения для Карака. В Голодной степи и Ферганской долине продолжался рост относительной влажности. Наиболее заметен он в Джизаке, около которого за рассматриваемый период сформировалось из сбросовых вод обширное оз. Айдаркуль, и на станции Пайтуг в Ферганской долине, расположенной среди расширяющегося массива орошаемых земель.

Для оценки антропогенного и естественного факторов вычислено отношение изменений температуры на реперной станции ($\Delta T_р$) и на станциях, расположенных в разных физико-географических районах ($\Delta T_{ст}$):

$$\varepsilon = \frac{\Delta T_{ст} - \Delta T_р}{\Delta T_р}.$$

В качестве репера для Приаралья выбрана станция Карак, для Голодной степи - Тамды, для Ферганской долины - Коканд.

Изменения $\Delta T_р$, в основном, обусловлены естественными факторами, $\Delta T_{ст}$ складывается из естественных и антропогенных ($\Delta T_{ст} = \Delta T_р + \Delta T_а$).

При отсутствии антропогенного воздействия $\varepsilon = 0$, при $\varepsilon = \pm 1$ изменения под воздействием антропогенных факторов равны изменениям, связанным с циркуляционными причинами. При $\varepsilon > 1$ имеют место только антропогенные факторы.

Таблица 8.11

Значение ε (%) в июле

Станция	ε	Станция	ε
Аральское море	+43	Каракалпакия	+27
Уялы	+53	Жаслык	+30
Муйнак	+33	Акбайтал	-6
Барсакельмес	+47	Тамды	-1
Чимбай	+30	Репетек	-23
Ургенч	-23	Байрамалы	-85
Хива	-33	Ташкент	-45
		Фергана	-100

Как следует из табл. 8.11, наибольшие изменения под воздействием антропогенных факторов произошли в Уялы (Приаралье) и Фергане (Ферганская долина).

Аналогичные расчеты можно произвести и для других метеорологических элементов, например для влажности. Так, величина ϵ для относительной влажности в Уялы составила 133%.

Изменения термических и влажностных характеристик при смене условий увлажнения происходят в результате изменения структуры теплового баланса (ТБ) деятельной поверхности.

Этот вопрос в приложении к задаче выявления антропогенного воздействия климата был рассмотрен Б.А.Айзенштатом на примере Голодной степи [6]. Предложенный им подход может быть использован в аналогичных целях для других территорий. Были рассчитаны средние взвешенные по площади значения дневных составляющих ТБ: радиационного баланса $\bar{R}$, турбулентного потока тепла $\bar{P}$, потока тепла в почву $\bar{B}$ и затрат тепла на испарение $\bar{LE}$ с учетом оропаемой ($F_{ор}$), неоропаемой ($F_{нор}$) и общей площади Голодной степи ($F_{общ}$):

$$\bar{R} = \frac{1}{F_{общ}}(R_{ор} \cdot F_{ор} + R_{нор} \cdot F_{нор}),$$

$$\bar{P} = \frac{1}{F_{общ}}(P_{ор} \cdot F_{ор} + P_{нор} \cdot F_{нор}),$$

$$\bar{B} = \frac{1}{F_{общ}}(B_{ор} \cdot F_{ор} + B_{нор} \cdot F_{нор}),$$

$$\bar{LE} = \frac{1}{F_{общ}}(LE_{ор} \cdot F_{ор} + LE_{нор} \cdot F_{нор}),$$

где обозначения потоков R, P, B, LE с индексами "ор" и "нор" характеризуют дневные суммы соответствующих потоков, относящихся к оропаемым и неоропаемым площадям.

Динамика развития оропаемого земледелия в Голодной степи оценивалась по данным [70]. Использовался ряд значений за период с 1925 по 1978 год по пятилетиям. Также были привлечены данные за 1913 год. Общая площадь Голодной степи принята равной 850 тыс. га.

Анализ проведен для июля, характеризующегося наиболее высокими значениями тепловых потоков.

Для орошаемых территорий были приняты средние величины дневных сумм ТБ по данным экспедиционных наблюдений в совхозе Пахтаарал [1,2]. Эти данные характерны для орошаемых земель и других районов; они весьма близки к значениям, полученным М.В.Зуевым для хлопкового поля на агрометеостанции Бэзсу [36]. Для неорошаемых участков привлечены материалы наблюдений в районе совхоза "30 лет Октября" в пустынной части Голодной степи, удаленной от орошаемого массива, примерно, на 20 км. Учитывая однородность географических условий Голодной степи, использованные материалы, полученные синхронно в указанных двух точках этого района, можно считать репрезентативными для орошаемых и неорошаемых районов всей рассматриваемой территории.

Для каждого пятилетия были рассчитаны средние взвешенные величины потоков $\bar{R}$, $\bar{P}$, $\bar{B}$ и $\bar{LE}$, а затем получены характеристики структуры ТБ: $\bar{P}/\bar{R}$, $\bar{B}/\bar{R}$, $\bar{LE}/\bar{R}$. Эти данные, как отмечалось, показывают, в каком соотношении распределяется радиационное тепло, получаемое деятельной поверхностью между составляющими $\bar{P}$, $\bar{B}$ и LE.

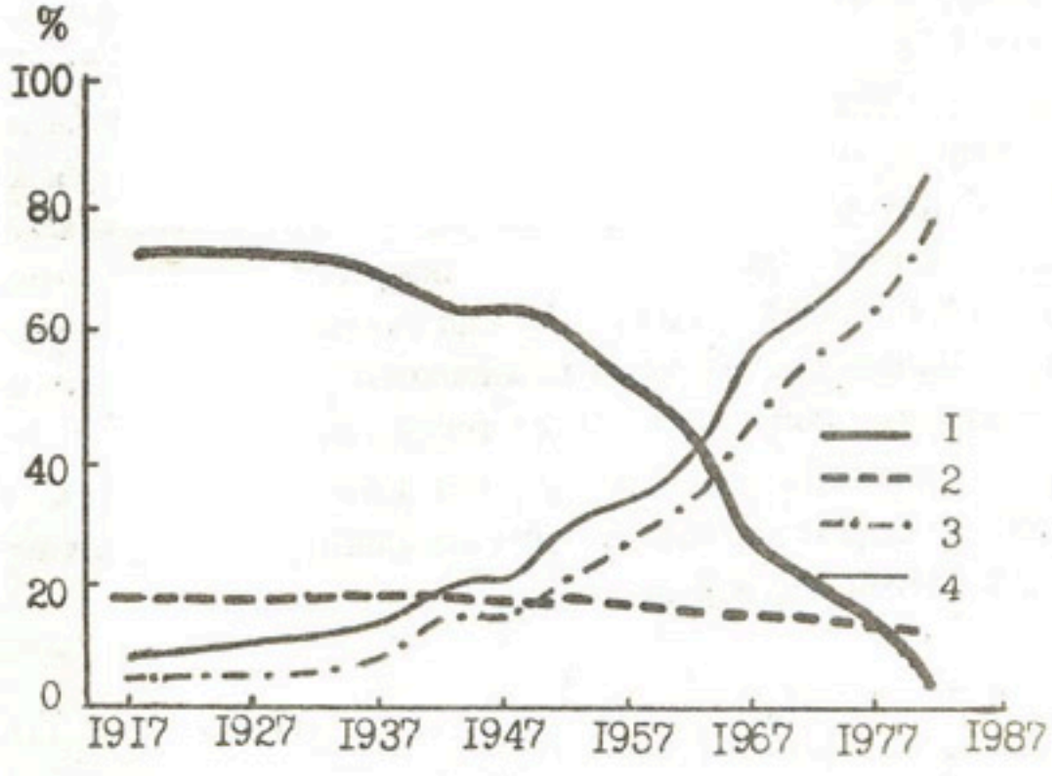


Рис. 8.2. Изменения структуры теплового баланса в Голодной степи. 1-$\bar{LE}/\bar{R}$, 2-Fор/Fобщ, 3-$\bar{B}/\bar{R}$, 4-$\bar{P}/\bar{R}$.

Изменение структуры ТБ за период 1913-1978 годов, вызванное ростом орошаемых площадей, показано на рис. 8.2. Анализ графиков показывает, что в период быстрого роста площадей, освоенных под посевы хлопчатника, происходит уменьшение теплоотдачи от почвы в воздух, выраженное уменьшением доли турбулентного потока тепла $\bar{P}/\bar{R}$, вместе с тем происходит быстрый рост доли затрат тепла на испарение, следовательно, и величины испарения. Если в 1947 году, когда $F_{op} = 123$ тыс.га, $\bar{P}/\bar{R} = 63\%$, $\bar{LE}/\bar{R} = 20\%$, то к 1978 году, когда $F_{op} = 648$ тыс.га, то есть орошаемая площадь увеличилась более чем в 5 раз, $\bar{P}\bar{R} = 3\%$, $\bar{LE}/\bar{R} = 85\%$. Таким образом, развитие орошения в Голодной степи привело к коренному изменению структуры теплового баланса деятельной поверхности от условий, характерных для пустынной засушливой территории в начале рассматриваемого периода, до условий высокого увлажнения, типичных для орошаемых хлопковых полей, в конце периода.

Выявленное изменение структуры ТБ должно привести к понижению температуры и увеличению влажности воздуха в приземном слое атмосферы. Для рассматриваемого периода были рассчитаны средние взвешенные разности температуры воздуха между орошаемыми и неорошаемыми площадями $\Delta\bar{t}_{op\text{-}hop}$, основанные на материалах экспедиций, проведенных в Голодной степи (хлопковое поле - полупустыня) [3,4] и в районе Шафрикана (хлопковое поле - пустыня Кызылкум) [4]. Средняя за дневной период (6-20 ч) величина разности температур на высоте 1,5 м в июле оказалась равной для Голодной степи 3,8°, для района Шафрикана 3,4°С. Для последующих расчетов была принята средняя из этих значений разность температур: $\Delta\bar{t}_{op\text{-}hop} = 3,6°C$. Эту величину можно считать достаточно характерной для большинства орошаемых хлопковых полей в сопоставлении с пустынными или полупустынными территориями Средней Азии.

Затем по разностям $\Delta\bar{t}_{op\text{-}hop}$ для Голодной степи для каждого пятилетия были рассчитаны средние взвешенные значения температур $\Delta\bar{t}_{op\text{-}hop}$ с учетом F_{op} и $F_{общ}$ по формуле:

$$\Delta\bar{t}_{op\text{-}hop} = \Delta t_{op\text{-}hop} \cdot (F_{op}/F_{общ})$$

Аналогичным путем по материалам Пахтааральской экспедиции были найдены значения средних взвешенных разностей парциального

давления водяного пара $\Delta\bar{e}_{ор\text{-}нор}$ и относительной влажности $\Delta\bar{f}_{ор\text{-}нор}$ по формулам:

$$\Delta\bar{e}_{ор\text{-}нор} = \Delta e_{ор\text{-}нор} \cdot (F_{ор}/F_{общ}) ,$$

$$\Delta\bar{f}_{ор\text{-}нор} = \Delta f_{ор\text{-}нор} \cdot (F_{ор}/F_{общ}) ,$$

где $\Delta e_{ор\text{-}нор} = 9,9$ гПа и $\Delta f_{ор\text{-}нор} = 26\%$ - разности средних дневных значений парциального давления водяного пара и относительной влажности между полем и полупустыней на высоте 1,5 м.

Из табл. 8.12 следует, что в течение рассматриваемого периода отрицательные разности $\Delta t_{ор\text{-}нор}$ увеличиваются. В начале периода при малой доле орошаемых площадей разности температур составляют от $-0,2$ до $-0,3°C$, а в конце периода при выраженном преобладании орошаемых площадей ($F_{ор}/F_{общ} = 0,76$) они достигли $-2,7°C$. Эти данные характеризуют соответствующее понижение средней взвешенной температуры воздуха Голодной степи, обусловленное ростом площади поливных земель.

Таблица 8.12

Изменения средних взвешенных значений разностей температуры воздуха ($\Delta\bar{t}_{ор\text{-}нор}$), парциального давления водяного пара ($\Delta\bar{e}_{ор\text{-}нор}$) и относительной влажности ($\Delta\bar{f}_{ор\text{-}нор}$) для территории Голодной степи в июле

Годы	$\Delta\bar{t}_{ор\text{-}нор}$, °C	$\Delta\bar{e}_{ор\text{-}нор}$, гПа	$\Delta\bar{f}_{ор\text{-}нор}$, %
1925-1929	-0,3	0,7	2
1930-1934	-0,3	0,8	2
1935-1939	-0,4	1,1	3
1940-1944	-0,6	1,5	4
1945-1949	-0,5	1,4	4
1950-1954	-0,8	2,1	6
1955-1959	-1,0	2,6	7
1960-1964	-1,2	3,4	9
1965-1969	-1,7	4,7	12
1970-1974	-2,1	5,3	15

Вместе с ростом орошаемых площадей происходит заметный рост показателей влажности воздуха. Разности средних взвешенных

значений парциального давления водяного пара орошаемых и неорошаемых территорий к концу рассматриваемого периода достигают 7,5 гПа, а соответствующее увеличение относительной влажности достигает 20%.

Следует заметить, что в природных условиях обмен масс наиболее активно осуществляется вблизи границ орошаемых и неорошаемых территорий, и с удалением от этой границы воздухообмен довольно быстро затухает. Таким образом, при чередовании орошаемых и неорошаемых участков обычно отмечаются наиболее низкие температуры и более высокая влажность воздуха над орошаемым полем и, наоборот, более высокие температуры и более низкая влажность над неорошаемыми участками. Именно поэтому данные об изменении температуры и влажности воздуха, связанные с ростом орошаемых площадей, полученные на основе анализа рядов наблюдений метеорологических станций, могут отличаться от результатов, полученных методом осреднения по площади. Кроме того, разброс значений ΔT, Δe и Δf может быть обусловлен разным расстоянием станций от орошаемых земель. Вместе с тем, данные анализа материалов наблюдений станций, расположенных в зоне оазиса, представляют интерес, характеризуя климатические условия обитания людей на орошаемой территории. При рассмотрении вопроса о влиянии орошения на метеорологический режим, очевидно, представляют интерес оба подхода, которые, известным образом, дополняют друг друга, дают более полное представление о тех метеорологических эффектах, которые возникают в результате освоения новых земель под орошение.

Данные расчетов, основанные на средних взвешенных величинах температуры и влажности, могут характеризовать изменение климата, связанное с ростом орошаемых площадей, относящееся ко всей территории Голодной степи, включающей как орошаемые зоны, так и неорошаемые.

Для выяснения вопроса о правомочности перенесения результатов, полученных для Голодной степи, на северо-западную территорию Узбекистана, представленную станциями Тамды, Каракалпакия и Тахиаташ, были выполнены для июля расчеты составляющих ТБ и характеристик структуры ТБ. Естественно, что результаты этих расчетов будут характеризовать условия, свойственные неорошаемым землям. Для характеристики радиационных условий из климатического справочника [76] для рассматриваемых трех станций были взяты

значения радиационного баланса по срочным наблюдениям; по ним построены графики суточных ходов; с этих графиков для каждого часа дневного периода (с 6 до 20 ч) снимались ординаты и затем находились дневные суммы R (ΣR).

Поток тепла в почву B определялся расчетным путем по методу Г.Х. Цейтина [88]. Исходными данными служили осредненные за 10-летний период срочные значения температуры почвы ($t_з$) на глубинах 0, 5, 10, 15, 20 см. Путем графической интерполяции были получены значения $t_з$ за каждый четный час, необходимые при расчетах B. Использованы значения объемной массы почвы по данным полевых определений агрогидрологических свойств почвы [49]. По рассчитанным для каждого часа значениям B вычислялись их дневные суммы (ΣB). Дневные суммы турбулентного потока тепла (ΣP) определялись в виде остаточного члена уравнения теплового баланса, без учета тепла на испарение ($\Sigma LE = 0$), что для рассматриваемых районов для июля вполне оправдано. Таким образом, ΣP находилась в виде

$$\Sigma P = \Sigma R - \Sigma B \ .$$

В табл. 8.13 приведены дневные суммы составляющих ТБ и показатели структуры ТБ для рассматриваемых трех станций. Кроме того, для сравнения приведены соответствующие величины, полученные путем экспедиционных наблюдений в Репетеке (юго-восточные Каракумы), в Шафрикане (южная окраина пустыни Кызылкум) и на целинных землях Голодной степи в районе совхоза "30 лет Октября" [3, 42]. Из табл. 8.13 следует, что структура теплового баланса характеризует эту территорию как не менее засушливую, чем пустыни Каракумы и Кызылкум и Голодная степь в начальный период ее освоения: в среднем для пустынной зоны северо-запада Узбекистана $\Sigma P/\Sigma R = 87$, $\Sigma B/\Sigma R = 13\%$, для Голодной степи - $\Sigma P/\Sigma R = 84$, $\Sigma B/\Sigma R = 16\%$.

Учитывая данные, приведенные для Голодной степи, можно заключить, что в результате орошения пустынной территории на орошаемых землях произойдут изменения температуры и влажности воздуха, примерно, на такую же величину, как и в Голодной степи после освоения преобладающей ее территории под орошаемое земледелие.

Величины такого же порядка получил Н.С.Орловский [64, 65] из расчета для орошенной площади 10 тыс. га. По его данным в районе Голодной степи изменение температуры воздуха за счет орошения

Таблица 8.13

Дневные суммы составляющих теплового баланса (ТБ) деятельной поверхности (мДж/м^2) и показатели структуры теплового баланса (%)

Станция	Месяц	Составляющие ТБ				Структура ТБ		
		ΣR	ΣP	ΣB	ΣLE	ΣP/ΣR	ΣB/ΣR	ΣLE/ΣR
Северо-западная территория								
Тамды	VII	11,5	9,3	2,2	0	81	19	0
Каракалпакия	VII	11,5	10,0	1,5	0	87	13	0
Тахиаташ	VII	13,4	12,2	1,2	0	91	9	0
Средняя по территории		12,1	10,5	1,6	0	87	13	0
Юго-восточная территория								
Репетек	VIII	13,8	11,6	2,3	0	84	16	0
Шафрикан	VII	14,1	12,1	2,0	0	86	14	0
Совхоз "30 лет Октября"	VII	14,0	11,4	2,6	0	81	19	0
Средняя по территории		14,0	11,7	2,3	0	84	16	0

должно быть около 2,5°С. Изменение сумм температур выше 10° определяется по формуле:

$$\Delta\Sigma T_{>10} = 0,11\Sigma T_{>10} - 172 \ .$$

Для активных температур эта величина составляет 5-10, а для эффективных температур - 9-17% от величины температурных ресурсов до орошения. Для Голодной степи и Ферганской долины это должно быть, как минимум, 200 – 230°.

Таким образом, как показано выше, локальные изменения метеорологических характеристик, происходящие под воздействием урбанизации, орошения и опустынивания, в летнее время могут достигать 2,7°С для температуры, 7,5 гПа для парциального давления водяного пара и 20% для относительной влажности.

Приведенными выше примерами локального антропогенного влияния на климат далеко не ограничивается спектр аналогичных явлений в Средней Азии. Сюда можно добавить формирование климата

прибрежных зон водохранилищ - Чарвакского, Чардаринского, Кайраккумского, Айдаркуль, Камбаратинского, Андижанского и других, а также Каракумского канала. Во-вторых, это опустынивание в зонах открытых разработок полезных ископаемых, строительства комбинатов, вырубки лесов. Однако метеорологическая сеть в Средней Азии слишком редка для корректной оценки этих климатических изменений.

Кроме того, нельзя не учитывать тот факт, что интенсивность трансформации воздушных масс на территории Средней Азии неодинакова. Так, в [25] показано, что при термической депрессии она больше на северо-западе Средней Азии и минимальна на юге. Понижение температуры при северных вторжениях в 1,5 раза меньше на юге, чем на севере. Аналогичная ситуация складывается и при юго-западной периферии антициклона. Таким образом, увеличение повторяемости термической депрессии, например, может не сказаться ощутимо на юге Туркменистана. Не исключено, что местные циркуляции могут приводить к подобным ситуациям и на меньших площадях.

Следовательно, при объяснении повышения тепловых ресурсов в Приаралье только процессами опустынивания, а понижения их в отдельных районах - только влиянием орошения, есть риск допустить методическую ошибку.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщая особенности динамики климата Средней Азии, следует обратить внимание на некоторые основные положения.

1. В климате Средней Азии за период метеорологических наблюдений имели место неоднократные весьма существенные флуктуации. Особенно резко проявились они во второй половине текущего столетия, когда отклонения от средних многолетних значений (нормы) отдельных метеоэлементов превзошли масштабы внутривековой естественной изменчивости.

2. Изучаемый период характеризовался сменой двух эпох общей циркуляции атмосферы на рубеже 1950-1960 годов и ускоренным развитием антропогенного воздействия на природу.

3. К первой циркуляционной эпохе относится период 1930-1960 годов, характерный превышением над нормой повторяемости широтного (Ш) типа циркуляции. Во второй циркуляционной эпохе (1961-1985 годы) повторяемость типа Ш уменьшилась. Преобладание над нормой стало привилегией меридиональных типов С и Е, особенно типа С. В настоящее время мы являемся свидетелями вновь намечающегося оживления широтного характера циркуляции и резкого уменьшения повторяемости типа Е. 1986-1993 годы возможно являются переходными к новой циркуляционной эпохе.

4. В картине региональных циркуляционных процессов глобальные явления отразились, в первую очередь, в том, что повторяемость холодных вторжений и циклонических прорывов над Средней Азией после 1960 года в отличие от предшествовавшего периода оказалась ниже нормы. Малоградиентные поля повышенного и пониженного давления, а также малоподвижный циклон стали более частыми процессами.

5. Радиационный режим в Средней Азии, как и на всем северном полушарии, с начала 60-х годов до середины 80-х отличался отрицательной тенденцией прямой солнечной радиации и радиационного баланса в ясные дни и увеличением рассеянной радиации. Последнее особенно четко проявляется в крупных промышленных городах, где велико загрязнение атмосферы. Ослабление прихода прямой солнечной радиации происходило как за счет увеличения аэрозольных примесей, так и за счет увеличения количества водяного пара. Заслуживает вни-

мание факт резкой смены тенденции в последние 5-7 лет: отдельные всплески величин радиационных характеристик оказались сравнимыми с величинами исходных точек рядов.

Одновременно с уменьшением значений радиационных характеристик в ясные дни уменьшалось число ясных дней как по общей, так и по нижней облачности, при увеличении числа полуясных дней.

6. В температурном режиме в 1960-1985 годах летом и осенью преобладала положительная тенденция. Последнее десятилетие (1981-1990 годы) было замечательно тем, что при сохранявшейся положительной аномалии теплого полугодия зимы оказались наиболее теплыми за весь период наблюдений. Отклонения температуры воздуха от нормы достигали на некоторых станциях 3°С. Изотерма минус 3°С в январе сместилась почти к северной границе Средней Азии. Таким образом, вся ее территория вошла в зону субтропического климата.

7. Интересным явлением, обнаруженным при анализе тепловых (термических) ресурсов вегетационного периода в Средней Азии, на большинстве станций во вторую ЦЭ было смещение безморозного периода к концу календарного года. Даты перехода средних суточных температур через 10 и 15°С осенью сместились также к более поздним. В последние годы замечена противоположная тенденция.

8. Внутригодовая структура потепления характерна тем, что не только зимние отклонения средних суточных температур воздуха от нормы были выше, чем летние, но и отклонения средних минимальных температур в течение года выше, чем отклонения средних максимальных. Таким образом, происходило уменьшение эффективного излучения земной поверхности. Это послужило причиной изменения климатической картины стратификации нижней тропосферы в сторону уменьшения ее устойчивости.

9. В колебаниях температуры воздуха вполне определенно просматривается роль характера подстилающей поверхности и рельефа. Положительные отклонения средних за десятилетие месячных и сезонных летних температур воздуха от среднего многолетнего значения (нормы) максимальны в центральной пустынной части Средней Азии. Среди обширных массивов орошаемых земель колебания сглаживаются и имеют иногда знак противоположный общей тенденции. При значительных (0,5-1,0°С) отклонениях летом на равнине изменения на горных станциях имеют тот же знак; отрицательные отклонения

зимой в высокогорных котловинах и закрытых долинах существенно меньше, чем на равнинах и в тропосфере на соответствующих уровнях, а иногда оказываются и положительными. При значительном потеплении зимой на равнинах (1980-1990 годы) в горах практически в любых формах рельефа также происходит потепление (1,0-2,0°С). Эти закономерности следует учитывать при создании регионального сценария изменчивости климата Средней Азии.

10. Многолетние изменения осадков в значительной мере связаны с физико-географическими особенностями отдельных регионов и особенностями общей циркуляции атмосферы. Из всего периода наблюдений в целом по Среднеазиатскому региону выделяются 40-е годы, характеризуемые дефицитом осадков; значительным избытком осадков отличается период 1951-1960 годов. В последнем десятилетии (1981-1990 годы) изменилась конфигурация типа годового хода: в основном, на всей территории Средней Азии произошло смещение максимума осадков с апреля на март. Лишь на дне Ферганской долины максимум сместился с ноября на октябрь. На юго-востоке равнинной территории положение максимума осадков в годовом ходе не изменилось.

11. Периоды с крупными положительными аномалиями осадков ($A_i > 120$) связаны, в основном, с преобладанием меридионального типа (тип С) общей циркуляции атмосферы, а дефицит осадков ($A_i < 80$)- с широтным (тип Ш).

12. В многолетних колебаниях осадков удалось выделить 2 - 3, 4-5 и 6-7-летние циклы, присущие для равнин, предгорий и закрытых долин. На метеостанциях со свободным воздухообменом и достаточно выдвинутых в свободную атмосферу (Анзобский перевал, станция им. Горбунова) такие короткие циклы не обнаруживаются. Проявляется 13 - 15-летний цикл как на равнинной, так и горной территории. Несомненно прослеживается цикл длительностью 30 - 36 лет, аналогичный циклу общей циркуляции атмосферы.

13. Сочетание зимнего потепления и увеличения годовой суммы осадков в 1981-1990 годах на западе Средней Азии находится в некотором соответствии с палеоаналоговым прогнозом изменения глобального климата. Как следует из [17, 18], к 2005 году зимние температуры должны возрасти на 3-7°С, а количество осадков в пустынях на 50%. Однако сохраняющаяся естественная изменчивость с ее квазипериодичностью, а также, извержения вулканов (например, Тамбукту, 1991

год), влияющие на состояние климатической системы, удерживают нас от соблазна положить климатические карты истекшего десятилетия за основу климатического прогноза по Среднеазитскому региону.

14. Антропогенные влияния на климат Средней Азии осуществлялись в результате урбанизации, мелиорации и опустынивания.

В зонах орошаемого земледелия - Ферганская долина, Голодная степь, Тедженский оазис - по мере расширения осваиваемых земель и возникновения водохранилищ снизилась летняя температура и увеличилась влажность воздуха. В этих областях увеличение сумм эффективных температур за вегетационный период после 1960 года было примерно на 25-30% меньше, чем в пустынях. Что касается относительной влажности, то она увеличилась на 10-15% (например, на станции Пайтуг в Ферганской долине). Однако площади оазисов по-прежнему остаются малыми по сравнению с площадями пустынь и не могут оказать ощутимого влияния на климат за своими пределами.

Самым трагичным примером антропогенного воздействия на природу является опустынивание в Приаралье, но климатические изменения, произошедшие там, не столь велики. Практически они ощущаются на расстоянии не более 50 км от береговой линии и, в основном, проявляются в суточной амплитуде температуры воздуха, которая в пределах 30-50-километровой зоны в среднем возросла (на южном побережье на 3-7°С).

15. Следует заметить, что все указанные факторы наиболее энергично стали проявляться, начиная с 60-х годов. Таким образом, произошло совпадение двух условных временных границ - переход к более интенсивному меридиональному переносу в атмосфере и расширение хозяйственной деятельности. Оба фактора действовали в Приаралье однонаправлено: общециркуляционные факторы усиливали антропогенные. В зоне орошения происходила взаимная компенсация. В отдельных, наиболее уязвимых пунктах антропогенные и естественные факторы оказываются сопоставимыми по величине.

Список литературы

1. Адаменко В. Н., Масанова М. Д., Четвериков А. Ф. Индикация изменений климата. - Л.: Гидрометеоиздат, 1982. - 111 с.

2. Айзенштат Б. А., Кирилова Т. В. Изменение теплового баланса деятельной поверхности при орошении // Тр. ГГО. - 1953. - Вып. 39(101). - С. 37-60.

3. Айзенштат Б. А., Огнева Т. А., Борушко Т. В. Влияние орошения на распределение метеорологических элементов в приземном слое // Тр. ГГО. - 1953. - Вып. 39(101). - С. 61-90.

4. Айзенштат Б. А. Тепловой баланс и микроклимат некоторых ландшафтов песчанной пустыни // Современные проблемы метеорологии и приземного слоя воздуха. - Л.: Гидрометеоиздат, 1958. - С. 67-130.

5. Айзенштат Б. А. Закономерности географического распределения прямой солнечной и суммарной радиации // Гелиотехника. - 1969. - N 4. - С. 33-42.

6. Айзенштат Б. А. Сразнительный анализ характеристик теплового баланса и неорошаемых земель Средней Азии // Тр. САНИГМИ. - 1991. - Вып. 141(222). - С. 127-134.

7. Алисов Б. П., Дроздов О. А., Рубинштейн Е. С. Курс климатологии. Часть I и II. - Л.: Гидрометеоиздат, 1952. - 487 с.

8. Бабушкин Л. Н., Хусанова Х. К характеристике колебаний климата в Узбекистане // Изв. Узб. филиала геогр. об-ва СССР. - Ташкент: Изд. АН УзССР. - 1956 - Т. 2. - С. 3-10.

9. Бабушкин Л. Н. Климатография Средней Азии.- Ташкент: ТашГУ, 1981. - 90 с.

10. Байдал М. Х. Комплексный макроциркуляционный метод долгосрочных прогнозов погоды. - Л.: Гидрометеоиздат, 1961. - 210 с.

11. Балашова Е. Н., Житомирская О. М., Семенова О. А. Климатическое описание республик Средней Азии. - Л.: Гидрометеоиздат, 1960. - 243 с.

12. Бирман Б. А., Позднякова Т. Г. Климатический мониторинг глобальной облачности и радиации // Метеорология и гидрология. - 1991. - N 4 - С. 104-109.

13. Брукс К., Карузерс Н. Применение статистических методов в метеорологии.- Л.: Гидрометеоиздат, 1963.- 415 с.

14. Бугаев В. А. Исследования по динамической климатологии Средней Азии // Автореф. док. дисс. - М.: Гидрометеоиздат, 1961. - 96 с.
15. Бугаев В. А. Колебания климата и климатообразующие процессы // Метеорология и гидрология. - 1964. - N 12 - С. 3-8.
16. Будыко М. И. Антропогенные изменения климата. - Л: Гидрометеоиздат, 1987. - 405 с.
17. Будыко М. И. Аналоговый метод оценки предстоящих изменений климата // Метеорология и гидрология. - 1991. - N 4.- С. 39-49.
18. Будыко М. И., Гройсман П. Я. Ожидаемые изменения климата СССР к 2000 г. // Метеорология и гидрология.- 1991. - N 4. - С. 84-94.
19. Вангенгейм Г. Я. Опыт изучения общей циркуляции атмосферы применительно к задаче построения методов долгосрочных гидрометеорологических прогнозов // Тр. 1-ой научной конференции по общей циркуляции атмосферы (14-18 марта 1960 г.). - Л.: Гидрометеоиздат, 1962. - С. 44-53.
20. Венецкий И. Г., Венецкая В. И. Основные математико-статистические понятия и формулы в экономическом анализе. - М.: Статистика, 1979. - 477 с.
21. Вдовин Б. И., Царев А. М. Исследование острова тепла над алюминиевым заводом // Тр. ГГО.-1987.- Вып. 511. - С. 102-107.
22. Веремеева Т. Л., Жукова С. В., Исамухамедова У. Многолетние колебания крайних дат заморозков в Средней Азии // Тр. САНИГМИ. - 1991.- Вып. 141(222). - С. 78-87.
23. Винников К. Я. Чувствительность климата. -Л.: Гидрометеоиздат, 1986. - 60 с.
24. Войнова Т. А., Инагамова С. И., Билялова Л. Р., Григорьева Т. С. Статистические характеристики типов синоптических процессов Средней Азии //Тр. САНИИ. - 1983. - Вып. 95(176) - С. 3-11.
25. Войнова Т. А., Инагамова С. И., Мухтаров Т. Траектории воздушных масс над Средней Азией // Тр. САНИГМИ. - 1991. - Вып. 141(222). - С. 134-143.
26. Гидрометеорологические проблемы Приаралья /Под ред. Г.Н. Чичасова. - Л.: Гидрометеоиздат, 1990. - 277 с.

27. Гирс А. А. Многолетние колебания атмосферной циркуляции и долгосрочные гидрометеорологические прогнозы. - Л.: Гидрометеоиздат, 1971. - 280 с.
28. Глазырин Г. Е. Климат Ташкента за период регулярных метеорологических наблюдений // Тр. САНИИ Госкомгидромета. - 1982. - Вып. 94(175). - С. 85-93.
29. Глазырин Г. Е., Домашева Н. А., Морозюк Ж. В., Яковлев А. В. Вековой ход климата Ташкента // Изв. Узб. геогр. об-ва. - Ташкент: ФАН. - 1991. - Т. 17. - С. 18-24.
30. Григорьев А. А., Будыко М. И. Классификация климатов СССР // Изв. АН СССР. Серия геогр. - 1959. - N 3. - С. 3-19.
31. Декларация министров II Всемирной климатической конференции // Метеорология и гидрология. - 1991 - N 4.- С. 21-28.
32. Дзердзеевский Б. Л. Общая циркуляция атмосферы и климат. - М.: Наука, 1975. - 284 с.
33. Дроздов О. А., Григорьева А. С. Многолетние циклические колебания атмосферных осадков на территории СССР. - Л.: Гидрометеоиздат, 1971. - 175 с.
34. Дроздов О. А. О возможности климатических прогнозов на основании учета цикличности, обусловленными космическими и земными факторами // Тр. ГГО. - 1970. - Вып. 274. - С. 101-109.
35. Заключительное заявление научно-технической сессии II Всемирной климатической конференции // Метеорология и гидрология. - 1991. - N 4. - С. 8-20.
36. Зуев М. В. Формирование микроклимата хлопкового поля. - Л.: Гидрометеоиздат, 1956. - 116 с.
37. Илиняк Э. П., Парфирьева Н. В. Изменчивость облачности и влажности воздуха в Узбекистане // Тр. САНИГМИ. - 1991. - Вып. 141(222). - С. 122-126.
38. Ильинова Э. С., Турсунов А. Ю., Эмм З. Г. Статистико-стохастическая характеристика синоптических положений над Средней Азией // Тр. САНИГМИ. - 1965.- Вып. 20(35). - С. 201-243.
39. Календарь типов синоптических процессов над Средней Азией / Под ред. Э.С. Ильиновой. - Ташкент. - 1968. - 138 с.
40. Календарь типов синоптических процессов над Средней Азией / Под ред. Т. А. Войновой, С. И. Инагамовой. - Ташкент. - 1980. - Вып. 2. - 49 с.

К а л е н д а р ь типов синоптических процессов над Средней Азией /Под ред. С. И. Инагамовой. - Ташкент. - 1993. - Вып. 3. - 56 с.
41. К а ц А. Л. Необычное лето 1972 года. - Л.: Гидрометеоиздат, 1973. - 57 с.
42. К л и м а т Ташкента / Под ред. Б.А. Айзенштата, Ц.А. Швер, Г.Н. Леухиной. - Л.: Гидрометеоиздат, 1982. - 164 с.
43. К л и м а т Самарканда / Под ред. Б.А. Айзенштата, Ц.А. Швер, Г.Н. Леухиной. - Л.: Гидрометеоиздат, 1983. - 190 с.
44. К о н д р а т ь е в К. Я. Новые результаты и тенденции исследований глобального климата в США // Метеорология и гидрология. - 1991. - N 4. - С. 95-103.
45. К о н д р а т ь е в К. Я. Новое в оценках глобального климата // Изв. РГО. - 1993. - Т. 125, Вып. 4. - С. 1-11.
46. К у в ш и н о в а К. В. Результаты статистической обработки типов синоптических положений Средней Азии для холодного полугодия // Тр. ИММ АН УзССР. - 1953. - Вып. 12.- С. 45-61.
47. М а р ч у к Г. И., К о н д р а т ь е в К. Я., Х в о р о с т ь я н о в В. И. Облака и климат. - Л.: Гидрометеоиздат, 1986. - 512 с.
48. М а с с о н В. М. О колебаниях климата Средней Азии в связи с вопросом изменения режима вод за исторический период // Тр. УзГО. - Ташкент. - 1948. - Т. II(XXI). - С. 3-23.
49. М а т е р и а л ы определения агрогидрологических свойств почвы поливной, богарной и пустынной зоны Узбекистана. - Ташкент: УзУГКС - САНИИ Госкомгидромета, 1980. - 154 с.
50. М а т в е е в Ю. Л., М а т в е е в а Л. Т., С о л д а т е н к о С. А. Глобальное поле облачности. - Л.: Гидрометеоиздат, 1986. - 264 с.
51. М о л о с н о в а Т. И., С у б б о т и н а О. И., Ч а н ы ш е в а С. Г. Климатические последствия хозяйственной деятельности в зоне Аральского моря. - М.: Гидрометеоиздат, 1987. - 119 с.
52. М о л о с н о в а Т. И., С у б б о т и н а О. И. Характеристика отдельных элементов климата Голодной степи, Ферганской долины в период орошения и Приаралья в период усыхания моря // Тр. САНИГМИ. - 1988. - Вып. 130(211). - С. 20-25.
53. М о л о с н о в а Т. И., Ф а т х у л л а е в а З. Н., Х о х л о в Г. С. Результаты спектрального анализа многолетних среднегодовых изменений температуры в Ташкенте и Фергане // Тр. САНИГМИ. - 1988. - Вып. 130(211). - С. 25-29.

54. Молоснова Т. И., Илияк Э. П. Климатическая изменчивость крупных аномалий температуры воздуха и осадков над территорией Средней Азии // Тр. САНИГМИ. - 1990. Вып. 110(191). - С. 114-126.
55. Молоснова Т. И., Илияк Э. П. Климатические колебания общей циркуляции атмосферы и типов синоптических процессов // Тр. САНИГМИ. - 1991. - Вып. 141(222). - С. 3-11.
56. Молоснова Т. И., Илияк Э. П., Чевычалова Т. М. Крупные аномалии атмосферных осадков на территории Средней Азии и их климатическая изменчивость // Тр. САНИГМИ. - 1991. - Вып. 141(222). - С. 98-113.
57. Монин А. С. Прогноз как задача физики. - М.: Наука, 1969. - С. 113-115.
58. Морозова М. И. Результаты статистико-стохастического анализа аномалий осадков в Ташкенте // Тр. ИММ. АН УзССР. - 1953. - Вып. 12. - С. 37-49.
59. Морозова М. И., Чернышева О. Н. Изменение статистических характеристик синоптических положений над Средней Азией // Тр. САНИИ Госкомгидромета. - 1983. - Вып. 85(166).- С. 89-96.
60. Наставление по службе прогнозов. Раздел 2. Часть YI. - М.: Гидрометеоиздат, 1986. - 217 с.
61. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1-6. Вып. 19. - Л.: Гидрометеоиздат, 1989. - 349 с.
62. Однолько А. Б., Удовиченко О. Н. Анализ однородности рядов среднемесячной температуры воздуха для станций УзССР при помощи критериев Стьюдента и Фишера // Тр. САНИИ Госкомгидромета. - 1985. - Вып. 114(195). - С. 92-96.
63. Опасные гидрометеорологические явления в Средней Азии / Под ред. А. Д. Джураева, С. Г. Чанышевой, О. И. Субботиной. - Л.: Гидрометеоиздат, 1977. - 335 с.
64. Орловский Н. С., Утина З. М. Влияние орошения и обводнения на микроклимат пустынь. // Проблемы освоения пустынь. - 1977. - N 5. - С. 2-12.
65. Орловский Н. С., Дурдыев А. М. Влияние орошения на термические ресурсы пустынь Средней Азии // Проблемы освоения пустынь. - 1978. - N 4. - С. 70-76.

66. О х р а н а окружающей природной среды и использования природных ресурсов Республики Узбекистан. / Докл. Госкомитета РУз по охране природы. - Ташкент: Укитувчи, 1993. - 90 с.
67. П е т р о с я н ц М. А., Ч а н ы ш е в а С. Г., С у б б о т и н а О. И. О масштабе влияния орографии на метеорологические процессы // Тр. САРНИГМИ. - 1974. - Вып. 10(91) - С. 3-40.
68. П о л я к И. И. Методы анализа случайных процессов и полей в климатологии. - Л.: Гидрометеоиздат, 1979. - 255 с.
69. П р у г е р Е. Б. К вопросу о колебаниях климата и режима вод в голоцене в Арало-Каспийском регионе //Тр. САНИГМИ. - 1988. - Вып. 130(211). - С. 66-71.
70. Р у б и н о в а Ф. Е. Изменение стока р. Сырдарьи под влиянием водохозяйственного строительства в ее бассейне // Тр. САРНИГМИ. - 1979. - Вып. 58(139). - 138 с.
71. Р у к о в о д с т в о по краткосрочным прогнозам погоды. Часть II. Вып. 3. Средняя Азия. /Под ред. С.И. Инагамовой, Т. А. Войновой, Э.С. Казарянц. - Л.: Гидрометеоиздат, 1986. - С. 4-178.
72. С а р ы м с а к о в Т. А., Д ж о р д ж и о В. А., Б у г а е в В. А. О многолетней устойчивости температурного режима Средней Азии // ДАН УзССР. - 1949. - N 4. - С. 17-22.
73. С и в к о в С. И. Методы расчета характеристик солнечной радиации. - Л.: Гидрометеоиздат, 1968. - 232 с.
74. С и н о п т и ч е с к и е процессы Средней Азии / В.А. Бугаев, В.А. Джорджио и др. -Ташкент: Изд. АН УзССР, 1957. - 477 с.
75. С о ф и е в Е. И. К вопросу об изменчивости температуры воздуха в Ташкенте за 100 лет // Тр. САРНИГМИ. - 1978. - Вып. 57(138). - С. 79-82.
76. С п р а в о ч н и к по климату СССР. Вып. 19, 30, 31, 32. - Л.: Гидрометеоиздат, 1965-1968.
77. С р е д н я я Азия / Под ред. Э.М. Мурзаева. - М.: Изд. АН СССР, 1958. - 648 с.
78. С у б б о т и н а О. И. Влияние орографии на температурный режим в горах Средней Азии // Тр. САНИГМИ. - 1971.- Вып. 59(74). - 182 с.
79. С у б б о т и н а О. И., З в е р я н с к а я А. А., Ч е в ы ч а л о в а Т. М. Особенности распределения по территории Средней Азии аномалий годовых сумм осадков // Тр. САНИГМИ. - 1991. - Вып. 141(222). - С. 87 - 98.

80. Фатхуллаева З. Н., Малиновская О. В., Чулякова Н. В. Некоторые результаты спектрального анализа многолетних среднемесячных изменений температуры на отдельных станциях Узбекистана // Тр. САНИГМИ. - 1991.- Вып. 141(222). - С. 59-64.
81. Федоров Е. Е., Баранов А. И. Климат равнины европейской части СССР. - 1949. - XLIY. - С. 126-145.
82. Хлопчатник. Климат и почвы хлопковых районов Средней Азии. - Ташкент: Изд. АН УзССР, 1957.- Т.II.- С. 11-59.
83. Хромов С. П., Мамонтов Л. И. Метеорологический словарь. - Л.: Гидрометеоиздат, 1974. - 568 с.
84. Чанышева С. Г., Веремеева Т. Л., Илиняк Э. П., Парфирьева Н. В. Многолетние колебания температурного режима Средней Азии // Тр. САНИГМИ. - 1991. - Вып. 141(222). - С. 27-58.
85. Чанышева С. Г., Веремеева Т. Л., Парфирьева Н. В., Исамухамедова У. Изменчивость дат перехода средней суточной температуры через определенные уровни // Тр. САНИГМИ. - 1991. - Вып. 141(222). - С. 64-78.
86. Челпанова О. М. Средняя Азия. - Л.: Гидрометеоиздат, 1963. - 447 с.
87. Чернышева О. Н. Месячные температурные аномалии над Средней Азией и Ближним Востоком // Тр. ИММ АН УзССР. - 1953. - Вып. 12. - С. 10-15.
88. Цейтин Г. Х. К вопросу об определении некоторых тепловых свойств почвы // Тр. ГГО. - 1961. - Вып. 39(101). - С. 201-213.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 2.1

Разности величин ($\times Вт/м^2 \times 10^{-3}$) прямой солнечной радиации на перпендикулярную поверхность (S_o), рассеянной (D), суммарной (Q) радиации и радиационного баланса (B) между различными периодами на станциях Узбекистана ($12ч^{30}$мин ср.солн.вр.)

Станция	Период							
	(1960-1965)-(1955-1960)				(1965-1970)-(1960-1965)			
	S_o	D	Q	B	S_o	D	Q	B
				Январь				
Каракалпакия	-30	20	-5	-18	-39	-24	-16	45
Тахиаташ	0	8	-5	-25	-23	17	-14	9
Тамды	-57	25	-4	-35	-35	-25	-35	-42
Кызылча	-	-	-	-	-17	9	-17	-13
Ташкент	-78	15	-13	-10	-11	13	-9	-30
Фергана	-28	3	0	-32	-122	48	-15	-31
Термез	-42	9	-13	-12	-37	3	-18	25
Станция	(1970-1975)-(1965-1970)				(1975-1980)-(1970-1975)			
Каракалпакия	-21	20	21	-20	-82	-6	-28	22
Тахиаташ	30	-8	18	23	-85	5	-27	-23
Тамды	13	-8	1	-13	-28	21	9	25
Кызылча	-22	-18	-10	-14	-53	1	-25	30
Ташкент	-21	12	0	-48	-14	10	15	32
Фергана	-75	-11	-43	-29	-43	41	5	20
Термез	-35	10	-7	-33	25	8	28	-12
Станция	(1980-1985)-(1975-1980)				(1985-1990)-(1980-1985)			
Каракалпакия	-42	41	35	21	31*	-14*	9*	-9*
Тахиаташ	-25	16	17	-4	45	-15	-5	10
Тамды	-57	20	-20	1	95	-22	16	45
Кызылча	-80	22	-22	-15	20	5	58	7
Ташкент	-18	10	-28	13	112	-17	53	53
Фергана	13	0	13	2	44	-23	10	20
Термез	-30	12	-1	37	-1	-12	-15	13

Станция	Период							
	(1960-1965)-(1955-1960)				(1965-1970)-(1960-1965)			
	S_o	D	Q	B	S_o	D	Q	B
				Июль				
Каракалпакия	13	10	13	10	-15	26	15	-33
Тахиаташ	-21	15	-10	25	28	27	53	38
Тамды	-38	11	-25	-57	30	-2	27	62
Кызылча	-	-	-	-	25	-6	13	71
Ташкент	-3	12	-1	78	-20	5	-5	23
Фергана	-24	27	9	33	-50	8	-37	95
Термез	-28	38	15	100	-13	17	8	-8
Станция	(1970-1975)-(1965-1970)				(1975-1980)-(1970-1975)			
Каракалпакия	-20	-6	-18	5	-52	28	-5	-22
Тахиаташ	-3	-9	-15	-10	-72	4	-56	-63
Тамды	-2	-2	5	6	4	14	15	17
Кызылча	-45	-5	-50	-41	-78	23	-43	-19
Ташкент	-13	0	15	-53	-12	11	-9	10
Фергана	-28	-7	-52	-23	3	14	39	16
Термез	35	-7	19	-33	-10	17	8	11
Станция	(1980-1985)-(1975-1980)				(1985-1990)-(1980-1985)			
Каракалпакия	-10	38	20	44	32*	-24*	-8*	45*
Тахиаташ	-27	8	50	50	35	3	10	100
Тамды	-15	5	-15	-15	23	-17	13	20
Кызылча	3	-5	-10	-73	85	3	86	37
Ташкент	-12	24	9	-14	57	-9	20	7
Фергана	-3	22	16	50	27	-9	15	-5
Термез	-12	0	2	29	12	-4	5	5

* Осреднение за 4 года.

Таблица 2.2

Коэффициенты корреляции между величинами прямой солнечной радиации на актинометрических станциях Узбекистана

Месяц	Станция	Станция						
		Каракалпакия	Тахиаташ	Тамды	Кызылча	Ташкент	Фергана	Термез
I	Каракалпакия	1,00	0,74	0,58	0,73	0,53	0,59	0,55
	Тахиаташ		1,00	0,57	0,75	0,47	0,40	0,41
	Тамды			1,00	0,61	0,76	0,44	0,39
	Кызылча				1,00	0,62	0,57	0,49
	Ташкент					1,00	0,66	0,58
	Фергана						1,00	0,46
	Термез							1,00
VII	Каракалпакия	1,00	0,16	-0,09	0,22	0,28	0,26	-0,10
	Тахиаташ		1,00	0,22	0,58	0,34	0,18	0,03
	Тамды			1,00	0,04	-0,09	-0,33	0,04
	Кызылча				1,00	0,67	0,59	0,17
	Ташкент					1,00	0,54	0,13
	Фергана						1,00	0,04
	Термез							1,00

Таблица 2.3

Коэффициенты корреляции между величинами рассеянной радиации на актинометрических станциях Узбекистана

Месяц	Станция	Станция						
		Каракалпакия	Тахиаташ	Тамды	Кызылча	Ташкент	Фергана	Термез
I	Каракалпакия	1,00	0,66	0,58	0,50	0,46	0,42	0,58
	Тахиаташ		1,00	0,88	0,44	0,44	0,63	0,61
	Тамды			1,00	0,50	0,66	0,66	0,67
	Кызылча				1,00	0,49	0,36	0,18
	Ташкент					1,00	0,72	0,44
	Фергана						1,00	0,60
	Термез							1,00
VII	Каракалпакия	1,00	0,63	0,82	0,64	0,90	0,89	0,89
	Тахиаташ		1,00	0,57	0,43	0,60	0,59	0,62
	Тамды			1,00	0,64	0,76	0,89	0,84
	Кызылча				1,00	0,59	0,66	0,58
	Ташкент					1,00	0,81	0,87
	Фергана						1,00	0,88
	Термез							1,00

Таблица 2.4

Разности величин упругости водяного пара (гПа) между различными периодами на станциях Узбекистана (12ч^{30}мин ср.солн.вр.)

Станция	(1960-1965)-(1955-1960)		(1965-1970)-(1960-1965)		(1970-1975)-(1965-1970)	
	I	VII	I	VII	I	VII
Каракалпакия	0,08	0,65	-0,22	2,20	-0,56	1,84
Тахиаташ	0,16	0,30	-0,31	1,41	-0,39	1,45
Тамды	0,14	2,02	-0,45	-0,93	-0,27	1,73
Кызылча	-	-	-0,24	0,73	-0,21	0,35
Ташкент	-0,15	0,47	-0,33	1,31	-0,27	-0,31
Фергана	-0,74	-0,13	-0,02	0,30	-0,39	-0,25
Термез	-0,34	1,32	-0,18	1,42	-0,27	0,66
Станция	(1975-1980)-(1970-1975)		(1980-1985)-(1975-1980)		(1985-1990)-(1980-1985)	
	I	VII	I	VII	I	VII
Каракалпакия	0,76	0,01	-0,15	3,62	-0,10*	-5,77*
Тахиаташ	0,44	2,46	0,70	1,14	0,21	-0,31
Тамды	0,50	-0,70	0,23	-1,67	0,25	-2,18
Кызылча	0,21	-0,05	-0,10	-0,76	0,34	-0,77
Ташкент	0,45	3,21	0,04	-1,80	0,28	-0,85
Фергана	0,75	0,27	-0,20	1,56	0,66	0,10
Термез	0,25	-1,23	0,48	2,38	0,83	0,59

* Осреднение за 4 года.

Таблица 3.1

Средняя месячная температура воздуха (°С)

Станция	Период	Земля	Поверхности, гПа		
			850	700	500
		Январь			
Аральское море	1961-1970	-12,6	-5,8	-12,4	-28,2
	1971-1980	-13,7	-8,9	-14,5	-29,8
	1981-1990	-10,2	-7,3	-13,3	-28,9
	1961-1990	-12,2	-7,3	-13,4	-29,0
Ашгабат	1961-1970	3,5	1,9	-7,2	-23,8
	1971-1980	2,9	-1,3	-8,9	-25,1
	1981-1990	3,6	1,3	-7,6	-23,6
	1961-1990	3,3	0,6	-7,9	-24,2
Душанбе	1961-1970	3,4	1,9	-8,1	-23,8
	1971-1980	1,5	0,3	-8,9	-25,2
	1981-1990	4,1	1,0	-7,9	-24,6
	1961-1990	2,8	1,1	-8,3	-24,5
Термез	1961-1970	-2,9	-2,1	-10,4	-26,3
	1971-1980	-3,5	-4,2	-11,2	-27,4
	1981-1990	-0,4	-2,7	-10,4	-26,9
	1961-1990	-2,3	-3,0	-10,7	-26,9
Тахта-Базар	1961-1970	3,3	2,3	-5,9	-22,8
	1971-1980	1,7	-0,5	-7,4	-23,5
	1981-1990	3,9	1,5	-6,0	-22,4
	1961-1990	2,8	1,0	-6,5	-22,9
Дашховуз	1961-1970	-3,7	-2,9	-9,7	-25,8
	1971-1980	-4,6	-4,9	-11,0	-26,9
	1981-1990	-1,8	-2,6	-10,2	-26,0
	1961-1990	-3,5	-3,6	-10,3	-26,2
Ташкент	1961-1970	0,8	0,0	-9,4	-26,2
	1971-1980	-1,1	-2,5	-10,1	-27,1
	1981-1990	1,1	-0,5	-9,5	-26,0
	1961-1990	0,1	-1,0	-9,7	-26,5
Бишкек	1961-1970	-4,3	-2,2	-10,0	-27,1
	1971-1980	-5,2	-3,5	-10,5	-27,3
	1981-1990	-3,0	-1,5	-9,1	-26,4
	1961-1990	-4,2	-2,4	-9,9	-27,0
Хорог	1961-1970	-6,7	-	-10,6	-24,6
	1971-1980	-6,6	-	-10,9	-24,9
	1981-1990	-6,3	-	-11,3	-24,6
	1961-1990	-6,6	-	-10,9	-24,7

Продолжение таблицы 3.1

Станция	Период	Земля	Поверхности, гПа		
			850	700	500
		Апрель			
Аральское море	1961-1970	8,5	4,1	-4,9	-21,2
	1971-1980	10,6	4,1	-4,4	-21,1
	1981-1990	11,4	4,1	-4,7	-21,4
	1961-1990	10,3	4,1	-4,7	-21,2
Ашгабат	1961-1970	16,2	8,9	-0,1	-17,6
	1971-1980	17,4	10,6	1,1	-17,1
	1981-1990	17,9	10,7	1,1	-16,8
	1961-1990	17,3	10,0	0,7	-17,2
Душанбе	1961-1970	14,6	11,6	-0,2	-17,3
	1971-1980	16,1	13,3	1,9	-16,0
	1981-1990	15,3	12,6	0,9	-17,1
	1961-1990	15,5	12,5	0,9	-16,8
Тамды	1961-1970	15,9	8,1	-2,3	-19,0
	1971-1980	16,1	8,9	-0,8	-17,7
	1981-1990	16,0	8,3	-1,4	-19,0
	1961-1990	16,0	8,4	-1,5	-18,6
Тахта-Базар	1961-1970	17,0	11,4	1,5	-16,5
	1971-1980	18,5	13,3	3,1	-15,3
	1981-1990	18,2	13,2	3,3	-14,6
	1961-1990	18,0	12,6	2,6	-15,5
Дашховуз	1961-1970	14,0	6,5	-2,7	-19,2
	1971-1980	15,7	8,8	-0,7	-18,4
	1981-1990	15,4	7,7	-1,7	-18,7
	1961-1990	15,2	7,7	-1,7	-18,8
Ташкент	1961-1970	15,2	9,8	-0,9	-18,3
	1971-1980	16,2	10,6	0,2	-17,6
	1981-1990	15,4	10,0	-0,5	-18,4
	1961-1990	15,7	10,1	-0,4	-18,1
Бишкек	1961-1970	11,9	8,4	-1,4	-18,8
	1971-1980	12,4	9,4	-0,1	-17,8
	1981-1990	11,7	9,0	-0,9	-18,9
	1961-1990	12,0	8,9	-0,8	-18,5
Хорог	1961-1970	9,2	-	2,1	-16,4
	1971-1980	11,0	-	2,7	-16,5
	1981-1990	10,1	-	1,8	-16,6
	1961-1990	10,2	-	2,2	-16,5

Продолжение таблицы 3.1

Станция	Период	Земля	Поверхности, гПа		
			850	700	500
		Июль			
Аральское море	1961-1970	25,5	16,9	4,8	-11,6
	1971-1980	26,7	17,0	5,2	-11,3
	1981-1990	27,5	17,9	5,5	-10,3
	1961-1990	26,6	17,1	5,1	-11,1
Ашгабат	1961-1970	31,0	22,0	9,9	-6,2
	1971-1980	32,0	22,4	10,4	-6,1
	1981-1990	31,7	23,0	11,0	-6,2
	1961-1990	31,7	22,5	10,4	-6,2
Душанбе	1961-1970	26,0	26,2	11,8	-7,6
	1971-1980	25,8	26,3	12,8	-7,0
	1981-1990	27,7	26,2	12,5	-7,8
	1961-1990	26,5	26,2	12,3	-7,4
Тамды	1961-1970	29,8	21,1	8,0	-9,1
	1971-1980	30,2	21,4	8,9	-8,3
	1981-1990	30,1	21,6	8,5	-8,0
	1961-1990	30,1	21,3	8,4	-8,4
Тахта-Базар	1961-1970	30,9	24,9	11,0	-4,9
	1971-1980	31,6	25,6	11,7	-3,7
	1981-1990	31,2	25,7	12,0	-5,4
	1961-1990	31,3	25,3	11,5	-4,6
Дашховуз	1961-1970	27,8	19,6	7,7	-9,0
	1971-1980	28,9	21,0	9,0	-8,3
	1981-1990	31,2	21,2	9,0	-8,4
	1961-1990	30,6	20,6	8,4	-8,5
Ташкент	1961-1970	26,7	22,5	9,2	-9,4
	1971-1980	26,6	23,2	10,0	-8,6
	1981-1990	27,3	23,2	10,0	-8,8
	1961-1990	26,9	22,9	9,7	-8,9
Бишкек	1961-1970	23,6	21,0	8,0	-10,7
	1971-1980	24,3	21,5	8,9	-10,0
	1981-1990	24,1	22,2	9,2	-9,2
	1961-1990	24,1	21,5	8,6	-10,0
Хорог	1961-1970	21,8	-	14,5	-7,2
	1971-1980	23,7	-	14,6	-6,7
	1981-1990	23,1	-	13,7	-7,9
	1961-1990	23,0	-	14,3	-7,2

Станция	Период	Земля	Поверхности, гПа		
			850	700	500
		Октябрь			
Аральское море	1961-1970	8,1	1,8	-4,7	-20,4
	1971-1980	7,5	1,9	-4,8	-20,6
	1981-1990	7,7	1.9	-4,8	-20,6
	1961-1990	7,7	1,9	-4,7	-20,5
Ашгабат	1961-1970	17,0	10,7	1,7	-15,4
	1971-1980	17,1	10,8	2,2	-15,9
	1981-1990	16,7	10,8	2,1	-15,4
	1961-1990	16,9	10,8	2,0	-15,6
Душанбе	1961-1970	14,6	13,0	1,2	-16,5
	1971-1980	14,8	13,6	2,0	-16,1
	1981-1990	14,9	12,4	1,0	-16,7
	1961-1990	14,8	13,1	1,4	-16,4
Тамды	1961-1970	14,9	7,0	-1,2	-18,3
	1971-1980	15,3	7,9	-0,6	-17,5
	1981-1990	12,0	6,2	-1,5	-18,6
	1961-1990	13,5	7,1	-1,0	-18,1
Тахта-Базар	1961-1970	17,2	12,6	3,5	-14,4
	1971-1980	16,6	13,6	4,2	-14,0
	1981-1990	15,4	12,6	3,6	-13,8
	1961-1990	16,3	13,0	3,8	-14,1
Дашховуз	1961-1970	12,2	6,3	-1,3	-17,8
	1971-1980	12,3	7,2	-0,0	-17,6
	1981-1990	12,1	6,7	-0,8	-17,4
	1961-1990	12,2	6,8	-0,7	-17,6
Ташкент	1961-1970	13,8	8,4	-0,8	-18,3
	1971-1980	14,7	10,2	0,3	-17,4
	1981-1990	13,5	9,4	-0,5	-18,0
	1961-1990	14,0	9,4	-0,4	-17,9
Бишкек	1961-1970	10,4	7,5	-1,6	-19,6
	1971-1980	11,1	8,8	0,1	-18,0
	1981-1990	10,0	8,2	-0,7	-18,4
	1961-1990	10,5	8,2	-0,7	-18,7
Хорог	1961-1970	10,6	-	4,1	-15,7
	1971-1980	12,4	-	5,1	-16,1
	1981-1990	13,6	-	3,2	-16,6
	1961-1990	11,4	-	4,0	-16,1

Таблица 3.2

Горизонтальные градиенты средней месячной температуры воздуха (°С/100 км)

Станция	Период	Земля	Поверхности, гПа		
			850	700	500
	Январь				
Аральское море-Ашгабат	1961-1970	-1,8	-0,8	-0,6	-0,5
	1971-1980	-1,8	-0,8	-0,6	-0,5
	1981-1990	-1,6	-0,9	-0,6	-0,6
	1961-1990	-1,7	-0,8	-0,6	-0,5
Тамды-Тахта-Базар	1961-1970	-1,0	-0,7	-0,8	-0,6
	1971-1980	-0,9	-0,6	-0,6	-0,7
	1981-1990	-0,7	-0,7	-0,7	-0,8
	1961-1990	-0,9	-0,7	-0,7	-0,7
Ташкент-Душанбе	1961-1970	-1,0	-0,7	-0,5	-0,9
	1971-1980	-1,9	-1,0	-0,4	-0,7
	1981-1990	-1,7	-0,6	-0,6	-0,5
	1961-1990	-1,9	-0,8	-0,5	-0,7
	Июль				
Аральское море-Ашгабат	1961-1970	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6
	1971-1980	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6
	1981-1990	-0,5	-0,6	-0,6	-0,5
	1961-1990	-0,6	-0,6	-0,6	-0,5
Тамды-Тахта-Базар	1961-1970	-0,2	-0,6	-0,5	-0,7
	1971-1980	-0,2	-0,7	-0,5	-0,8
	1981-1990	-0,2	-0,7	-0,6	-0,4
	1961-1990	-0,2	-0,7	-0,5	-0,6
Ташкент-Душанбе	1961-1970	0,2	-1,4	-1,0	-0,7
	1971-1980	0,2	-1,1	-1,0	-0,6
	1981-1990	-0,1	-1,1	-0,9	-0,4
	1961-1990	0,2	-1,3	-0,9	-0,6

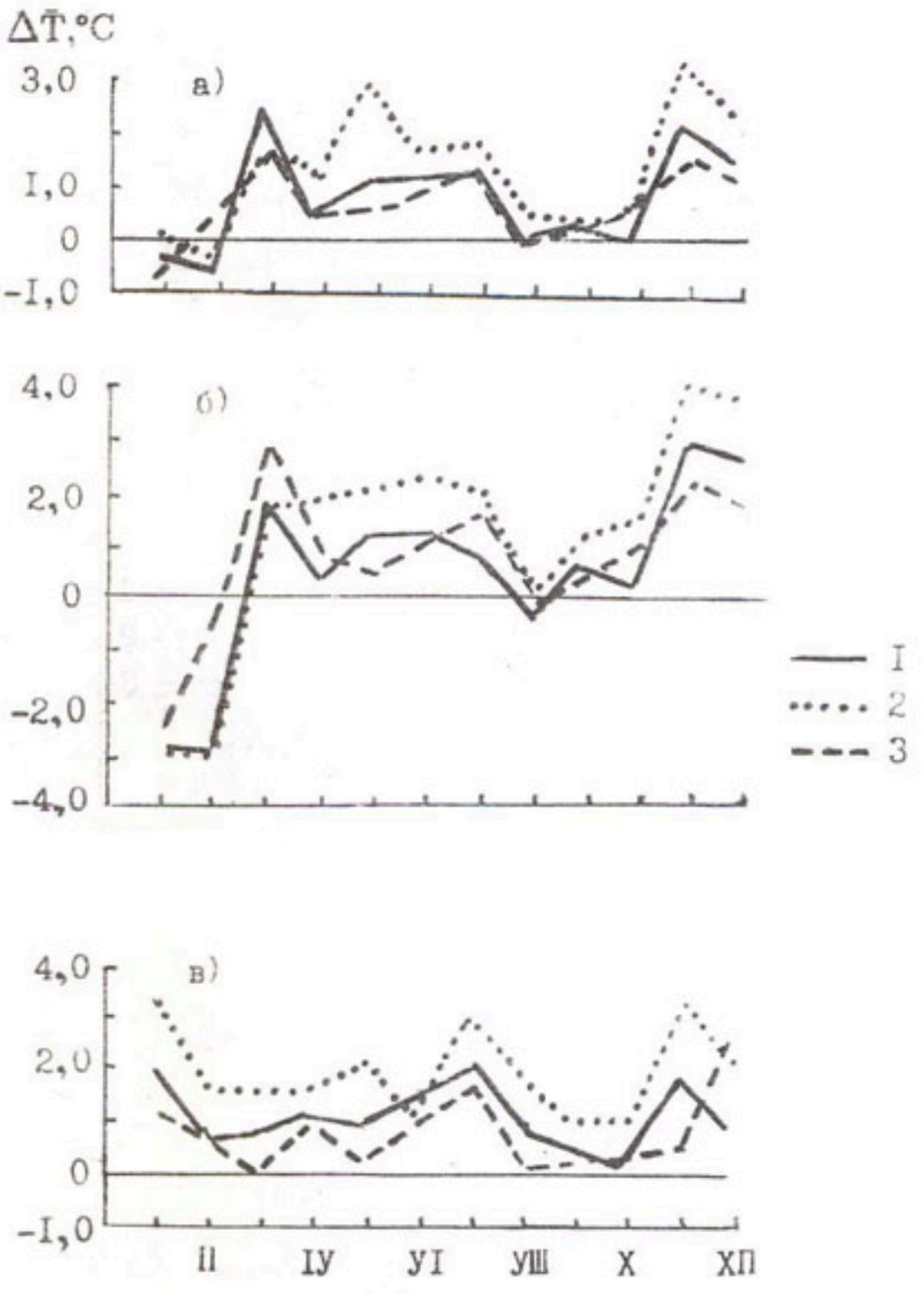


Рис. 3.1. Годовой ход разности средних месячных температур воздуха (1), минимальных (2) и максимальных (3) между периодами:
а) (1961-1990) - (1931-1960), б) (1971-1980) - (1931-1960),
в) (1981-1990) - (1931-1960) гг. на станции Жаслык.

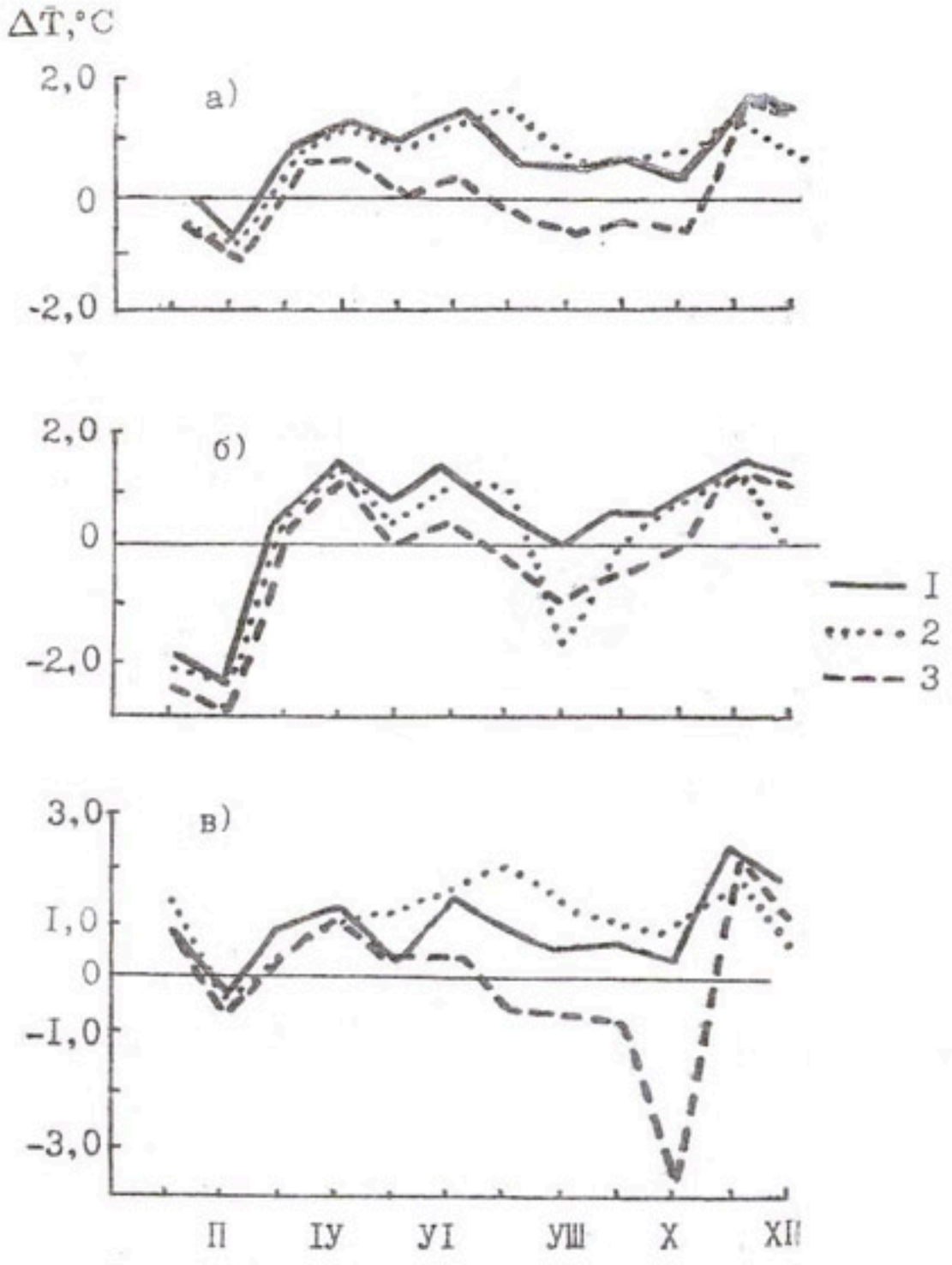


Рис. 3.2. Годовой ход разности средних месячных температур воздуха (1), минимальных (2) и максимальных (3) между периодами:
а) (1961-1990) - (1931-1960), б) (1971-1980) - (1931-1960),
в) (1981-1990) - (1931-1960) гг. на станции Карши.

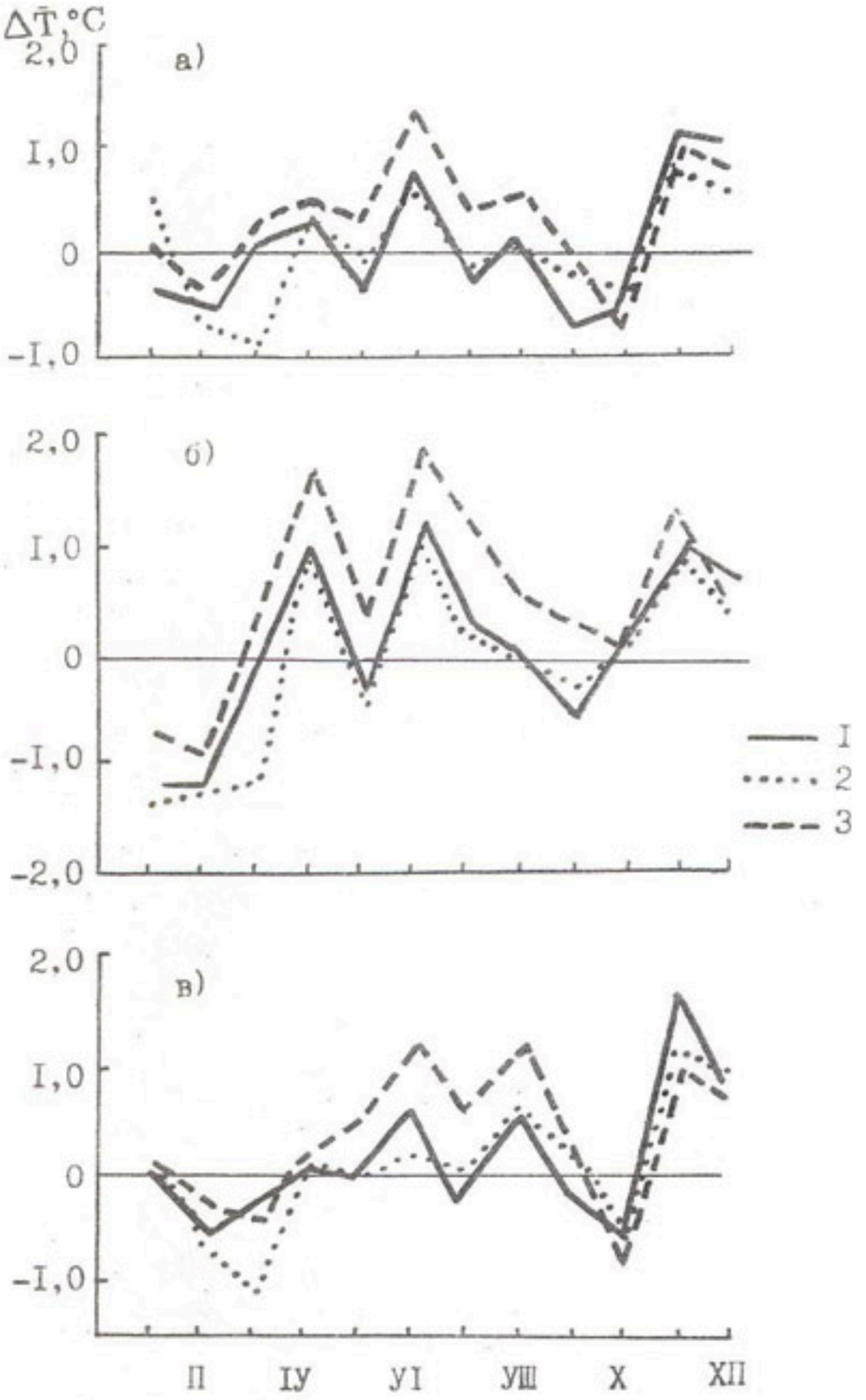


Рис. 3.3. Годовой ход разности средних месячных температур воздуха (1), минимальных (2) и максимальных (3) между периодами:
а) (1961-1990) - (1931-1960), б) (1971-1980) - (1931-1960),
в) (1981-1990) - (1931-1960) гг. на станции Анзобский перевал.

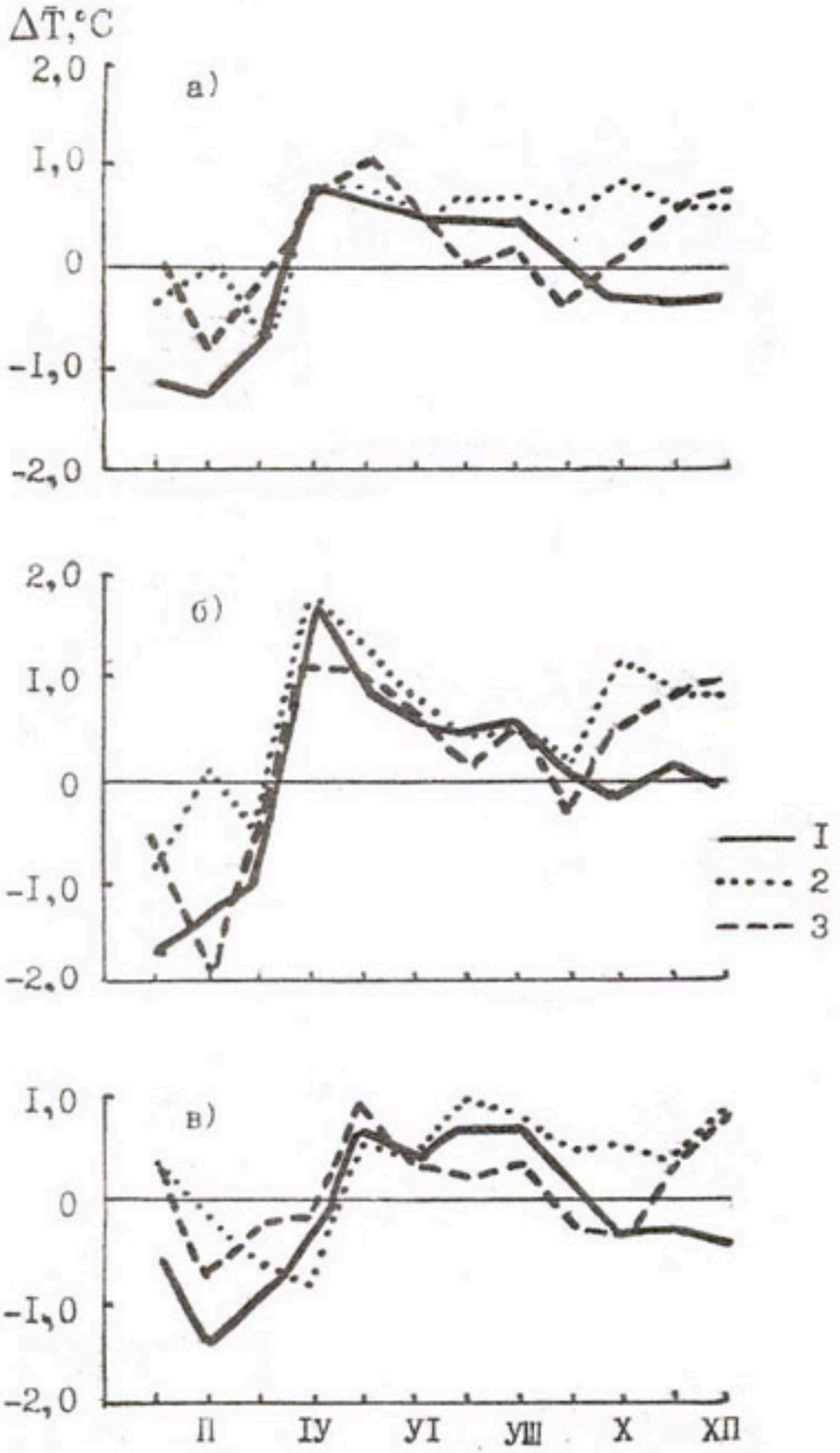


Рис. 3.4. Годовой ход разности средних месячных температур воздуха (1), минимальных (2) и максимальных (3) между периодами:
а) (1961-1990) - (1931-1960), б) (1971-1980) - (1931-1960),
в) (1981-1990) - (1931-1960) гг. на станции Тянь-Шань.

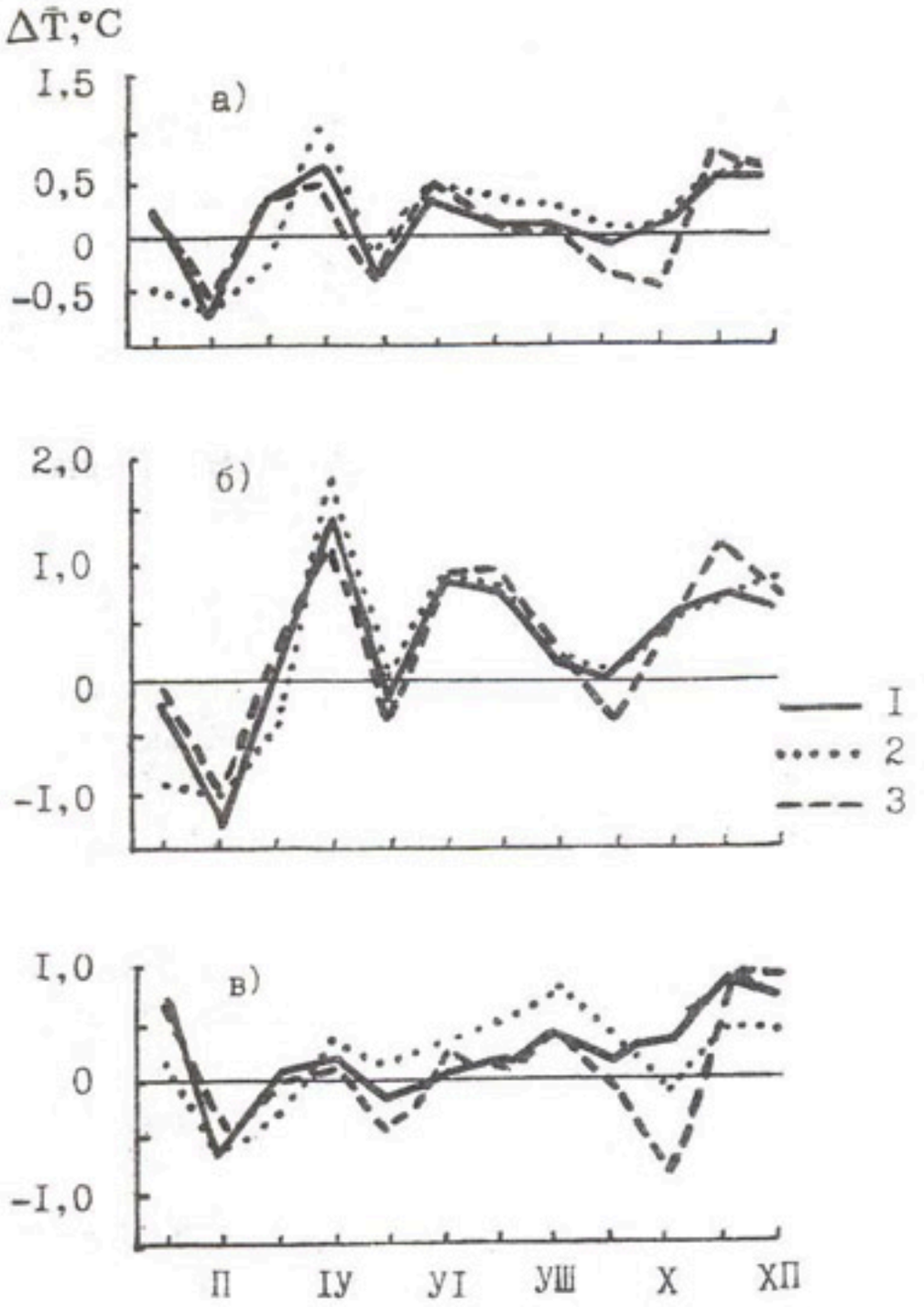


Рис. 3.5. Годовой ход разности средних месячных температур воздуха (1), минимальных (2) и максимальных (3) между периодами:
а) (1961-1990) - (1931-1960), б) (1971-1980) - (1931-1960),
в) (1981-1990) - (1931-1960) гг. на станции им. Горбунова.

Ўрта Осиё иқлимининг ўзгарувчанлиги

Ушбу китобда Ўрта Осиё илмий-тадқиқот гидрометеорология институтида ва Тошкент давлат университети иқлимшунослари ҳамкорликда ўтказган илмий изланишларини охирги 10-15 йилда олинган натижалари келтирилган. Муаллифлар иқлимни бир асрда ўзгариш хусусиятларини, иқлимни шакллантирувчи омилларни аниқлашга ҳаракат қилишган.

Бу ерда иқлимни ўзгариши тўғрисида қисман гап кетсада асосий нарса иқлимни ўзгарувчан эканлигини ўрганишдир.

Ўзбекистон олимлари ўзларини миллий дастурини тузарканлар иқлимни текшириш, айниқса уни бир давлат ҳудудида ўрганиш, бошқа давлатлардан сиёсий чегара билан ажратиш мумкин эмаслигини ҳис этдилар. Шу сабабли ҳозирги иқлим, уни келажакда регион буйича ўзгариш муаммоси ўрганилди.

Ўрта Осиё иқлимини асосий ўзгаришларини умумлаштиришда қуйидагиларга аҳамият берилди.

Метеорологик кузатишлар олиб борилган пайтда Ўрта Осиё иқлимида бир неча марта кучли тебраниш юз берган. Энг кучли тебраниш шу асрни иккинчи ярмида юз бериб, кўпчилик метеорологик катталикларни қийматини меъёрдан фарқи аср бўйича бўлган ўзгаришдан катта бўлди.

Ўрганилаётган даврда атмосфера циркуляциясини 1950-1960 йилларда кучли ўзгариши бўлиб, табиатга антропоген таъсир кучайди.

Биринчи циркуляцион даврга 1930-1960 йиллар кириб, кенгликка оид циркуляция (Ш) меъёрдан ошиқ бўлди. Иккинчи циркуляцион давр (1961-1985 йиллар) да кенгликка оид циркуляцияни такрорланиши камаяди. Бу даврда меъёрдан ошиқ бўлиш С ва Е турлар учун, алоҳида С учун одатдаги ҳол бўлиб қолди. Ҳозир яна кенгликка оид циркуляцияни кўпроқ қайтарилишини, Е туридаги циркуляцияни кескин камайишини гувоҳи бўлиб турибмиз. 1986-1993 йилларда яна янги циркуляцион давр бошланди.

Минтақавий циркуляцион жараёнда шу нарса кўринадики, со-

вуқ оқимни кириб келишьни такрорланиши ва Ўрта Осиёга циклоник ёриб киришлар 1960 йилдан кейин ўтган даврни аксича меъёрдан кам бўлди. Кичик градиентли баланд ва паст босимли майдон ва камқозғалувчи циклон тез-тез қайтарилабошлади.

Ўрта Осиёдаги радиацион режим бутун шимолий яримшардаги каби 60 йилларни бошидан 80 йилларни ўрталаридаги каби радиацион баланс ва тўғри радиация очиқ кунлари камайиб, сочилган радиация миқдори аксинча кўпайди. Сочилган радиацияни кўпайши айниқса атмосфераси кўпроқ ифлосланган шахарлар устида кучли бўлди. Тўғри радиацияни камайишига сабаб ҳавода майда заррачаларни ва сув буғларини кўпайишидир. Бундан ташқари охирги 5-7 йилда циркуляцияни тез ўзгариши ҳам таъсир этиб, радиацион катталикларни ўзгариб туришига олиб келди ва уларни қиймати қаторнинг бошлангич қийматларига яқин келди.

Радиацион катталикларни миқдорий ўзгариши билан биргаликда умумий булутлик ва пастки булутлик буйича ҳам очиқ кунлар сони камайди, ярим очиқ кунлар сони эса аксинча кўпайди.

Ҳарорат режимида 1960-1985 йиллар даврида ёз ва кузда мусбат мойиллик кучайди. Охирги 10 йилда (1981-1990 йиллар) шу нарса кўзга ташландики, иссиқ даврда мусбат аномалия сақланиб бутун даврда қиш илиқ бўлди. Ҳароратни меъёрдан четланиши 3° ташкил этди. Минус 3° изотерма Ўрта Осиёни деярли шимолий чегарасига сурилди ва бутун худуд субтропик иқлим минтақасига кириб қолди.

Вегетацион даврни таҳлил қилиш шуни кўрсатдики бутун Ўрта Осиё буйича қора совуқ бўлмайдиган давр йилни охирига қараб сурилди. Ўртача кунлик ҳароратни кузда 10 ва 15°С ўтиши ҳам кузда кечикабошлади. Сўнгги йилларда эса акси бўлаяпти. Йил ичида ҳавони исиши шу нарса билан ажралиб турди.

Ўртача кунлик ҳароратни меъёрдан юқори бўлиши қишла ёздагига нисбатан баланд бўлишигина эмас яна ўртача минимал ҳароратни меъёрдан тебраниши ўртача максимал ҳароратни тебранишидан кўпроқ бўлди. Натижада ер сиртидан бўладиган эффектив нурланиш камайди. Шу сабабли пастки тропосфера стратификацияла

иқлим ўзгариб, уни турғунлиги камайди.

Ҳаво ҳароратини тебранишида ер сирти ва рельефни таъсири кучайди. Ўн йил учун ўртачаси олинган ўртача ойлик ва давр учун олинган ҳароратни меъёрдан тебраниши Ўрта Осиёни марказий чўл қисмида юқори бўлди. Суғориладиган катта-катта массивларда ҳароратни тебранишини текисланиб кетиши ва айрим пайтларда умумий мойилликка тескари бўлиб қолиши кузатилди. Ёзда ҳароратни тебраниши сезиларли, яни 0,5-1,0° даража бўлганда текислик ва тоғолди жойларда тебраниш ипораси бирхил бўлади. Баланд тоғли чуқурларда ва ёпиқ водийларда қишда тебраниш текисликда ва тропосферадагига нисбатан бир хил баландликда кам бўлади, айрим пайтларда эса мусбат бўлади. Текисликда қишда иссиқроқ бўлганда (1980-1990 йиллар) тоғларда рельефни қандай бўлишидан қатъий назар исиш руй беради (1,0-2,0). Бу қонуниятни Ўрта Осиё иқлимини ўзгарувчанлигини сценарийсини тузишда ҳисобга олиш керак.

Ёғинни кўп йил ичида ўзгариб туришни кўп жиҳатдан минтақаларни физик-географик хусусиятларига ва атмосферани умумий циркуляциясига боғлиқ. Бутун кузатиш давридан 40-чи йиллар ёғин етишмаслиги билан ажралиб туради 1951-1960 йиллардаги давр эса ёғинни кўплиги билан маълум. Охирги ўн йилликда (1981-1890 йиллар) йиллик ўзгариш турини қиёфаси ўзгарди. Бутун Ўрта Осиёда ёғинни максимал қиймати апрелдан мартга кўчди. Фақат Фарғона водийсини тубида максимум ноябрдан октябрга сурилди. Текислик худудининг жанубий-шарқида ёғинни максимал бўлиш даври ўзгармади.

Ёғини кўп бўлган йирик мусбат аномалиялар ($A_i > 120$) меридионал тур (С тур)- ни умумий атмосфера циркуляциясида кўп бўлиши билан боғлиқ бўлиб, ёғин етишмаслиги ($A_i < 80$) кенглик тури (Ш тур) билан боғликдир.

Ёғинни кўп йиллик тебранишида 2-3, 4-5, 6-7 йиллик ёзги цикларни ажратиш имкони бўлиб, бу текислик учун тоғолди ва ёпиқ водийлар учун тегишлидир. Ҳаво эркин алмашадиган ва эркин атмосферага якин жойлашги метеорологик станцияларда (Анзоб довони, Горбунов номли станция) бундай қисқа цикллар кузатилмади. Тоғли ва текисликларда 13-15 йиллик цикллар бўлиб туради. Атмосфера-

ни умумий циркуляциясига ўхшаган 30-36 йиллик цикллар ҳам учраб туради.

Ўрта Осиёни ғарбида қишги илиқлик ва йиллик ёғин миқдорини 1981-1990 йилларда кўпайиши катта ҳудудда иқлимни ўзгаришини палеоаналог прогнозига мосдир. [17, 18] -дан кўринадики 2005 йилга келиб ҳарорат 3-7° даражага, ёғин миқдори эса чўлларда 50 фоизга ошади. Квазидаврга боғлиқ табиий ўзгарувчанлик ва вулқонлар отилиб туриши (масалан, 1991 йил, Тамбукту) иқлимий тизимга таъсир этади ва бу ўз навбатида ўн йилликни иқлимий харитасини Ўрта Осиё минтқаси бўйича иқлимий прогноз ўрнига қабул қилишдан ўзимизни ушлаб турмоғимиз лозим.

Ўрта Осиё иқлимига антропоген таъсир урбанизация, суғориш ва чўлни кўпайишидан бўлади. Суғориладиган ерларда - Фарғона водийси, чўл ва Тежен воҳасида ерлар ўзлаштирилабориб, сув омборлари пайдо бўлабошлаб, ёзги ҳарорат пасайди, ҳавони намлиги кўпайди. Бу вилоятларда 1960 йилдан кейин вегетацион давр учун фойдали ҳарорат йиғиндиси чўлга нисбатан 25-30 фоизга кам бўлди. Нисбий намлик эса 10-15 фоизга ошди (масалан Фарғона вилояти, Пойтуғ станцияси). Лекин воҳалар майдони ҳамон чўлга нисбатан кам бўлиб иқлимга сезиларли таъсир кўрсатмаяпти.

Энг ҳалокатли антропоген таъсир Орололди табиатида кузатилади. Шунга қарамай у ерда иқклимни ўзгариши унча катта эмас. Бу ўзгаришлар қирғоқдан 50 км узоқликда унча сезилмайди ва таъсири ҳароратни кунлик амплитудасида сезилиб 30-50 км масофада ҳарорат ошди (жанубий қирғоқда 3-7° даражага).

Шуни айтиш керакки кўрсатилган омиллар 1980 йиллардан бошлаб таъсир этабошлади. Иккита омил - меридионал кўчишни кўпайши ва хўжалик фаолиятини кучайиши ушбу ўзгаришларга олиб келди. Иккала омил Орол буйида бир томонга йўналди, яни умумий циркуляция антропоген таъсирни кучайтирди. Айрим жойларда антропоген ва табиий омилларни таъсири деярли бирхил бўлди.

The Climatic Variability in the Central Asia

The results of investigations conducted last 10-15 years by climatologists of the Central Asia Research Hydrometeorological Institute together with the scientists of the Tashkent State University are discussed in this work. Authors intended to display the features of the intercentury climate fluctuations, the variability of its elements and climateformed factorsIn accordance with applaied terminology at this time authors consider the climate variability, but not the climate changing, which has a progr essive character [83], nevertheless some aspects are discussed.

Scientists of the Republic of Uzbekistan considered that it was impossible to investigate the climate and its changing especially in the single not so big state, artificially restricting themselves by the political boundaries from the neighbour territory. Therefore, was supposed to resolve the climatic problems as for the present as the future for the whole region, as before.

Generalizing the features of the climate dynamic in the Central Asia it is necessary to pay attention to the some basic subjects.

The repeated highly significant fluctuations took place in the climate of the Central Asiaa during the meteorological observation period. They have displaied especially sharply in the second half of the current century, when some meteorological element deviations from their many year mean values (normal) have exseeded the level of the intercentury natural variability.

The studied period was characterized by the change of two general atmosphere circulation epochs (CE) at the time of between the years 1950-1960 and by accelerated development of anthropogenic impact on the nature.

The period of 1930-1960 is belonged to the first circulation epoch, which is characterized by exceeding above the norm the frequency of latitudinal circulation type (III). During the second epoch (1961-1985) III-type frequency decreased. Predominance above the norm became the privelege of longtitudinal type-C and E, C- type ecpeciallyAt present we are the witnesses of the again begining reanimation of latitudinal type and sharp decreasing of E - type repetition. It is possible, that period of 1986-1993 is transition to the new circulation epoch.

In view of regional circulation processes the global phenomena has affected at first in that the frequency of cold invasions and cyclonic outbreaks over Central Asia has occured below the norm after 1960 regarding of previos periodHigh and low preessure fields with little gradients and cyclones with little mobility became more frequent processes.

Radiation regime in the Central Asia, as on the whole Northern hemisphere, is characterized by negative tendency of the direct solar radiation and radiation balance and by increasing of dispersed solar radition in cloudless days from the begining of sixties till half of eighties. This phenomenon is appered especially clearly in the big cities, where the level of the atmosphere pollution is highDecreasing of the direct solar radition was due to the increasing of the aerosol content and the increasing of water wapoirIt is necessary to take into account the sharp change the tendency for the last 5-7 years: it was found, that solar radiation characteristic peak magnitudes are comparable with the raws initial points. At the same time with decreasing of values of radiational characteristics the number of cloudless days decreased as for total cloudiness, as for low cloudiness; the number of semicloudless days has increased.

In summer-autumn temperature regime during 1960-1985 the positive tendency predominated Last ten years (1981-1990) were remarkable by saving the positive anomaly during the warm half-year and by the warmest winters in the whole observation period. Air temperature deviations from the normal reached −3 at some stanions −3 isotherm in January was removed almost to the northern boundary of the Central Asia. Thus, all its territory was included in the subtropical climate zone.

During the investigation of vegetation period heat (thermal) resources in the Central Asia an interesting phenomenon was found: frostless period was removed at the end of calendar year for the majority of station in the second CE Autumn transition period dates, when mean day temperatures become below 10 and 15°C, also were removed to the later onesDuring the last years the opposite tendency was noticed.

Warming intraannual structure is characterized not only by that the mean winter air temperature deviations were higher than summer ones, but also the mean minimum temperature deviatios during the whole year were higher, than mean maximum ones. Thus, the decreasing of the effective earth surface radiation occured. It was the cause of the low atmosphere climate stratification changing, its stability decreased.

In the airtemperature fluctuations it could be seen evidently the role of the surface character and the relief.The positive deviations of monthly and seasonal ten year means for summer are maximum in the centre of the Central Asia desert part. Among the irrigated ground massives fluctuations are smoothed and some times they have the opposite sign of common tendency. If in summer in plain there are a significant deviations (0,5-1,0), then there are also the same sign deviations in the mountain stations; the negative winter deviations in the high-mountain hollow and closed valleis are significantly less than in plain and at the same levels in troposphere, and some times they become positive. If there is a considerable winter warming in plains (as it was in the years between 1980-1990), then, there is warming in the mountains (1,0-2,0°C) in any form of relief. These regulations can be taken into account in creating the climate scenario for Central Asia.

Longterm precipitation variations are considerably connected with physiogeographical features of each region and with the global general air circulation characteristics. From the whole observation period in the Central Asia 40-s are distinguishable which are characterized by precipitation deficit; period of 1951-1960 is remarkable by precipitation excess. Last ten-year period (1981-1990) a configuration of annual trend changed - there was removing of the precipitation maximum from April to March all over the Central Asian territory. Only on the bottom of Fergana valley the maximum removed from November to October. At the south-east of the plain territory the precipitation maximum state was not changed in the annual trend.

Periods with large positive precipitation anomalies ($A_i > 120$) are connected, mainly, with prevailing of the general circulation longtitudinal type (type C), but precipitation deficit ($A_i < 80$) is connected with latitudinal type (type III).

In longterm precipitation oscillations 2-3, 4-5, and 6-7 year cycles were found for the plain, foothills and closed valleys. Such short cycles are not found at the meteorological stations with free air exchange and sufficiently intruded to the free atmosphere (Anzob pass, station after Gorbunov). The cycle with duration of 13-15 year is displaied as for plains as for mountain territory. The cycle with 30-36 year duration which is similar to the general atmosphere circulation cycle is observed undoubtedly.

The winter warming combined with annual total precipitation increasing in 1981-1990 in the west of the Central Asia are in rough accordance with the paleontologic prediction of the global climate variations. As it follows from [17,18] winter temperatures will increase by 3-7°C, and precipitation quantity in deserts will increase by 50% to 2005 year. However, the constant natural variability with its quasiperiodicity and the volcanic eruptions (Tambuktu, for example, 1991), which influence on the climatic system state, keep us from temptation to accept the last ten-year climatic maps as basis for climate prediction in the Central Asia region.

Anthropogenic impacts on the Central Asia climate results from urbanisation, melioration and desertification.

In the irrigated agriculture zones - Fergana valley, Hunger Stepp, Tedgen oasis - the summer temperatures decreased and the moisture increased as the extension of ameliorated use and water reservoir formation. In that districts the increasing of effective temperature sums for vegetation period after 1960 were about by 25-30% less than in deserts. As for relative moisture, it increased by 10-15%, (for example at the Paytug station in Fergana valley). However, the oasis areas are still small in comparison with desert areas and they can not influence sensibly on climate outside their boundaries.

The most tragic example of anthropogenic impact on the nature is the desertificftion of the Aral Sea region, but climatic changes, which have occured there, are not so large. Practically they are not sensible at the distance more than 50 kilometers from the shore-line and they are displeyed mainly in the daily air temperature amplitude, which increased in average within 30-50 km zone (at south seaside) by 3-7°C.

It is necessary to note, that all indicated factors become to appear more markedly from the beginning of sixties. Thus, it occured the confidence of two conditional time boundaries - transition to more intensive longtitudinal transfer in the atmosphere and the expansion of economic activity. Both factors acted in the same direction in the Aral Sea region: general circulation factors intencified the anthropogenic ones. In the irrigated zone mutual compensation has taken place. It appears, that in separate most vulnerable points anthropogenic natural factors have comparable magnitudes.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ КЛИМАТА СРЕДНЕЙ АЗИИ

Редактор канд. геогр. наук С.И. Инагамова
Технические редакторы Н.А. Шелаева, Д.Г. Филиппов
Перевод на узбекский язык Х.М.Абдуллаев
Перевод на английский язык О.А.Ляпина

Набрано на компьютере в издательском отделе САНИГМИ.
Подписано в печать 16.11.95 г. Формат 60 x 84 1/8.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 25,1.
Уч. изд. л. 10,8. Тираж 200. Заказ 1382.

Издательский отдел САНИГМИ, Типография Главгидромета
РУз: Ташкент,700052, Обсерваторская, 72.