

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И КОНТРОЛЮ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
им. В. А. БУГАЕВА

Т. И. МОЛОСНОВА, О. И. СУББОТИНА,
С. Г. ЧАНЫШЕВА

**КЛИМАТИЧЕСКИЕ
ПОСЛЕДСТВИЯ
ХОЗЯЙСТВЕННОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
В ЗОНЕ АРАЛЬСКОГО МОРЯ**



МОСКВА · ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ — 1987

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И КОНТРОЛЮ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

СРЕДНЕАЗИАТСКИЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
им. В. А. БУГАЕВА

Т. И. МОЛОСНОВА, О. И. СУББОТИНА,
С. Г. ЧАНЫШЕВА

КЛИМАТИЧЕСКИЕ
ПОСЛЕДСТВИЯ
ХОЗЯЙСТВЕННОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
В ЗОНЕ АРАЛЬСКОГО МОРЯ

Под редакцией
канд. физ.-мат. наук А. Д. ДЖУРАЕВА



В предлагаемой работе исследуются изменения метеорологического режима в Приаралье под влиянием особенностей общей циркуляции атмосферы и антропогенных факторов.

Монография представляет собой климатическое описание территории Приаралья не только в многолетнем плане, как это было представлено в работе О.М.Шитомирской, но и в те временные периоды, когда происходило изменение уровня Аральского моря.

Рассчитана на климатологов, синоптиков-долгосрочников и гидрологов.

К I903040000 - 315 5-87(2)
069(02) - 87

© Среднеазиатский региональный
научно-исследовательский
институт Госкомгидромета,
1987 г.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема изменения и сохранения Аральского моря уже многие годы обсуждается на страницах научных и научно-популярных журналов, но она по-прежнему является чрезвычайно актуальной и требует своего скорейшего разрешения.

Аральское море является тем уникальным водоемом, расположенным в пустыне, который привлекает внимание целого ряда специалистов: океанологов, ихтиологов, климатологов, гидрологов. Особый интерес к нему появился в начале 60-х годов, когда уровень моря начал снижаться. Необходимо было представить, каково будет влияние процесса усыхания моря на природу прилегающих к нему территорий, а так как падение уровня моря неизбежно, то уже сейчас необходимо принять соответствующие меры по предотвращению возможных отрицательных экологических изменений в Приаралье.

В 1976 г. начались комплексные исследования изменений гидрологического, гидрохимического, гидробиологического режима Аральского моря, кроме того, в этот же период приступили к изучению климата, микроклимата, растительного и почвенного покрова, животного мира, гидрогеологических, геоморфологических и других природных процессов, протекающих в Приаралье.

С 1960 г. (рис. I) наблюдается неуклонное снижение уровня моря, приведшее к сокращению площади водной поверхности, уменьшению объема водных масс и глубины, к существенному изменению конфигурации береговой линии, к значительному увеличению солености морских вод. Интенсивное снижение уровня, которое влечет за собой увеличение минерализации грунтовых, речных, морских вод и почв, вносит существенные изменения в жизнь самого водоема и всей прилегающей к нему территории. Например, в результате того, что воды Сырдарьи перестали проникать в обсохшее русло Жанадарьи, прекратилась фильтрация этих вод в русло. Это привело к угрозе гибели самого крупного в Средней Азии массива черносаксаулового леса, занимающего площадь около 300 тыс. га. Следовательно, оказываются под угрозой

запасы топлива, места выпаса животных. Такое изменение экосистем, уменьшение их продуктивности наблюдается на большой территории Приаралья, где деградация охватывает дельты Амударьи и Сырдарьи.



Рис. 1. Многолетний ход уровня (1) и солености (2) Аральского моря

Многолетнее падение уровня Аральского моря, несомненно, должно было привести и к изменению метеорологического режима на прилегающих массивах Приаралья. В связи с тем что уровень моря начал устойчиво падать с 1960 г. и имел после 1970 г. отметки ниже нуль-поста (ниже 51,494 м), нам представилось целесообразным для исследования изменений метеорологического режима выделять следующие временные периоды: 1970–1979 гг., 1960–1969 гг., 1950–1959 гг., многолетние данные (т.е. от начала наблюдений до 1980 г.). Мы ограничились сравнением трех десятилетий, так как одновременно на всех станциях, наблюдения на которых подвергались анализу, имеются данные с 1950 г. (30-летний ряд наблюдений).

Сеть станций (табл. 1, рис. 2), привлеченных к анализу временных рядов, была использована следующим образом: отбирались метеорологические станции, непосредственно примыкающие к Аральскому морю (на берегу) – Аральское море, Уялы, Муйнак, Тигровый, Барсакельмес; станции, расположенные вблизи моря, – Техникаул, Жаслык, Каракалпакия и в дельте Амударьи – Чимбай, Хива, Тахиаташ. Использовались также метеорологические пункты, далеко лежащие от берега Аральского моря, – Тамды, Акбайтал, Карак, Аякагитма, Бухара. Последние станции были выбраны для того, чтобы показать, являются ли изменения, происходящие в формировании метеорологического режима, результатом воздействия усыхающего Аральского моря. По выделенным десятилетиям на выбранных станциях были рассчитаны и сравнены средние значения метеорологических элементов в отдельные месяцы, сезоны, полугодия и годы.

Анализ изменений, связанных с различным состоянием уровня Аральского моря, представляется для каждого метеорологического

Использованная сеть станций

Станция	Высота, м над ур.м.	Используй- ванный пе- риод наблюдений	Станция	Высота, м над ур.м.	Используй- ванный пе- риод наблюдений
Барсакельмес	82	1950-1980	Каракалпакия	124	1941-1980
Муйнак	56	1933-1980	Тахиаташ	76	1953-1980
Тигровый	54	1944-1980	Хива	103	1930-1980
Уялы	55	1942-1980	Акбайтал	237	1951-1980
Аральское море	62	1933-1980	Чабанказган	64	1949-1980
Техникаул	57	1954-1980	Карак	92	1951-1980
Чимбай	65	1930-1980	Тамды	236	1933-1980
Жаслык	125	1951-1980			

элемента в отдельности. Кроме того, в каждом разделе приводится краткое описание многолетних характеристик метеорологических элементов с дополнением временных рядов до 1980 г., поскольку в [10] использованы климатические данные до 1960 г.

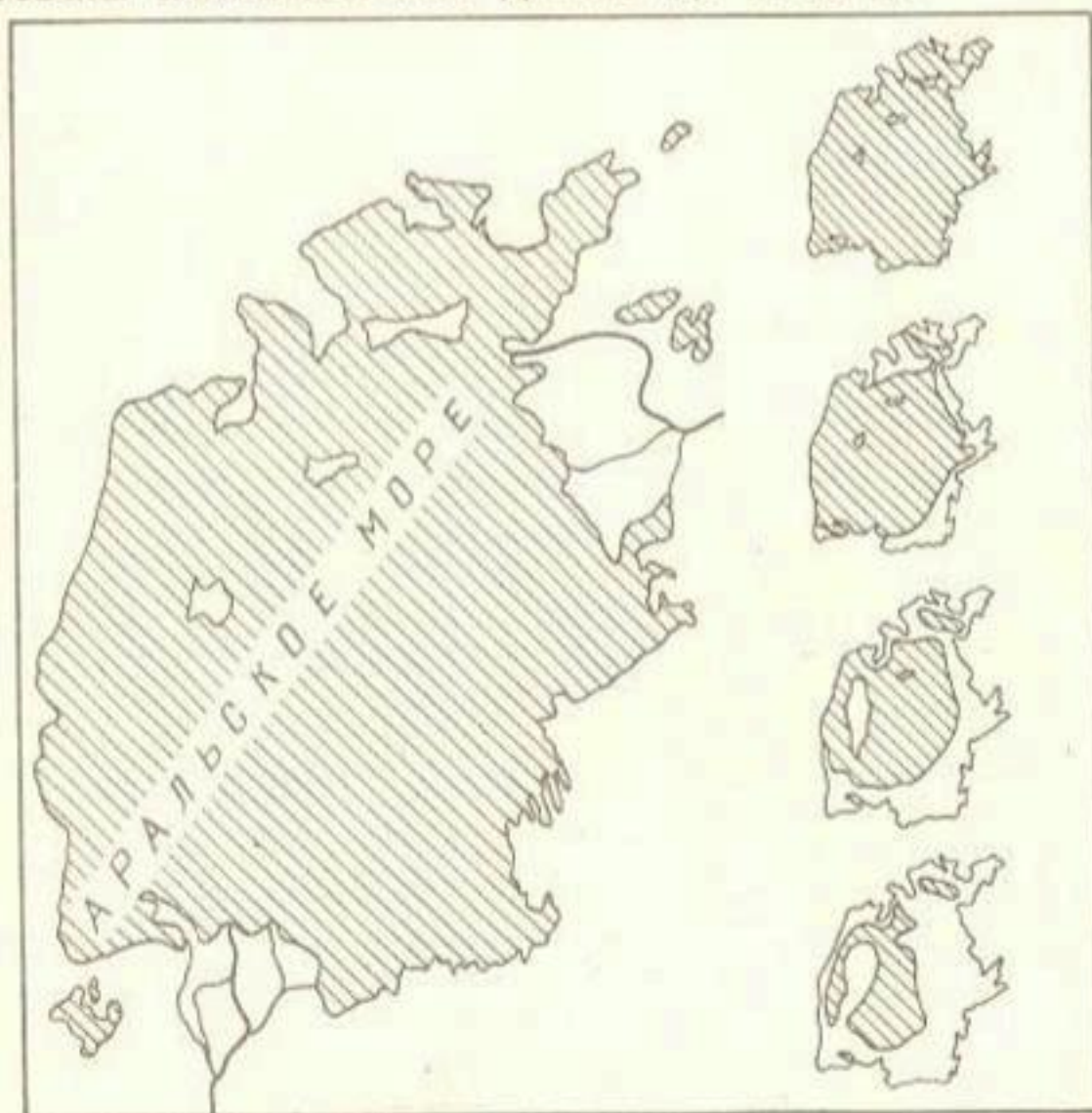


Рис. 2. Аральское море и изменение его береговой линии при различных отметках уровня

Помимо анализа общепринятых характеристик отдельных метеорологических элементов климата (температура, влажность, осадки и др.), проведено изучение изменений, происшедших в минерализации осадков.

Этот вопрос затронут в связи с тем, что в ряде городов Средней Азии и Казахстана наблюдается интенсивное загрязнение атмосферы промышленными и производственными выбросами. Несомненный вклад в изменения минерализации осадков на станции Аральское море вносит процесс усыхания моря. Характеристиками минерализации осадков служили концентрации SO_4^{2-} , HCO_3^- и суммарная минерализация.

В монографии главы I и 4 написаны Т.И.Молосновой и О.И.Субботиной, гл. 2 – Т.И.Молосновой, гл. 3 – О.И.Субботиной (п. 3.1 – 3.4), С.Г. Чанышевой (п. 3.5, 3.6) и Т.И.Молосновой (п. 3.7).

Основной объем работы по обработке и техническому оформлению монографии выполнен в САНИИ Т.М.Чевычаловой, В.И.Антоновой, Т.Л.Веремеевой, М.М.Саркисянц.

ГЛАВА I. ОСОБЕННОСТИ ЦИРКУЛЯЦИИ АТМОСФЕРЫ В РАЗЛИЧНЫЕ ПЕРИОДЫ СОСТОЯНИЯ УРОВНЯ АРАЛЬСКОГО МОРЯ

Большую роль в формировании климатических особенностей той или иной территории играет циркуляция атмосферы. Проанализируем количественную и качественную оценку изменений многолетних характеристик циркуляции атмосферы по десятилетиям 1950–1959, 1960–1969, 1970–1979 гг. Количественным показателем циркуляции будет безразмерный индекс, характеризующий отношение меридиональной циркуляции к зональной, предложенный А.Л.Кацем в [11]:

$$J' = \frac{J_M}{J_Z},$$

где J_M – индекс меридиональной, J_Z – индекс зональной циркуляции.

Если этот индекс значительно меньше единицы, господствующим по сравнению с меридиональным (или с межзональным) обменом является западно-восточный перенос, если он больше единицы – межзональный обмен выражен более интенсивно, чем зональный. Используя индекс J' , изучим особенности циркуляции атмосферы в пределах атлантико-евразийской части полушария в рассматриваемый период.

Качественной оценкой циркуляции атмосферы служили формы циркуляции, предложенные в [6, 11]. Рассмотрим также повторяемость типов синоптических процессов над Средней Азией [7].

I.1. Многолетние характеристики общего индекса и форм циркуляции А.Л.Каца

Общий индекс циркуляции, подсчитанный в виде отношения интенсивности меридионального воздухообмена к зональному, позволяет отнести макропроцесс к меридиональному или зональному типу. Выполненные климатические и статистические проработки позволили установить, что для макропроцессов синоптического периода в зоне 35–70° с.ш. и 30° з.д. – 140° в.д. (в эту зону входит и территория Сред-

ней Азии) критерием индекса J' служит значение 0,75. Если $J' > 0,75$, то процесс является меридиональным, если $J' \leq 0,75$ — зональным [II].

Зональное состояние циркуляции (форма ЗОН) почти однозначно определяет районы возникновения и направления перемещения циклонов и антициклонов над данной территорией и, следовательно, характеристики распределения ряда метеорологических элементов. Меридиональное состояние циркуляции характеризует значительную возмущенность зонального потока, при котором наблюдаются чередующиеся гребни и ложбины на высотах, а также меридиональные циклонические и антициклонические поля вдоль параллели у поверхности земли. Здесь необходимо подчеркнуть, что при одной и той же интенсивности меридиональной циркуляции возможно совершенно противоположное положение гребней и ложбин, с которыми связаны и противоположные характеристики многих метеорологических элементов в одних и тех же географических районах. Этим объясняется большое число форм меридиональных процессов, отличающихся не только по конфигурации барического поля, но и по интенсивности зонального и меридионального воздухообмена.

Автором [II] было выделено четыре формы меридиональной циркуляции. Форма З — к ней отнесены процессы, при которых высотный гребень или антициклон расположен над Британскими островами или континентом Западной Европы, а к востоку от этого района — высотная ложбина, ось которой находится над крайним востоком ЕТ СССР или Западной Сибирью. Форма Ц — процессы, при которых высотный гребень смещен к востоку относительно положения его в форме З (в холодную половину года гребень располагается над Восточной Европой, летом над ЕТ СССР). Форма В — процессы характеризуются крайне восточным положением высотного гребня по отношению к его положению в формах З и Ц (в холодную половину года ось гребня проходит через Тбилиси — Куйбышев — Нарьян-Мар, в теплую — через Гурьев — Нарьян-Мар). Форма С — процессы смешанной формы — над Атлантикой и Западной Европой повторяют конфигурацию высотного поля формы З, а к востоку от этой территории — формы В. Из приведенного краткого описания форм циркуляции следует, что для меридиональных процессов важна характеристика географической локализации гребней и ложбин.

По характеру циркуляции выделенные десятилетия отличаются (рис. 3, 4). Летом (июнь, июль, август) в 1970–1979 гг. и 1950–1959 гг. $J' > 0,75$, что свидетельствует о преобладании меридиональных процессов. Однако на долю зональной формы (ЗОН) в последнем десятилетии (1970–1979 гг.) приходится 10% общей повторяемости форм циркуляции, а в 1950–1959 гг. в два с лишним раза больше (око-

ло 25%). Почти в два раза увеличилась повторяемость формы С в последнем десятилетии по сравнению с 1950-1959 гг.

Зимой (декабрь, январь, февраль) в последнем десятилетии $\mathcal{J}' > 0,75$, в двух предыдущих $\mathcal{J}' < 0,75$. По повторяемости форм циркуляции существенно отличается от предыдущего и последующего десятилетия 1960-1969 гг., когда наблюдалась относительно небольшая повторяемость чисто зональных форм - около 20%, и значительная повторяемость (34%) меридиональной формы С.

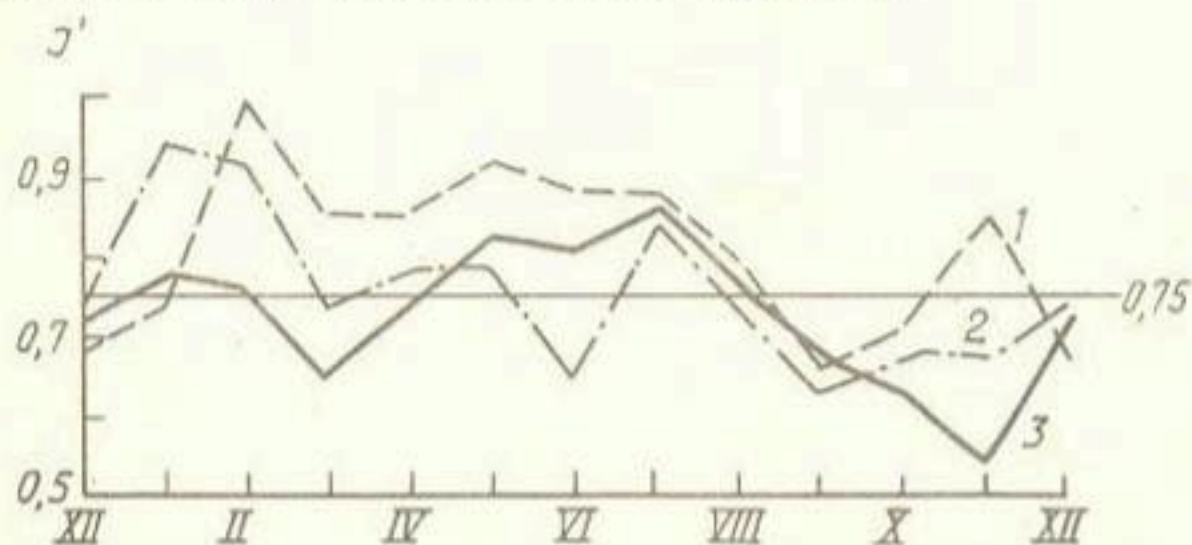


Рис. 3. Годовой ход общего индекса циркуляции: 1 - 1970-1979 гг., 2 - 1960-1969 гг., 3 - 1950-1959 гг.

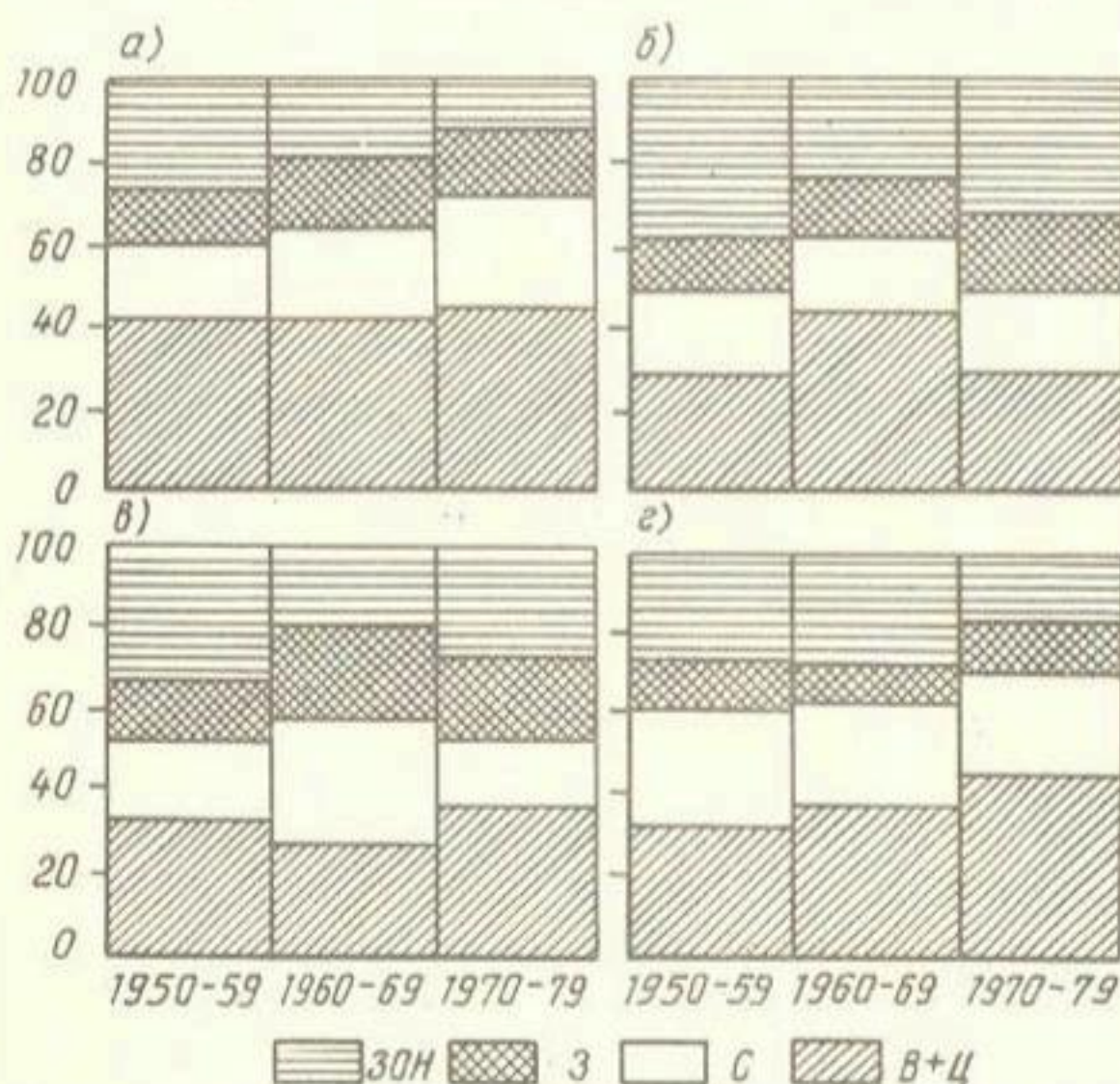


Рис. 4. Повторяемость форм циркуляции летом (а), осенью (б), зимой (в) и весной (г)

Весной (март, апрель, май) в 1950-1959 гг. $\mathcal{J}' > 0,75$. Два последующих десятилетия характеризовались меньшими значениями $\mathcal{J}'$.

В 1970–1979 гг. преобладала меридиональная циркуляция форм В и Ц – 46%, зональная составляла всего лишь 19%, мала повторяемость формы З (11%). В 1950–1959 гг. и 1960–1969 гг. повторяемость зональной циркуляции составляла 26%, меридиональной форм В и Ц – соответственно 31 и 36%.

Осень (сентябрь, октябрь, ноябрь) последнего десятилетия отличается значениями $\bar{J}' \ll 0,75$, в 1960–1969 гг. $\bar{J}' \ll 0,75$ и, наконец, в 1950–1959 гг. $\bar{J}'$ в ноябре становится больше 0,75. Повторяемость зональной циркуляции (ЗОН) в последнем десятилетии составляет 34%, а десятилетие 1960–1969 гг. характеризуется меньшей повторяемостью формы ЗОН – 24%. Характерным в осенний сезон для десятилетия 1960–1969 гг. является увеличение повторяемости меридиональных форм циркуляции В и Ц до 44%.

Таким образом, выделенные десятилетия достаточно четко различаются по повторяемости различных форм циркуляции и по значениям $\bar{J}'$, характеризующим макропроцессы над европейско-азиатским сектором полушария.

1.2. Многолетние характеристики форм циркуляции М.Х.Байдала

Известно, что с ПВФЗ связаны наиболее существенные изменения в синоптических процессах. Изменение структуры и географической ориентации этих зон меняют пути перемещения циклонов и антициклонов, их масштабы и интенсивность, а следовательно, и характер погоды на значительных территориях. Изучение особенностей формирования и эволюции ПВФЗ позволили автору [6] выделить следующие формы циркуляции над атлантико-евразийским сектором полушария (рис.5).

Форма Ш соответствует зональному состоянию циркуляции. Характерными особенностями ПВФЗ в этом случае являются сравнительно малые размеры фронтальных волн и быстрое их перемещение с запада



Рис. 5. Схема положения основных высотных гребней и ложбин при макропроцессах (AT₅₀₀)

на восток. При зональной циркуляции ПВФЗ обычно формируется в высоких широтах, а затем претерпевает постепенный сдвиг к югу.

Формы С и Е принадлежат меридиональному типу циркуляции. Они противоположны друг другу по географической локализации высотных гребней и ложбин и типов погоды. При меридиональной циркуляции формы С ПВФЗ характеризуется двумя высотными гребнями, расположенными над Западной Европой и Западной Сибирью. Между этими гребнями ПВФЗ имеет сильный изгиб к югу. При меридиональной циркуляции формы Е высотный гребень локализован таким образом, что его ось располагается между 30 и 60° в.д. К востоку и западу от этого гребня обычно имеются глубокие холодные ложбины, которым соответствуют на приземных картах циклоны, обуславливающие в своем тылу вторжение холодных воздушных масс.

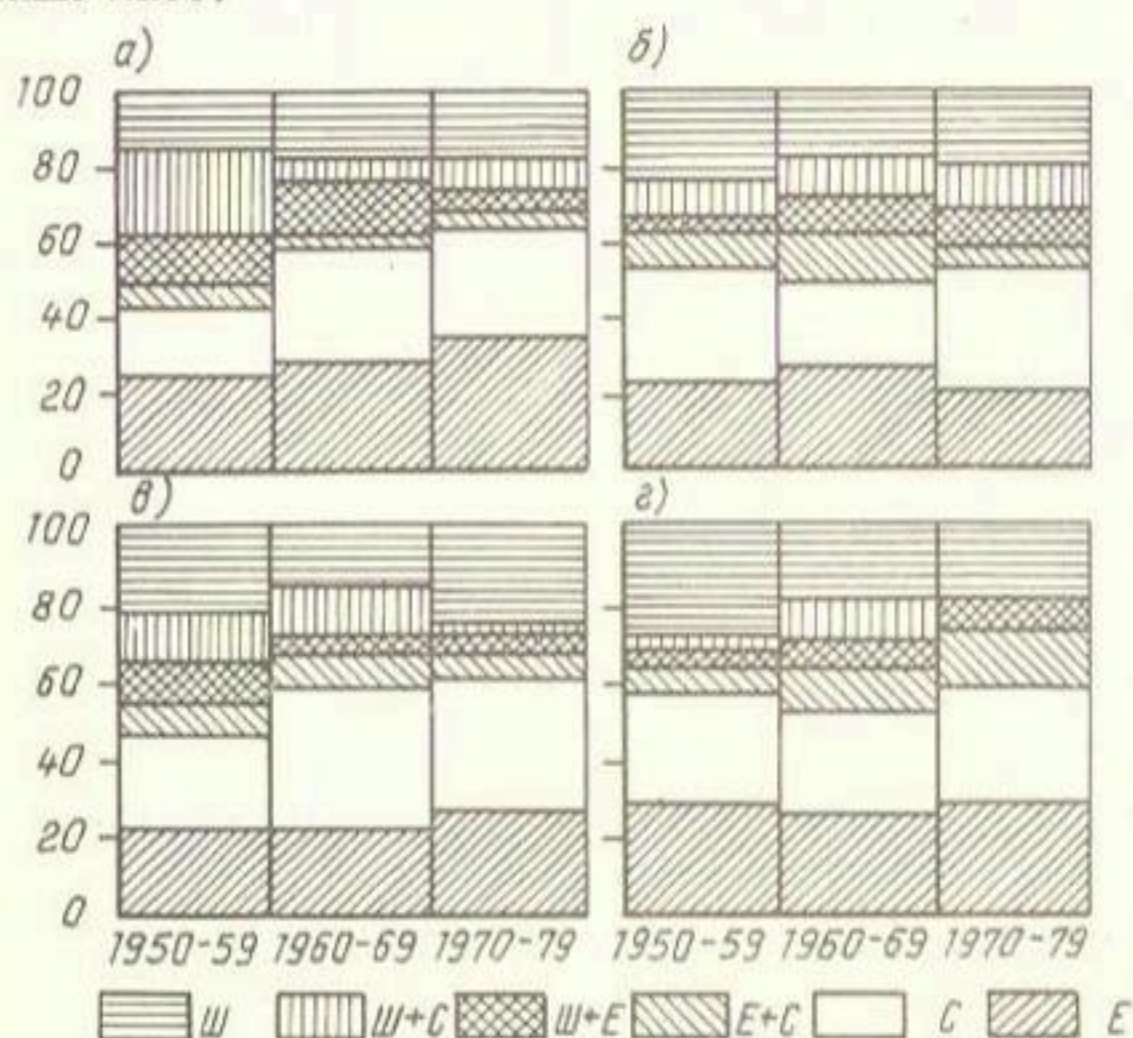


Рис. 6. Сезонная повторяемость форм циркуляции летом (а), осенью (б), зимой (в) и весной (г)

Характеристики циркуляции за тот или иной месяц определялись путем сравнения фактического числа дней с тремя основными формами циркуляции и их многолетней нормой (рис. 6). Если месячную норму дней превышала только одна форма (за счет двух других), то циркуляция этого месяца обозначалась буквенным индексом данной формы (например, Ш). Если месячную норму дней превышали одновременно две формы циркуляции, например Ш и Е (за счет небольшого числа дней с формой С), то данный месяц считался месяцем с комбинированной циркуляцией Ш+Е. При этом основным компонентом (записывается первым) считается та форма, продолжительность которой превышала свою норму на большее число дней /6/.

Были выявлены отличительные особенности в распределении форм. Лето последнего десятилетия характеризуется значительной повторяемостью меридиональных форм С (33%) и Е (33%) и малой повторяемостью зональной формы Ш (18%). Повторяемость комбинированных форм (Ш+С, Ш+Е и Е+С) составляет всего 16% общей повторяемости форм циркуляции. Для 1950–1959 гг. характерна обратная картина – повторяемость меридиональных форм С и Е для каждой из форм составляет 21%, а комбинированных – 42%, из них большая часть (21%) приходится на форму Ш+С. Десятилетие 1960–1969 гг. в распределении повторяемостей форм циркуляции занимает среднее положение относительно 1950–1959 гг. и 1970–1979 гг.

Зимой в последнем десятилетии по сравнению с двумя предыдущими наблюдалась небольшая повторяемость форм Ш (27%) и Е (24%) и наименьшая комбинированных – 10%. В 1950–1959 гг. повторяемость комбинированных процессов составляла 33%, формы Е – 20%, формы С – 27%. Существенно отличается по повторяемости формы Ш (12%) и формы С (40%) десятилетие 1960–1969 гг.

Для весны характерным является следующее. В последнем десятилетии преобладали меридиональные процессы. Формы Е, С и комбинированные Е+С в сумме составили 73%. Комбинированная форма Ш+С в 1970–1979 гг. вообще не наблюдалась. Повторяемость формы Ш составила 18%. Десятилетие 1950–1959 гг. отличается большей по сравнению с последующими десятилетиями повторяемостью формы Ш – 28%. В 1960–1969 гг. комбинированная форма циркуляции (30%) встречалась чаще, чем в двух других периодах.

В осенний период отличительным для 1970–1979 гг. является небольшая повторяемость формы Е (20%). Наибольшая повторяемость комбинированных форм (33%) наблюдалась в 1960–1969 гг., в 1950–1959 гг. она составила 24%, в 1970–1979 гг. – 26%. Наименьшая повторяемость формы Ш (18%) наблюдалась в 1960–1969 гг.

Одним из показателей климатических изменений в циркуляции атмосферы может быть учет продолжительности периодов устойчивой циркуляции. Анализ изменений в распределении периодов устойчивой циркуляции за определенные отрезки времени должен отразить изменения, происшедшие в погодных условиях (табл. 2).

Из табл. 2 следует, что число периодов в 4–9 дней, независимо от формы циркуляции, существенно ($\approx 30\%$) уменьшилось в последних двух десятилетиях. Наиболее резкий спад наблюдался между 1950–1959 гг. и 1960–1969 гг. Иная картина наблюдается, когда анализу подвергаются градации с количеством периодов большей продолжительности: 11–20 и > 20 дней. В этом случае число периодов большей продолжительности значительно увеличивается (особенно для форм циркуляции С и Е) в последних двух десятилетиях. Это увеличение

Количество периодов устойчивой циркуляции
продолжительностью 4-9 (I), 11-20 (2) и
> 20 (3) дней по десятилетиям

Десятилетие	С			Б			Ш			Общее число периодов		
	I	2	3	I	2	3	I	2	3	I	2	3
1950-1959	117	32	4	120	27	2	141	19	1	378	78	7
1960-1969	85	33	13	75	30	12	94	21	-	254	84	25
1970-1979	94	39	6	84	39	5	89	17	2	267	95	13

для градации > 20 дней наиболее заметно при переходе от 1950-1959 гг. к 1960-1969 гг. В 1960-1969 гг. не наблюдалось ни одного случая, чтобы форма Ш сохранялась более чем 20 дней подряд, а формы С и Б для этой градации наблюдались соответственно 13 и 12 раз.

При анализе повторяемости периодов устойчивой циркуляции продолжительностью 4-9 дней необходимо отметить следующее: если в первом десятилетии повторяемость формы Ш (141 случай) существенно превосходила повторяемость формы С (117 случаев) и Б (120 случаев), то уже в 1970-1979 гг. она становится меньше повторяемости формы С и близка к повторяемости формы Б. Для периодов большей продолжительности повторяемость форм С и Б имеет очередную тенденцию к увеличению, а форм Ш - к уменьшению. Последнее указывает на тенденцию интенсивного развития меридиональной циркуляции в последний тридцатилетний период. Полученный вывод согласуется с результатами, приведенными в [14].

Изучая характер изменений в циркуляции атмосферы, рассмотрим отклонения продолжительности циркуляционных процессов различных форм от среднего многолетнего значения за период с 1940 по 1979 г. (рис. 7). Хорошо прослеживаются существенные изменения, происшедшие в поведении форм Ш, С, Б и комбинированной. Если с 1940 г. до 1956-1965 гг. преобладали комбинированные формы циркуляции, то в последние два десятилетия, когда продолжительность зональных процессов значительно уменьшилась, произошло увеличение продолжительности формы С, хотя в 1965-1974 гг. отмечался некоторый спад в продолжительности меридиональной формы циркуляции. В целом за имеющийся период наблюдений выделяются две крупные циркуляционные эпохи. Десятилетия, когда произошли изменения в преобладании одной формы циркуляции над другой, достаточно хорошо согласуется с результатами анализа циркуляционных эпох, приведенных в [12, 14].

Следует отметить, что повторяемость различных форм циркуляции, их продолжительность, которая оценивается с помощью количест-

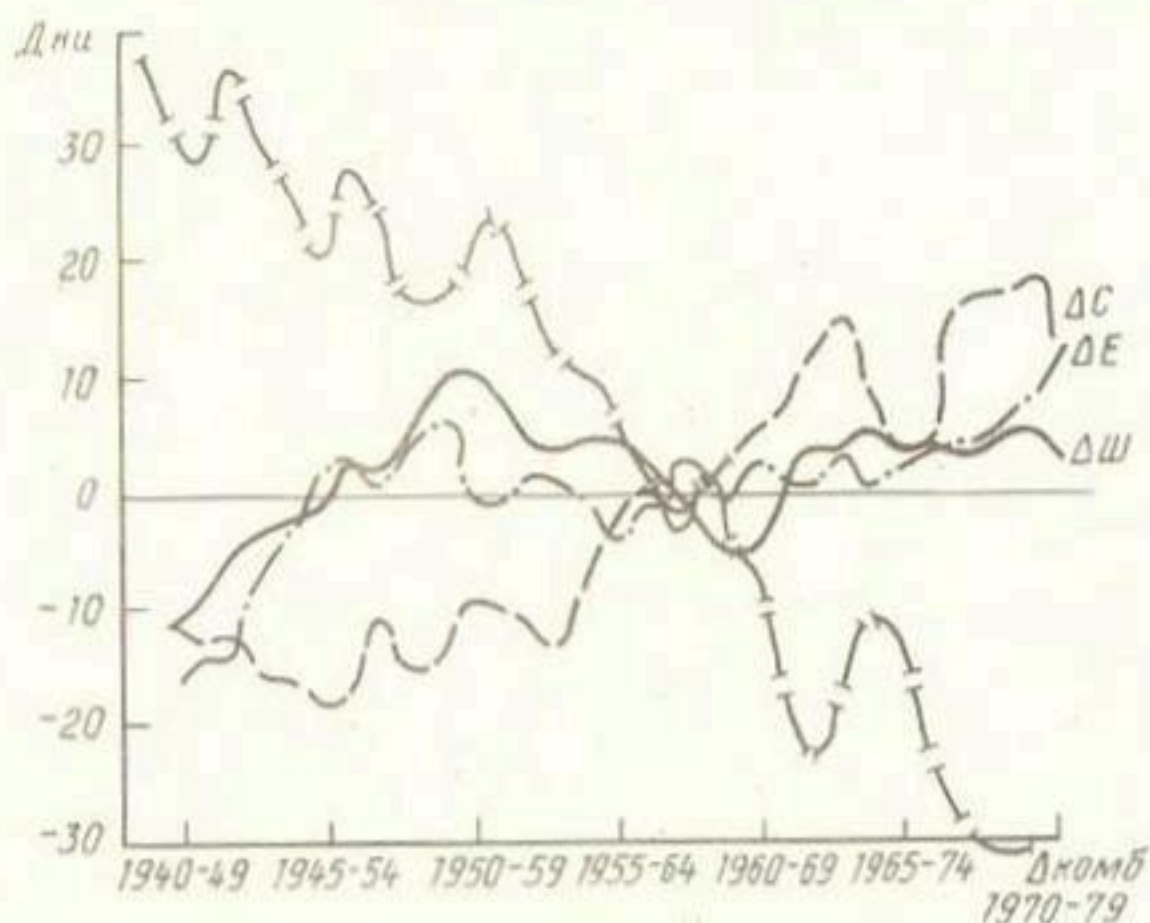


Рис. 7. Десятилетние скользящие средние отклонения продолжительности циркуляционных процессов различных форм от среднего многолетнего

венных и качественных критериев, являются важной характеристикой, в определенной мере объясняющей изменения, происшедшие в метеорологическом режиме.

1.3. Многолетние характеристики типов синоптических процессов над Средней Азией

Изменение повторяемости типов синоптических процессов за определенный период времени отражает основные особенности циркуляции атмосферы. Каждое десятилетие отличается определенным изменением повторяемости процесса.

В холодном полугодии (рис. 8) ни в одном из десятилетий нельзя выделить особого преобладания какого-либо процесса, лишь в 1970-1979 гг. можно заметить некоторое уменьшение повторяемости северных вторжений (тип 6) осенью, происходящее за счет сентября и октября, и некоторое увеличение (от 2 до 5%) типов I2 и I3, которое произошло за счет существенного увеличения повторяемости этих процессов в осеннее время (рис. 9). Так, если в 1950-1959 гг. тип I2 в сентябре составлял только 3%, то уже в 1970-1979 гг. - 15%, а тип I3 - соответственно 0,1 и 15%.

Теплое полугодие последнего десятилетия отличается уменьшением повторяемости холодных вторжений (тип 5 и тип 6) в основном за счет летних месяцев (рис. 10) и значительным увеличением повто-

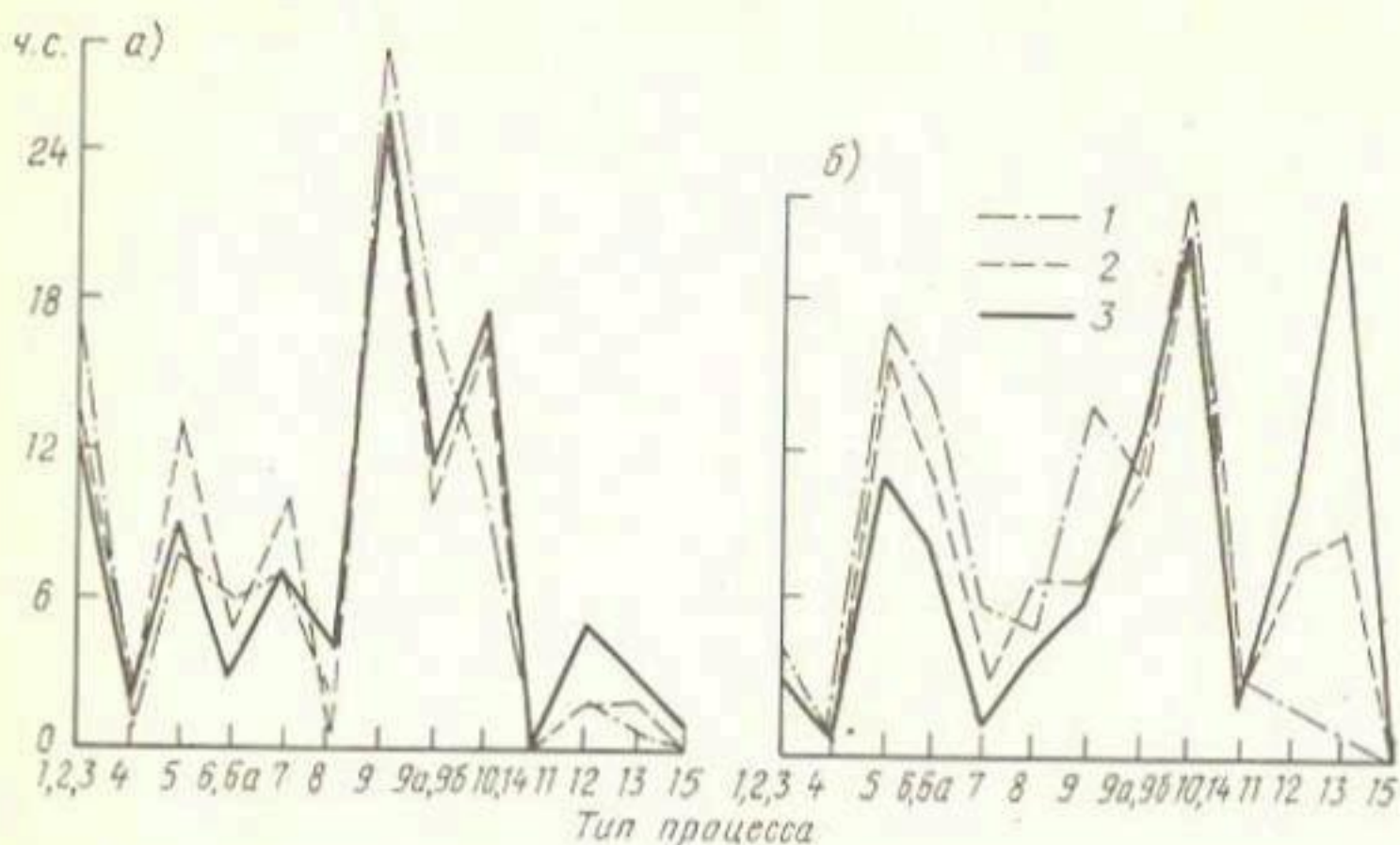


Рис. 8. Повторяемость (число случаев) типов синоптических процессов в холодном (а) и теплом (б) полугодиях:
1 - 1950-1959 гг., 2 - 1960-1969 гг., 3 - 1970-1979 гг.

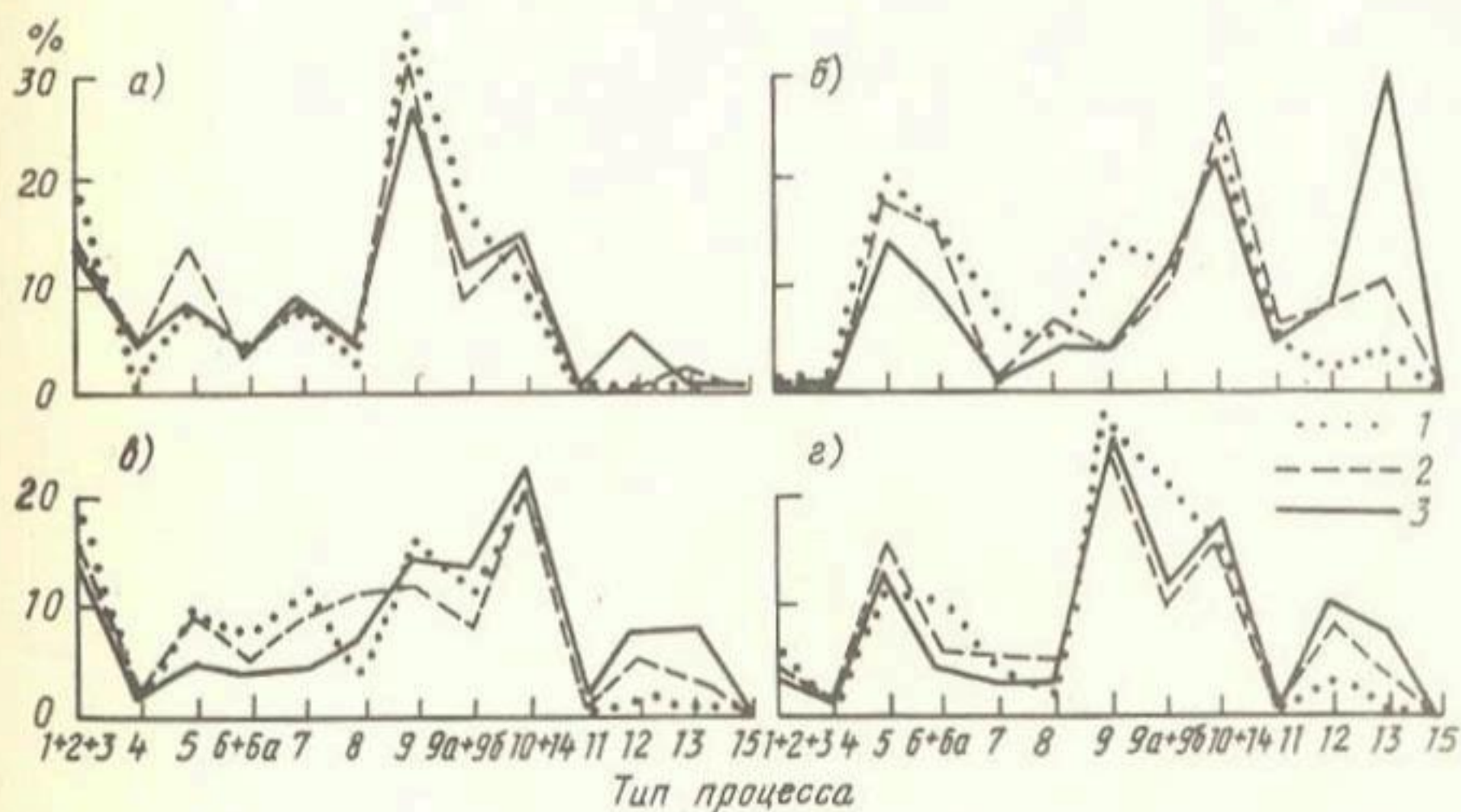


Рис. 9. Повторяемость (%) типов синоптических процессов зимой (а), летом (б), весной (в) и осенью (г):
1 - 1950-1959 гг., 2 - 1960-1969 гг., 3 - 1970-1979 гг.

ряемости типа 13. Особенности изменения повторяемости синоптических процессов наглядно видны на поредении 10-летних скользящих средних отклонений от нормы числа сроков. На рис. II представлены кривые изменений этих величин для основных типов синоптических

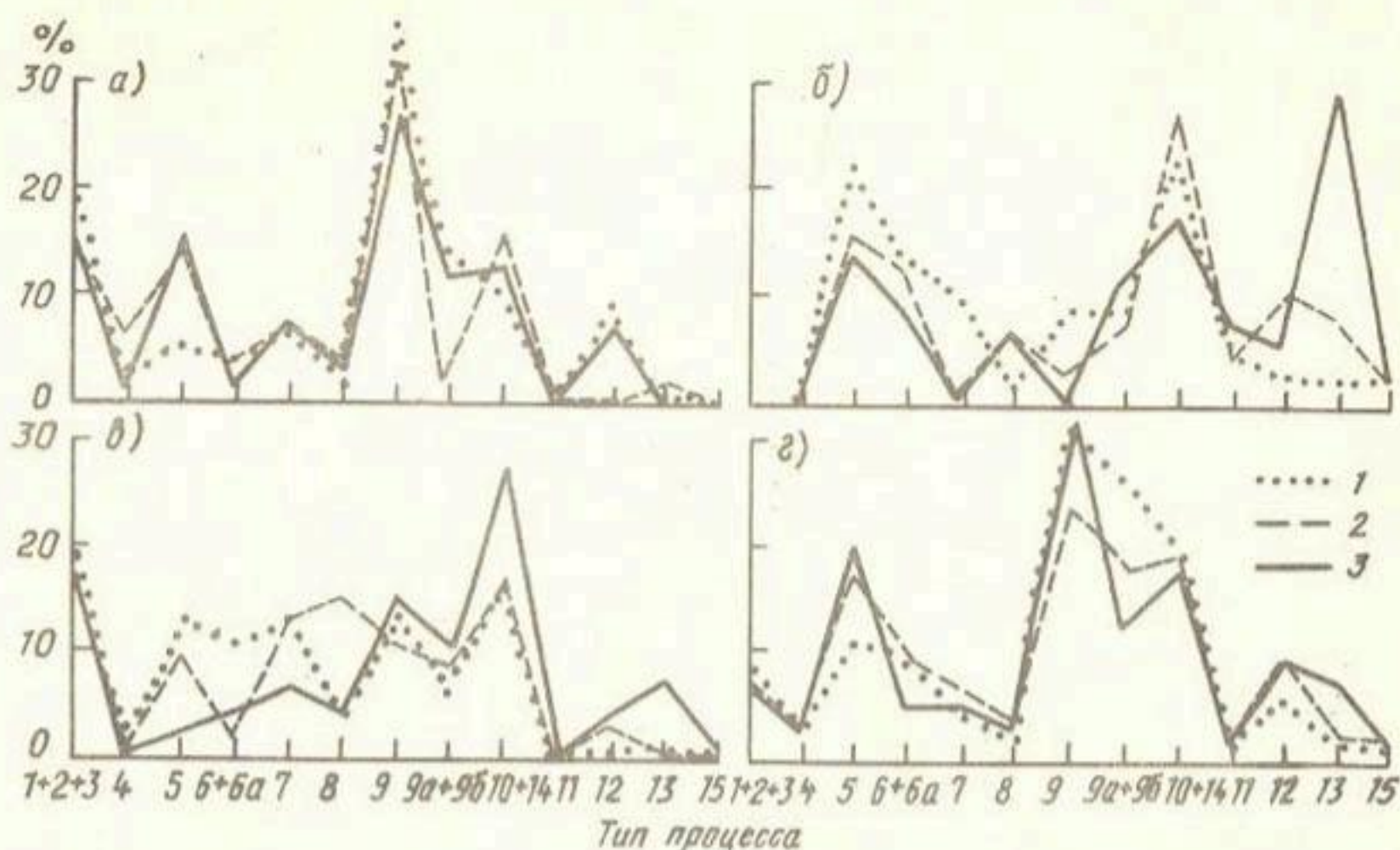


Рис. 10. Повторяемость (%) типов синоптических процессов в январе (а), июле (б), апреле (в) и октябре (г):
Усл. обозначения см. рис. 9

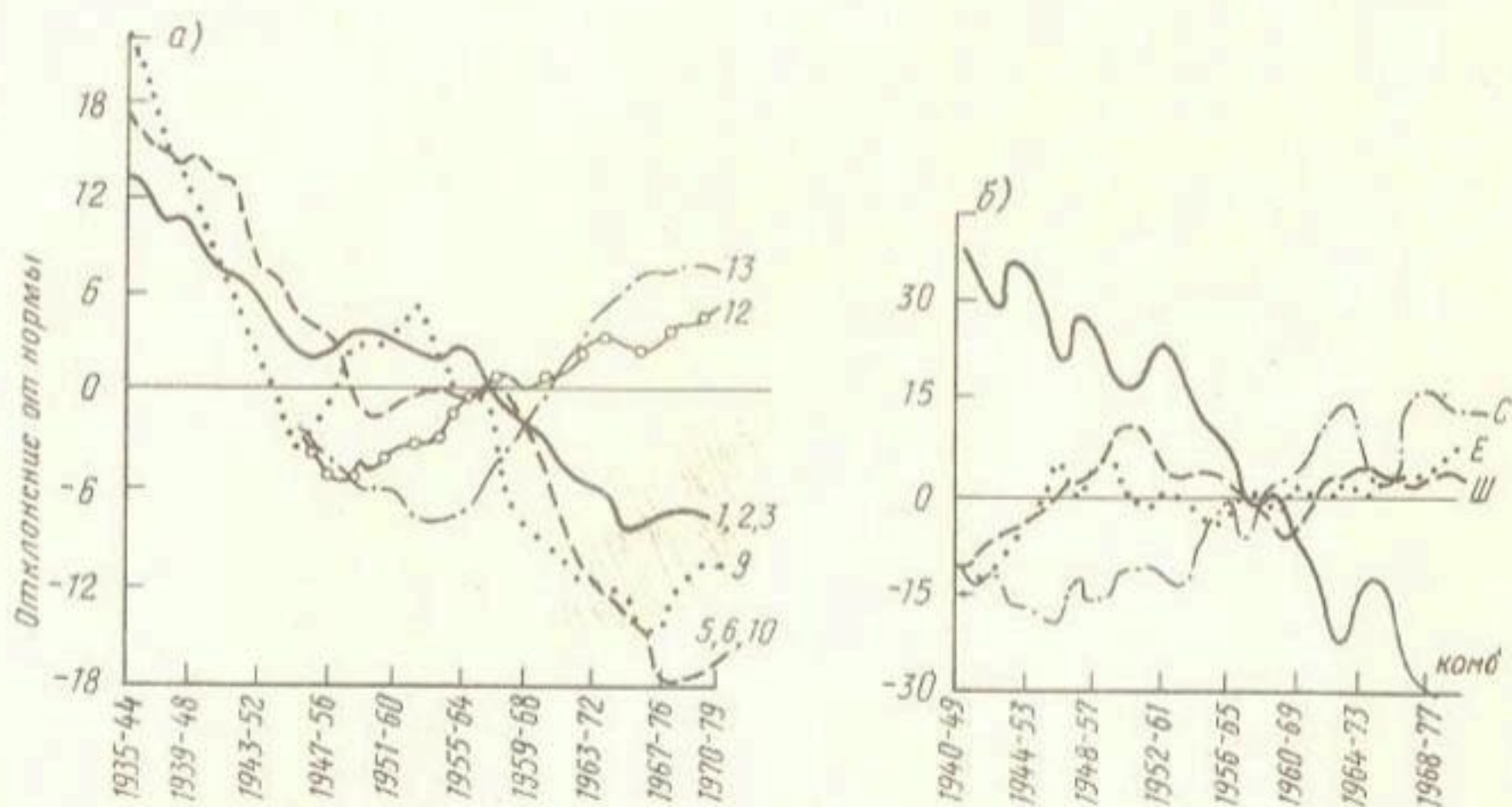


Рис. 11. Многолетний ход 10-летних скользящих средних отклонений от нормы (число дней)

процессов, таких, как группа южных циклонов (тип 1, 2, 3), холодные вторжения (типы 5, 6 и 10), юго-западная периферия антициклона (тип 9), малоградиентные поля повышенного (тип 12) и пониженного (тип 13) давления. Если сопоставить характер изменения повторяемости синоптических процессов (рис. 11 а) с повторяемостью форм

циркуляции по Байдалу (рис. II 6), то можно видеть аналогичность в ходе кривых. Действительно, достаточно четко прослеживается существование двух циркуляционных эпох с границей перехода в 1957-1960 гг. при разных типах синоптических процессов. В первую эпоху заметно преобладание вторжений, во вторую - их резкое уменьшение. Такая же закономерность характерна для группы циклонов и юго-западной периферии антициклонов.

Обратная картина наблюдается для типов I2 и I3, когда происходит резкое увеличение их повторяемости во второй эпохе. Следовательно, изменение процессов в тропосфере над территорией Средней Азии хорошо согласуется с особенностями циркуляции атмосферы над первым естественным синоптическим районом.

Хорошо известно, что особенности метеорологических полей при каждом типе циркуляции зависят в значительной мере от интенсивности и продолжительности процесса. Поэтому для основных типов синоптических процессов была рассчитана непрерывная продолжительность каждого из них в отдельные десятилетия (рис. I2).

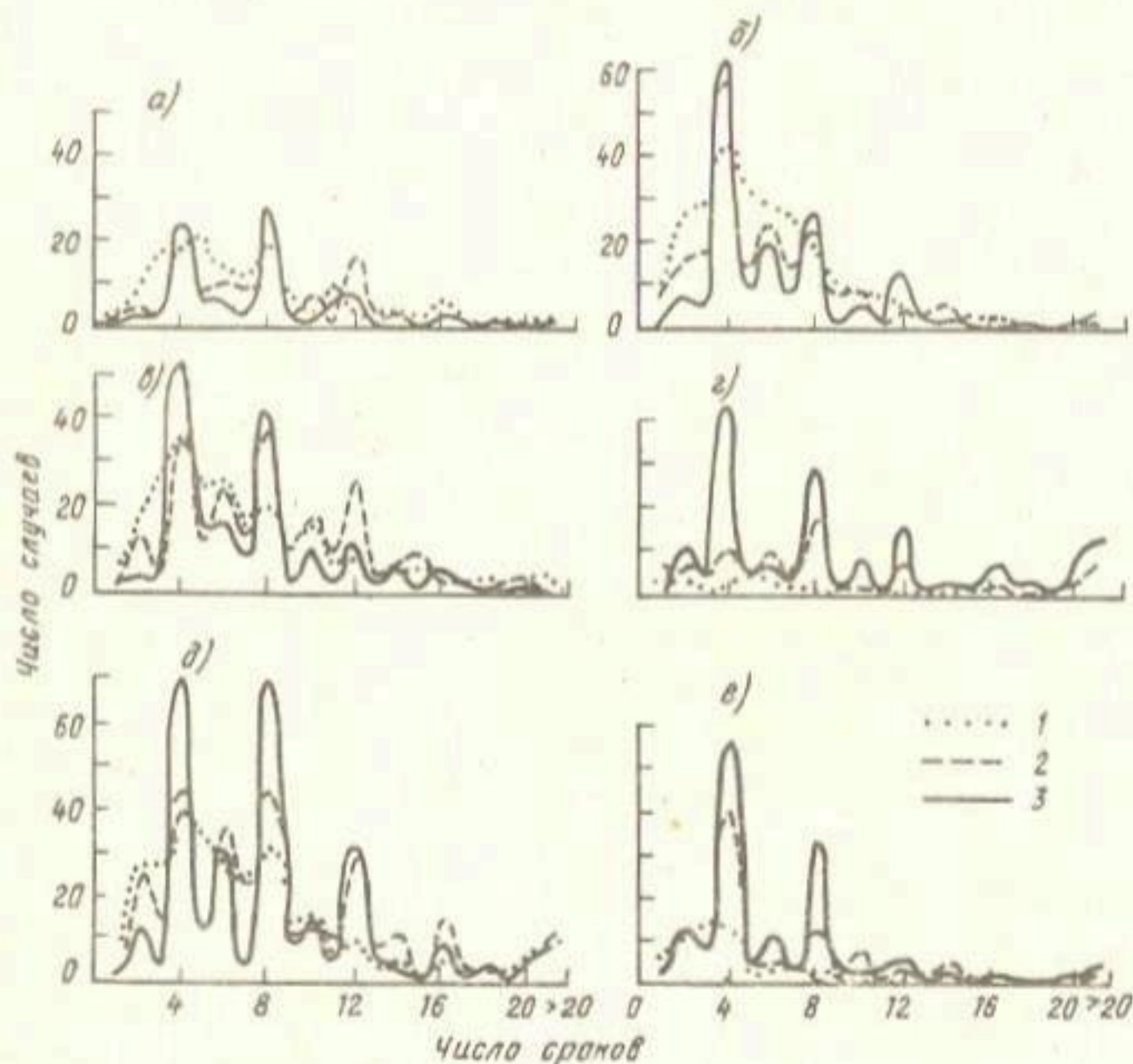


Рис. I2. Повторяемость синоптических процессов типов 6 (а); I, 2, 3 (б); 5 (в); I3 (г); IO (д) и I2 (е) в 1950-1959 гг. (1), 1960-1969 гг. (2) и 1970-1979 гг. (3)

Оказалось, что для группы южных циклонов в последнем десятилетии (1970-1979 гг.) значительно увеличилась повторяемость для-

тельных циклонов (4 сут), несколько больше стало циклонов продолжительностью 1-2 сут. Холодные северо-западные вторжения (тип 5) в последнем десятилетии не стали более продолжительными, лишь увеличилась повторяемость малой их длительности (1-2 сут). Северные вторжения во всех десятилетиях мало изменились по своей продолжительности, лишь в 1960-1969 гг. отмечается увеличение их повторяемости (3 сут). Для западных вторжений характерным является преобладание в последнем десятилетии малой продолжительности (1-2 сут). Малоградиентные поля повышенного давления (тип 12) в последнем десятилетии в преобладающем большинстве были также короткопериодными (1-2 сут). Малоградиентные поля пониженного давления (тип 13) в последнем десятилетии, напротив, стали более продолжительными; этот тип процесса достаточно часто существовал в течение 4 сут подряд и более (25 случаев из 140).

Данные табл. 3 дают представление о повторяемости синоптических процессов, объединенных в более крупные градации (≤ 1 сут;

$\leq 2-3$ сут; $\leq 4-5$ сут и > 5 сут). Оказалось, что количество периодов длительного (> 5 сут) существования процессов, таких, как вторжения (тип 5, 6, 10), группа циклонов (тип 1, 2, 3) и юго-западная периферия антициклона (тип 9), сократилось вдвое в последнем десятилетии по сравнению с 1950-1959 гг., а такие процессы, как тип 12 и 13, наоборот, стали более продолжительными. Меньше стало в последнем десятилетии малоустойчивых (< 1 сут) вторжений и циклонов, зато увеличилась повторяемость малоустойчивых процессов типа 9, 12 и 13. При сравнении повторяемости периодов синоптических процессов различной продолжительности в отдельных десятилетиях оказалось, что преобладает продолжительность 2-3 сут.

Изменение непрерывной продолжительности основных синоптических процессов можно проследить по рис. 13. Отметим некоторые особенности повторяемости процессов в определенные циркуляционные эпохи. Для типа (1+2+3) в первой циркуляционной эпохе преобладали быстро проходящие циклоны (≤ 1 сут), во второй эпохе заметно увеличилась их длительность (≤ 3 сут). Такая же закономерность характерна и для типа 9. Повторяемость холодных вторжений на территорию Средней Азии (тип 5, 6, 10) малой продолжительности ($\leq 1-2$ сут) во второй циркуляционной эпохе резко уменьшилась, стали преобладать более длительные (≤ 3 сут). Малоградиентные поля повышенного (тип 12) и пониженного (тип 13) давления в первой циркуляционной эпохе были более длительными, чем во второй.

Изучая разную продолжительность основных синоптических процессов, удалось выявить особенности изменения повторяемости этой продолжительности, совпадающие по времени с особенностями общей циркуляции атмосферы. Сравнивая многолетний ход повторяемости форм

Таблица 3

Повторяемость (число случаев) типов
синоптических процессов различной продолжительности

Десятилетие	Продолжительность, сут			
	≤ 1	$\leq 2-3$	$\leq 4-5$	> 5
Вторжения (тип 5, 6, 10)				
1950-1959	231	374	84	22
1960-1969	179	403	86	20
1970-1979	177	349	55	12
Южные циклоны (тип 1, 2, 3)				
1950-1959	104	137	12	3
1960-1969	95	101	12	1
1970-1979	76	91	6	1
Юго-западная периферия антициклона (тип 9)				
1950-1959	186	181	40	21
1960-1969	117	128	30	19
1970-1979	125	119	36	11
Малогradientное поле повышенного давления (тип 12)				
1950-1959	47	12	1	0
1960-1969	63	43	10	0
1970-1979	79	67	8	4
Малогradientное поле пониженного давления (тип 13)				
1950-1959	16	13	1	0
1960-1969	24	45	7	8
1970-1979	61	69	24	12

циркуляции по Байдалу (рис. 7) с многолетним ходом повторяемости синоптических процессов разной продолжительности (рис. 11), удалось выявить аналогичность кривой комбинированной формы циркуляции и процессов типа (1, 2, 3), (5, 6, 10) и 9, а кривая меридиональ-

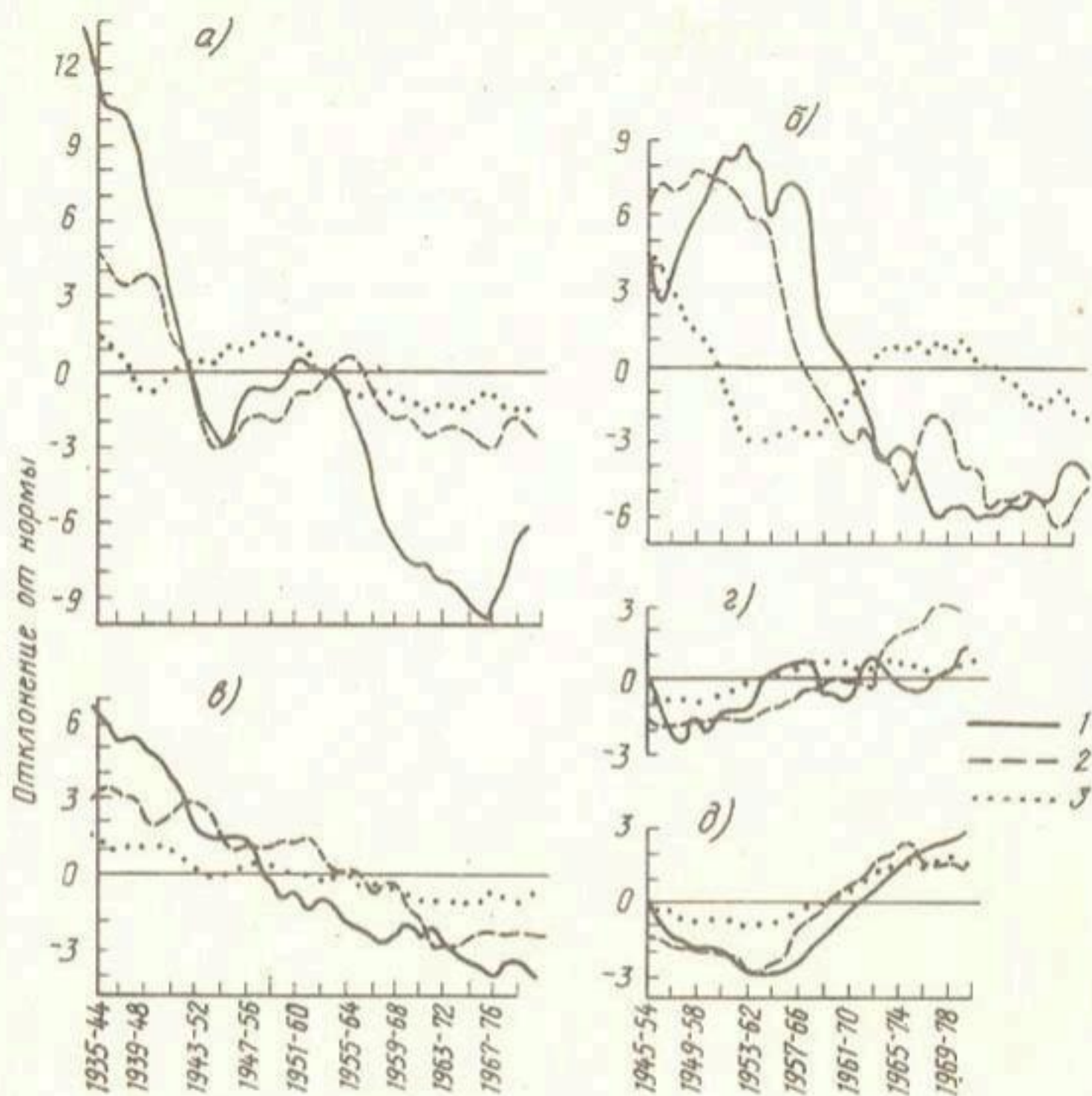


Рис. 13. Многолетний ход 10-летних скользящих средних отклонений от нормы (число случаев) для типов 9 (а); 5, 6, 10 (б); 1, 2, 3 (в); 12 (г) и 13 (д):
1 - ≤ 1 сут, 2 - ≤ 2 сут, 3 - ≤ 3 сут

ной формы циркуляции (форма С) оказалась идентичной с процессами типа 12 и 13. Следовательно, характер изменений повторяемости и продолжительности синоптических процессов (с учетом особенностей общей циркуляции атмосферы) является одним из важнейших факторов при изучении формирования метеорологического режима.

ГЛАВА 2. ИЗМЕНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МИНЕРАЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ НА СТАНЦИЯХ СРЕДНЕЙ АЗИИ И КАЗАХСТАНА

Проблеме химии осадков особое внимание уделялось в период Международного географического года – 1957–1958 гг. К этому времени была создана специальная сеть станций по сбору проб атмосферных осадков для последующего проведения их химического анализа по единой методике, в их число вошла ст. Аральское море. Осадки, выпадающие в различное время года, способствуют очищению атмосферы, вымывая из нее различные примеси. Химический состав суммарных осадков за месяц является интегральной характеристикой загрязнения некоторого слоя атмосферы, через который они проходят. По изменениям этой характеристики можно судить о том, как влияет общая циркуляция атмосферы на распространение аэрозолей над определенной территорией [5].

Рассмотрим некоторые характеристики минерализации осадков, выпавших в течение месяца за период наблюдений с 1968 по 1980 г., т.е. тогда, когда происходил интенсивный процесс усыхания моря (рис. 14).

Анализ рис. 15 показывает, что на протяжении 13-летнего периода четко выраженной тенденции к увеличению концентрации сульфатов ионов на ряде станций не наблюдается (станции Мын-Джилки, Кушке, Каунчи, Шахринау). На некоторых станциях наблюдается очевидная тенденция к увеличению концентрации суммарной минерализации осадков (станции Аральское море, Алма-Ата, Жана-Арка, Терехты). На станциях Капчагай, Байтык, Фергана прослеживается тенденция к уменьшению концентрации суммарной минерализации осадков. Концентрация ионов SO_4^{2-} , HCO_3^- во многом повторяет многолетний ход суммарной минерализации.

Для того чтобы дать объективную оценку тенденций в изменении концентрации $\Sigma_{\text{ион}}$, были рассчитаны значения линейного тренда по методу наименьших квадратов. В качестве оценок тренда были приняты угловой коэффициент линейного тренда β и относительный

вклад линейного тренда в общую дисперсию ряда за рассматриваемый период времени α (табл. 4). Алгоритм оценивания подробно описан в [17].

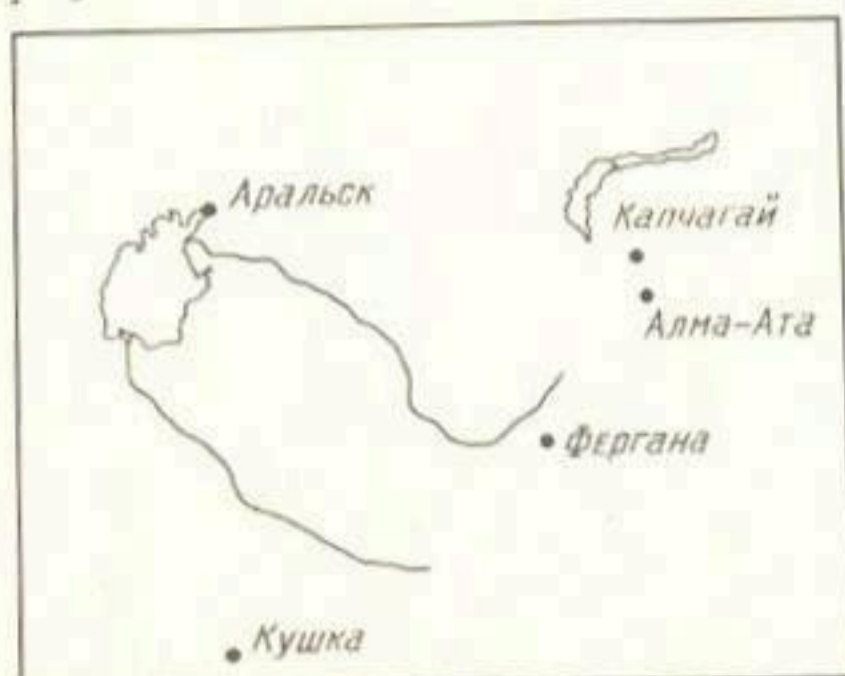


Рис. 14. Территория, данные о минерализации осадков на которой использовались при анализе

Как видно из табл. 4, β для ряда станций положительно. Следовательно, среднегодовая суммарная минерализация в течение последних лет имела тенденцию увеличения. Анализ показывает, что в среднем для ст. Аральское море за истекшие 13 лет суммарная минерализация осадков колеблется в пределах $\pm 6,4$ мг/л, возрастая со средней скоростью 6,4 мг/л в год, причем с этим линейным трендом связано более 52% дисперсии средних годовых значений. Здесь хотелось бы

Таблица 4

Параметры линейного тренда
средней годовой суммарной минерализации осадков
на станциях Казахстана и Средней Азии

Станция	1968-1980 гг.		1968-1973 гг.		1974-1980 гг.	
	β мг/л	α %	β мг/л	α %	β мг/л	α %
Аральское море	6,4	52	-4,0	49	9,8	31
Алма-Ата	6,2	88	2,5	18	7,6	90
Жана-Арка	13,1	71	14,3	42	13,7	38
Терехты	2,7	28	3,6	29	-5,5	59
Байтык	-0,8	31	0,7	5	-2,0	85
Кушка	-1,6	38	-2,5	23	1,3	17
Фергана	-1,1	14	0,9	3	-0,8	3
Капчагай	-0,6	4	3,5	18	-1,1	6
Шахринау	0,1	0,1	0,6	0	-0,7	1
Мын-Джилки	0,0	0,1	-0,9	12	-0,6	37
Каунчи	0,3	2	2,8	56	-1,9	31

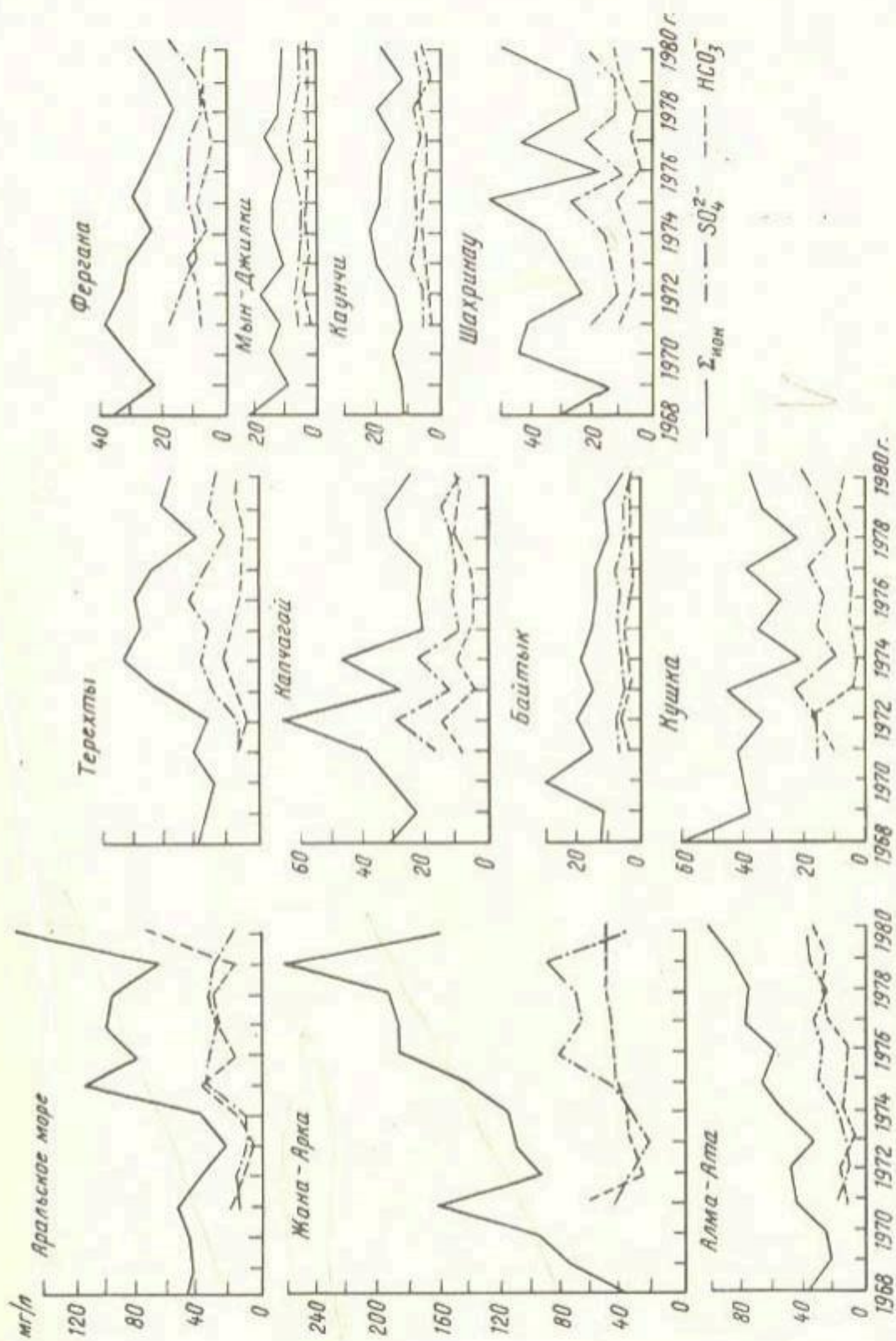


Рис. 15. Среднегодовые многолетние изменения концентраций SO_4^{2-} , HCO_3^- и $\Sigma_{\text{ион}}$

подчеркнуть, что в основном интенсивное увеличение минерализации осадков наблюдается в 1974–1980 гг., когда β достигает 9,8 мг/л в год, в предшествующие 6 лет (1968–1973 гг.) на ст. Аральское море коэффициент линейного тренда имел отрицательный знак, т.е. наблюдалась тенденция к уменьшению суммарной минерализации осадков.

Для ст. Жана-Арка за 1968–1980 гг. суммарная минерализация возрастает со средней скоростью 13,1 мг/л в год, с линейным трендом связано 71% дисперсии средних годовых значений. Для ст. Алма-Ата существенное увеличение $\Sigma_{\text{цон}}$ наблюдается в 1974–1980 гг., здесь $\beta = 7,6$ мг/л в год, причем 90% дисперсии ряда было обусловлено положительным трендом. На станциях Байтык, Кушка, Фергана, Капчагай β имеет отрицательный знак, уменьшаясь соответственно со средней скоростью -0,8; -1,6; -1,1; -0,6 мг/л в год; с линейным трендом соответственно связано 31, 38, 14, 4% дисперсии средних годовых значений $\Sigma_{\text{цон}}$.

Приведенные результаты анализа суммарной минерализации осадков позволяют сделать вывод о том, что наиболее минерализованы осадки на станциях Жана-Арка (средняя за год суммарная минерализация меняется от 38,4 в 1968 г. до 267,0 мг/л в 1979 г.), Аральское море (от 24,0 в 1969 г. до 157,7 мг/л в 1980 г.), Алма-Ата (от

20,9 до 102,2 мг/л). Менее минерализованы осадки на ст. Капчагай, где средняя за год суммарная минерализация меняется от 20,7 до 68,0 мг/л, на ст. Фергана – от 34,0 до 77,1 мг/л, на ст. Терехты – от 28,0 до 87,0 мг/л. Достаточно слабо минерализованы осадки на станциях Мын-Джилки (средняя за год суммарная минерализация меняется от 2,8 до 22,0 мг/л), Кушка (от 22,0 до 62,0 мг/л), Каунчи (от 22,0 до 44,0 мг/л), Байтык (от 4,1 до 29,0 мг/л), Шахринау (от 14,0 до 54,0 мг/л).

Для сравнения приведем изменение среднего за год $\Sigma_{\text{цон}}$ полученного на станциях, расположенных в Латвии (ст. Кемери), Литве (ст. Шилуте) и Белоруссии (ст. Березино) за 1953–1975, 1963–1975, 1962–1975 гг. На ст. Кемери от 11,1 до 23,1 мг/л, ст. Шилуте от 14,8 до 35,0 мг/л, ст. Березино от 19,1 до 43,2 мг/л [16].

Несомненный интерес представляет изучение ионного состава атмосферных осадков [16] (табл. 5). Почти на всех станциях преобладающим ионом является HCO_3^- , вклад этого иона в суммарную минерализацию изменяется от 29 до 52%, вклад SO_4^{2-} также значителен и в среднем на станциях составляет 25%. На ст. Аральское море преобладающим является ион SO_4^{2-} , что можно объяснить влиянием моря. Наименьший вклад в суммарную минерализацию вносят ионы K^+ , NH_4^+ , NO_3^- .

Для выяснения вопроса о влиянии форм атмосферной циркуляции на распространение атмосферных аэрозолей был применен дисперсион-

Распределение (%) ионного состава атмосферных осадков
на станциях Средней Азии и Казахстана

Станция	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	HCO_3^-	NH_4^+	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}
Аральское море	31,2	12,6	2,6	27,5	1,0	8,3	2,6	5,6	8,7
Алма-Ата	27,3	6,3	3,0	40,6	3,2	4,2	3,3	5,6	6,6
Жана-Арка	27,5	11,9	1,7	33,4	2,0	5,8	2,7	7,4	7,6
Терехты	23,7	4,0	3,4	45,4	1,6	5,1	3,1	6,6	7,2
Байтык	22,3	8,6	7,0	37,1	3,6	4,8	4,0	4,9	7,8
Кушка	21,8	5,7	4,3	45,2	3,1	5,6	2,4	4,7	7,3
Фергана	26,2	5,3	4,5	40,3	1,7	3,6	2,9	7,0	8,5
Капчагай	23,1	7,1	3,0	43,2	2,1	5,1	2,6	5,7	8,2
Шахринау	23,9	6,6	3,8	48,6	2,1	3,6	1,9	7,4	2,0
Мын-Джилки	19,8	9,3	5,3	42,6	3,6	4,7	0,3	6,1	8,1
Каунчи	25,9	6,7	5,3	37,8	3,2	4,3	2,1	6,5	8,3

ный анализ, который позволил выделить и оценить влияние отдельных факторов, вызывающих изменчивость средних значений наблюдаемых случайных величин [6]. Дисперсионный анализ для неравного числа измерений по факторам проводился по наблюдениям за суммарной минерализацией и количеством выпавших осадков относительно трех форм атмосферной циркуляции [13]. Для этого за рассматриваемый период лет одного и того же сезона (зимы) были отобраны месяцы, в течение которых преобладала одна из форм атмосферной циркуляции, т.е. месяц, в течение которого большую часть времени преобладала, например, форма III (соответствующая зональному состоянию циркуляции) либо С, либо Е (принадлежащие меридиональному состоянию циркуляции). Результаты химического анализа выпавших осадков и их количество в течение месяца стали исходным материалом для проведения дисперсионного анализа. При проведении анализа данные по суммарной минерализации нормировались на среднее значение выпавших осадков, количество осадков подвергалось нормализующему преобразованию вида $R_H = \sqrt{R}$, где R и R_H — месячные суммы осадков до и после преобразования [22].

Проверка значимости оценок дисперсий осуществлялась при помощи таблиц значений статистики F [13]:

$$F = \frac{S_A^2}{S_R^2},$$

где S_A – оценка дисперсии между факторами, S_R – оценка дисперсии внутри групп.

Если вычисленное F окажется меньше табличного, то это означает, что нет оснований считать, что рассматриваемый фактор влияет на изменчивость средних значений случайной величины. Если рассчитанное F больше табличного, то рассматриваемый фактор влияет на изменчивость средних значений.

Для сравнения дисперсий (кроме расчета F) использовался критерий Романовского [19]:

$$R = |\theta - 1| / \sigma_\theta,$$

$$\theta = \frac{n-p-2}{n-p} \frac{S_A^2}{S_R^2}; \quad \sigma_\theta = \sqrt{\frac{2(n-3)}{(p-1)(n-p-4)}};$$

где p, n – число степеней свободы.

Если $R \geq 3$, то расхождения между S_A и S_R существенны, если $R < 3$, то расхождения случайны (табл. 6). Для 5%-ного уровня значимости при соответствующих степенях свободы (в нашем случае

Таблица 6

Расчет критериев F и R

Критерий	Суммарная минерализация	Нормализованное значение
F	0,30	7,00
R	0,69	5,5

$\nu_1=2; \nu_2=47$) $F=3,26$. Из табл. 6 следует, что рассчитанные значения F и R по наблюдениям за суммарной минерализацией не значимы, так как они соответственно равны 0,30 и 0,69. Следовательно, тип атмосферной циркуляции не оказывает существенного влияния на распределение суммарной минерализации осадков и гипотеза о влиянии типа циркуляции на суммарную минерализацию должна быть отвергнута. Это позволяет сделать предположение, что источник атмосферных аэрозолей, который приводит к увеличению $\sum_{\text{цон}}$ на некоторых станциях, располагается на самих станциях. Здесь следует обратить внимание на тот факт, что существенное увеличение $\sum_{\text{цон}}$ наблюдается только на отдельных станциях, а не на основной сети.

Иной вывод следует из результатов расчета F и R по наблюдениям за количеством выпавших осадков. Здесь тип атмосферной циркуляции оказывает определяющее влияние на количество выпавших осадков и гипотеза о влиянии формы атмосферной циркуляции на количество выпавших осадков не должна быть отвергнута, так как $7,0 \gg 3,26$ и $5,5 > 3,0$. Этот вывод подтверждается целым рядом исследований, посвященных вопросу долгосрочных прогнозов погоды [6, II].

ГЛАВА 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ОТДЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КЛИМАТА

3.1. Температура воздуха

Формирование температурного режима в узкой прибрежной полосе в значительной мере зависит от воздействия водного бассейна; по мере удаления от водоема в глубь суши температура воздуха изменяется, подвергаясь влиянию континента.

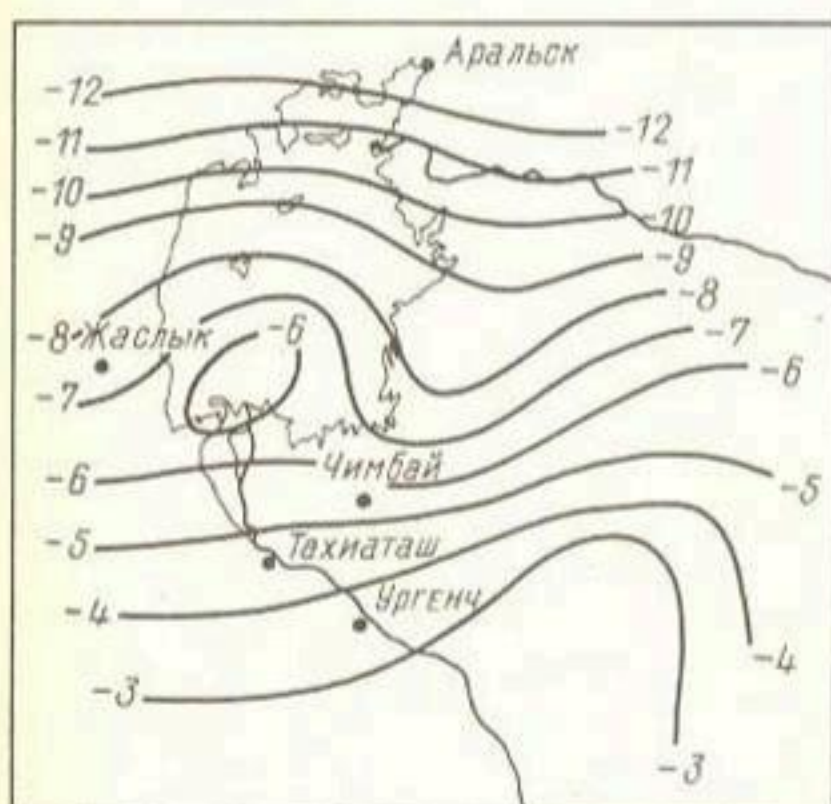


Рис. 16. Территориальное распределение температуры воздуха в январе

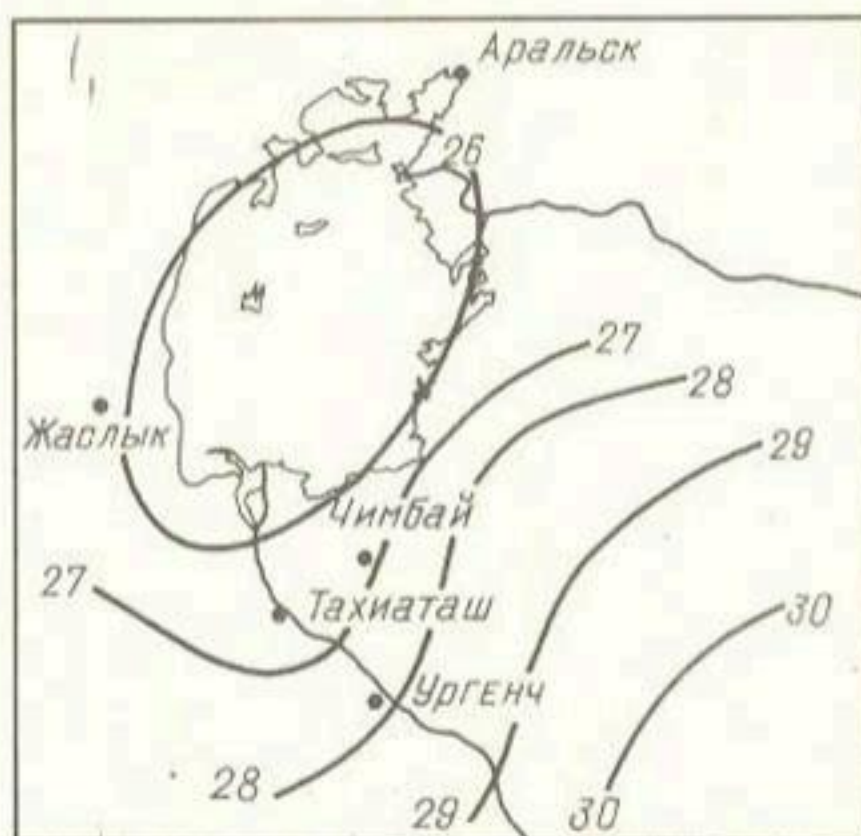


Рис. 17. Территориальное распределение температуры воздуха в июле

Анализ многолетних изменений температуры воздуха и их 10-летних скользящих средних (рис. 16–18) позволяет только в общих чертах заметить особенности формирования температурного режима в многолетнем плане и в те временные периоды, когда происходило нарушение режима Аральского моря.

При сравнении отклонений температуры от одного десятилетия к другому оказалось, что наибольшие изменения произошли в последнем

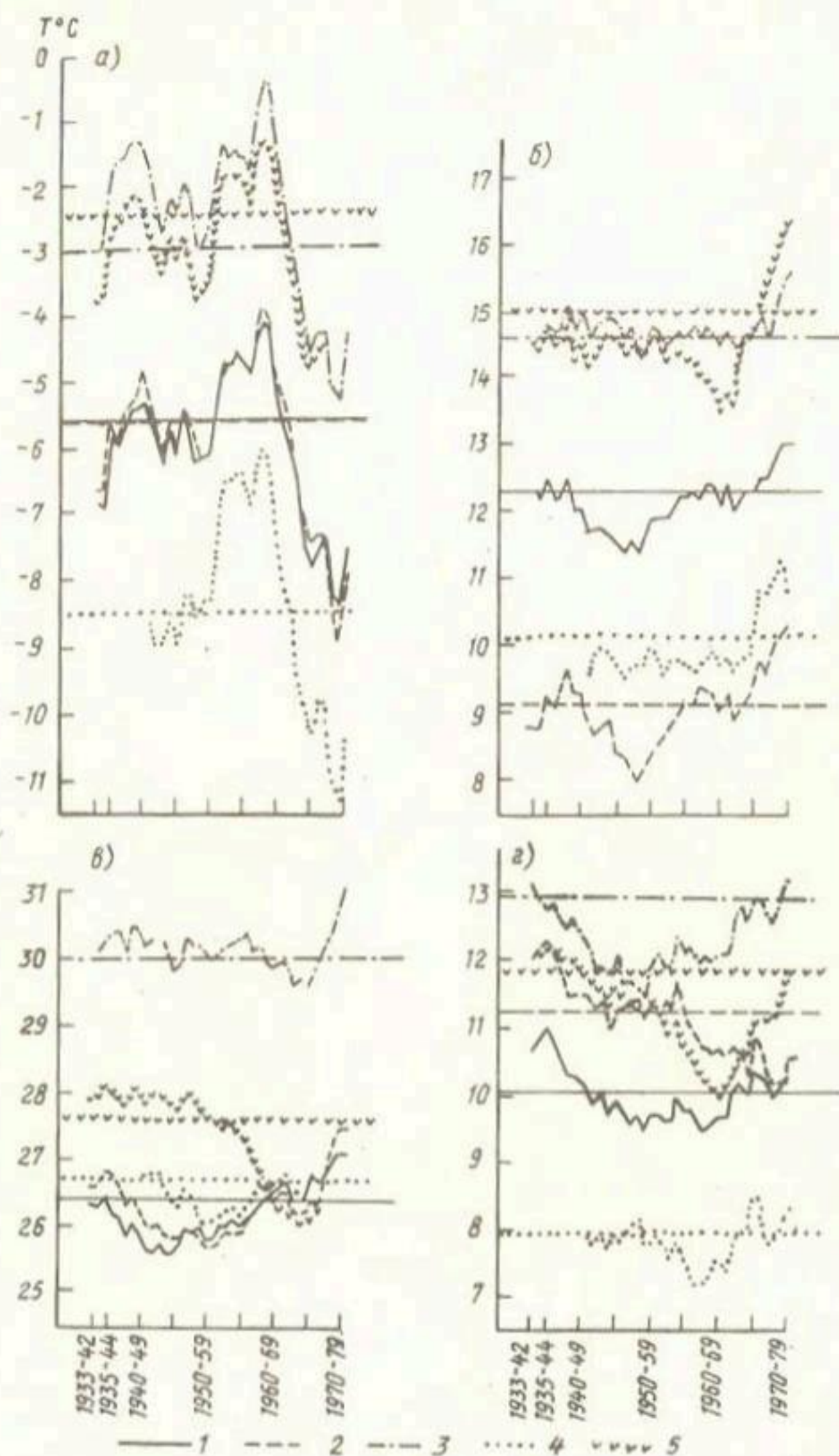


Рис. 18. Многолетний ход 10-летних скользящих средних температуры воздуха в срединные месяцы сезонов:

а - январь, б - апрель, в - июль, г - октябрь; 1 - Чимбай, 2 - Муинак, 3 - Тамды, 4 - Каракалпакия, 5 - Хива

десятилетия (1970-1979 гг.). Однако такая закономерность характерна не только для береговых, но и для далеко расположенных от моря станций: Тамды, Чабанказган, Кулкудук (табл. 7).

Разность температуры воздуха между десятилетиями

Станция	(1960-1969)- (1950-1959)	(1970-1979)- (1960-1969)	(1970-1979)- (1950-1959)	(1960-1969)- (1950-1959)	(1970-1979)- (1960-1969)	(1970-1979)- (1950-1959)
Я н в а р ь			И ю л ь			
Муйнак	1,5	-3,1	-2,6	0,7	0,4	1,1
Уялы	1,4	-2,6	-1,2	0,7	0,7	1,4
Тигровый	1,2	-2,5	-1,3	0,8	0,6	1,4
Барсакельмес	1,6	-2,3	-0,7	0,4	0,9	1,3
Техникаул	0,6	-3,0	-2,4	1,5	-0,3	1,2
Чимбай	0,8	-2,3	-1,5	0,7	0,6	1,3
Хива	1,1	-2,5	-1,4	-0,5	0,6	0,1
Каракалпакия	0,9	-2,9	-2,0	0,4	1,0	1,4
Тамды	0,7	-2,6	-1,9	0,5	-0,1	0,4
Чабанказган	1,5	-3,4	-1,9	0,0	1,0	1,0
А п р е л ь			О к т я б р ь			
Муйнак	0,6	1,3	1,9	-0,6	-0,3	-0,7
Уялы	0,4	1,3	1,7	0,2	-0,8	-1,6
Тигровый	0,5	1,1	1,6	-0,6	-0,6	-1,2
Барсакельмес	0,0	1,4	1,4	-0,5	-0,6	-1,1
Техникаул	0,2	1,3	1,5	-0,3	-0,1	-0,4
Чимбай	0,2	1,1	1,3	-0,2	0,6	0,4
Хива	-0,7	1,2	0,5	-0,8	0,9	0,1
Каракалпакия	-0,3	0,6	1,3	0,0	0,4	0,4
Тамды	0,0	1,2	1,2	0,4	0,7	1,1
Чабанказган	-0,2	1,2	1,0	-0,3	0,8	0,5

Средняя годовая температура воздуха в Приаралье в многолетнем плане и в отдельные периоды изменяется по широте, убывая с юга на север (табл. 8). По мере удаления от водоема в глубь суши температура воздуха увеличивается. Так, на юге в Хиве средняя годовая температура воздуха выше, чем в Муйнаке, на $2,4^{\circ}\text{C}$, а разница между Уялы и Чабанказганом (восточнее Уялы) составляет $1,4^{\circ}\text{C}$. Подобное различие можно видеть и в другие временные периоды.

Таблица 8

Годовой ход температуры воздуха

Десятилетие	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Средняя суточная													
Муйнак													
Среднее мно- голетнее	-6,4	5,5	0,4	9,1	17,9	23,5	26,4	25,1	19,3	11,2	3,4	-2,6	11,1
1950-1959	-6,4	-5,3	-0,4	8,4	17,7	23,0	25,7	25,0	19,7	11,3	2,2	-3,6	9,8
1960-1969	-4,9	-4,5	1,0	9,0	18,2	23,7	26,4	24,8	18,8	10,7	4,0	-1,4	10,5
1970-1979	-8,0	-7,3	0,3	10,3	18,3	24,1	26,8	24,8	19,1	10,4	3,5	-2,4	10,0
Уялы													
Среднее мно- голетнее	-7,9	-6,0	-0,3	8,9	17,5	22,6	25,5	24,5	19,1	10,6	2,0	4,4	10,1
1950-1959	-8,3	-6,7	-0,8	8,4	17,0	22,0	24,8	24,6	19,8	11,2	1,0	-5,1	9,0
1960-1969	-6,9	-6,4	0,6	8,8	17,4	22,7	25,7	24,4	18,7	10,4	2,8	-3,5	9,6
1970-1979	-9,5	-9,5	-1,0	10,1	18,1	23,4	26,4	24,4	19,0	9,6	2,2	-3,9	9,1
Тигрогый													
Среднее мно- голетнее	-5,8	-6,1	-0,6	7,1	16,6	22,9	26,0	25,1	20,0	11,8	4,2	2,1	10,3
1950-1959	-6,0	-6,0	-1,3	6,2	16,3	22,4	25,4	25,2	20,4	12,4	3,4	-2,7	9,6
1960-1969	-4,8	-5,2	-0,2	6,7	16,5	23,0	26,2	24,9	19,5	11,8	5,0	-0,6	10,2
1970-1979	-7,3	-7,9	-1,6	7,8	17,1	23,7	26,8	25,1	20,0	11,2	4,2	-1,5	9,8

Аральское море.

Среднее мно- голетнее	-12,8	-12,1	-2,8	9,5	18,1	23,6	26,3	23,8	17,6	7,5	-0,2	-7,8	7,6
1950-1959	-13,7	-11,4	-4,1	8,7	17,8	23,1	25,6	24,1	18,0	8,0	-3,0	-9,1	7,0
1960-1969	-11,9	-11,7	-2,6	8,9	17,6	23,1	25,7	23,6	17,4	7,8	-0,4	-8,9	7,4
1970-1979	-13,7	-12,8	-3,1	10,2	18,6	24,2	26,9	24,0	17,8	7,2	-0,1	-6,8	7,7

Барсакельмес

Среднее мно- голетнее	-8,5	-8,9	-2,4	7,5	15,9	22,1	25,4	24,3	18,9	10,8	3,1	-3,0	8,8
1950-1959	-8,8	-8,5	-2,9	7,0	15,6	21,6	24,8	24,5	19,6	11,3	1,8	-3,9	8,5
1960-1969	-7,2	-7,8	-1,8	7,0	15,8	22,0	25,2	24,1	18,7	10,8	4,0	-2,3	9,0
1970-1979	-9,5	-10,3	-2,6	8,4	16,3	22,6	26,1	24,2	19,4	10,2	3,5	-2,7	8,8

Техникаул

Среднее мно- голетнее	-6,4	-5,2	1,0	10,7	18,2	23,3	25,6	23,7	17,8	9,6	2,8	-2,8	9,9
1950-1959	-5,8	-4,2	0,2	10,1	18,2	22,5	24,7	23,8	17,9	9,9	1,9	-3,4	9,7
1960-1969	-5,2	-4,3	1,7	10,3	17,4	23,6	26,2	24,2	17,7	9,6	3,2	-2,2	10,2
1970-1979	-8,2	-7,0	1,1	11,6	18,9	23,7	25,9	23,0	17,9	9,5	3,2	-2,7	9,7

Чимбай

Среднее мно- голетнее	-6,4	-4,4	2,8	12,3	19,9	24,3	26,4	24,1	17,9	10,0	2,0	-3,9	10,4
1950-1959	-6,0	-3,6	2,2	11,9	19,8	23,6	25,8	23,9	18,0	9,7	0,1	-5,0	10,0
1960-1969	-5,2	-3,5	3,3	12,1	20,1	24,6	26,5	24,2	17,6	9,5	3,1	-2,8	10,8
1970-1979	-7,5	-5,8	3,3	13,2	20,5	25,2	27,1	24,1	18,6	10,1	3,5	-2,4	10,8

Тахияташ

Среднее мно- голетнее	-4,6	-2,5	4,1	13,5	21,1	25,9	27,9	25,6	19,5	11,0	3,6	-2,2	11,9
1950-1959	-4,2	-1,1	3,3	13,2	20,8	25,4	27,5	25,6	19,5	10,7	1,8	-3,2	11,6
1960-1969	-4,2	-2,3	4,5	12,9	21,1	25,8	27,7	25,4	18,9	10,7	4,1	-1,9	11,9
1970-1979	-5,4	-4,0	4,5	14,5	21,3	26,6	28,4	25,7	20,2	11,7	4,8	-1,4	12,2

Десятилетие	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Каракалпакия													
Среднее многолетнее	-8,5	-3,1	-0,4	10,1	18,6	23,9	26,7	24,6	17,2	8,0	1,3	-4,7	9,9
1950-1959	-8,3	-8,1	-1,6	10,0	18,2	23,3	-26,0	24,6	17,4	7,8	1,8	-5,7	8,8
1960-1969	-7,4	-7,0	-0,1	9,7	18,7	23,6	26,4	24,2	16,4	7,8	1,4	-3,6	9,2
1970-1979	-10,3	-9,6	0,1	11,3	19,0	24,3	27,4	24,7	18,2	8,2	2,4	-3,7	9,3
Жазылык													
Среднее многолетнее	-8,1	-7,4	0,1	10,2	18,6	23,9	26,8	24,5	17,6	8,5	1,2	-3,4	9,4
1950-1959	-7,5	-7,0	-1,1	10,1	18,2	23,3	26,2	24,7	17,7	8,4	-0,6	-4,8	9,0
1960-1969	-6,9	-6,2	0,6	10,0	18,8	23,9	26,8	24,4	16,9	8,3	1,9	-2,9	9,6
1970-1979	-9,8	-9,0	0,9	10,4	18,8	24,6	27,5	24,5	18,3	8,8	2,2	-2,5	9,6
Тамды													
Среднее многолетнее	-3,0	0,4	6,4	15,0	21,8	27,6	30,0	27,9	21,1	12,9	4,5	-1,1	13,6
1950-1959	-2,5	0,0	5,4	14,9	21,9	26,5	29,7	27,6	21,0	12,2	2,6	-1,8	13,1
1960-1969	-1,8	0,8	7,1	14,9	22,4	28,2	30,2	28,0	21,2	12,6	5,6	0,1	14,1
1970-1979	-4,4	-1,9	6,6	16,1	20,2	28,4	30,1	28,0	22,0	13,3	5,9	0,0	13,7
Кулкулдук													
Среднее многолетнее	-2,3	-0,3	5,3	14,3	21,5	26,9	29,3	27,1	21,3	12,5	4,9	-0,2	13,4
1950-1959	-1,2	0,9	4,2	14,1	21,3	26,2	29,2	27,2	21,5	12,6	3,0	-1,4	13,1
1960-1969	-1,3	0,2	5,9	13,8	21,7	27,2	28,8	27,0	20,6	11,9	5,7	0,7	13,5
1970-1979	-4,3	-2,0	5,7	15,0	21,6	27,4	30,0	27,1	21,7	12,9	6,0	0,0	13,4

Чабанкэзган

Среднее мно- голетнее	-8,1	-5,9	2,6	13,0	20,7	25,9	28,5	26,0	19,1	9,6	1,2	-4,7	10,7
1950-1959	-8,0	-4,7	2,1	12,7	20,7	25,3	28,2	26,0	19,1	9,5	-1,0	-6,3	10,3
1960-1969	-6,5	-5,3	3,2	12,5	20,5	26,0	28,2	25,8	18,6	9,2	2,1	-4,1	10,8
1970-1979	-9,9	-7,8	2,6	13,7	21,0	26,5	29,2	26,2	19,6	10,0	2,6	-3,7	10,8

Хива

Среднее мно- голетнее	-3,5	-0,8	5,8	14,6	21,7	26,0	27,6	25,0	19,1	11,8	4,0	-1,4	12,5
1950-1959	-3,3	-0,2	5,3	14,7	21,8	25,5	27,5	25,2	19,5	11,8	2,2	-2,0	12,3
1960-1969	-2,2	0,1	6,2	14,0	21,7	26,1	27,0	24,4	18,4	11,0	5,0	-0,5	12,6
1970-1979	-4,7	-2,0	6,0	15,2	22,0	26,6	27,6	24,4	19,4	11,9	5,4	-0,4	12,6

Средняя минимальная

Муйнак

Среднее мно- голетнее	-9,5	-8,9	-3,2	5,4	13,7	19,1	22,8	21,0	8,8	7,3	0,1	-5,2	6,0
1950-1959	-9,3	-8,5	-3,4	5,1	14,1	19,4	22,3	21,4	16,1	7,9	-0,8	-6,3	6,5
1960-1969	-7,9	-7,8	-2,0	5,4	13,8	19,2	22,4	20,8	14,8	6,6	0,5	-4,0	6,8
1970-1979	-11,7	-11,6	-3,7	5,6	13,0	17,9	21,1	19,0	13,2	5,3	-0,5	-4,9	5,2

Уялы

Среднее мно- голетнее	-10,6	-10,6	-3,4	5,8	14,4	19,8	23,0	21,6	15,8	7,4	-0,6	-6,5	6,3
1950-1959	-11,3	-10,0	-3,6	5,6	14,3	20,1	22,8	22,3	17,1	8,4	-1,5	-7,4	6,4
1960-1969	-10,0	-9,8	-2,6	5,9	14,7	20,0	23,4	21,6	15,4	7,2	0,2	-5,4	6,7
1970-1979	-12,8	-13,2	-4,6	6,6	14,2	19,4	22,6	20,3	14,5	5,6	-0,9	-6,6	5,4

Продолжение табл. 8

Десятилетие !	I !	II !	III !	IV !	V !	VI !	VII !	VIII !	IX !	X !	XI !	XII !	Год
Тигровый													
Среднее мно- голетнее	-10,6	-8,8	-3,2	4,8	14,1	20,1	23,6	23,0	17,8	9,5	2,2	-5,4	7,3
1950-1959	-8,7	-8,7	-3,8	3,9	14,0	20,2	23,2	23,4	18,3	10,5	1,2	-4,6	7,4
1960-1969	-7,0	-7,7	-2,5	4,6	14,0	20,3	23,9	22,9	17,3	9,6	3,1	-2,3	8,0
1970-1979	-10,0	-11,2	-4,4	5,3	14,3	20,3	23,8	22,2	16,8	8,3	1,8	-3,6	7,0
Аральское море													
Среднее мно- голетнее	-17,1	-16,5	-7,6	3,9	12,0	17,3	20,1	17,6	11,2	2,8	-4,6	-11,3	2,3
1950-1959	-17,7	-15,6	-8,2	3,2	11,7	16,9	19,9	17,9	11,4	3,0 ^е	-6,2	-12,0	2,0
1960-1969	-15,9	-16,5	-6,9	3,6	11,8	17,4	19,9	17,3	10,6	2,8	-4,1	-11,7	2,4
1970-1979	-17,7	-17,3	-7,6	5,0	12,5	17,5	20,5	17,5	11,5	2,5	-3,4	-10,1	2,6
Барсакельмес													
Среднее много- летнее	-11,0	-12,0	-5,1	4,0	12,2	18,3	21,7	20,7	16,3	8,1	1,0	-5,0	4,6
1950-1959	-11,4	-11,7	-5,4	3,5	11,8	17,9	21,5	21,1	16,4	8,5	-0,4	-6,0	5,5
1960-1969	-9,5	-10,8	-4,4	3,8	12,2	18,5	21,6	20,9	15,7	7,9	1,8	-4,4	6,1
1970-1979	-12,1	-13,5	-5,4	4,8	12,5	18,6	22,1	20,8	16,8	7,8	1,5	-4,7	5,8
Техникаул													
Среднее мно- голетнее	-10,7	-9,9	-3,7	4,6	11,6	16,0	18,6	16,8	11,0	3,9	-2,0	-6,0	4,7
1950-1959	-10,2	-8,9	-4,3	3,9	11,0	15,7	18,4	17,3	11,2	3,4	-2,7	-6,9	4,0
1960-1969	-9,1	-8,7	-2,7	4,8	12,5	16,9	20,1	17,9	11,4	4,3	-1,5	-5,6	5,0
1970-1979	-12,7	-12,0	-4,1	5,1	11,2	15,4	17,3	15,3	10,4	3,9	-1,9	-5,5	3,5

Среднее мно- голетнее 1950-1959 1960-1969 1970-1979	Чимбоз												
	-10,5	-8,9	-3,4	5,6	12,2	16,3	18,7	16,5	10,2	3,0	-3,2	-7,6	4,1
	-10,1	-8,5	-3,1	4,9	11,7	15,8	18,6	16,5	10,4	2,9	-5,1	-9,1	3,7
	-9,4	-8,2	-1,9	5,7	12,7	16,7	19,2	16,6	10,2	2,6	-2,4	-6,6	4,6
	-12,1	-11,0	-2,4	6,5	12,6	16,9	19,4	16,4	10,8	3,2	-1,5	-6,0	4,4
Хива													
Среднее мно- голетнее 1950-1959 1960-1969 1970-1979	-7,2	-5,0	0,9	8,6	14,5	18,4	20,4	17,7	11,9	5,2	-0,8	-4,8	6,7
	-6,9	-4,6	0,4	8,5	14,4	17,9	20,3	18,0	12,2	5,2	-2,6	-5,5	6,4
	-6,0	-4,0	1,7	8,6	14,5	18,3	20,0	16,9	11,3	4,4	0,5	-3,8	6,9
	-8,3	-6,1	1,5	9,8	14,8	19,0	20,4	17,4	12,0	5,5	0,7	-3,3	7,0
	Тахнаташ												
Среднее мно- голетнее 1950-1959 1960-1969 1970-1979	-8,3	-6,9	-0,8	7,7	13,6	18,4	20,5	18,3	12,2	4,6	-1,1	-5,6	6,1
	-8,0	-5,8	-1,5	6,9	13,0	17,6	19,6	18,0	11,6	3,7	-3,1	-7,0	5,5
	-8,0	-6,7	-0,4	7,0	14,0	18,1	20,4	18,1	11,8	4,4	-0,6	-5,5	6,0
	-9,0	-8,3	-0,5	9,1	13,7	19,6	21,5	18,8	13,3	5,7	0,5	-4,4	6,5
	Керакалпакия												
Среднее мно- голетнее 1950-1959 1960-1969 1970-1979	-13,2	-12,9	-5,3	3,0	9,8	14,5	17,8	15,1	8,4	1,1	-4,6	-8,8	2,1
	-13,8	-12,8	-6,2	2,4	8,6	13,5	16,7	14,9	8,3	0,5	-7,4	-10,0	1,2
	-11,6	-12,1	-4,8	2,8	9,7	14,6	17,4	14,8	7,5	0,8	-3,8	-7,0	2,4
	-14,6	-14,2	-4,7	4,9	11,1	15,9	19,4	16,0	10,3	2,0	-1,8	-7,6	3,1
	Ляслык												
Среднее мно- голетнее 1950-1959 1960-1969 1970-1979	-12,4	-12,0	-4,3	3,9	10,5	15,2	18,3	15,8	9,4	1,6	-3,9	-6,9	2,9
	-11,9	-11,6	-5,5	3,3	9,7	14,4	17,7	15,9	9,4	1,2	-6,0	-8,7	2,3
	-11,0	-10,8	-3,7	3,6	10,3	14,9	17,9	15,5	8,4	0,8	-3,3	-6,6	3,0
	-14,2	-13,6	-3,8	4,9	11,4	16,3	19,3	16,1	10,3	2,7	-2,4	-5,5	3,5

Продолжение табл. 8

Десятилетие	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Тампы													
Среднее много- голетнее	-7,0	-3,9	0,6	5,6	14,9	19,4	21,8	19,4	13,0	6,1	-0,4	-4,8	7,1
1950-1959	-6,2	-4,4	0,5	8,4	14,0	17,9	20,0	18,7	12,2	5,1	-2,9	-5,5	6,5
1960-1969	-5,9	-3,3	2,2	9,1	15,7	21,0	23,1	20,6	14,2	6,9	1,2	-3,4	8,5
1970-1979	-8,4	-6,2	1,8	10,7	16,0	21,2	23,7	20,8	15,1	7,6	1,4	-3,1	8,4
Кулукдук													
Среднее много- голетнее	-6,0	-4,2	1,0	9,4	15,9	21,0	23,3	21,2	15,7	7,6	1,0	-3,7	8,5
1950-1959	-4,7	-2,8	0,0	9,1	15,5	20,5	22,9	21,0	15,6	7,5	-1,0	-4,9	8,2
1960-1969	-5,4	-3,9	1,4	8,7	15,9	21,0	22,8	21,0	15,0	7,1	1,6	-3,3	8,5
1970-1979	-8,0	-5,8	1,6	10,3	16,2	21,6	24,2	21,5	16,5	8,2	2,3	-3,0	8,8
Чабанказган													
Среднее много- голетнее	-12,4	-10,5	-2,4	6,5	12,3	17,3	20,0	17,4	10,9	2,7	-3,8	-8,5	4,1
1950-1959	-12,3	-9,5	-3,0	5,5	12,2	16,7	19,7	17,4	10,5	2,6	-6,4	-10,6	3,6
1960-1969	-10,5	-9,3	-1,8	6,2	12,3	17,1	19,5	17,1	10,4	2,4	-2,8	-7,9	4,4
1970-1979	-14,5	-12,6	-2,3	7,7	12,4	18,0	20,8	17,8	11,8	3,0	-2,2	-7,1	4,4
Средняя максимальная													
Муйнак													
Среднее много- голетнее	-3,0	-1,4	4,6	14,0	22,9	28,6	31,1	29,6	23,9	15,7	7,3	0,7	14,5
1950-1959	-2,8	-1,3	3,4	13,0	22,4	27,4	29,8	29,1	23,8	15,3	5,5	-0,4	13,8
1960-1969	-1,4	-0,4	5,0	13,8	23,6	29,1	31,2	29,5	23,4	15,4	8,4	1,7	15,0
1970-1979	-3,8	-2,5	5,6	16,7	24,4	30,6	32,8	30,3	25,4	16,1	8,3	1,7	15,5

Уялы

Среднее мно- голетнее	-4,0	-3,1	3,4	13,1	21,8	26,4	28,9	27,7	22,6	14,0	5,5	-1,1	12,9
1950-1959	-5,0	-3,1	2,5	12,3	20,9	25,4	27,8	27,3	22,4	14,0	4,1	-1,9	12,2
1960-1969	-2,3	-1,6	3,9	12,7	21,5	26,2	28,6	27,4	21,9	13,5	6,3	0,0	13,2
1970-1979	-5,8	-5,0	3,7	15,0	22,7	27,8	30,5	28,6	23,8	14,3	6,0	-1,0	13,4
Тигровый													
Среднее мно- голетнее	-3,0	-2,8	2,5	10,4	20,3	26,6	29,4	28,0	22,9	14,7	6,7	0,2	13,3
1950-1959	-3,2	-2,7	1,5	9,2	19,7	25,4	28,3	27,9	23,0	14,8	5,5	-0,5	12,4
1960-1969	-2,3	-2,1	2,6	9,8	20,2	26,6	29,4	27,8	22,2	14,5	7,4	1,4	13,1
1970-1979	-4,0	-4,0	2,3	11,8	21,0	28,2	30,7	28,7	23,9	15,0	7,5	1,0	13,5
Аральское море													
Среднее мно- голетнее	-8,7	-6,6	1,5	15,0	24,0	29,3	31,9	30,0	23,8	13,0	3,0	4,6	13,4
1950-1959	-9,1	-6,6	0,6	14,7	23,9	28,6	31,3	29,8	23,7	13,1	1,4	-5,2	12,2
1960-1969	-7,6	-6,6	1,9	14,7	23,5	28,7	30,4	29,4	22,9	12,7	4,1	-4,5	12,5
1970-1979	-9,4	-7,7	2,1	16,4	24,9	30,3	32,9	30,1	24,9	12,7	3,3	-3,4	13,1
Барсакельмес													
Среднее мно- голетнее	-5,8	-5,1	0,6	11,6	20,9	26,8	29,6	28,1	22,3	13,4	5,4	-0,8	12,3
1950-1959	-6,0	-5,4	0,0	11,4	20,7	26,3	29,3	28,3	22,4	13,7	4,2	-1,7	11,9
1960-1969	-4,6	-3,0	1,1	10,9	20,5	26,6	29,2	27,7	21,8	13,6	6,4	-0,1	12,5
1970-1979	-6,9	-6,8	0,8	12,4	21,4	27,4	30,4	28,2	22,7	13,0	5,7	-0,6	12,3
Техникаул													
Среднее мно- голетнее	-1,3	-1,0	7,6	17,8	25,9	30,4	32,2	30,5	25,2	17,0	8,6	1,2	16,2
1950-1959	-0,6	2,7	7,1	17,4	24,9	29,2	30,7	30,2	24,9	17,5	7,2	0,9	16,0
1960-1969	-0,5	1,2	7,6	16,7	26,1	30,5	32,4	30,8	24,6	16,4	9,4	2,2	16,5
1970-1979	-2,9	-1,0	8,0	19,2	26,6	31,4	33,4	30,5	26,2	17,1	9,2	0,4	16,5

Продолжение табл. 8

Десятилетие	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Чимбай													
Среднее многолетнее	-1,0	1,6	9,6	20,2	27,6	32,0	33,9	31,9	26,2	18,1	8,9	1,0	17,5
1950-1959	-0,4	2,5	8,9	20,1	27,8	31,2	33,2	31,5	26,3	17,9	7,0	0,4	17,2
1960-1969	0,2	2,6	10,1	19,5	28,0	32,6	34,1	32,3	25,8	17,5	10,2	2,3	17,9
1970-1979	-2,0	0,6	10,7	21,1	28,3	33,2	34,9	32,4	27,3	18,4	10,2	1,7	18,1
Хива													
Среднее многолетнее	1,6	4,8	12,0	21,2	28,7	33,1	34,5	32,0	26,8	19,4	10,4	3,1	19,0
1950-1959	2,0	5,1	11,1	21,4	28,6	32,3	34,5	32,0	26,7	19,5	8,4	2,6	18,7
1960-1969	3,3	6,1	13,0	20,2	29,2	33,7	33,9	31,6	26,1	18,8	11,5	4,3	19,3
1970-1979	0,0	3,7	12,0	21,7	29,0	33,6	34,3	31,5	27,4	19,7	11,4	3,6	19,0
Тахиятеш													
Среднее многолетнее	0,2	3,3	10,5	20,6	28,2	33,2	34,8	33,1	27,1	18,6	9,7	2,3	19,4
1950-1959	0,6	4,7	9,4	20,5	28,0	32,8	35,0	33,4	27,0	18,6	8,0	1,6	18,3
1960-1969	0,6	3,6	10,9	19,9	28,4	33,1	34,7	32,9	26,4	17,9	10,5	2,8	18,5
1970-1979	-0,6	1,7	11,1	21,5	28,3	33,7	35,5	33,0	27,9	19,2	10,6	2,4	18,7
Каракалпакия													
Среднее многолетнее	-3,8	-2,3	5,5	17,8	26,7	31,9	34,5	32,7	25,8	15,4	6,7	-0,4	14,3
1950-1959	-3,8	-3,6	3,7	17,7	26,3	31,4	33,8	32,8	26,0	15,7	4,6	-1,3	15,3
1960-1969	-3,1	-1,3	5,5	17,0	26,7	31,7	34,2	32,5	25,0	15,6	7,5	0,5	16,0
1970-1979	-5,3	-3,9	6,0	18,8	26,8	31,9	35,0	32,8	26,8	15,3	7,7	0,1	16,0

Бяслык

Среднее мно- голетнее	-3,5	-1,8	5,9	17,6	26,5	32,0	34,6	32,7	26,0	16,3	7,2	0,6	16,3
1950-1959	-3,1	-2,3	4,3	17,6	26,4	31,4	34,1	32,8	26,2	16,2	5,6	-0,4	15,7
1960-1969	-2,6	-1,0	6,2	16,8	26,9	32,0	34,6	32,6	25,3	16,1	8,2	1,2	16,4
1970-1979	-4,9	-2,2	7,1	18,4	26,2	32,5	35,1	32,8	26,6	16,5	7,9	1,0	16,4

Тамлы

Среднее мно- голетнее	1,5	9,5	12,6	21,6	29,2	34,7	37,1	35,0	28,8	20,1	10,6	3,6	20,4
1950-1959	2,4	5,8	11,8	22,0	29,2	33,8	37,2	35,0	28,8	20,1	8,8	3,0	19,8
1960-1969	2,6	6,1	13,8	21,3	29,1	35,1	36,9	34,9	28,2	19,7	11,6	4,7	20,3
1970-1979	0,3	3,3	12,6	22,5	29,3	35,1	37,5	34,9	29,3	20,2	11,7	4,1	20,1

Кулкулдук

Среднее мно- голетнее	2,3	4,7	10,8	20,0	27,5	32,8	35,2	33,0	27,1	18,2	10,1	4,0	18,8
1950-1959	3,3	5,8	9,6	19,7	28,4	32,0	35,0	32,9	27,5	18,4	7,9	2,8	18,6
1960-1969	3,6	5,4	11,7	19,5	26,6	33,4	34,9	33,0	26,4	17,6	11,4	5,4	19,1
1970-1979	0,0	2,8	11,1	20,9	27,5	33,1	35,7	33,0	27,5	18,5	11,1	3,8	18,8

Чабанказган

Среднее мно- голетнее	-12,4	-10,5	-2,4	6,5	12,3	17,3	20,0	17,4	10,9	2,7	-3,8	-8,5	4,2
1950-1959	-12,3	-9,5	-3,0	5,5	12,2	16,7	19,7	17,4	10,5	2,6	-6,4	-10,6	3,6
1960-1969	-10,5	-9,3	-1,8	6,2	12,3	17,1	19,5	17,1	10,4	2,4	-2,8	-7,9	4,4
1970-1979	-14,5	-12,6	-2,3	7,7	12,4	18,0	20,8	17,8	11,8	3,0	-2,2	-7,1	4,4

Межгодовая изменчивость
средней месячной температуры воздуха (σ)
за весь период наблюдений ($^{\circ}\text{C}$)

Станция	Январь	Апрель	Июль	Октябрь
		$\sigma_{\text{ср.сут}}$		
Аральское море	6,0	3,1	2,2	2,6
Уялы	5,4	2,5	1,1	2,2
Муйнак	5,4	2,4	1,2	2,3
Тигровый	5,8	3,2	1,1	2,4
Техникаул	6,1	2,1	1,3	1,9
Чимбай	5,2	2,5	1,5	2,2
Хива	4,9	2,7	1,3	2,0
Каракалпакия	6,9	2,7	1,8	2,5
Жаслык	7,2	2,7	1,7	2,5
Тамды	5,2	3,2	1,9	2,4
		σ_{min}		
Аральское море	6,0	2,4	1,7	2,7
Уялы	6,0	2,4	1,1	2,2
Муйнак	5,1	2,7	1,4	2,0
Тигровый	6,6	3,5	1,5	2,2
Техникаул	7,2	2,3	1,6	2,0
Чимбай	5,4	2,3	1,3	2,1
Хива	5,0	2,6	1,3	1,7
Каракалпакия	7,5	2,3	1,2	2,1
Жаслык	8,4	2,1	1,5	2,1
Тамды	5,2	2,9	1,8	2,3
		σ_{max}		
Аральское море	5,8	3,8	2,3	3,2
Уялы	5,3	2,7	1,6	2,5
Муйнак	5,2	3,3	1,5	2,7
Тигровый	5,2	4,0	1,2	2,3
Техникаул	6,1	3,0	1,7	2,6
Чимбай	5,2	3,2	1,8	2,7
Хива	5,2	3,5	1,7	2,5
Каракалпакия	6,0	3,5	2,2	3,9
Жаслык	6,5	3,6	2,0	3,4
Тамды	5,6	3,3	2,0	3,0

Наиболее низкие температуры отмечаются главным образом в январе. На западе и юго-западе средняя месячная температура колеблется от -6 до -8°C , на востоке и саваро-востоке от -8 до -11°C , а самая низкая средняя температура января отмечалась на ст. Аральское море ($-12,8^{\circ}\text{C}$).

Зимой Аральское море замерзает ежегодно, и вследствие этого на формирование температурного режима влияние водоема не сказывается. Так, например, разница среднеянварских температур между Уялы и Каракалпакией составляет всего лишь $0,6^{\circ}\text{C}$, а Барсакельмес – Чабанказган – $0,4^{\circ}\text{C}$. Наибольших значений средняя месячная температура достигает в июле (рис. 17, табл. 8), составляя $25-26^{\circ}\text{C}$. По мере удаления от моря температура воздуха возрастает до $29-30^{\circ}\text{C}$ (Тамды, Чабанказган). Межгодовая изменчивость средней суточной температуры $\bar{\theta}$ наибольшая зимой ($5-6^{\circ}\text{C}$) и наименьшая летом (около 2°C) (табл. 9).

Средние минимальные температуры дают приближенную характеристику температурного режима в ночное время. Их годовые значения на территории Приаралья колеблются от 6°C (Барсакельмес) до 2°C (Аральское море). В зимнее время (январь) средние ночные температуры в основном составляют -10 – -11°C , лишь на ст. Аральское море они достигают $-17,1^{\circ}\text{C}$. Летом (июль) ночные температуры колеблются от 23°C на берегу до 20°C в дельте. Средний из абсолютных минимумов зимой может составлять -20°C на побережье и -17°C в дельте, на ст. Аральское море -29°C . В отдельные годы абсолютный минимум температуры воздуха в Приаралье может достигать -31 – -38°C (табл. 8, 10).

Максимальные температуры воздуха мало изменяются на территории Приаралья (табл. 8). Среднее годовое значение колеблется от 12 до 15°C . Зимой они имеют значения -3 – -4°C , в Аральске – около -9°C , а в летнее время $29-32^{\circ}\text{C}$. Межгодовая изменчивость минимальной и максимальной температуры ($\theta_{\min}$, $\theta_{\max}$) в зимнее время значительно больше, чем в летнее (табл. 8). В отдельные годы абсолютный максимум может составлять $41-44^{\circ}\text{C}$ (табл. 10).

Таблица 10

Абсолютный максимум и минимум температуры воздуха

Станция	Максимум		Минимум	
	$^{\circ}\text{C}$	год	$^{\circ}\text{C}$	год
Муйнак	43	1976	-31	1977
Уялы	43	1976	-33	1974
Тигровый	41	1973, 1978	-32	1977
Аральское море	44	1976	-38	1969
Барсакельмес	40	1962	-33	1969
Техникаул	43	1962	-34	1973
Чимбай	44	1973	-34	1973

В период значительных колебаний режима Аральского моря произошли также изменения в температурном режиме на территории Приаралья. По рис. 19 и табл. II-I4 можно проследить, что зимой 1970-1979 гг. температура воздуха оказалась ниже нормы на $5-6^{\circ}\text{C}$, а $\bar{t}$ составило $7-9^{\circ}\text{C}$, тогда как в 1950-1959 гг. $\bar{t}$ изменялось от 4 до 6°C . Заметим при этом, что подобная закономерность наблюдается на всех станциях, включая как Барсакельмес и Муйнак, так и Тамды.

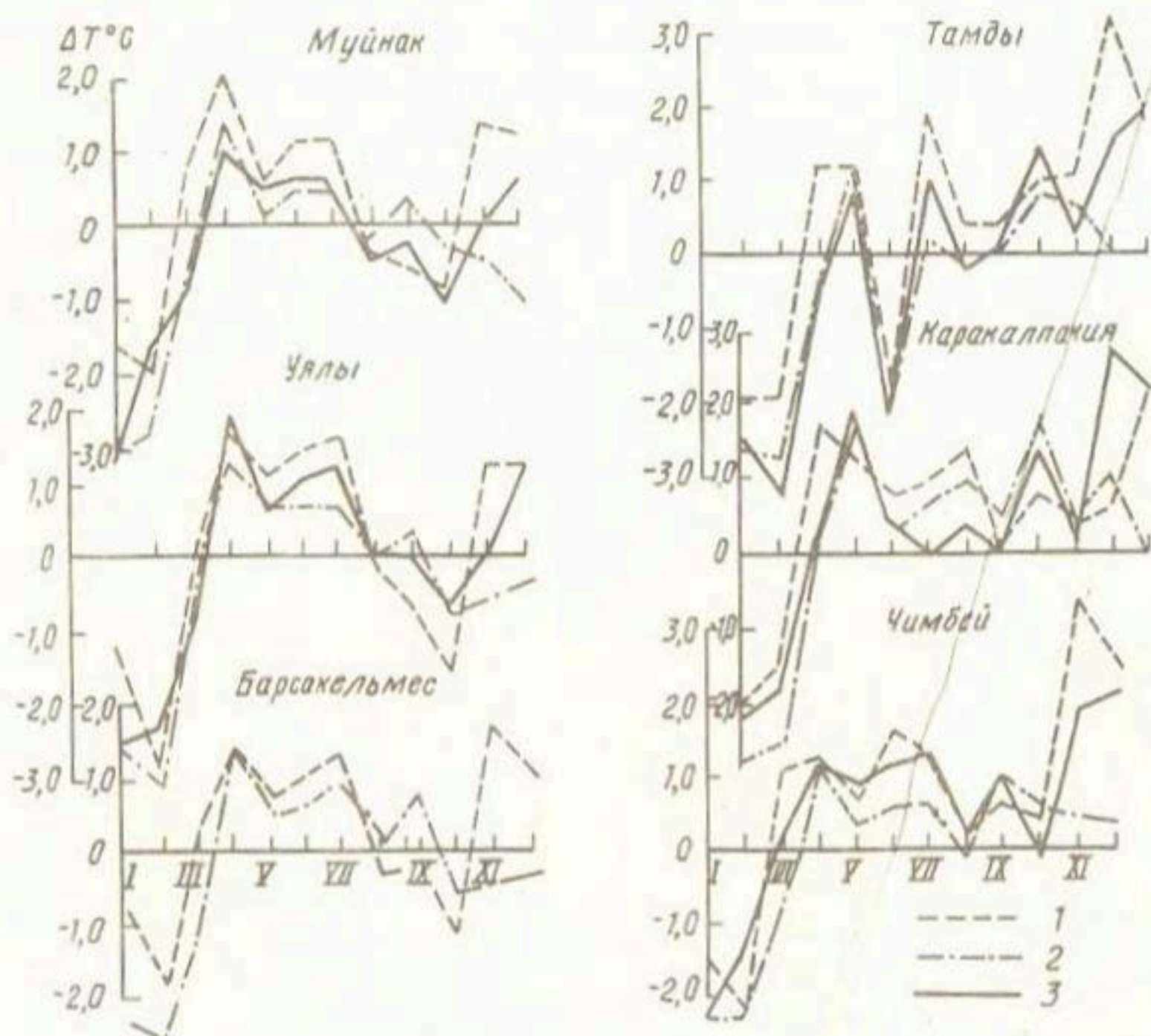


Рис. 19. Годовой ход разности температуры воздуха между 10-летиями:

1 - (1970-1979) - (1950-1959); 2 - (1970-1979) - (1960-1969); 3 - (1960-1969) - (1950-1959)

Весной и осенью в последнем десятилетии межгодовая изменчивость температуры воздуха несколько увеличилась по сравнению с предыдущими и составила $3-4^{\circ}\text{C}$. Летом во всех десятилетиях значения $\bar{t}$ невелики ($1-2^{\circ}\text{C}$).

Каким образом отступление моря от берегов оказалось на изменении температурного режима на территории Приаралья? Считается, что отступление моря может повлиять на температуру только в узкой прибрежной зоне. Как указывают многие исследователи [18, 20, 21], отепляющее (зимой) и охлаждающее (летом) воздействие моря может про-

Средний из абсолютных минимумов температуры ($^{\circ}\text{C}$)

Десятилетие	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Муйнак													
Среднее много- летнее	-19	-18	-12	-2	8	13	18	15	8	-0,4	-8	-14	-22
1950-1959	-18	-17	-12	-2	8	14	18	16	9	-0,1	-11	-15	-22
1960-1969	-16	-17	-15	-1	7	13	18	15	8	-2	-7	-12	-20
1970-1979	-22	-21	-13	-2	7	12	15	11	6	-4	-7	-15	-24
Уялы													
Среднее много- летнее	-21	-20	-13	-1	8	14	19	16	9	-0,1	-9	-17	-23
1950-1959	-21	-19	-13	-2	8	15	19	18	10	1	-13	-18	-24
1960-1969	-20	-18	-13	-1	9	15	20	16	8	-0,3	-8	-15	-22
1970-1979	-22	-23	-16	-1	8	13	18	14	7	-2	-8	-17	-25
Тигровый													
Среднее много- летнее	-16	-17	-12	-1	8	15	19	18	11	1	-5	-12	-20
1950-1959	-17	-14	-12	-2	8	15	19	19	12	3	-8	-12	-20
1960-1969	-14	-16	-12	-0,1	9	15	20	18	11	0,3	-4	-10	-18
1970-1979	-19	-21	-13	-0,2	7	14	18	16	10	-0,5	-4	-12	-22
Аральское море													
Среднее много- летнее	-29	-28	-21	-4	4	10	15	10	3	-5	-15	-24	-31
1950-1959	-29	-29	-22	-6	4	9	15	11	3	-5	-19	-25	-33
1960-1969	-28	-27	-22	-4	3	9	14	10	2	-6	-14	-22	-30
1970-1979	-28	-29	-21	-3	5	10	15	9	3	-6	-12	-24	-31

Продолжение табл. II

Десятилетие	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Среднее много- летнее	-20	-21	-16	-2	6	12	17	15	9	-0,2	-7	-13	-23
1950-1959	-20	-22	-17	-3	5	12	17	16	9	-0,6	-11	-14	-24
1960-1969	-20	-20	-15	-2	6	11	18	16	9	-0,1	-6	-12	-22
1970-1979	-20	-22	-15	-1	6	12	16	14	8	0	-4	-12	-23
Барсакельмес													
Среднее много- летнее	-21	-21	-14	-4	5	10	13	10	4	-4	-9	-14	-24
1950-1959	-21	-19	-14	-5	5	11	13	12	4	-3	-12	-17	-24
1960-1969	-20	-19	-13	-3	5	11	15	12	4	-4	-8	-15	-22
1970-1979	-23	-23	-15	-4	4	8	12	8	3	-4	-10	-16	-29
Техникаул													
Среднее много- летнее	-22	-19	-12	-3	5	10	14	11	3	-4	-12	-19	-25
1950-1959	-22	-19	-12	-4	4	10	14	11	3	-5	-17	-20	-24
1960-1969	-21	-19	-12	-2	5	10	14	10	2	-5	-11	-17	-23
1970-1979	-23	-21	-13	-3	6	11	14	10	4	-4	-8	-16	-25
Чимбай													
Среднее много- летнее	-17	-15	-8	1	7	12	15	12	5	-2	-9	-15	-20
1950-1959	-16	-14	-9	-0,2	8	12	16	12	6	-2	-13	-15	-19
1960-1969	-16	-13	-6	1	8	12	15	11	4	-3	-7	-13	-19
1970-1979	-17	-17	-7	3	7	14	16	12	6	-2	-5	-13	-20
Хива													
Среднее много- летнее	-26	-26	-17	-5	2	7	11	8	0,1	-8	-16	-21	-30
1950-1959	-24	-25	-19	-7	0,1	6	11	7	0	-8	-21	-22	-30
1960-1969	-25	-26	-17	-5	2	7	11	8	-1	-10	-16	-19	-30
1970-1979	-25	-30	-20	-3	4	9	14	9	3	-7	-9	-19	-29
Каракалпакия													

Таблица 12

Годовой ход абсолютного минимума
температуры воздуха (°C)

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Барсакельмес	-33	-33	-28	-10	1	8	13	12	2	-6	-20	-25
Муйнак	-31	-28	-26	-7	4	6	12	7	-2	-9	-22	-24
Тигровый	-32	-29	-25	-4	1	10	12	7	4	-5	-10	-20
Уялы	-31	-33	-25	-6	3	8	14	7	2	-10	-21	-29
Техникаул	-34	-31	-25	-10	2	4	8	2	-2	-7	-18	-29
Чимбай	-34	-30	-23	-9	0,4	6	8	7	-1	-10	-22	-30
Хива	-26	-27	-17	-4	3	8	10	6	-4	-8	-18	-26
Каракалпакия	-38	-40	-37	-11	-4	2	6	4	-6	-22	-31	-34

Таблица 13

Межгодовая изменчивость средней температуры воздуха

Станция	I 1950- I 1959 гг.	I 1960- I 1969 гг.	I 1970- I 1979 гг.	I 1950- I 1959 гг.	I 1960- I 1969 гг.	I 1970- I 1979 гг.
---------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

Максимальная температура

	Январь			Июль		
Аральское море	4,8	4,8	8,1	2,8	2,1	1,9
Уялы	-	2,6	5,9	-	1,8	1,7
Муйнак	3,7	5,8	8,1	1,1	1,5	1,7
Тигровый	3,3	5,3	7,5	0,8	1,1	1,3
Техникаул	5,6	5,4	7,4	2,1	1,9	1,4
Чимбай	4,2	5,3	6,7	1,3	1,9	1,7
Хива	5,3	5,6	6,5	1,3	1,3	1,6
Жаслык	5,1	5,4	8,9	1,8	2,2	2,2
Тамцы	4,9	6,7	7,0	2,6	1,3	1,7
Каракалпакия	5,0	5,4	8,4	2,1	2,3	2,4

	Апрель			Октябрь		
Аральское море	4,4	3,6	3,9	2,9	2,0	5,0
Уялы	-	1,9	3,6	-	2,4	3,4
Муйнак	1,9	2,8	3,6	3,2	1,7	4,0
Тигровый	2,7	4,3	5,7	2,9	1,4	2,2

Станция	1950- 1959 гг.	1960- 1969 гг.	1970- 1979 гг.	1950- 1959 гг.	1960- 1969 гг.	1970- 1979 гг.
Техникаул	2,5	2,1	3,9	2,5	1,9	3,4
Чимбай	3,1	1,7	4,1	3,9	1,7	4,5
Хива	2,7	1,6	4,2	3,7	2,1	2,4
Каракалпакия	4,8	2,8	4,2	4,9	2,5	4,9
Жаслык	4,0	2,8	4,3	4,7	2,1	3,7
Тамды	2,9	2,4	3,7	4,1	3,6	2,4

Минимальная температура

	Январь			Июль		
Аральское море	5,1	6,2	8,3	1,9	1,7	1,5
Уялы	5,2	5,3	7,5	1,1	1,0	1,3
Муйнак	5,5	5,7	5,1	1,6	1,1	1,3
Тигровый	5,6	5,9	8,7	0,9	1,1	2,1
Техникаул	-	-	-	2,0	1,5	2,0
Чимбай	4,9	5,9	6,9	2,6	1,0	2,1
Хива	4,2	5,0	7,7	1,5	1,1	0,9
Каракалпакия	7,5	6,5	9,9	1,1	1,1	1,7
Жаслык	8,0	7,1	10,4	1,6	1,5	1,7
Тамды	4,7	5,9	7,2	3,1	1,4	1,4

	Апрель			Октябрь		
Аральское море	2,5	2,0	2,3	2,6	2,7	3,8
Уялы	1,8	2,1	3,0	2,0	2,4	2,7
Муйнак	1,7	2,8	2,0	2,1	1,8	2,4
Тигровый	2,8	4,7	2,9	2,8	1,3	2,7
Техникаул	2,8	2,1	2,4	1,6	2,3	2,2
Чимбай	2,6	1,9	2,1	1,7	2,8	2,5
Хива	3,8	1,9	1,9	2,0	2,5	1,5
Каракалпакия	2,6	2,1	1,9	2,2	2,2	2,6
Жаслык	2,7	1,8	1,9	1,6	2,3	2,4
Тамды	3,8	2,5	2,1	2,0	3,0	2,0

слеживаться в полосе менее 50 км. Оценить влияние отступления Аральского моря от берегов в такой узкой зоне при существующей регулярной сети наблюдений не представляется возможным, так как ближайше

Межгодовая изменчивость средней суточной
температуры воздуха по десятилетиям (°C)

Станция	1950- 1959 гг.	1960- 1969 гг.	1970- 1979 гг.	1950- 1959 гг.	1960- 1969 гг.	1970- 1979 гг.
Январь			Июль			
Аральское море	5,1	5,8	8,5	2,1	1,8	1,8
Уялы	4,4	4,0	7,5	1,2	1,0	1,1
Муйнак	4,5	5,6	7,5	1,0	1,2	1,2
Тигровый	4,0	5,5	7,9	0,9	1,1	1,2
Техникаул	1,8	5,6	8,1	1,3	1,5	1,1
Чимбай	4,4	5,2	7,2	1,3	1,2	1,7
Хива	4,5	5,3	6,5	1,7	1,0	1,1
Каракалпакия	5,7	6,1	9,3	1,7	1,8	2,3
Жаслык	6,2	6,3	9,3	1,8	1,9	1,7
Тамды	4,5	6,0	7,0	2,5	1,3	1,6
Апрель			Октябрь			
Аральское море	3,4	2,6	3,4	2,2	2,3	4,1
Уялы	1,8	1,8	3,2	2,1	1,9	3,0
Муйнак	1,6	2,6	2,3	2,5	1,7	3,1
Тигровый	2,4	4,4	2,6	2,9	1,6	2,9
Техникаул	2,0	1,5	2,9	1,5	1,8	2,3
Чимбай	2,4	1,6	2,6	2,4	2,3	2,1
Хива	2,5	1,7	3,2	2,4	2,5	1,8
Каракалпакия	3,1	1,9	3,4	2,8	2,1	3,3
Жаслык	2,9	1,9	3,5	2,6	1,8	2,6
Тамды	3,8	2,2	4,3	2,4	2,8	2,4

пункты находятся на расстоянии в среднем более 50 км: на востоке - 130 км, на западе - 110 км, на юге - 40 км, на севере - 120 км.

Показать воздействие отступления моря от берегов можно косвенным путем, сопоставляя режим температуры на береговых и континентальных станциях в различные временные периоды. Следует помнить, что пункты наблюдений, расположенные на берегу в первом десятилетии (1950-1959 гг.), могут считаться морскими, а в период 1970-1979 гг. должны стать континентальными или близкими к ним.

Годовой ход средней месячной температуры воздуха на морских и континентальных станциях различен: вблизи моря на островах весна

холоднее осени, а весной холоднее у моря, чем на континенте. Этот факт объясняется тем, что весной при увеличении поступающей солнечной радиации почва прогревается быстрее, чем вода. Осенью наблюдается обратная картина: вода дольше сохраняет тепло, и поэтому на морских станциях температура в это время выше, чем на континентальных. Следовательно, разность температуры воздуха ΔT между морской и континентальной станцией (на одной широте) положительна зимой и осенью и отрицательна летом и весной; смена знака происходит обычно в сентябре и в марте (рис. 20).

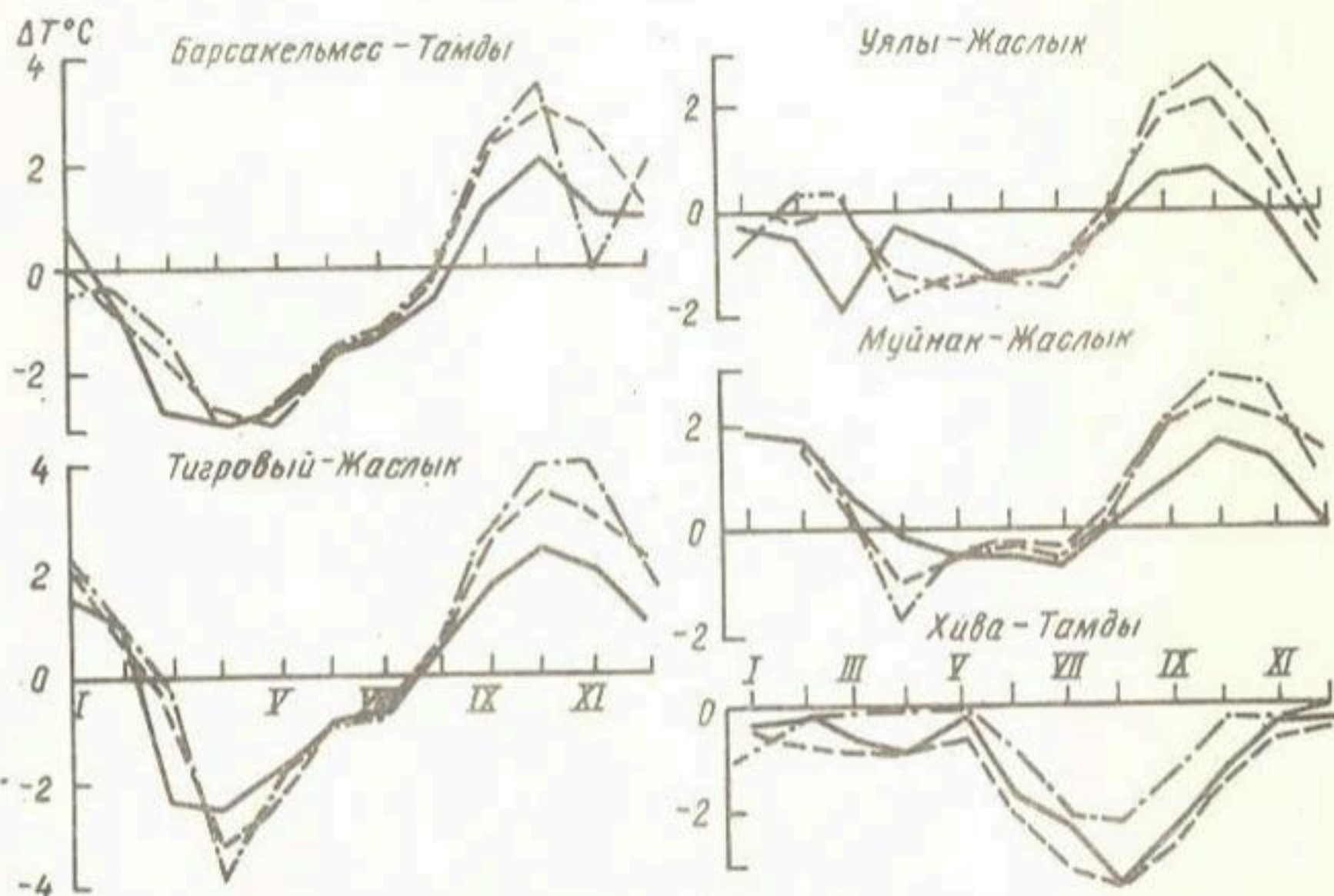


Рис. 20. Годовой ход разности температуры между морской и континентальной станциями:

Усл. обозначения см. рис. 19

В годовом ходе ΔT действительно наблюдаются указанные закономерности, но смена знака на выбранных станциях происходит не в сентябре, а в августе. Заметим, что годовой ход ΔT (Барсакельмес - Тамды) во всех десятилетиях одинаков, отличаясь лишь уменьшением самого значения ΔT в последнем десятилетии. Годовой ход ΔT (Хива - Тамды) отражает закономерности орошаемой зоны: здесь не наблюдается смены знака, а максимальные значения приходятся на летние месяцы, значения ΔT во всех десятилетиях мало различаются между собой.

Наиболее показательные изменения в годовом ходе ΔT происходят на береговых станциях. Так, ΔT между Уялы и Жаслыком в 1950-1959 гг. и 1960-1969 гг. меняет знак дважды - в марте и августе, в 1970-1979 гг. знак меняется только один раз - в августе; осенью

значения ΔT малы ($> 1^{\circ}\text{C}$) и всюду положительны. Значения ΔT между Муйнаком и Жаслыком в последнем десятилетии уменьшились, смена знака произошла в апреле; а годовой ход ΔT между Тигровым и Жаслыком существенно не менялся в разных десятилетиях.

Таким образом, результат отступления моря проявился показательно в годовом ходе ΔT лишь в Уялы и частично в Муйнаке.

Другим показателем увеличения континентальности климата может служить суточная амплитуда температуры воздуха A : она возрастает по мере удаления от морей и океанов в глубь континента. На территории Советского Союза конфигурация фоновое поля амплитуд носит в основном широтный характер, увеличиваясь к югу. Мезомасштабным нарушением широтного хода A является район Аральского моря, где значения амплитуды должны составлять $14-15^{\circ}\text{C}$, но само море оконтурено изолинией 5°C . Влияние моря далеко не распространяется: уже в Техникауле амплитуда составляет 12°C .

Различия в значениях A между десятилетиями свидетельствуют о том, что существенные изменения произошли в последнем десятилетии в Уялы, Муйнаке, Тигровом. На этих станциях A стало больше, т.е. увеличилась континентальность; в то время как на Барсакельмесе величина амплитуды осталась без изменений (табл. 15).

Таблица 15

Суточная амплитуда температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$)

Станция	1950-1959 гг.	1960-1969 гг.	1970-1979 гг.	Многолет- нее
Барсакельмес	5,9	6,2	6,4	6,2
Муйнак	7,1	7,9	10,4	8,2
Тигровый	5,0	6,2	6,7	5,5
Уялы	5,8	6,1	8,0	6,5
Техникаул	11,9	11,4	12,2	11,8
Чимбай	13,4	13,3	13,7	13,7
Хива	12,3	12,3	12,0	12,2
Каракалпакия	14,1	13,7	13,1	13,7
Жаслык	13,4	13,4	12,7	13,2
Тахияташ	12,8	12,5	12,1	12,4
Тамды	13,4	11,9	11,7	12,6

Сравнение амплитуд температуры воздуха в июле для группы станций за 15-летний ряд наблюдений (табл. 16) показало, что там, где море существенно отошло от прежней береговой линии, амплитуды резко (почти в два раза) возросли. В это же время на удаленной от берега территории суточные амплитуды мало изменились - скорее нес-

Суточная амплитуда температуры в июле

Период	Тигровый	Муйнак	Уялы	Аральское море	Техникаул	Нукус	Тамды
1950-1964	4,9	6,8	5,1	11,3	12,5	15,3	15,4
1965-1973	6,8	11,9	7,2	12,2	14,3	14,4	13,7
$\Delta A^{\circ}C$	1,9	5,1	2,1	0,9	1,8	-0,9	-1,7

колько уменьшились. Уже в районе Техникаула влияние осушения моря исчезает.

Особенности температурного режима, отмеченные в последнем десятилетии (1970-1979 гг.) на станциях Приаралья и в отдалении от него, конечно, нельзя объяснить только нарушением режима моря. Хорошо известно, что большую роль в формировании температурного режима играют атмосферные процессы, для подтверждения этого был использован метод дисперсионного анализа средней месячной температуры воздуха при разных формах циркуляции (по Байдалу). В отдельные сезоны (зима, лето) отбирались месяцы, когда преобладала одна из форм атмосферной циркуляции (С, Ш, Б). Значимость оценок дисперсий определялась при помощи таблиц значений статистики F и критерия Романовского R [13]. Рассчитанные F и R для всех сезонов оказались выше табличных при 5%-ном уровне значимости (табл. 17),

Таблица 17

Значения F и R при разных типах циркуляции

Сезон	Критерий	Расчет	Таблица
Зима	F	4,36	2,99
	R	3,27	3,0
Лето	F	4,30	2,99
	R	3,20	3,0

что свидетельствует о том, что выдвинутая гипотеза о зависимости изменений температуры в разных сезонах от форм циркуляции атмосферы подтверждается.

Аналогичная оценка проводилась для подтверждения наличия зависимости изменений температурного режима от особенностей отдельных десятилетий; эта гипотеза не подтвердилась.

Следовательно, формирование температурного режима на территории Приаралья во все сезоны года связано также с проявлением особенностей циркуляции атмосферы.

На рис. 2I показана многолетняя согласованность 10-летних скользящих средних отклонений температуры от норм в разные сезоны^х и 10-летних скользящих средних отклонений продолжительности циркуляционных процессов от средней многолетней. Из сопоставления многолетнего хода представленных величин видно, что каждая циркуляционная эпоха характеризуется определенными особенностями: в I циркуляционной эпохе (до 1959 г.) в летнее время наблюдается отклонение температуры ниже нормы до границы перехода от первой эпохи ко второй. Зимой в этой эпохе выделяются два периода в ходе температуры: первый, когда отмечается отрицательная аномалия до 1950 г., и второй, когда наблюдается непрерывное возрастание положительной аномалии с максимумом на границе перехода циркуляционных эпох.

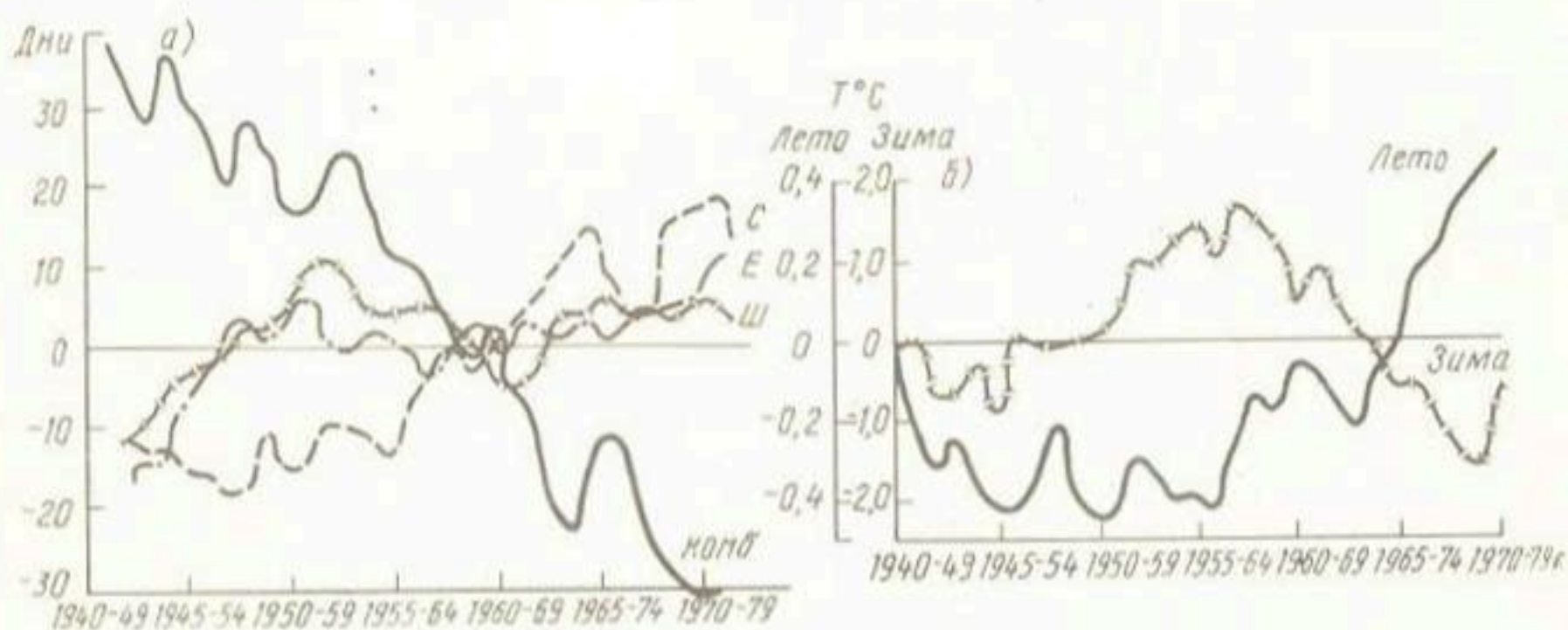


Рис. 2I. 10-летние скользящие средние отклонений от нормы продолжительности циркуляционных процессов (а) и аномалии температуры (б)

II циркуляционная эпоха (после 1960 г.) характеризуется более сложным ходом аномалии температуры. В эту эпоху достаточно четко видна смена знака аномалии температуры зимой и летом. После 1964 г. наблюдается положительная аномалия летом и отрицательная зимой; как уже неоднократно отмечалось, с этого же момента начиналось резкое и непрерывное падение уровня Аральского моря, связанное с интенсивным забором воды на орошение.

Таким образом, резкие изменения температурного режима происходили в те годы, когда в значительной мере изменялась хозяйственная деятельность на территории Приаралья и характер общей циркуляции атмосферы – сочетались вместе естественные и антропогенные факторы.

^х Температура осреднялась по всем станциям, расположенным у акватории моря: Уялы, Муйнак, Тигровый, Барсакельмес, Жаслык, Каракалпакия.

Можно также оценить тенденцию в изменении температуры в определенной циркуляционной эпохе, рассчитав линейный тренд β и его относительный вклад в общую дисперсию ряда α (табл. 18).

Таблица 18

Линейный тренд (β) средней месячной температуры
и относительный вклад (α) в дисперсию ряда
(теплое полугодие)

Станция	I циркуляционная эпоха			II циркуляционная эпоха		
	$\beta^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$	α	%	$\beta^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$	α	%
Барсакельмес	-0,6	10		0,8	37	
Уялы	-0,4	13		0,6	21	
Муйнак	-0,1	10		0,7	32	
Чимбай	-0,3	23		0,6	40	
Каракалпакия	-0,5	16		0,8	37	
Акбайтал	-1,5	27		0,4	17	

Анализируя тренд, можно отметить, что I циркуляционная эпоха характеризуется отрицательным трендом на территории Приаралья и южнее от него (ст. Акбайтал); скорость падения средней месячной температуры в Приаралье составляет 0,3–0,4 $^{\circ}\text{C}/10$ лет, а в Акбайтале – 1,5 $^{\circ}\text{C}/10$ лет. С этим линейным трендом связано в основном 10–15%, а иногда до 25% дисперсии ряда. II циркуляционная эпоха, напротив, характеризуется положительным трендом повсюду, составляя 0,6–0,8 $^{\circ}\text{C}/10$ лет. С этим трендом связано около 30% дисперсии общего ряда. Смена знака тренда по всей территории свидетельствует о значительном влиянии циркуляционных процессов на формирование температурного режима.

Разница в значениях β между пустынной ст. Акбайтал и станциями Приаралья в каждой циркуляционной эпохе отражает влияние антропогенного фактора. Так, в I циркуляционной эпохе разница β между Уялы, Муйнаком и Акбайталом составляет около 1 $^{\circ}\text{C}/10$ лет, а во второй – лишь 0,3 $^{\circ}\text{C}/10$ лет. Таким образом, в II эпохе значения оказались одинаковыми как на "бывших" береговых станциях, так и на Акбайтале.

3.2. Влажность воздуха

Влияние Аральского моря на режим влажности сказывается непосредственно у береговой полосы, повторяя контуры водоема. При этом на расстоянии менее 100 км влажность воздуха в теплое время года снижается на 20–25%, достигая в этой зоне больших градиентов.

В холодный период влияние моря на влажность значительно уменьшается, сглаживаются различия между берегом моря и пустыней. Относительная влажность воздуха в районе Аральского моря достаточно высока по сравнению с прилегающими пустынями (табл. 19). Так, средние годовые значения ее в Муйнаке, Тигрогом, Уялы достигают 70%, в Жаслыке и Каракалпакии – 60%, а в Тамды – 47%. Наибольшие значения относительной влажности характерны для зимних месяцев, а наименьшие – для летних. Если в Муйнаке и Уялы относительная влажность в январе достигает 81–83%, то в июле и августе она составляет всего 57–63%. Такая же закономерность наблюдается и в пустыне (Тамды), где летом значения относительной влажности очень малы (25–27%). Подобную закономерность можно проследить и в изменениях абсолютной влажности (табл. 19).

Изменения, происшедшие в состоянии уровня Аральского моря, естественно, не могли не сказаться на формировании режима влажности в прибрежной зоне. Чтобы показать это, было произведено сопоставление значений влажности на станциях, расположенных на разных расстояниях от акватории моря, а именно: Уялы, Тигровый, Муйнак, Чимбай, Каракалпакия и Тамды.

На рис. 22 представлен многолетний ход 10-летних скользящих средних на этих станциях. Замечено, что зимой в последнем десятилетии (1970–1979 гг.) на всех станциях наблюдается уменьшение относительной влажности воздуха. Относительная влажность в этот период становится ниже нормы как на береговых станциях, так и в Каракалпакии и Тамды. В период ненарушенного режима моря (1950–1959 гг.) влажность воздуха всюду превышает норму.

В летнее время (июль) многолетний ход влажности воздуха уже различается на береговых и удаленных в пустыню станциях. Если в последнем десятилетии (1970–1979 гг.) на пустынных станциях отмечается увеличение влажности, то на береговых и расположенных в оазисе наблюдается уменьшение влажности на такую же величину. В весеннее и осеннее время многолетние изменения влажности аналогичны летним, лишь весной отмечаются более резкие различия между береговыми и пустынными станциями.

Сравнение годового хода влажности по 10-летиям (табл. 19) и значений разности между 10-летиями (табл. 20) на этих станциях подтверждает, что наиболее существенные различия обнаруживаются в последнем десятилетии, когда происходит увеличение влажности на пустынных станциях и уменьшение – на береговых.

Об изменении режима влажности можно судить также и по повторяемости особо влажных ($\geq 80\%$) и особо засушливых дней ($\leq 30\%$) на станциях при разном состоянии уровня Аральского моря (табл. 21). Какого-то различия в изменении этой характеристики на станциях,

Годовой ход средней месячной влажности воздуха

Десятилетие	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
1950-1959	80	82	81	73	66	67	69	64	62	67	74	80	72
1960-1969	80	80	82	71	64	64	69	69	68	70	78	80	73
1970-1979	80	80	77	67	61	62	60	60	63	68	76	79	70
Среднее многолетнее	81	81	80	71	65	65	65	63	63	68	76	79	71
Уялы													
1950-1959	83	82	80	71	62	59	61	62	64	68	75	82	71
1960-1969	83	82	80	70	59	58	59	61	62	69	78	82	70
1970-1979	82	81	77	67	60	55	57	59	62	69	77	83	69
Среднее многолетнее	83	82	79	69	60	57	58	60	63	68	76	82	70
Муйнак													
1950-1959	85	84	85	80	70	66	66	64	64	68	75	82	74
1960-1969	83	82	83	79	73	68	64	64	64	68	78	82	74
1970-1979	81	82	83	77	67	60	61	60	65	72	79	84	73
Среднее многолетнее	83	83	84	78	70	64	64	63	64	69	77	82	73
Тигровый													

Аральское море

1950-1959	80	81	78	59	48	42	44	44	46	58	73	80	61
1960-1969	77	78	77	48	44	43	45	33	42	56	70	80	58
1970-1979	81	80	77	56	42	39	36	35	41	58	76	81	59
Среднее многолетнее	81	80	77	57	46	43	42	40	45	61	74	80	60
Техникаул													
1950-1959	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1960-1969	83	81	78	66	54	57	60	62	66	72	78	84	70
1970-1979	83	80	74	64	57	55	59	62	66	71	86	85	70
Среднее многолетнее	84	80	77	66	56	57	60	63	67	72	78	84	70
Чимбай													
1950-1959	79	77	72	56	46	48	52	56	60	62	68	80	63
1960-1969	79	75	69	58	50	48	50	53	57	61	68	78	62
1970-1979	75	71	64	56	47	46	47	50	52	58	68	78	59
Среднее много- летнее	79	76	70	57	48	48	51	54	58	61	69	79	62
Хива													
1950-1959	77	71	67	53	42	43	48	52	55	59	66	69	59
1960-1969	76	72	66	57	42	39	49	53	55	58	69	80	60
1970-1979	76	72	65	56	44	41	50	54	56	59	70	81	60
Среднее многолетнее	77	73	66	55	43	42	48	53	56	60	68	78	60
Каракалпакия													
1950-1959	82	81	77	53	44	35	36	38	44	65	77	85	60
1960-1969	85	80	78	54	41	39	37	39	49	64	78	85	61
1970-1979	83	81	73	58	44	41	42	43	48	63	77	86	61
Среднее многолетнее	83	80	75	55	42	37	37	39	47	64	77	84	60

Десятилетие	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	85	83	75	54	42	38	39	41	49	64	74	81
1950-1959	85	82	77	58	44	42	41	45	53	63	77	86
1960-1969	79	78	72	55	44	41	40	40	47	58	75	82
1970-1979	83	81	74	56	44	40	40	42	50	62	75	83
Среднее многолетнее												
	75	69	64	45	34	29	25	27	31	44	59	74
1950-1959	67	65	58	48	36	27	27	28	32	43	57	70
1960-1969	69	67	55	48	37	29	27	26	31	41	56	71
1970-1979	72	67	59	48	35	27	25	26	31	42	58	71
Среднее многолетнее												

Абсолютная влажность, гПа

	2,9	3,4	4,9	8,1	12,9	18,0	21,6	19,7	14,2	8,9	5,2	3,7	10,3
1950-1959	3,3	3,3	5,2	6,4	13,1	18,0	21,3	20,2	13,8	9,0	6,0	4,0	10,3
1960-1969	2,2	2,2	4,4	7,6	12,5	17,9	20,8	18,2	13,7	8,3	5,6	3,8	9,8
1970-1979	3,1	3,1	4,9	8,0	13,0	18,0	21,2	19,6	14,0	8,8	5,6	3,8	10,2
Среднее многолетнее													
	3,4	3,8	4,9	7,8	12,5	16,5	20,1	19,6	14,6	9,1	5,7	4,1	10,2
1950-1959	3,8	3,8	5,4	7,9	12,2	16,6	20,3	19,0	13,5	8,8	6,5	4,8	10,2
1960-1969	3,2	3,1	4,8	8,2	11,9	15,2	18,3	17,2	12,7	8,5	6,1	4,4	9,5
1970-1979	3,6	3,6	5,0	8,0	12,3	16,3	19,7	18,9	13,9	9,0	6,1	4,3	10,0
Среднее многолетнее													

Тигровый	1950-1959	3,5	3,7	4,9	7,6	13,3	18,1	21,8	21,0	15,5	9,8	6,1	4,3	10,8
	1960-1969	3,8	3,7	5,2	7,8	12,9	19,2	22,0	19,5	14,9	9,6	7,0	5,0	10,9
	1970-1979	3,3	3,0	4,6	8,2	12,7	16,8	20,6	19,1	14,3	9,6	6,6	4,6	10,3
	Среднее многолетнее	3,7	3,6	5,0	7,8	13,0	18,1	21,4	20,0	14,9	9,7	6,5	4,6	10,7
Аральское море	1950-1959	2,1	2,6	3,8	6,2	9,5	11,6	13,9	13,0	9,3	6,1	4,0	2,9	7,1
	1960-1969	2,4	2,4	4,3	5,9	9,2	12,5	14,4	12,6	8,7	6,4	4,6	3,0	7,2
	1970-1979	2,3	2,0	3,6	6,7	8,7	11,0	12,6	10,8	7,8	4,6	4,6	3,2	6,5
	Среднее многолетнее	2,3	2,4	4,0	6,3	9,2	11,9	13,7	12,2	8,6	6,3	4,4	2,8	7,0
Техникаул	1950-1959	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1960-1969	3,8	3,9	5,4	7,9	11,5	15,9	19,4	17,8	13,1	8,2	6,0	4,5	9,8
	1970-1979	3,2	3,2	4,8	8,4	11,9	15,2	18,6	16,9	12,5	8,5	6,1	4,3	9,5
	Среднее многолетнее	3,6	3,7	5,2	8,1	11,6	15,9	19,3	17,8	13,0	8,3	6,0	4,4	9,7
Чимбай	1950-1959	3,4	3,1	5,1	7,4	10,2	14,3	16,7	15,8	11,4	6,9	4,4	3,8	8,5
	1960-1969	3,6	3,9	5,4	8,0	11,3	14,9	16,8	15,2	10,8	6,8	5,2	4,1	8,8
	1970-1979	3,0	3,2	4,7	8,1	10,5	13,7	15,9	14,8	10,4	6,9	5,2	4,0	8,4
	Среднее многолетнее	3,5	3,8	5,1	7,7	10,6	14,1	16,6	15,6	11,1	7,0	5,0	3,9	8,7
Хива	1950-1959	4,0	4,5	5,9	8,7	10,7	13,5	17,0	16,2	11,8	7,7	5,0	4,5	9,1
	1960-1969	4,2	4,6	6,3	8,9	10,0	12,6	16,9	15,9	11,3	7,4	6,0	4,8	9,1
	1970-1979	3,7	3,9	5,8	9,3	10,6	13,2	17,8	16,1	11,4	7,7	6,2	4,7	9,2
	Среднее многолетнее	4,1	4,5	6,1	8,9	10,7	13,5	17,2	16,1	11,6	7,7	5,7	4,6	9,2

Десятилетие	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Каракалпакия													
1950-1959	3,0	3,2	4,4	6,0	8,0	9,3	11,2	10,7	8,0	6,4	4,4	3,8	6,5
1960-1969	3,5	3,3	4,8	6,3	8,3	10,6	12,1	11,0	8,7	6,4	5,3	4,3	7,1
1970-1979	2,8	2,6	4,6	7,5	9,2	11,8	13,4	12,5	9,2	6,4	5,5	4,1	7,5
Среднее многолетнее	3,1	3,1	4,5	6,4	8,5	10,2	11,7	11,1	8,4	6,4	5,0	3,9	6,9
Жаслык													
1950-1959	3,3	3,5	4,4	6,3	8,2	10,2	12,3	11,8	9,0	6,6	4,5	3,8	7,0
1960-1969	3,5	3,5	5,0	6,8	9,2	11,9	13,4	12,9	9,5	6,6	5,4	4,5	7,7
1970-1979	2,9	2,8	4,5	7,0	8,9	11,6	13,1	11,7	8,8	6,5	5,0	3,9	7,2
Среднее многолетнее	3,3	3,3	4,6	6,7	8,8	11,3	12,9	12,2	8,8	6,6	5,0	4,1	7,3
Тамды													
1950-1959	4,1	4,5	5,8	7,2	8,6	9,5	10,1	9,4	7,2	5,7	4,5	4,3	6,7
1960-1969	3,8	4,4	5,8	7,9	9,3	10,2	11,4	10,4	7,8	6,1	5,4	4,5	7,1
1970-1979	3,5	3,8	5,3	8,6	9,5	10,8	11,9	10,2	8,2	6,2	5,6	4,3	7,3
Среднее многолетнее	4,0	4,4	5,6	7,6	8,9	9,5	9,6	9,6	7,4	5,9	5,0	4,3	6,8

по-разному удаленных от моря, не произошло: в холодное время года (XI–IV) на всех станциях замечено уменьшение повторяемости особо влажных дней, включая далеко расположенную пустынную ст. Тамды. В теплое время года (V–X) повторяемость особо влажных дней для всей рассматриваемой территории очень мала (≤ 20 дней), и выявлять какую-либо закономерность не представляется целесообразным.

Более существенные изменения произошли в повторяемости особо засушливых дней. Из табл. 22 видно, что значительно суше стало в последнем 10-лети. Так, в Муйнаке в летние месяцы 1950–1959 гг. число особо сухих дней составляло 30–35, а в 1970–1979 гг. – 120–150 дней. Подобные изменения можно видеть на станциях Уялы и Тигровый. Однако более засушливыми стали Чимбай и Техникаул. Далеко удаленная от моря пустынная ст. Тамды осталась одинаково сухой во всех 10-летиях. Следовательно, в формировании режима влажности произошли изменения именно в те временные периоды, когда изменялся режим Аральского моря, и совпадающие также с периодами изменений в циркуляции атмосферы.

На рис. 23 представлено сравнение многолетнего хода типов циркуляции атмосферы и отклонений от многолетней нормы относительной влажности. Зимой на берегу Аральского моря и в пустыне многолетние изменения влажности вполне согласуются с теми циркуляционными особенностями, которые были отмечены в предыдущих разделах.

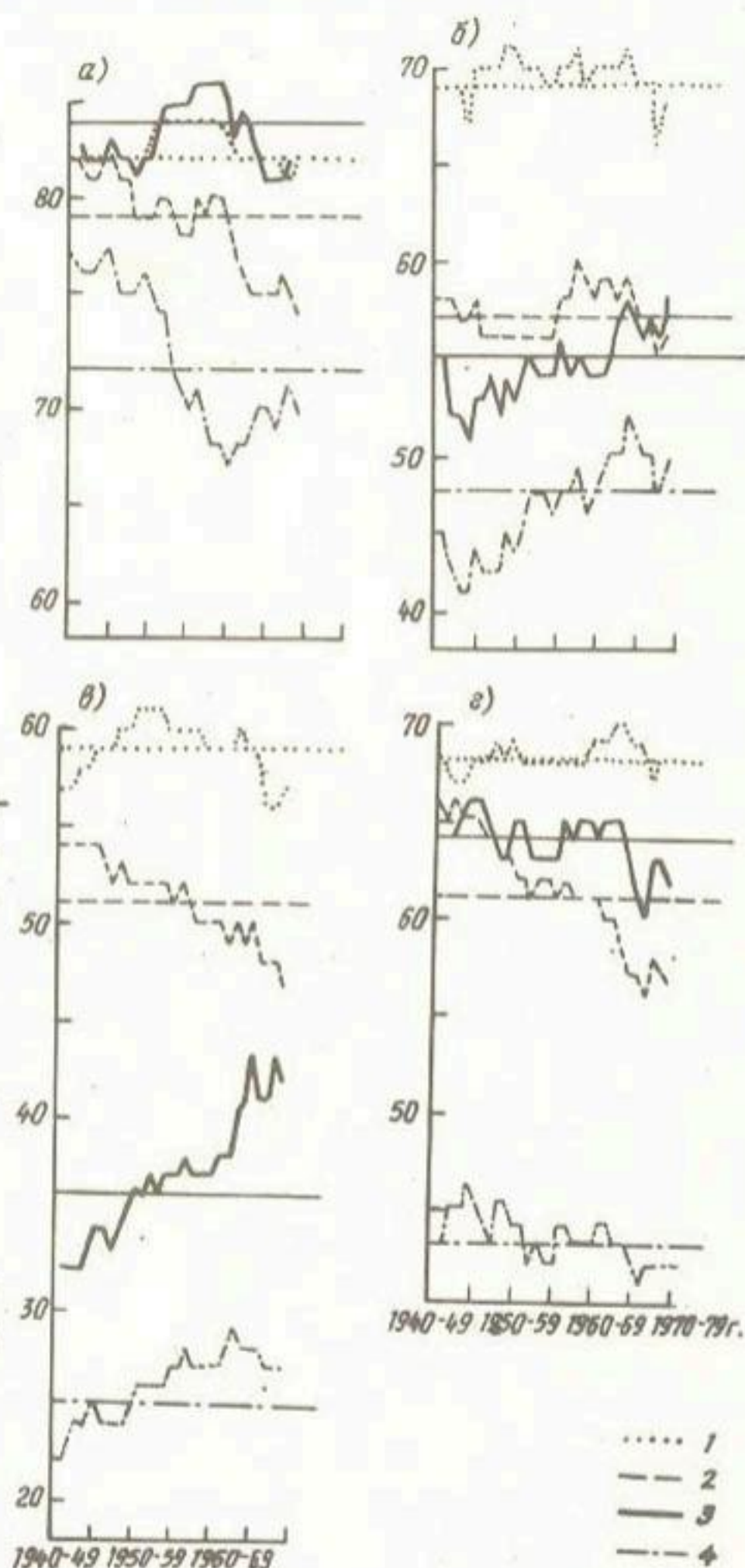


Рис. 22. Многолетний ход относительной влажности:

а – январь, б – апрель, в – июль, г – октябрь; 1 – Муйнак, 2 – Чимбай, 3 – Каракалпакия, 4 – Тамды

Таблица 20

Разность относительной влажности воздуха (%)
между 10-летиями 1960-1969 гг. и 1950-1959 гг. (1),
1970-1979 гг. и 1960-1969 гг. (2), 1970-1979 гг. и
1950-1959 гг. (3)

Станция	Январь			Апрель			Июль			Октябрь		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Муйнак	0	-1	-1	-1	-3	-4	-2	-2	-4	1	0	1
Уялы	0	0	0	-2	-4	-6	0	-7	-7	3	-2	1
Тягровый	-2	-2	-4	-1	-2	-3	-2	-3	-5	0	4	4
Техникаул	-	0	-	-	-2	-	-	-1	-	-	-1	-
Чимбай	0	-4	-4	2	-2	0	-2	-3	-5	-1	-3	-4
Тамды	-8	2	-6	3	0	3	2	0	2	-1	-2	-3
Каракалпакия	3	-2	1	1	4	5	1	5	6	-1	-1	-2
Хива	-1	0	-1	4	-1	3	1	1	2	-1	1	0

Таблица 21

Годовой ход повторяемости (число дней)
с относительной влажностью $\geq 80\%$

Десятилетие	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Муйнак												
1940-1949	145	115	64	30	8	8	1	3	2	15	50	108
1950-1959	141	118	96	21	12	2	3	2	2	13	56	145
1960-1969	152	115	105	53	4	0	2	3	5	17	86	152
1970-1979	103	64	50	33	14	5	4	2	5	18	60	128
Среднее многолетнее	135	103	79	137	10	4	2	2	4	16	63	132
Чимбай												
1940-1949	96	66	39	14	4	0	1	2	2	5	23	81
1950-1959	92	61	29	8	5	1	0	1	0	8	21	90
1960-1969	94	75	25	14	4	1	2	0	1	8	34	114
1970-1979	43	21	13	16	4	0	0	0	1	5	23	71
Среднее многолетнее	81	56	26	13	4	0	1	1	1	6	25	89

Десятилетие	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
-------------	---	----	-----	----	---	----	-----	------	----	---	----	-----

Хива

1940-1949	104	50	34	16	3	0	0	0	1	6	15	75
1950-1959	74	43	33	4	3	1	0	0	1	3	19	70
1960-1969	112	80	51	20	3	0	1	0	3	11	37	135
1970-1979	50	36	20	8	1	0	0	0	0	8	34	115
Среднее многолетнее	87	52	34	12	2	0	0	0	1	7	26	99

Каракалпакия

1940-1949	131	80	49	13	2	5	0	0	4	15	51	116
1950-1959	143	128	74	15	7	2	1	3	4	23	56	165
1960-1969	187	101	110	26	7	6	9	3	7	16	103	178
1970-1979	161	81	60	21	3	2	1	3	6	28	71	140
Среднее многолетнее	156	98	73	19	5	4	3	2	5	18	70	150

Тамды

1940-1949	108	41	28	8	2	1	0	0	0	5	15	59
1950-1959	104	53	34	17	3	0	1	0	0	7	33	87
1960-1969	62	52	38	33	6	0	1	0	0	8	30	74
1970-1979	59	32	19	10	3	0	0	0	0	2	10	72
Среднее многолетнее	83	44	30	17	1	0	0	0	0	6	22	73

Таблица 22

Годовой ход повторности* (число дней)
с относительной влажностью $\leq 30\%$

Десятилетие	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
-------------	---	----	-----	----	---	----	-----	------	----	---	----	-----

Луйнак

1940-1949	0	1	9	25	38	38	41	42	26	32	6	2
1950-1959	0	4	5	4	34	35	25	23	29	25	1	1
1960-1969	0	2	6	34	90	74	57	64	75	29	12	2

Десятилетие	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
-------------	---	----	-----	----	---	----	-----	------	----	---	----	-----

1970-1979	3	3	21	16	232	149	127	116	110	60	19	4
Среднее многолетнее	1	2	10	20	98	74	62	61	60	36	10	2

Чимбай

1940-1949	0	10	66	132	168	185	176	139	138	98	43	6
1950-1959	8	21	42	163	222	194	173	174	158	131	54	7
1960-1969	2	7	45	113	177	189	189	190	174	117	54	6
1970-1979	2	10	69	139	200	205	212	198	182	113	36	0
Среднее многолетнее	3	12	56	137	192	193	188	175	163	115	47	5

Хива

1940-1949	0	11	48	116	204	208	177	94	103	81	30	16
1950-1959	4	19	34	112	233	209	166	84	123	118	38	5
1960-1969	5	17	42	117	228	252	165	79	130	128	42	4
1970-1979	2	17	52	116	232	262	136	104	131	131	37	3
Среднее многолетнее	3	16	44	115	227	233	161	90	122	114	37	7

Каракалпакия

1940-1949	0	7	47	124	205	243	264	254	195	99	15	2
1950-1959	0	3	24	162	244	263	270	279	235	104	19	2
1960-1969	1	8	23	164	246	248	281	261	180	102	21	1
1970-1979	0	1	35	122	224	233	205	212	203	95	24	1
Среднее многолетнее	0	5	32	143	230	247	255	252	203	100	20	2

Тамды

1940-1949	19	32	112	180	266	290	305	295	277	197	83	43
1950-1959	17	29	64	182	260	275	307	299	284	184	74	11
1960-1969	23	37	91	164	261	289	292	288	249	171	78	23
1970-1979	23	36	118	161	248	287	301	296	261	221	91	35
Среднее многолетнее	20	34	96	172	259	260	301	294	268	193	82	28

В летнее время такая согласованность наблюдается только на пустынной ст. Тамды. Если в I циркуляционной эпохе для береговых станций можно заметить некоторое увеличение влажности, то уже после 1960 г. (во II циркуляционной эпохе) происходит непрерывное

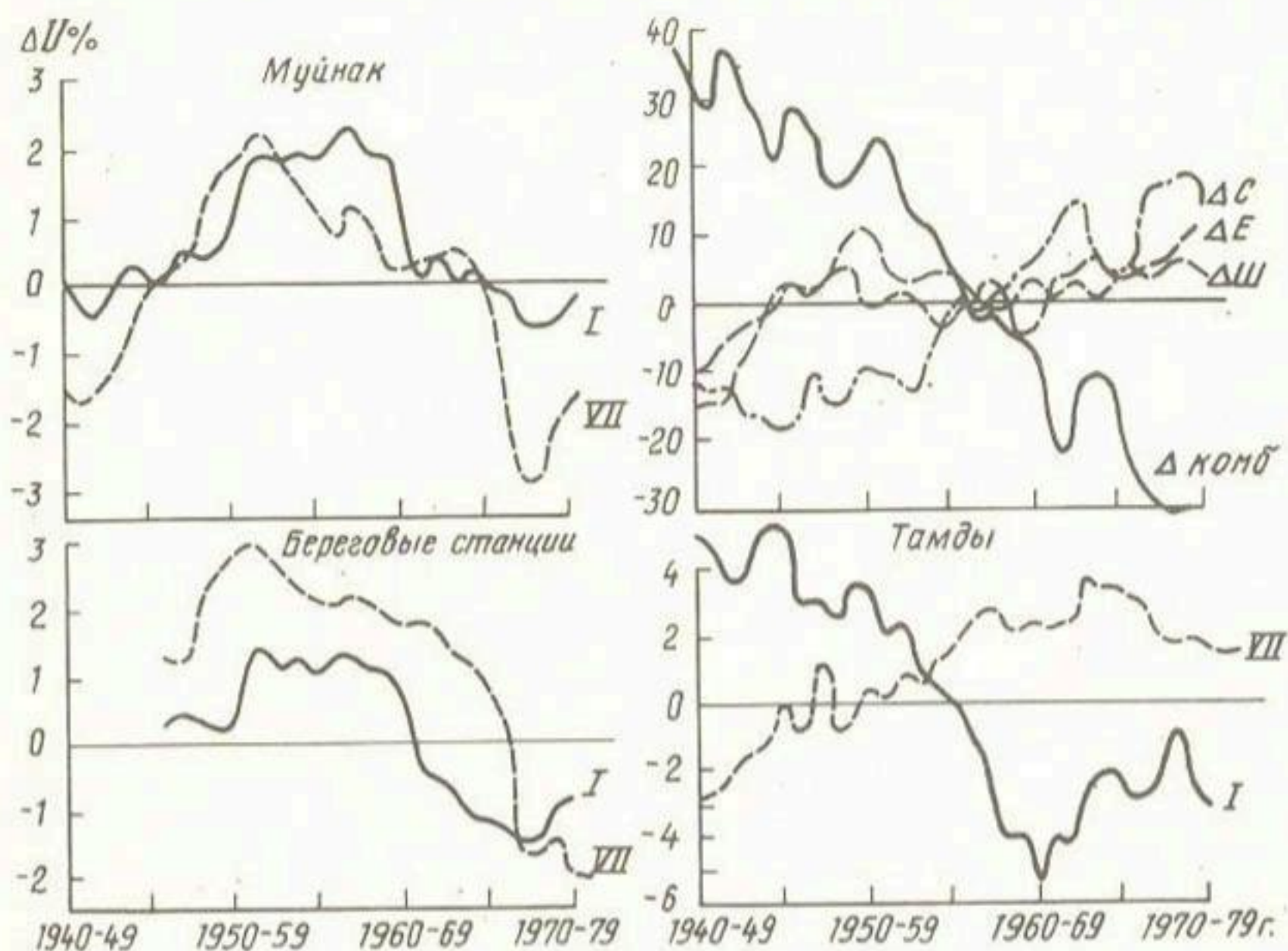


Рис. 23. 10-летние скользящие средние отклонений от нормы относительной влажности и типов циркуляции по Байдалу

уменьшение влажности, совпадающее со временем интенсивного отступления Аральского моря.

Таким образом, можно предполагать, что формирование режима влажности на береговых станциях в летнее время зависит в большей мере от влияния моря, нежели от циркуляционных особенностей — антропогенное влияние превзошло циркуляционные факторы.

Анализируя тенденцию в изменении влажности воздуха в разных циркуляционных эпохах (табл. 23), можно видеть, что весной (апрель) и летом (июль) I циркуляционная эпоха характеризуется повсюду положительным трендом, причем скорость увеличения влажности в Тамды в июле одинакова с Муинаком (2% за 10 лет), а в апреле даже превосходит. Во II циркуляционной эпохе происходит смена знака тренда на отрицательный, причем очень четко видно, что в Уялы β (весной и летом) в 2-3 раза превосходит β в Тамды, несколько меньше эта разница между Муинаком и Тамды. Этот факт может свидетельствовать о

том, что столь интенсивное падение влажности может быть связано и с влиянием отступления моря в этот период.

Таблица 23

Линейный тренд (β)
средней месячной относительной влажности воздуха
и относительный вклад (α) в дисперсию ряда

Станция	I циркуляционная эпоха (до 1958 г.)		II циркуляционная эпоха (1958–1979 гг.)	
	β %/10 лет	α %	β %/10 лет	α %
Апрель				
Уялы	0,3	I	-4,8	12
Муйнак	0,0	I	-2,1	3
Тамды	1,3	I	-1,2	1
Июль				
Уялы	3,2	7	-3,0	8
Муйнак	2,2	29	-1,6	5
Тамды	2,0	10	-1,4	5

В табл. 24 представлены значения разности между относительной влажностью на станциях Приаралья и Тамды (ΔU). Обычно принято считать, что ΔU "берег-пустыня" должна составлять 30–40%. Действительно, в июле на береговых станциях в первом 10-лети ΔU

Таблица 24

Разность относительной влажности (%)
за 1950–1959 гг. (1), 1960–1969 гг. (2)
и 1970–1979 гг. (3)

Станция	Январь			Апрель			Июль			Октябрь		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Тигровый	10	16	12	35	31	29	41	37	34	24	25	31
Муйнак	8	16	13	26	22	19	36	32	30	24	26	28
Уялы	5	13	11	28	23	19	44	42	35	23	27	27
Каракалпакия	7	18	14	8	6	10	11	10	15	21	21	22
Хира	2	9	7	8	9	8	23	22	23	15	15	18

составляло 36–44%, а по мере отступления моря значения ΔU уменьшались на 6–9% к последнему десятилетию, что составило 20–25% обычной разницы "берег – пустыня".

Можно видеть, что аналогичное изменение влажности отмечается весной (апрель), однако ничего подобного нельзя наблюдать на станциях, расположенных далеко от моря (Хива, Каракалпакия). Следовательно, отступление моря существенным образом сказалось на изменении влажности весной и летом на береговых станциях.

3.3. Атмосферные осадки

Территория Приаралья относится к зоне слабоувлажненной атмосферными осадками, где за год выпадает в среднем около 90–125 мм осадков (рис. 24). Колебания годовых и месячных сумм осадков из года в год значительны (табл. 25). Так, например, в Уялы наибольшая годовая сумма осадков составляла 166 мм (1969 г.), в Муйнаке – 212 мм (1978 г.), в Каракалпакии – 231 мм (1963 г.), а наименьшая – 33,43 и 60 мм соответственно. В годовом ходе осадков в Приаралье максимум отмечается в апреле или марте, имея вторичный максимум в октябре, а суммы осадков за холодный и теплый периоды достаточно близки между собой (табл. 26, рис. 25).

По данным табл. 27, 28 можно видеть, что в течение года преобладают жидкие осадки, причем количество дней с дождем распределяется достаточно равномерно. В общем за год наблюдается от 30 до 45 дней с дождем и от 12 до 30 дней со снегом.

Значительные (дождь ≥ 9 мм/12 ч и снег ≥ 5 мм/12 ч) и сильные осадки (дождь ≥ 30 мм/12 ч и снег ≥ 20 мм/12 ч) являются редким явлением на территории Приаралья (табл. 29, 30), хотя в отдельные годы они могут повторяться до 5–6 дней с дождем при средней повторяемости от 1 до 2 дней [15]. Повторяемость сильных осадков (процент общего числа случаев со значительными осадками) составляет для ст. Аральское море 3%, для ст. Каракалпакия 2%.

Сопоставление величины и повторяемости осадков в разных десятилетиях показало, что наиболее существенные различия имеются между десятилетием 1950–1959 гг. и 1970–1979 гг. Годовой ход количества осадков последнего десятилетия отличается тем, что максимум приходится на апрель, а минимум – на июль, в то время, как в 1950–1959 гг. максимум отмечается в марте, а минимум – в сентябре. Од-

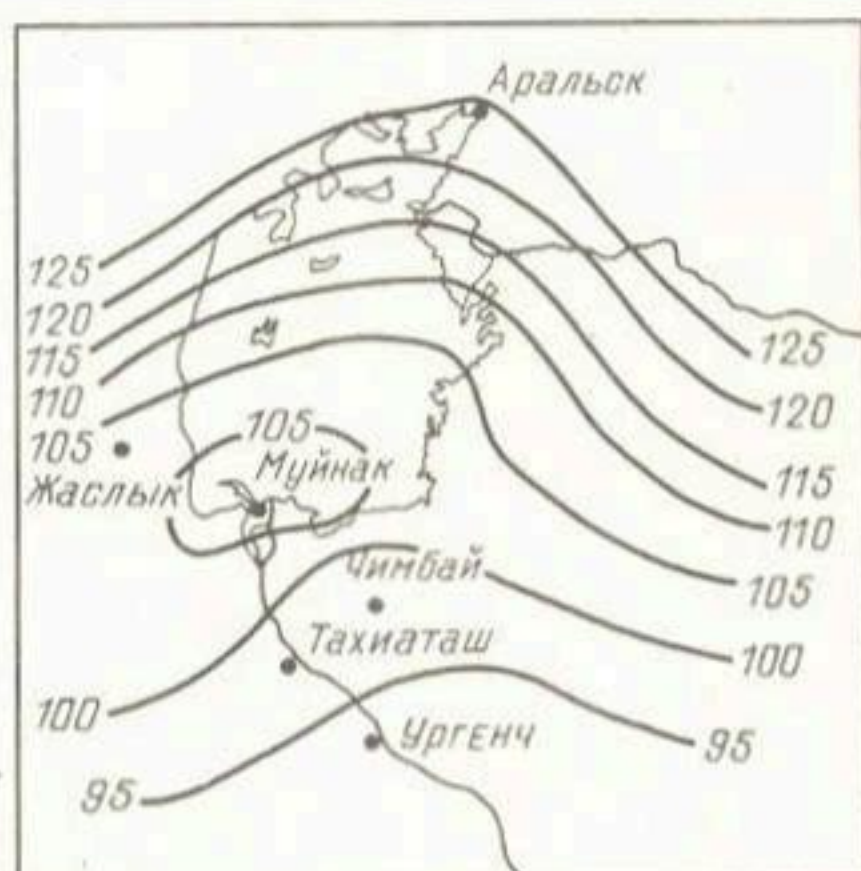


Рис. 24. Территориальное распределение годового количества осадков (мм)

Наибольшее количество осадков (мм/год)

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Годовой	
													max	min
Муйнак	31 1974	38 1960	34 1969	69 1978	34 1978	55 1963	57 1970	77 1958	27 1940	50 1940	52 1978	35 1978	212 1978	43 1944
Тыгровый	18 1974	34 1960	34 1969	53 1949	20 1945	50 1963	47 1959	33 1949	11 1973	60 1946	40 1953	52 1971	141 1971	36 1947
Уялы	20 1954	36 1943	53 1942	64 1964	23 1978	25 1956	31 1957	58 1958	47 1947	54 1944	31 1978	23 1957	166 1969	33 1979
Аральское море	20 1975	23 1936	32 1958	58 1949	53 1954	39 1935	81 1957	52 1949	29 1948	41 1940	50 1963	33 1979	201 1957	30 1930
Чимбай	31 1973	50 1940	55 1969	53 1973	39 1978	37 1932	25 1940	23 1949	13 1947	42 1971	41 1969	32 1970	170 1973	56 1950
Техникаул	21 1976	23 1966	38 1969	68 1978	37 1978	26 1967	17 1955	32 1958	16 1962	38 1971	37 1973	25 1953	170 1978	54 1955
Хива	43 1959	46 1952	54 1952, 1969	66 1966	43 1972	23 1931	46 1970	9 1951	29 1969	17 1946	28 1973	31 1958	156 1978	40 1975
Каракалпакия	29 1942	28 1952	35 1948	53 1973	50 1956	57 1963	35 1957	46 1958	53 1951	42 1959	26 1942, 1956	31 1971	231 1963	60 1950
Жаслык	26 1953	26 1959	36 1964	48 1973	40 1978	84 1963	38 1957	27 1953	12 1961	44 1951	37 1978	42 1972	187 1973	41 1975

Годовой ход количества осадков (мм)

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Полугодие		Год
													холодное! (X-III)	теплое (IV-IX)	
Муйнак	8	10	12	16	7	7	5	4	4	12	13	9	64	43	107
Тигровый	6	7	12	14	6	7	6	4	3	11	10	9	55	40	95
Уялы	8	7	12	15	6	3	4	6	8	15	10	9	61	42	103
Барсакельмес	7	5	12	14	7	5	5	7	7	15	12	12	63	45	108
Аральское море	8	7	16	14	11	9	9	8	6	15	10	12	68	57	125
Чимбай	8	12	15	16	11	5	3	2	3	8	7	9	59	40	99
Техникаул	8	8	14	21	7	9	4	4	4	7	11	8	56	49	105
Хява	8	10	20	14	9	3	2	1	2	5	7	10	60	31	91
Каракалпакия	8	9	13	16	12	13	7	7	7	13	9	11	63	62	125
Баслык	8	9	13	13	8	10	8	4	3	8	9	10	57	46	103

Повторяемость числа дней с осадками (% общего числа дней) по фазовому состоянию

Станция	Вид осадков	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Муйнак	т	11	8	5	0	0	0	0	0	0	0	3	8	35
	ж	4	4	7	8	4	4	2	3	3	7	7	7	60
	с	I	I	I	0	0	0	0	0	0	0	I	I	5
Тигровый	т	11	9	5	0	5	5	2	0	3	7	2	10	37
	ж	3	3	7	8	0	0	0	0	0	0	7	6	58
	с	I	I	I	0	0	0	0	0	0	0	I	I	5
Техникаул	т	9	8	5	I	0	4	0	3	0	0	3	7	34
	ж	4	3	8	10	0	4	3	0	3	6	7	7	60
	с	I	I	I	I	0	0	0	0	0	0	I	I	6
Хива	т	8	7	4	0	0	0	2	0	0	0	2	5	26
	ж	4	5	11	12	7	4	I	3	3	6	7	7	69
	с	I	I	I	0	0	0	0	0	0	0	I	I	5
Каракалпакия	т	9	8	5	I	0	6	0	0	0	I	3	9	36
	ж	4	4	5	7	0	6	4	4	3	7	6	7	61
	с	0	0	I	0	0	0	0	0	0	0	I	I	3
Узюльк	т	11	8	5	0	0	0	3	0	0	I	3	9	37
	ж	4	3	6	8	5	4	2	0	3	6	7	6	57
	с	I	I	2	0	0	0	0	0	0	0	I	I	6
Тампы	т	6	7	10	11	6	2	I	0	2	I	2	9	25
	ж	8	I	I	0	0	2	0	0	0	4	7	2	68
	с	2	I	I	0	0	0	0	0	0	0	I	2	7

Среднее многолетнее распределение числа дней с осадками

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Максимум	
													дни	год
Дождь														
Муйнак	2	3	4	5	3	3	2	1	2	4	4	4	15	1978
Тигровый	2	2	4	4	3	3	1	1	2	4	4	4	14	1978
Чимбай	2	2	4	5	4	3	2	1	2	3	3	3	15	1979
Техникаул	2	2	4	6	2	2	2	1	1	3	4	4	13	1964
Хива	2	2	5	5	3	2	1	1	1	3	3	3	16	1966
Каракалпакья	3	3	4	5	4	4	2	2	2	6	4	5	17	1979
Жаслык	3	2	4	5	3	3	1	1	2	4	5	5	16	1977
Тамды	3	4	6	6	4	1	0	0	1	2	4	4	19	1977
Снег														
Муйнак	7	5	3	0	0	0	0	0	0	0	2	5	18	1974
Тигровый	6	5	3	0	0	0	0	0	0	0	1	6	18	1974
Чимбай	4	4	2	0	0	0	0	0	0	0	1	3	11	1976
Техникаул	5	5	3	0	0	0	0	0	0	0	2	4	13	1973
Хива	4	3	2	0	0	0	0	0	0	0	1	2	10	1972
Каракалпакья	8	6	4	1	0	0	0	0	0	1	2	7	16	1966, 1952
Жаслык	8	6	4	0	0	0	0	0	0	0	2	7	18	1959
Тамды	5	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4	15	1970

Повторяемость (%) числа дней без осадков и с осадками
 < 5 и ≥ 5 мм (снег), < 9 и ≥ 9 мм (дождь)

Месяц	Осадки	Станция	
		Аральское море	Каракалпакия
X	Без осадков	72	74
	< 5 , < 9	27	25
	≥ 5 , ≥ 9	I	I
XI	Без осадков	58	67
	< 5 , < 9	41	32
	≥ 5 , ≥ 9	I	I
XII	Без осадков	53	51
	< 5 , < 9	46	48
	≥ 5 , ≥ 9	I	I
I	Без осадков	53	50
	< 5 , < 9	46	49
	≥ 5 , ≥ 9	I	I
II	Без осадков	64	55
	< 5 , < 9	35	44
	≥ 5 , ≥ 9	I	I
III	Без осадков	65	64
	< 5 , < 9	34	35
	≥ 5 , ≥ 9	I	I
IV	Без осадков	76	69
	< 5 , < 9	23	30
	≥ 5 , ≥ 9	I	I
V	Без осадков	76	74
	< 5 , < 9	23	25
	≥ 5 , ≥ 9	I	I
Год	Без осадков	71	69
	< 5 , < 9	28	30
	≥ 5 , ≥ 9	I	I

Таблица 30

Годовой ход повторяемости (%)
числа полусуток со значительными осадками

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Аральское море	2	5	14	14	4	9	9	10	6	11	8	8
Каракалпакия	6	9	11	12	10	13	7	5	8	9	6	14

нако такую закономерность можно проследить и на территории, далеко расположенной от Приаралья: Тамды, Искем (рис. 25, табл. 31, 32). Из табл. 33, 34 следует, что число дней с дождем и снегом в 1970-1979 гг. по сравнению с 1950-1959 гг. увеличилось. Например, в холодном полугодии дождей стало больше на 100 дней как в Муйнаке и в Тигровом, так и в Тамды.

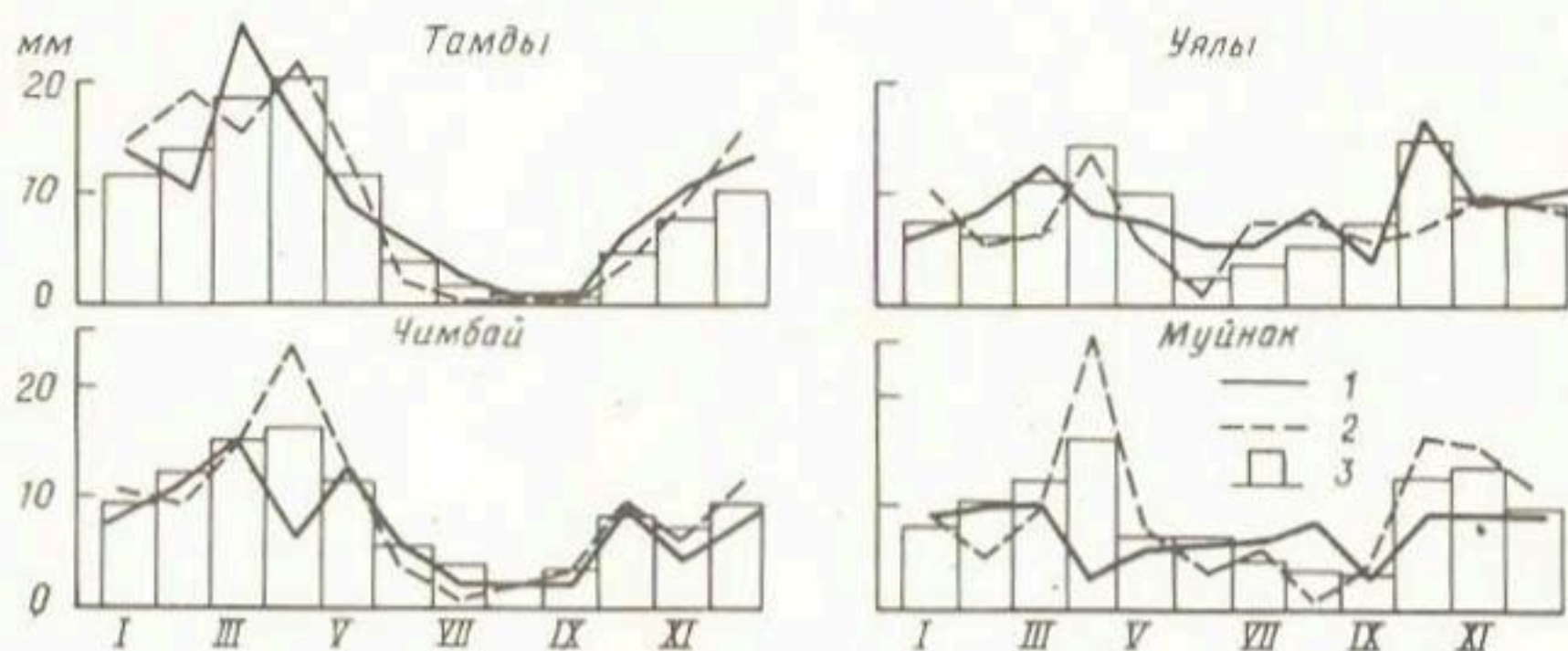


Рис. 25. Годовой ход количества осадков:
1 - 1950-1959 гг., 2 - 1970-1979 гг., 3 - среднее многолетнее

Таблица 31

Месяц, в котором наблюдается максимум и минимум осадков

Станция	1970-1979 гг.		1960-1969 гг.		1950-1959 гг.	
	max	min	max	min	max	min
Муйнак	IV	УП	IV	УП	II	IX
Тигровый	IV	УП	IV	УШ	III	IX
Уялы	IV	УП	IV	УI, УШ	III	IX
Барсакельмес	IV	УП	XI	I	X	У, УI
Аральское море	IV	УП	III	IX	III	IX
Чимбай	IV	УП	IV	УШ	III	IX
Техникаул	IV	УП, УШ	IV	УШ	III	IX
Хива	III	УШ	IV	УП	III	IX
Каракалпакия	IV	УП	IV	УП	УI	УП
Жаслык	IV	IX	III	УШ	II	IX
Тамды	IV	УП	IV	УШ	III	IX

Для выяснения причин существующих различий в количестве осадков отдельных десятилетий был использован способ дисперсионного анализа, который позволяет выделить и оценить влияние определенных

Годовой ход количества осадков (мм)

Десятилетие	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Полугодие		Год
													холодное !	теплое	
I950-I959	9	10	10	3	6	7	7	8	3	9	9	9	56	34	90
I960-I969	11	11	17	18	4	11	2	2	3	4	15	7	65	40	105
I970-I979	9	5	10	23	8	4	6	1	4	16	15	11	66	46	112
Муйнак															
I950-I959	7	7	11	8	5	8	11	4	3	9	10	8	52	39	91
I960-I969	7	11	15	17	4	10	2	2	3	4	14	5	56	38	94
I970-I979	6	4	13	19	6	4	3	1	2	14	11	16	64	35	99
Тигровый															
I950-I959	7	7	11	8	5	8	11	4	3	9	10	8	52	39	91
I960-I969	7	11	15	17	4	10	2	2	3	4	14	5	56	38	94
I970-I979	6	4	13	19	6	4	3	1	2	14	11	16	64	35	99
Уялы															
I950-I959	7	9	13	9	4	6	6	9	3	17	9	10	65	37	102
I960-I969	10	7	14	26	4	3	4	3	12	17	11	6	65	52	117
I970-I979	11	6	7	14	6	2	4	4	6	7	10	10	51	36	87
Барсакельмес															
I950-I959	6	5	12	11	4	4	6	13	5	19	9	12	63	43	106
I960-I969	5	6	14	12	7	6	6	4	7	13	15	7	60	42	102
I970-I979	9	4	9	18	10	6	2	4	8	12	12	16	62	48	110
Аральское море															
I950-I959	7	10	16	11	14	7	15	10	4	15	7	13	68	61	129
I960-I969	9	8	14	12	9	13	16	8	6	17	14	12	74	64	138
I970-I979	10	5	9	23	11	16	3	9	7	18	12	14	68	69	137

Десятилетие	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Полугодие		Год
													! холодное !	! теплое !	!
Чимбай															
1950-1959	8	11	15	6	12	5	2	2	2	8	4	7	53	29	82
1960-1969	13	10	18	23	13	6	6	1	4	9	13	9	72	53	125
1970-1979	10	9	14	24	13	3	1	2	3	9	6	15	63	46	109
Техникаул															
1950-1959	6	6	15	13	5	9	9	6	2	6	12	8	53	45	98
1960-1969	10	11	17	22	8	13	5	4	4	5	12	6	61	56	117
1970-1979	7	5	10	26	8	4	2	2	4	10	10	10	52	46	98
Хива															
1950-1959	10	14	28	9	9	5	1	1	1	3	8	10	73	26	99
1960-1969	9	4	17	23	10	3	2	1	4	6	8	9	53	43	96
1970-1979	8	8	17	14	10	2	5	0,1	1	5	8	12	58	32	90
Каракалпакия															
1950-1959	9	13	10	14	12	15	12	10	6	16	8	11	67	69	136
1960-1969	9	9	16	12	9	20	6	6	8	10	9	10	63	61	124
1970-1979	8	8	15	24	10	5	4	5	6	10	10	13	64	54	118
Жаслык															
1950-1959	10	13	9	11	9	12	12	8	4	8	6	9	55	56	111
1960-1969	8	8	17	12	6	13	8	3	4	4	12	8	57	46	103
1970-1979	6	7	12	17	11	6	3	2	2	12	10	14	61	41	102

Таблица 33

Годовой ход числа дней с дождем

Десятилетие	I	2	3	4	5	6	7	8	УП	УГ	УШ	IX	X	XI	XII	Полугодие			Годовое значение	max	Год	
																III	IV	V				
																						теп- лое
I																						
I950-I959	23	33	34	26	24	27	27	27	14	11	38	26	33	I29	I87	316	I3	I951				
I960-I969	31	29	56	55	15	28	8	9	14	14	37	42	34	I29	229	358	I2	I963				
I970-I979	25	15	41	66	28	21	14	8	14	14	50	64	63	I51	258	409	I5	I978				
Муйнак																						
I950-I959	16	21	35	25	18	16	21	13	9	26	22	25	25	I02	I45	247	9	I951				
I960-I969	24	22	43	59	22	36	9	13	19	35	42	35	35	I58	201	359	I4	I964				
I970-I979	21	13	26	50	29	25	5	7	17	42	57	58	58	I33	207	340	I4	I971				
Чимбай																						
I950-I959	16	21	44	36	35	21	18	19	15	32	21	24	24	I44	I58	302	9	I951				
I960-I969	24	22	46	55	32	25	13	9	19	35	39	25	25	I53	I91	344	9	I952				
I970-I979	15	11	31	63	29	24	16	5	16	42	30	35	35	I53	I64	317	11	I969				
Техникаул																						
I950-I959	9	10	23	24	9	16	17	11	6	11	19	20	83	92	I75	8	I958					
I960-I969	31	25	53	70	33	26	10	7	15	31	39	40	I61	219	380	I3	I959					
I970-I979	12	10	33	58	31	21	11	3	16	44	41	34	I40	I74	314	11	I964					
																					I971	

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Хива																	
1950-1959	15	25	53	37	28	14	7	5	9	19	19	33	100	164	264	11	1958
1960-1969	25	15	61	35	28	15	11	4	9	34	40	36	122	211	333	16	1966
1970-1979	16	23	43	80	48	29	18	10	19	40	54	45	204	221	425	14	1974
Каракалпакия																	
1950-1959	34	42	38	40	40	39	59	20	14	53	31	50	212	248	460	14	1951
1960-1969	40	29	46	49	32	45	18	17	21	44	44	49	182	249	431	12	1963, 1967, 1969
1970-1979	30	19	31	56	37	52	29	9	28	65	66	62	211	273	484	17	1979
Жаслык																	
1950-1959	29	32	33	37	31	27	39	15	17	39	29	32	166	194	360	11	1956
1960-1969	41	21	57	45	23	26	11	11	19	25	45	50	135	239	374	12	1964, 1967
1970-1979	20	16	31	69	45	38	19	8	12	55	70	50	191	242	433	16	1977
Тамлы																	
1950-1959	26	30	59	44	40	21	6	2	9	20	31	47	122	213	335	15	1958
1960-1969	32	39	68	53	31	11	6	1	9	33	40	53	111	265	376	13	1967
1970-1979	38	42	61	72	39	12	7	2	9	25	55	73	141	294	435	19	1977

Годовой ход числа дней со снегом

Десятилетие	I	2	3	4	5	6	7	8	9	X	XI	XII	Полугодие			Год- вое значение	Год
													теп- лое	холод- ное	И5		
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Муйнак																	
1950-1959	54	52	19	2	0	0	0	0	0	4	32	45	2	206	208	13	1959
1960-1969	58	48	34	1	0	0	0	0	0	0	13	43	1	196	197	13	1964
1970-1979	106	64	39	0	0	0	0	0	1	7	11	72	1	299	300	18	1974
Тигровый																	
1950-1959	43	40	23	2	0	0	0	0	0	1	29	41	2	177	179	16	1959
1960-1969	56	59	34	1	0	0	0	0	0	1	9	45	1	204	205	12	1966
1970-1979	96	70	35	1	0	0	0	0	0	3	5	88	1	297	298	18	1974
Чимбай																	
1950-1959	34	36	22	2	0	0	0	0	0	3	17	32	2	144	146	11	1959
1960-1969	51	28	28	0	0	0	0	0	0	1	14	32	0	154	154	10	1964
1970-1979	40	51	24	0	0	0	0	0	0	0	8	51	0	174	174	11	1976
Техникаул																	
1950-1959	23	27	17	4	0	0	0	0	0	0	18	18	4	103	107	8	1954
1960-1969	43	46	30	2	0	0	0	0	0	2	16	38	2	175	177	11	1966
1970-1979	64	47	27	1	0	0	0	0	0	3	7	52	1	200	201	13	1973

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Хива																	
1950-1959	34	33	22	2	0	0	0	0	0	0	18	23	2	130	132	9	1950
1960-1969	31	18	17	0	0	0	0	0	0	0	14	27	0	107	107	9	1964
1970-1979	55	43	24	0	0	0	0	0	0	1	7	30	0	160	160	10	1972
Каракалпакия																	
1950-1959	76	76	34	3	0	0	0	0	2	5	20	55	5	266	271	16	1952
1960-1969	74	66	55	4	0	0	0	0	0	5	23	72	4	295	299	16	1966
1970-1979	90	61	42	3	0	0	0	0	0	8	24	109	3	334	337	20	1972
Жаслык																	
1950-1959	68	60	24	2	0	0	0	0	0	2	23	50	2	227	229	18	1959
1960-1969	63	54	46	1	0	0	0	0	0	0	19	53	1	235	236	19	1966
1970-1979	89	58	32	4	0	0	0	0	0	9	16	58	4	262	266	17	1972, 1974
Тампы																	
1950-1959	39	31	21	4	0	0	0	0	0	4	15	35	4	145	149	8	1958
1960-1969	41	32	18	0	0	0	0	0	0	0	4	34	0	129	129	11	1969
1970-1979	77	53	23	0	0	0	0	0	0	2	8	49	0	212	212	13	1970, 1973

факторов, вызывающих изменчивость осадков [13]. В качестве факторов были выбраны десятилетия и типы циркуляций атмосферы по Байдалу (С, Ш, В).

Дисперсионный анализ проводился не по количеству осадков, а по его нормализованному значению $R_H = \sqrt{R}$, где R и R_H — значения месячных сумм осадков до и после нормализации [22]. Расчет статистики F и критерия R по количеству осадков относительно трех десятилетий дал значения $F = 1,05$ и $R = 0,02$. Для 5%-ного уровня значимости при соответствующих степенях свободы (в данном случае $\nu_1 = 2$ и $\nu_2 = 67$) значение дисперсионного отношения $F^* = 3,15$, а критерий Романовского $R^* = 3$. Таким образом, рассчитанные значения F и R значительно меньше табличных: $1,05 \ll 3,15$ и $0,02 \ll 3$. Следовательно, различие выделенных десятилетий по количеству осадков является незначительным.

Дисперсионный анализ месячного количества осадков для определенных типов циркуляции показал, что изменение количества осадков находится в зависимости от типов циркуляции. Рассчитанные значения оказались такими: $F = 18,2$, $R = 15,1$. Для 5%-ного уровня значимости они равны соответственно 3,15 и 3,0. Тогда $18,2 \gg 3,15$ и $15,1 \gg 3,0$, что свидетельствует о том, что различия осадков по типам циркуляции являются существенными.

Сопоставление многолетнего хода годовой суммы осадков всей территории Приаралья и на отдельных станциях, расположенных в разных условиях местоположения (Барсакельмес, Муйнак, Чимбай, Хива, Тамды, Пакем), позволяет выявить одинаковые тенденции в изменении атмосферных осадков. Особенно согласуются периоды с аномальными величинами (рис. 26). Максимум осадков, отмеченный в 1949 и 1978 гг., имеет место как в Муйнаке и Уялы, так и в Тамды и Пскеме. Периоды аномально сухие также одинаковы для всей территории. Естественно, что подобная закономерность может проявляться в том случае, если вся территория находится под воздействием одинаковых факторов, формирующих такие особенности.

На рис. 27 представлено сопоставление многолетнего хода типов циркуляции атмосферы и повторяемости числа дней с дождем и снегом в теплом и холодном полугодиях на разных станциях. Совершенно очевидна взаимозависимость сопоставляемых величин. Каждая циркуляционная эпоха отличается определенными особенностями в формировании режима осадков. Эта закономерность четко проявляется на всей территории независимо от того, как далеко она располагается относительно акватории Аральского моря.

Анализ линейного тренда β и его относительного вклада α в дисперсию ряда количества осадков в Приаралье в отдельные циркуляционные эпохи показывает, что (табл. 35) изменения количества

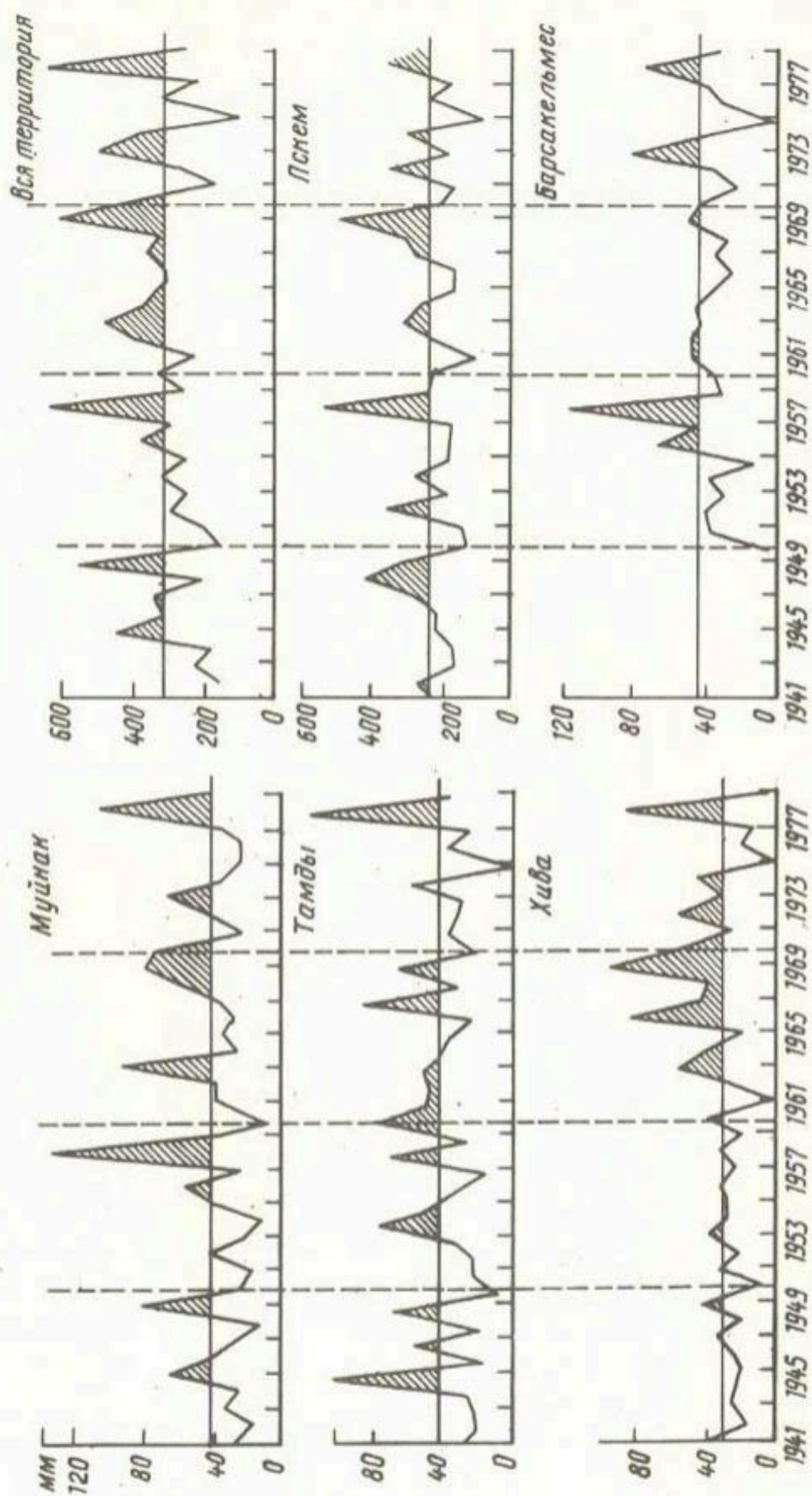
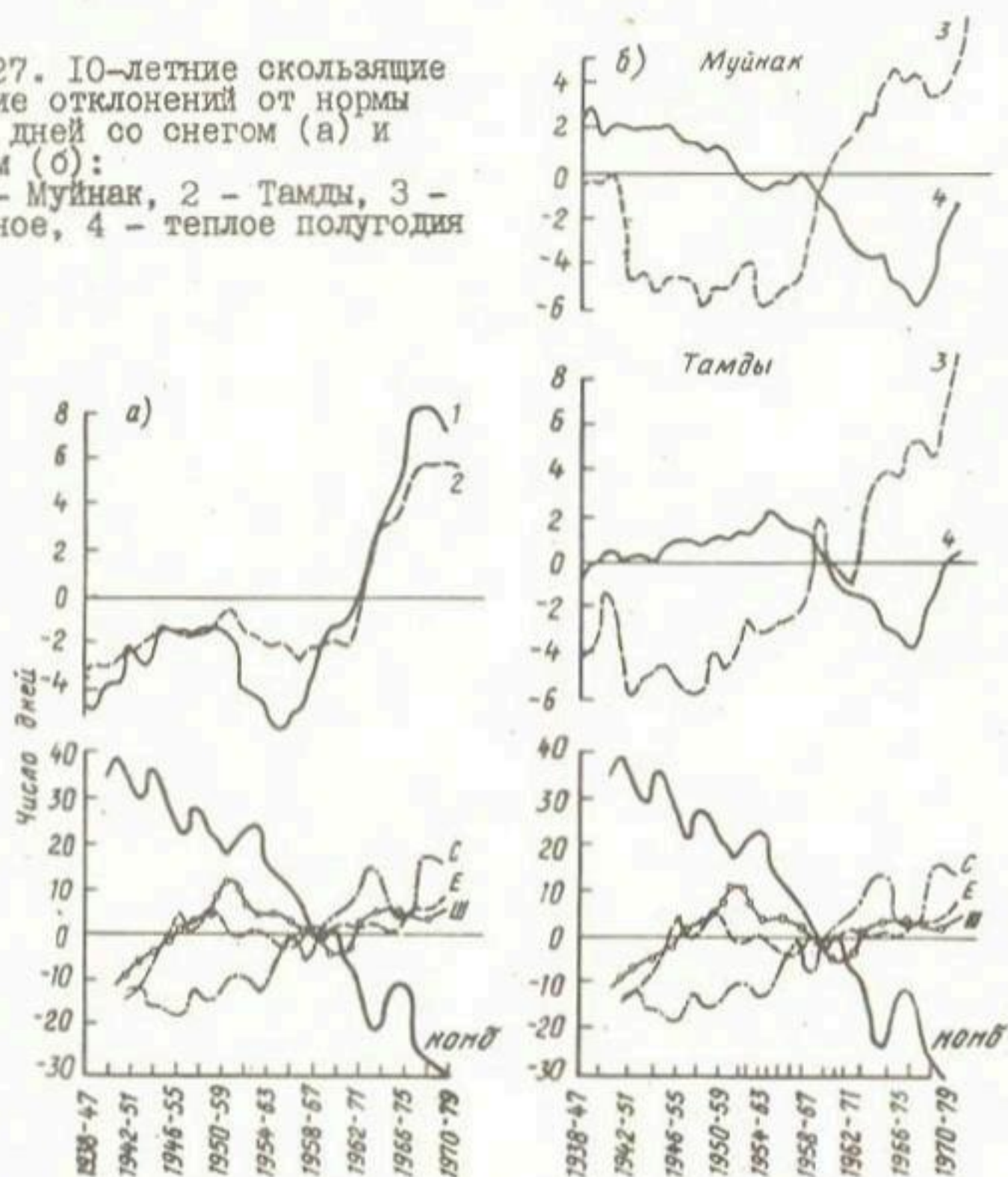


Рис. 26. Многолетний ход годовых сумм осадков

осадков в первой и второй циркуляционных эпохах характеризуются положительным трендом в теплом и в холодном полугодии, отличаясь лишь значениями β и α . Тренд осадков во второй циркуляционной эпохе в 3 раза больше, чем в первой. Изменилась не только величина, но и знак тренда числа дней с определенным типом циркуляции: отри-

Рис. 27. 10-летние скользящие средние отклонений от нормы числа дней со снегом (а) и дождем (б):
1 - Муйнак, 2 - Тамды, 3 - холодное, 4 - теплое полугодия



цательный тренд повторяемости типа С в первой эпохе (-4 дня/10 лет) сменился положительным во второй (15 дней/10 лет), а тренд повторяемости типа III уменьшился в 4 раза. Подобная закономерность наблюдается и на пустынной территории. Таким образом, преобладание определенного типа циркуляции атмосферы тесно связано с характером формирования осадков.

3.4. Ясные и пасмурные дни

Район Аральского моря характеризуется большим числом часов солнечного сияния. Так, на Барсакельмесе и на северо-восточном побережье продолжительность солнечного сияния составляет около 2500 ч,

Линейный тренд (β) числа дней
с типами циркуляции атмосферы и его относительный
вклад (α) в дисперсию ряда

Тип циркуляции, станция	I циркуляционная эпоха (с начала наблюдений до 1958 г.)			II циркуляционная эпоха (1959-1979 гг.)		
	β /10 лет	α	%	β /10 лет	α	%
Е	22	34		14	23	
С	-4	1		15	10	
Ш	24	45		6	7	
Комбиниро- ванный	-25	15		-36	32	
Теплое полугодие						
Приаралье	3	12		10	7	
Холодное полугодие						
Приаралье	0,2	7		6	5	
Тамды	6	3		14	7	

т.е. немногим меньше, чем в пустыне, где оно имеет продолжительность около 3000 ч[10]. Большая продолжительность солнечного сияния указывает на существование здесь незначительной облачности. Среднее годовое число ясных дней колеблется преимущественно от 140 до 100; наименьшее число ясных дней отмечается на станциях Аральское море и Каракалпакия (85 дней). В годовом ходе наибольшее число ясных дней отмечается на всей территории в августе, составляя 20-24 дня в Уялы, Муйнаке, Чимбае, Хиве, а также в Тамды: лишь в Каракалпакии - 13 дней (табл. 36).

Среднее годовое число пасмурных дней на территории Приаралья и в пустыне в основном составляет 60-80 дней, максимум приходится на зиму (декабрь, январь), а минимум - на летние месяцы (июль, август) (табл. 37).

В табл. 36, 37 представлены также данные о повторяемости ясных и пасмурных дней по отдельным 10-летиям, из которых видно, что в последнем десятилетии (1970-1979 гг.) на всех станциях Приаралья и в пустыне стало меньше ясных и пасмурных дней по сравнению с 1950-1959 гг. Если в 1950-1959 гг. среднегодовое число пасмурных дней в Муйнаке составляло 74, а в Тамды - 84, то в последнем десятилетии их стало 66 и 56 соответственно.

На рис. 28 отчетливо прослеживается согласованность многолетнего хода повторяемости числа ясных и пасмурных дней с теми изменениями, которые происходили в циркуляции атмосферы. Зимой (январь)

Число ясных дней (по общей облачности)

Десятилетие	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Барсакельмес													
Среднее много- летнее	6	7	6	7	10	11	14	17	14	8	4	3	107
1950-1959	7	5	7	7	11	11	14	18	13	8	3	3	107
1960-1969	5	8	3	7	9	11	15	17	14	8	5	5	107
1970-1979	6	7	8	7	9	10	13	15	14	7	4	3	103
Уялы													
Среднее много- летнее	7	7	6	7	11	14	17	20	16	10	7	6	128
1950-1959	7	5	6	8	12	14	15	20	17	10	6	6	126
1960-1969	6	9	4	6	10	13	17	21	14	9	7	6	122
1970-1979	8	6	7	6	10	12	15	18	16	9	6	4	117
Муйнак													
Среднее много- летнее	5	6	5	7	9	14	17	20	17	10	6	4	120
1950-1959	5	5	6	8	13	14	17	21	18	12	6	4	129
1960-1969	4	8	4	6	11	14	18	22	16	10	7	5	125
1970-1979	6	6	5	6	8	11	15	19	16	9	6	2	109
Аральское море													
Среднее много- летнее	6	6	5	5	6	7	9	11	12	7	5	6	85
1950-1959	8	5	7	7	8	7	10	14	13	10	6	5	100
1960-1969	6	7	3	5	5	6	8	9	11	6	5	6	77
1970-1979	5	6	5	4	6	5	7	9	10	7	4	5	73
Чимбай													
Среднее много- летнее	6	7	5	6	9	14	18	22	19	14	8	6	134
1950-1959	6	6	7	9	13	16	17	22	20	16	9	6	147
1960-1969	5	8	4	6	11	15	20	24	17	12	8	7	137
1970-1979	8	6	5	5	7	11	14	22	17	11	7	4	117
Хива													
Среднее много- летнее	6	7	5	6	8	15	19	24	21	14	9	6	140
1950-1959	5	6	6	6	10	15	15	23	22	15	10	6	139
1960-1969	6	7	4	5	8	16	19	25	19	15	11	8	141
1970-1979	8	7	6	5	7	14	19	24	22	13	9	4	138

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Каракалпакия													
Среднее много- летнее	4	5	4	6	7	8	10	13	13	8	5	3	86
1960-1969	4	4	6	8	11	11	12	15	14	11	7	2	105
1960-1969	3	5	2	4	5	5	8	11	10	6	5	3	67
1970-1979	5	5	4	6	5	4	8	13	12	7	4	3	76
Тамды													
Среднее много- летнее	5	4	4	4	8	14	19	24	22	14	8	5	131
1950-1959	4	4	5	5	10	12	17	23	22	14	8	5	129
1960-1969	5	4	3	3	8	14	19	24	20	15	9	6	130
1970-1979	6	4	4	3	5	14	18	23	21	12	7	3	120

Таблица 37

Число пасмурных дней (по общей облачности)

Десятилетие	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Барсакельмес													
Среднее много- летнее	12	8	10	6	3	2	2	1	2	7	12	16	81
1950-1959	13	11	12	8	3	2	3	3	3	7	14	18	97
1960-1969	12	7	11	6	3	2	1	1	2	6	10	15	76
1970-1979	10	6	7	5	4	1	1	0,3	1	7	11	14	67,3
Уялы													
Среднее много- летнее	12	8	9	7	3	1	1	1	1	6	9	13	71
1950-1959	12	10	10	6	2	2	1	1	2	6	10	14	76
1960-1969	11	7	12	9	3	2	1	1	2	6	9	11	74
1970-1979	11	7	8	7	4	1	1	1	1	6	9	15	71
Муинак													
Среднее много- летнее	12	9	9	7	3	1	1	1	1	4	8	13	69
1950-1959	12	11	10	8	2	2	2	1	1	4	9	12	74
1960-1969	11	8	10	7	3	1	1	1	1	2	7	12	64
1970-1979	9	7	8	8	4	1	1	0	1	4	8	15	66
Аральское море													
Среднее много- летнее	10	8	10	7	5	3	3	2	2	6	9	11	76
1950-1959	11	11	12	7	5	4	4	2	3	7	9	11	86
1960-1969	10	7	12	8	6	4	4	2	3	5	9	9	79
1970-1979	10	7	8	7	5	3	3	2	2	7	10	14	78

Десятилетие	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Чимбай													
Среднее много- летнее	10	9	9	7	3	I	I	0	I	3	6	11	61
1950-1959	9	8	8	6	2	I	I	0	I	2	5	10	53
1960-1969	9	7	10	8	2	I	0	0	I	2	5	11	56
1970-1979	7	7	7	8	3	I	I	0	I	3	6	13	57
Хива													
Среднее много- летнее	9	8	8	7	4	I	I	0	I	2	5	10	56
1950-1959	11	8	8	8	3	2	I	0	I	3	4	12	61
1960-1969	8	7	10	8	4	I	I	0	I	2	6	10	58
1970-1979	7	7	6	5	3	I	I	0	0	2	5	12	49
Каракалпакия													
Среднее много- летнее	13	11	11	9	5	4	2	2	2	6	10	15	90
1950-1959	13	13	13	9	4	3	3	2	2	5	8	14	89
1960-1969	15	11	14	10	6	5	3	2	3	6	12	16	103
1970-1979	9	9	10	8	5	4	3	I	2	6	11	16	84
Тамды													
Среднее много- летнее	11	10	10	8	4	I	0,5	0	0	3	7	12	66,5
1950-1959	14	12	12	10	5	2	I	0	0	4	9	15	84
1960-1969	9	9	10	9	5	I	I	0	I	3	8	12	68
1970-1979	10	9	9	8	3	I	0	0	0	2	5	9	56

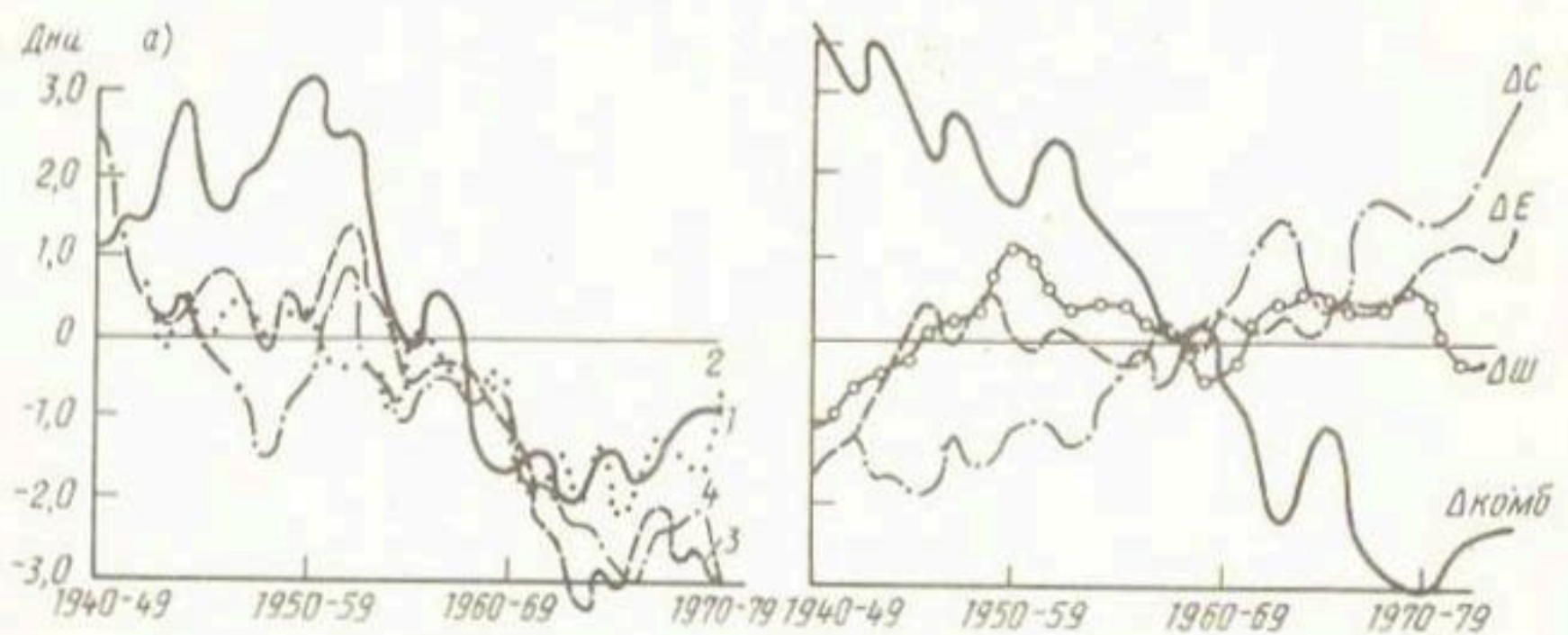


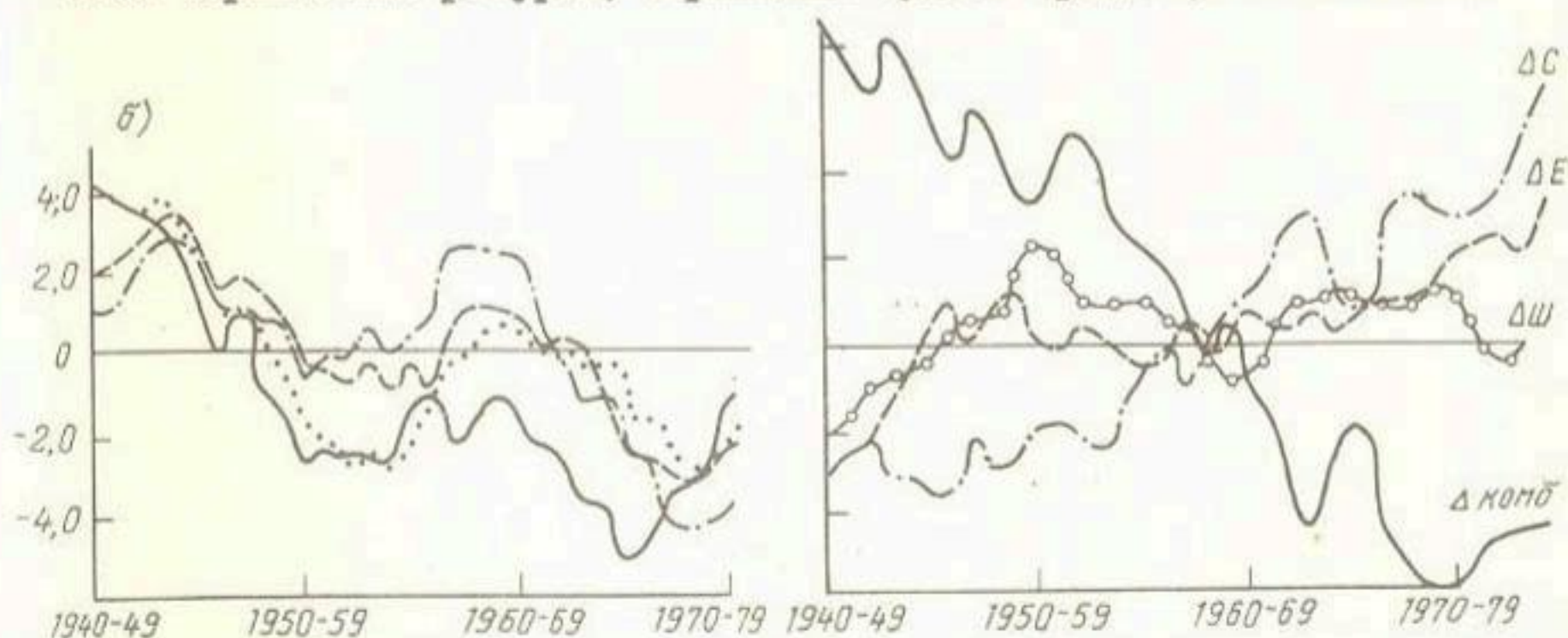
Рис. 28. 10-летние скользящие средние отклонений от нормы числа
годовой ход циркуля
I - Тамды, 2 - Уялы,

на станциях Приаралья во II циркуляционной эпохе наблюдается существенное уменьшение пасмурных дней по сравнению с I эпохой, но такая же тенденция отмечается и в пустыне (Тамды). В летнее время (июль) многолетнее изменение числа ясных дней в Приаралье и в пустыне имеет аналогичные особенности в обеих циркуляционных эпохах. Следовательно, можно предположить, что уменьшение водной поверхности Аральского моря оказалось незначительным для изменения процессов облакообразования в таком небольшом районе.

3.5. Агроклиматические ресурсы

Для сельскохозяйственного производства представляют основной интерес те климатические факторы, которые играют определяющую роль для получения продукции. Совокупность этих факторов составляет агроклиматические ресурсы территории, характеризующие степень обеспечения растений солнечной радиацией, теплом и влагой. Сравнительная оценка степени благоприятности климата для той или иной отрасли сельского хозяйства дается с помощью агроклиматического районирования, которое строится на основе климатического районирования, составляя с ним единое целое.

При выделении агроклиматических районов в качестве основных показателей условий роста и развития сельскохозяйственных культур приняты термические ресурсы, выраженные суммой среднесуточных положи-



пасмурных дней (по общей облачности) в январе (а) и июле (б) и
 циюнных процессов:
 3 - Муйнак, 4 - Чимбай

тельных температур выше 10° * , а также гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК) **, характеризующий естественную влагообеспеченность.

Приведем основные сведения об агроклиматических ресурсах Приаралья, опубликованные в [1-4]. Южная часть Приаралья, относящаяся к УзССР, подразделяется на 12 агроклиматических районов – по три на Устюрте, в долине и дельте Амударьи, Кызылкуме и в Хорезмской области (рис. 29).

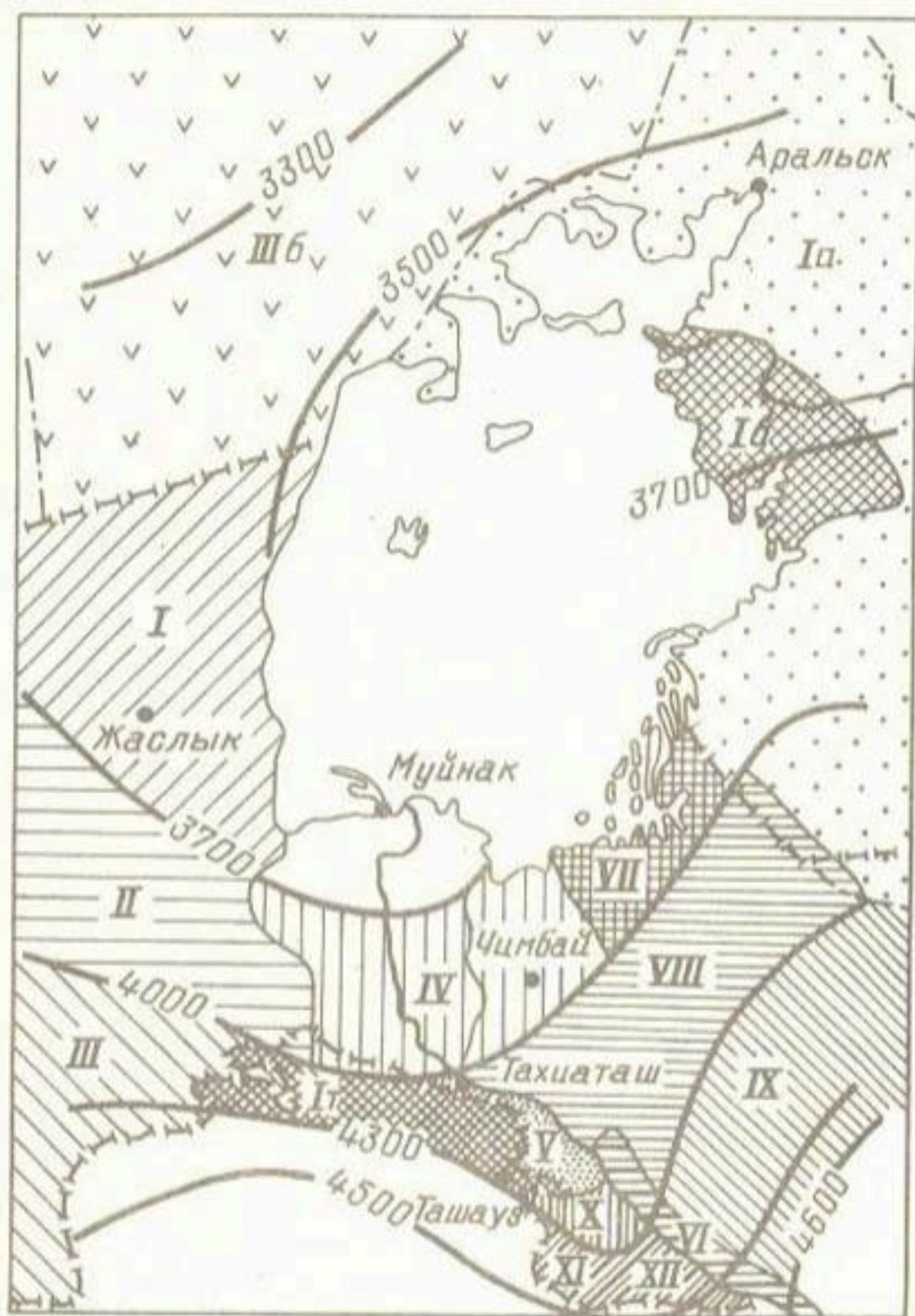


Рис. 29. Агроклиматические районы Приаралья.

Плато Устюрт для сельского хозяйства представляет интерес как пастбищная зона. В настоящее время встает вопрос о создании там экспериментального овцеводческого комплекса с круглогодичным содержанием скота на пастбищах. Северный район Устюрта (I) занимает

* Далее для краткости употребляется выражение "сумма температур выше 10°C ".

** ГТК – отношение суммы осадков за период с $T \geq 10^{\circ}\text{C}$ к сумме температур за этот период, уменьшенной в 10 раз.

Характеристика зимнего периода
в основных сельскохозяйственных районах Приаралья

Агроклима- тический район по рис. 29	Абсолютный ми- нимум темпера- тур на участ- ках		Средний из абсолют- ных минимумов тем- пературы на участ- ках		Число дней со снежным покро- вом	Запас воды в снеге, мм	Повторяемость (%) наибольших глубин промерзания почвы (см)				Наибольшая глубина промерза- ния, см
	ровн. пониж.	воз- выш.	ровн. пониж.	воз- выш.			0	I-10	II-20	20	

Кзыл-Ординская область (КазССР)

I 6	-42	-40	-32	-30	45-55	30-40	67	95
-----	-----	-----	-----	-----	-------	-------	----	----

Долина и дельта Амударьи (КК АССР)

IV	-32	-30	-26	-25	26-28	43	0	0	0	100	72
У	-33	-32	-26	-22	17-26	20	0	0	0	100	98
У1	-33	-30	-22	-20	13-17	34	0	0	0	100	43

северную часть плато до впадины Барсакельмес. Суммы температур выше 10°C составляют здесь от 3500 до 3700°C . Этот район отличается наиболее суровыми зимними условиями ($T_{\text{адс. мин}} = -28 + -30^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{мин}} = -36 + -38^{\circ}\text{C}$) и максимальным для Устюрта влагообеспечением (табл. 38, 39).

К центральному району (II) относится территория между впадиной Барсакельмес и линией, проходящей между Карабауром и Ассакеуданом. Суммы среднесуточных температур выше 10°C достигают 4000°C . Среднесуточные температуры ниже -10°C не опускаются, хотя средний минимум достаточно низок $-(-25 + -28^{\circ}\text{C})$.

Южнее Карабаура располагается южный район (III), где суммы температур выше 10°C достигают $4000-4500^{\circ}\text{C}$. 5% зим относятся к вегетационным.

По степени увлажненности (табл. 39) Устюрт относят к средней зоне ($\Gamma\text{КТ} < 0,4$). Засушливый сезон в среднем даже на севере начинается уже в апреле. Однако накопление продуктивной влаги, необходимой для развития и роста пастбищной растительности за счет осенне-зимне-весенних осадков, вполне достаточно. В среднем ко времени перехода средней суточной температуры через 10°C в верхнем слое почвы накапливается влаги 22-23 мм.

Таблица 39

Характеристика увлажнения
вегетационного периода

Район	Станция	Сумма осадков		Начало сухого периода	Сумма дефицита влажности	
		5-15 $^{\circ}\text{C}$	15-10 $^{\circ}\text{C}$		5-15 $^{\circ}\text{C}$	15-10 $^{\circ}\text{C}$
I	Жаслык	12	43	До поло- житель- ных I	245	2915
IV	Чимбай	15	28	15 IV	220	2440
У	Нукус	14	31	12 IV	230	3045
UI	Ургенч	16	19	II IV	195	3265
УП	Чабан- Казган	12	30	13 IV	225	3650

Одним из наиболее благоприятных был сезон 1958-1959 гг. Достаточно раннему переходу через 10°C (II апреля) соответствовали запасы влаги выше 10 мм. Они были высокими в течение 6 декад. Высота полны летом достигала 29 см. Примером неблагоприятного года является сезон 1954-1955 гг. Ко дню перехода через 10°C (20 апреля) запас влаги составлял всего 3 мм. Высота полны не превышала 6 см.

Среди неблагоприятных явлений погоды в первую очередь следует

отметить заморозки, которые в районе I после перехода через 10°C наблюдаются в 68% лет.

Для зимы характерно довольно частое сочетание неблагоприятных метеорологических характеристик, затрудняющих выпас скота. На севере Устюрта число невыпасных для овец дней в среднем достигает 30 (табл. 40). В наиболее неблагоприятные годы бывает до 50 невыпасных дней. В теплое полугодие для Устюрта характерны суховеи средней интенсивности, которые отмечаются в 72% лет. Наблюдаются и интенсивные суховеи (табл. 41).

Долина и дельта Амударьи являются основным земледельческим районом КК АССР. Северный район этой территории (IV) характеризуется суммами температур, превышающих 10°C , в пределах 3700–4000 $^{\circ}\text{C}$. Северная граница района проходит через южный берег оз. Судочье, южнее Тахтакупыра и Ходжейли. Границы центрального (V) района (с суммами температур 4000–4300 $^{\circ}\text{C}$) проходят через г.Нукус на севере и с.Шиббаз на юге. В южном районе (VI), протянувшимся по правому берегу Амударьи, включающем южную часть Бирунийского района и Турткульский район, а также в Хорезмской области, располагающейся на левобережье, суммы среднемесячных температур выше 10°C достигает 4400–4600 $^{\circ}\text{C}$.

Переход средних суточных температур через 10°C в долине и дельте Амударьи и Хорезмском оазисе наступает в конце марта – начале апреля весной и в конце октября осенью. Длительность этого периода от 185–193 дней на севере до 203–209 дней на юге. Суммы эффективных температур* варьируют от 1860 до 2560 $^{\circ}\text{C}$. Такие тепловые ресурсы оказываются вполне достаточными для выращивания хлопчатника, кукурузы, сорго, риса, бахчевых культур, винограда и шелковицы, озимой пшеницы, яровых ячменя и пшеницы и др. Однако в IV районе условия благоприятны лишь для скороспелых сортов. В VI районе теплообеспеченность высока и достаточна не только для вызревания всех культур, но и для повторных посевов (пять укосов люцерны, летние посевы кукурузы).

Влагообеспеченность вегетационного периода (табл. 39) очень низка ($\text{ГКТ} = 0,1$), т.е. рассматриваемая территория относится к очень сухой зоне, где земледелие развивается только при искусственном орошении.

К числу наиболее неблагоприятных явлений погоды относятся, как и на Устюрте, заморозки, которые наблюдаются после перехода среднесуточной температуры через 10°C . В северном районе их повторяемость

* Разность между средней суточной температурой и температурой, с которой начинается развитие той или иной культуры. Здесь используется предел 10°C , характерный для начала развития хлопчатника, винограда.

Среднее число дней
с неблагоприятными явлениями погоды
в зимний период

Агроклима- тический район по рис. 29	Станция	Тип явления	XI	XII	I	II	III	IV
I	Жаслык	Метель	0,5	0,2	1,0	2,0	0,6	0,0
		Гололед	0,3	2,3	3,8	3,2	0,8	0,0
		$T_{min} < 20^{\circ}\text{C}$:						
		при бесснежье	0,1	0,5	0,3	0,6	0,6	0,0
		со снегом	0,7	1,7	4,1	3,1	0,3	0,0
		Число невыпасных дней	1,2	3,5	10,0	9,9	5,3	0,0
IV	Чимбай	Метель	0,03	0,03	0,1	0,2	0,1	0,1
		Гололед	0,0	0,2	0,8	1,0	0,1	0,0
		$T_{min} < 20^{\circ}\text{C}$:						
		при бесснежье	0,07	1,9	2,7	1,7	0,0	0,0
		со снегом	0,0	0,2	1,6	1,5	0,07	0,0
		Число невыпасных дней	2,0	2,0	3,0	4,0	2,0	3,0
Ущ	Чабан- казган	Метель	0,1	0,1	0,4	0,4	0,2	0,0
		Гололед	0,1	1,1	1,7	1,7	0,1	0,0
		$T_{min} < 20^{\circ}\text{C}$:						
		при бесснежье	0,4	1,6	0,9	0,7	0,06	0,0
		со снегом	0,6	1,4	3,3	2,4	0,5	0,0
		Число невыпасных дней	2,0	2,0	3,0	4,0	2,0	3,0
I а	Саксауль- ская	Метель	0,5	0,9	3,0	3,0	2,0	0,1
		Гололед	0,2	0,7	1,0	0,8	0,7	0,0
		$T_{min} < 20^{\circ}\text{C}$:						
		при бесснежье	0,9	3,2	1,7	0,3	0,1	0,0
		со снегом	0,3	3,3	9,4	6,9	1,5	0,0
		Число невыпасных дней	1,0	5,0	7,0	10,0	3,0	0,0
I б	Каза- линск	Метель	0,3	0,9	2,0	2,0	1,0	0,1
		Гололед	0,5	3,0	4,0	2,0	1,0	0,1
		$T_{min} < 20^{\circ}\text{C}$:						
		при бесснежье	0,4	1,5	0,7	0,1	0,0	0,0
		со снегом	0,4	2,6	5,8	3,8	1,2	0,0
		Число невыпасных дней	2,0	2,0	3,0	4,0	2,0	3,3

Среднее число дней с неблагоприятными явлениями погоды
в период вегетации сельскохозяйственных культур
и пастбищной растительности

Агроклима- тический район по рис. 29	Станция	Тип явления	IУ	У	УI	УII	УIII	IX
I	Жаслык	Град	0,1	0,4	0,2	0,0	0,0	0,0
		Пыльные бури	0,1	0,4	0,3	0,3	0,8	0,3
		Сильный ветер	2,7	2,0	1,3	1,2	1,1	0,7
		Интенсивные суховеи	0,0	0,0	0,04	0,2	0,1	0,0
IV	Чимбай	Град	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
		Пыльные бури	2,4	1,8	2,8	2,4	1,8	1,0
		Сильный ветер	1,4	1,2	1,1	0,2	0,4	0,4
		Интенсивные суховеи	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
УIII	Чабан- казган	Град	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Пыльные бури	2,6	2,5	2,1	1,8	2,2	1,0
		Сильный ветер	0,9	2,1	1,2	1,7	1,4	0,8
		Интенсивные суховеи	0,0	0,07	0,0	0,1	0,3	0,0
I а	Сакса- ульская	Град	0,08	0,05	0,08	0,06	0,06	0,03
		Пыльные бури						
		Сильный ветер	0,6	0,4	0,6	0,5	0,5	0,3
		Интенсивные суховеи	0,0	2,0	6,1	8,5	5,8	1,4
I б	Казалинск	Град	0,1	0,1	0,03	0,07	0,01	0,05
		Пыльные бури	0,2	0,3	0,5	0,1	0,3	0,2
		Сильный ветер	3,4	2,3	1,4	1,2	0,7	1,1
		Интенсивные суховеи	0,2	2,2	6,0	6,9	5,4	1,7

больше 30%, в южном — порядка 20%. Центральный район очень подвержен (54%) неблагоприятному воздействию первых осенних заморозков, осложняющих сбор урожая.

Низкие зимние температуры могут служить причиной повреждения фруктовых деревьев, так, при $T = -30^{\circ}\text{C}$ возможно промерзание кроны яблони, а при $-23\text{--}25^{\circ}\text{C}$ кроны персика. Морозоустойчивые сорта зерновых и люцерны зиму переносят хорошо.

Кызылкум, как и Устюрт, представляет пастбищную зону. К северному (УП) району Кызылкума относят небольшой участок юго-западного побережья Аральского моря с суммами температур $3700\text{--}4000^{\circ}\text{C}$. За ним следует центральный (УШ) район, характеризующийся суммами температур $4000\text{--}4300^{\circ}\text{C}$, и далее южный (IX), где верхний предел сумм температур выше 10°C составляет 4800°C . Продолжительность периода с температурами выше 10°C колеблется от 186 до 208 дней. Запасы продуктивной влаги здесь даже ниже, чем на Устюрте. В неблагоприятном 1955 г. ко времени перехода средней суточной температуры через 10°C влагозапасы на станции Бузаубай составили всего 2 мм и высота полыни достигала лишь 3–5 см.

Заморозки после наступления $T_{\text{ср.сут.}} > 10^{\circ}\text{C}$ в южном районе случаются в 44% и иногда повреждают вегетирующие растения.

К югу от IV района располагается Нижнеамударьинский агроклиматический округ Туркмении (I_T), тепловые ресурсы которого ($4000\text{--}4300^{\circ}\text{C}$) благоприятны для возделывания хлопчатника, риса, бахчевых культур. За вегетационный период можно провести 6 укосов люцерны. Наиболее неблагоприятным метеорологическим явлением здесь, как и во многих районах, являются заморозки.

Северное, относящееся к Казахстану, Приаралье административно входит в основном в Кызыл-Ординскую область. Непосредственно прилегающая к морю территория включена в очень сухой жаркий агроклиматический район (I а). Сумма температур, превышающих 10°C , составляет $3400\text{--}4000^{\circ}\text{C}$. Период с такой среднесуточной температурой длится от 175 до 194 дней. $\Gamma\text{TK} = 0,1\text{--}0,3$.

Зимы очень суровые, минимальные температуры достигают $-45\text{--}47^{\circ}\text{C}$.

Достаточно часты поздние весенние и ранние осенние заморозки. Запасы влаги для возобновления вегетации достаточны. Наиболее неблагоприятным метеорологическим явлением являются засухи. Число дней с умеренной засухой в этом районе составляет 30–45 дней, а с сильной — 15–20 дней. Такие условия обеспечивают произрастание пастбищной растительности (эркек и песчаный овес).

Присырдарьинский район (I б) является основным земледельческим районом области. На приаральском участке суммы температур выше 10°C составляют $3600\text{--}3700^{\circ}\text{C}$, продолжительность периода с $T_{\text{ср.сут.}} > 10^{\circ}\text{C}$ составляет 175–200 дней. Зима здесь короткая, с частыми оттепелями.

Тепловые ресурсы и возможность искусственного орошения благоприятны для возделывания многих теплолюбивых культур – риса, винограда, дынь и др.

С северо-запада к побережью Аральского моря примыкает Актюбинская область, а именно, южная часть очень сухого жаркого района (Ш 6) с интервалом сумм температур 3300–3500⁰С. Это районы пастбищной растительности. Зимы достаточно суровы (до –36⁰С). Для этой области характерны поздние весенние и ранние осенние заморозки. Наиболее неблагоприятным метеорологическим явлением здесь считаются засухи. Даже очень интенсивные засухи случаются практически каждый год. Иногда атмосферная засуха сочетается с почвенной. На выпасаемый скот угнетающее влияние оказывают сильный ветер, пыльные бури, метели; в году насчитывается 40–50 невыпасных дней (табл. 40).

Приведенные характеристики агроклиматических ресурсов и условий базируются преимущественно на данных наблюдений, произведенных до 1970 г., когда уровень Аральского моря изменялся не столь ощутимо.

Для выяснения вопроса о том, не отразилось ли на агроклиматических ресурсах усыхание Аральского моря, был изучен хронологический ход основных характеристик теплообеспеченности – сумм положительных температур выше различных пределов, дат устойчивого перехода через 0, 5 и 10⁰С, дат первых и последних заморозков. Оказалось, что начиная с 1950–1959 гг., на всей территории Средней Азии наблюдалась тенденция к увеличению сумм температур, особенно ощутимая в 1979–1980 гг. Это можно проиллюстрировать табл. 42, в

Таблица 42

Сумма эффективных температур (°С)

Десятилетие	Муйнак	Чимбай	Нукус	Ургенч	Боз-Су	Бухара	Тамды
1940–1949	2120	1995	2190	2370	2289	2405	2580
1950–1959	2012	2016	2225	2330	2251	2356	2600
1960–1969	1990	2065	2254	2338	2235	2430	2685
1970–1979	2041	2176	2408	2495	2319	2560	2750

которой приведена одна из наиболее важных для практических целей сельского хозяйства характеристика – сумма эффективных температур выше 10⁰С для срока посева 11 апреля. Как видно, наибольшее увеличение сумм температур в среднем за десять лет произошло в Бухаре, наименьшее – в Ташкенте (ст. Боз-Су). На станциях в долине и дельте Амударьи это увеличение сравнимо с Бухарой и составило

160–180°C по сравнению с 1950–1959 гг. Межгодовые различия значительно больше.

Изменения сумм температур, вычисленных относительно других пределов, принципиально не отличаются от описанного. Характерно, что в Муйнаке, где следовало ожидать максимальных положительных изменений температуры, этого не произошло.

Чтобы как-то выделить изменения, происходящие в Приаралье за счет усыхания моря, из фоновых изменений были вычислены разности сумм температур между береговыми и оазисными станциями (табл. 43).

Таблица 43

Разности сумм эффективных температур (°C)
между ст. Тамды и станциями Приаралья

Десятилетие	Муйнак	Чимбай	Нукус	Ургенч
1940–1949	460	585	390	210
1950–1959	588	584	375	270
1960–1969	695	620	431	347
1970–1979	709	342	342	255

Казалось бы, что отступление береговой линии должно было привести к уменьшению этой разности. Однако различие между Муйнаком и Тамды с каждым десятилетием возрастало. Таким образом, локальные изменения тепловых ресурсов в Приаралье при современной площади сокращения Аральского моря обнаружить не удалось.

Представляет практический интерес генезис увеличения сумм температур. Оно могло произойти как за счет удлинения периода с температурами определенных градаций, так и увеличения самих температур. В последнее десятилетие на станции Чимбай средняя за десятилетие дата перехода среднесуточных температур через ноль весной (10 марта) оказалась наиболее поздней за весь (с 1931 г.) период наблюдений – на 11 дней позже самой ранней даты и на 7 дней позже средней даты (табл. 44). Устойчивый переход температуры воздуха через 5°C наступает в последнее десятилетие раньше средней даты на два дня и лишь на день позже самой ранней даты. Следовательно, последнее десятилетие характеризуется в Чимбае более поздним, хотя и более резким наступлением весны. Интересно обратить внимание и на тот факт, что последнее десятилетие отличается явным – в два раза – уменьшением диапазона дат перехода по сравнению с предыдущим периодом.

Осенний переход к отрицательным среднесуточным температурам

Средняя дата перехода
средних суточных температур через 0 и 5°C

Десятилетие	Весна		Осень	
	0°C	5°C	0°C	5°C
Чимбай				
I930-I939	3 III	17 III	17 XI	7 XI
I940-I949	I III	22 III	25 XI	5 XI
I950-I959	23 III	22 III	21 XI	3 XI
I960-I969	28 III	20 III	2 XII	7 XI
I970-I979	10 III	18 III	2 XII	6 XI
I930-I979	3 III	20 III	25 XI	5 XI
Каракалпакия				
I940-I949	5 III	2 IV	16 XI	25 X
I950-I959	11 III	6 IV	9 XI	27 X
I960-I969	11 III	29 III	19 XI	27 X
I970-I979	14 III	21 III	27 XI	27 X
I930-I979	11 III	29 III	17 XI	27 X

уверенно сместился к более поздним датам в последние 20 лет — с 21 ноября на 2-3 декабря, т.е. на 12-13 дней продляется осень, чем с избытком компенсируется (в количественном смысле) весеннее запаздывание. Время перехода через 5°C осенью осталось прежним, т.е. переход от теплого полугодия к холодному стал более растянутым, чем раньше, и еще более, чем при переходе от холодного полугодия к теплему. Относительно диапазона дат перехода заметим, что в отличие от весны он не только не уменьшился, но даже имел тенденцию к расширению, т.е. увеличилась изменчивость. В Каракалпакии различия аналогичны, но их величина и в последнее десятилетие и ранее несколько меньше.

В южных районах Узбекистана также произошел сдвиг даты перехода среднесуточных температур через ноль в сторону более поздних дат весной. Показать это более сложно в связи с тем, что зимы на юге часто бывают "вегетационными". Так, в Бухаре за 1950-1969 гг. 8 раз не было периода с устойчивыми отрицательными температурами. В последнее же десятилетие (1970-1979 гг.) в Бухаре была лишь одна "вегетационная" зима. Самый ранний переход через ноль в это десятилетие произошел 22 января, в то время как в предшествующий период самая ранняя дата — 11 января. Осенью тоже можно заметить некоторую тенденцию к сдвигу перехода температур через ноль к более поздним датам.

Если рассматривать переход через 5°C , то сдвиг этого перехода весной и осенью к более поздним датам проявляется еще более четко для большей части территории Средней Азии, включая и Приаралье (весной с 20 февраля на 5 марта, а осенью с 17 ноября на 2 декабря). Следовательно, увеличение сумм температур произошло в основном за счет фонового и локального (в Приаралье) повышения дневных температур.

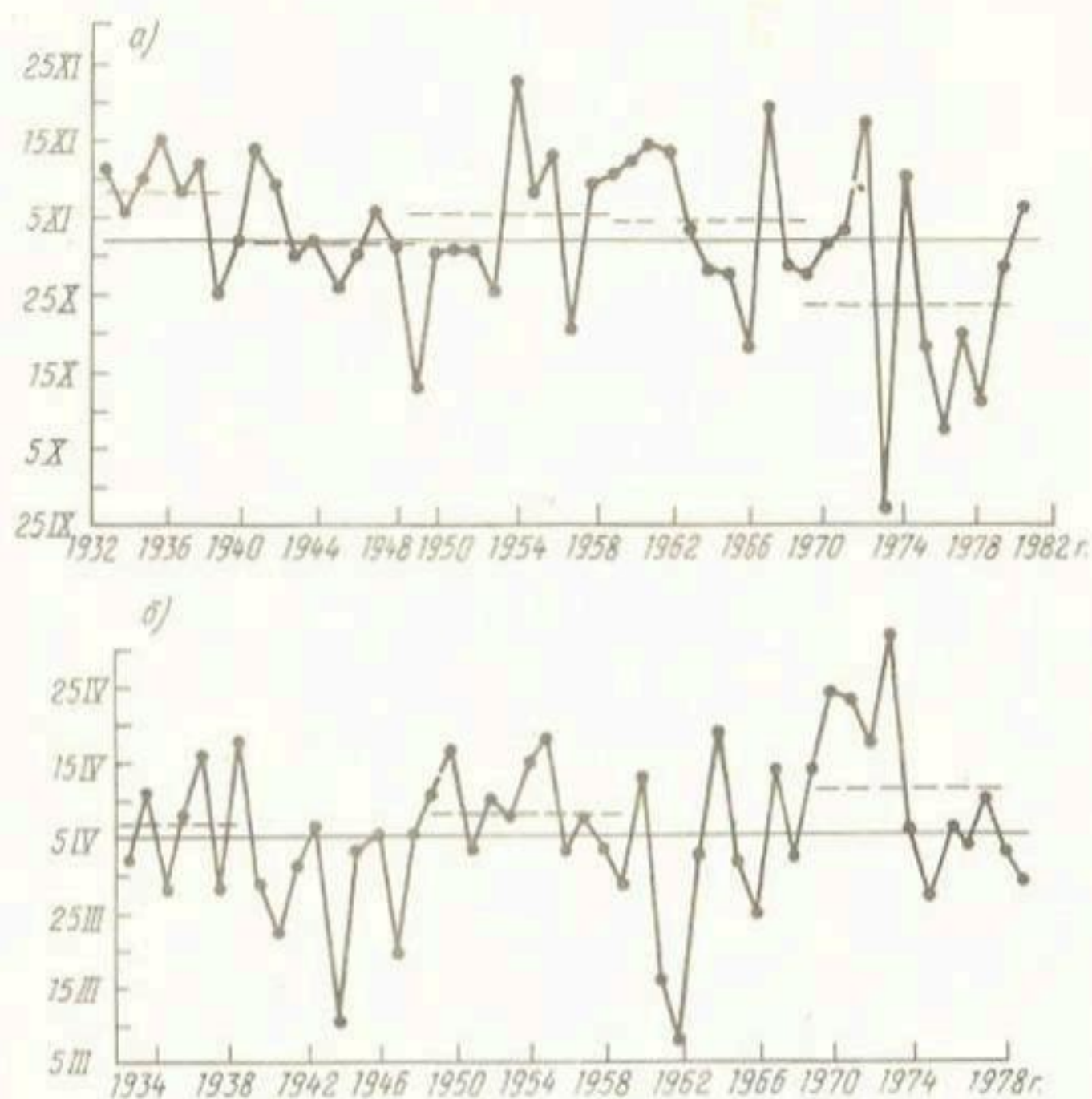


Рис. 30. Даты первых осенних (а) и последних весенних (б) заморозков в Муйнаке (пунктир – среднее за 10-летие)

Постараемся выяснить, нет ли влияния изменений уровня Аральского моря на даты наступления заморозков (табл. 45). Если обратиться к данным ст. Муйнак (рис. 30), еще в недавнем прошлом прибрежной, то увидим, что в последнее десятилетие средняя и крайняя даты последнего (весеннего) заморозка сместились в сторону более поздних сроков – на 10 и 12 дней соответственно по сравнению с предыдущим десятилетием (и еще более – со средними и крайними датами более ранних десятилетий). Дата первого (осеннего) заморозка, наоборот, сместилась к более ранним срокам примерно на столько же дней. На других – неприбрежных – станциях как в Приаралье, так и на отдаленных от моря (Тамды, Бухара) изменения меньше. Следова-

Средние (числитель) и крайние (знаменатель) даты заморозков

Период осреднения	Муёнак	Чимбай	Нукус	Ургенч	Чурук	Таман	Бухара
Последний заморозок							
1930-1939	-	11 IV/18 IV	-	6 IV/17 V	-	6 IV/23 IV	25 III/18 IV
1940-1949	29 III/10 IV	9 IV/28 IV	6 IV/23 IV	29 III/10 III	23 IV/17 V	23 III/4 IV	25 III/6 IV
1950-1959	8 IV/17 IV	11 IV/22 IV	10 IV/22 IV	5 IV/17 IV	22 IV/7 V	5 IV/17 IV	31 III/17 IV
1960-1969	1 IV/18 IV	14 IV/25 IV	10 IV/26 IV	3 IV/25 IV	27 IV/26 V	22 III/4 IV	25 III/11 IV
1970-1979	11 IV/30 IV	8 IV/22 IV	2 IV/23 IV	20 III/15 IV	12 IV/11 V	20 III/11 IV	19 III/10 IV
1930-1979	5 IV	12 IV	7 IV	31 III	22 IV	26 III	25 III
Первый заморозок							
1930-1939	-	17 X/28 IX	-	20 IX/9 X	-	20 X/9 X	21 X/9 X
1940-1949	1 XII/13 X	12 X/5 X	11 X/30 IX	17 X/12 X	23 IX/7 IX	17 X/25 IX	25 X/16 IX
1950-1959	5 XI/20 X	8 X/26 IX	8 X/26 IX	20 X/10 X	28 IX/14 IX	17 X/28 IX	15 X/28 IX
1960-1969	4 XI/17 X	12 X/27 IX	16 X/3 X	23 X/8 X	25 IX/12 IX	30 X/8 X	24 X/6 X
1970-1979	23 X/27 IX	14 X/27 IX	16 X/27 IX	26 X/27 IX	3 X/19 IX	24 X/27 IX	25 X/27 IX
1930-1979	1 XI	13 X	12 X	27 IX	22 X	20 X	23 IX

но, мы вправе предполагать, что в Муйнаке весной и осенью исчезло смягчающее влияние моря.

Таким образом, сокращение площади Аральского моря не привело к сколько-нибудь ощутимым изменениям тепловых ресурсов в основных агроклиматических районах Приаралья. Обнаруженное в последние годы увеличение сумм положительных температур имеет в основном естественно-климатические причины. Смещение же дат первых и последних заморозков не затронуло сельскохозяйственные районы.

3.6. Ветер

На Среднюю Азию, особенно ее северные равнинные районы, в течение большей части года распространяется периферия сибирского антициклона. Зимой локальный центр высокого давления располагается к северо-востоку от Средней Азии, летом — на северо-запад. В соответствии с этим изобары летом ориентированы с северо-востока на юго-запад, а зимой — с северо-запада на юго-восток. Поэтому на равнинах имеют большую повторяемость ветры с северной составляющей: летом — северные, северо-западные; зимой — северные, северо-восточные.

Режим ветра в Приаралье всецело вписывается в эту характеристику. Повторяемость северо-восточных ветров в среднем за год составляет от 21% в Казалинске до 37% в Ургенче. Непосредственно на побережье — около 30%. Восточные ветры отмечаются несколько реже. Средняя годовая скорость на островных станциях равна 6–7 м/с, и на прибрежных станциях — 3–4 м/с как для преобладающих, так и прочих направлений (рис. 31).

Годовой ход ветра проявляется четко не на всех станциях. Более ощутим он в Аральском море, Узун-Каире, о. Возрождения и Актумсуке. В июле (Узун-Каир, Аральское море) или октябре (Актумсук, о. Возрождения, Барсакельмес) ветры с западной составляющей преобладают над восточными и северными. Скорость ветра на береговых станциях выше летом, а над морскими — зимой.

Суточный ход ветра наиболее ощутим летом на прибрежных станциях и определяется бризовой циркуляцией. На северном побережье (ст. Аральское море) дневной бриз имеет юго-западное направление, ночной — северо-западное. В Актумсуке и Муйнаке суточная смена направления менее резкая — днем ветер дует с северо-востока, ночью — с запада.

Довольно часто в районе Аральского моря возникают сильные ветры (табл. 46, 47). Особенно большой повторяемостью отличается Актумсук, где в среднем за год наблюдается больше 50 дней с сильным ветром. Скорость в этом пункте достигала 30 м/с. На о. Барсакельмес также велика повторяемость сильных ветров (44 дня в год). На

Максимальная скорость ветра (м/с) и его направление

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Актумсук	30 З	25 З	25 ЗСЗ	20 разные	20 разные	20 СЗ	20 разные	20 ЗЮЗ	20 разные	25 ЗЮЗ, З	24 СЗ	20 В, СЗ
Тигровый	20 ЮЗ	20 разные	24 В	20 З	20 В,З, СВ	25 С, ССВ	21С	21 ЗСЗ	20 З,СЗ ССЗ	21 В	22 З	20 разные
Муйнак	20 ЮЗ	25 ЗСЗ	24 З	20 разные	21 ВСВ	22 З, ЗЮЗ	18 ЮЗ	20 ЗСЗ, СЗ	20 СЗ	20 СЗ	22 СЗ, ЗСЗ	20 ВСВ
о. Возрожд- дения	20 ВСВ, ЮЗ	24 ССЗ	24 ЮЗ, З	18 ВСВ	18 З	18 ВСВ	20 С	20 СВ, СЗ	25 ССВ, ВСВ	28 ЮВ	24 ВСВ	24 З
Барса- кельмес	20 З	20 СВ	20 разные	20 СВ	20 ЮВ	20 СЗ	20 З	20 СВ,З, Ю, В	20 СЗ	20 разные	20 ВЮВ, ЮВ	20 ВСВ
Уялы	20 ЮЮЗ, З, ЮЗ	20 ЗСЗ	21 ЮЗ	20 разные	20 З, СВ	25 СЗ	27 З	20 разные	20 ССЗ, З	20 разные	20 разные	20 разные
Узун- Каир	24 ВСВ, З	20 ЗЮЗ, ВСВ	25 СЗ	20 разные	20 СВ	20 ЗЮЗ	23 ЮЗ	17 ВСВ, С	20 ЗСЗ, З	20 разные	23 СЗ	20 З, ВЮВ
Аральское море	20 ЮЗ, ЮЮЗ	25 СЗ	20 разные	26 ЗЮЗ	25 ЮЗ	24 ССЗ	20 СЗ	20 СЗ	20 З	24 СВ	20 З, СВ, ВСВ	20 З, ЮЗ

Число дней с сильным ветром

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Актумсук	6	6	5	4	2	2	3	2	3	6	7	8	54
Тигровый	0,4	2	2	2	1	1	2	2	3	4	4	2	25
Муйнак	0,1	1	2	0,7	1	1	0,4	0,3	0,6	1	0,9	1	10
О. Возрождения	0,6	0,8	2	0,4	0,8	0,4	0,4	0,6	0,6	2	1	1	11
Барса-кельмес	4	5	4	2	2	1	2	3	4	6	6	5	44
Уялы	2	2	2	2	1	1	2	1	2	3	3	2	23
Узун-Капр	0,8	1	2	0,5	0,4	0,3	0,6	0,2	0,4	1	1	0,6	9
Аральское море	0,7	1	2	2	2	1	1	1	0,5	0,8	0,6	1	14
Саксаульская	0,3	0,1	0,7	0,5	0,2	0,4	0,4	0,5	0,3	0,2	0,3	0,3	4
Казалинск	1,0	2	2	3	1	0,9	0,9	0,4	0,5	1	0,7	1	14
Кунград	0,9	1,1	1,5	1,9	1,5	2,0	0,8	0,9	0,4	1,0	0,9	0,3	13

прилегающей к Аральскому морю территории (Устюрт, долина р.Амударьи) сильные ветры наблюдаются реже.

Под влиянием отступления Аральского моря могла измениться доля бриза в ветровом режиме. Однако выявить это изменение не представляется возможным. Одна из причин – нарушение однородности ряда

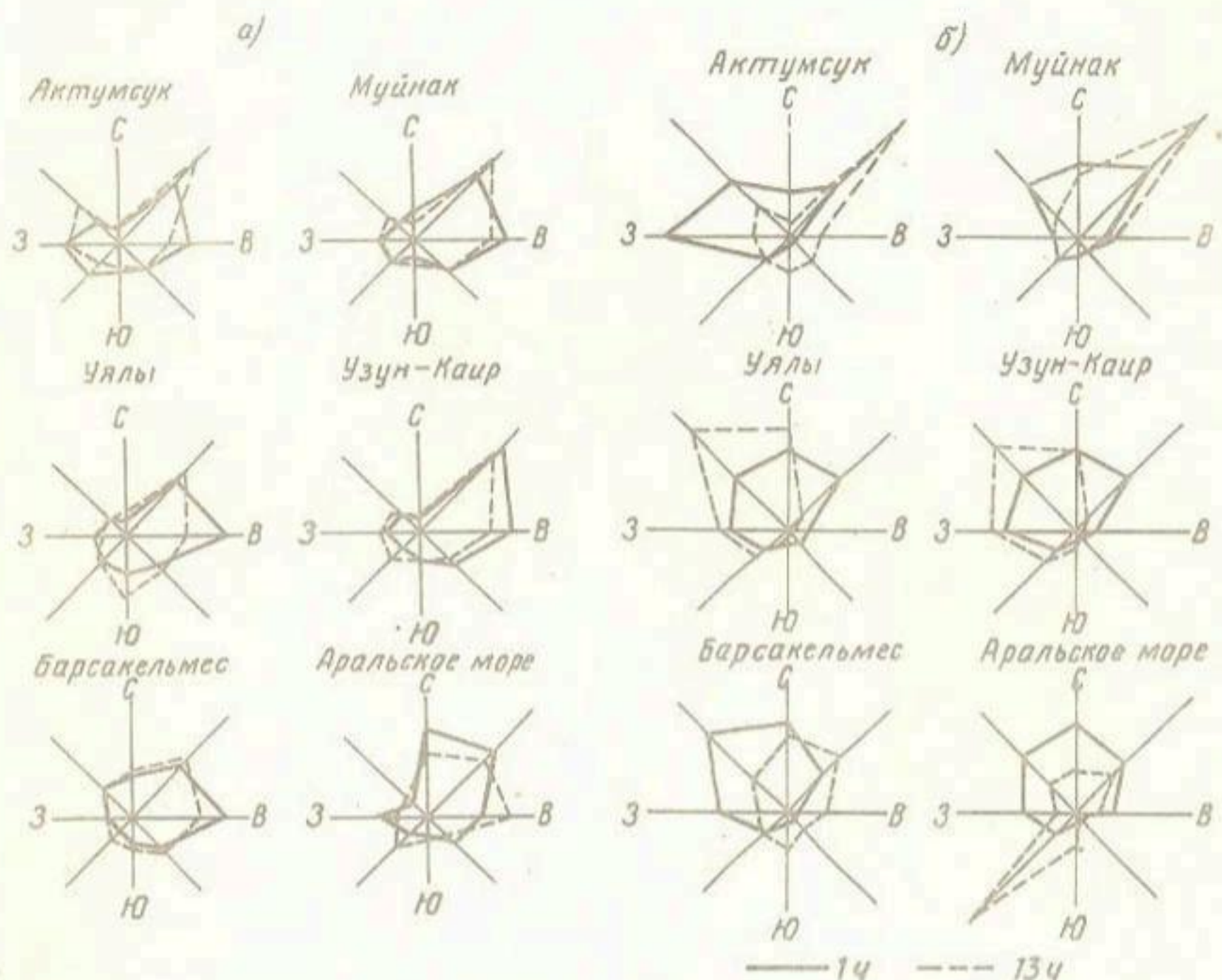


Рис. 31. Розы ветра в Приаралье зимой (а) и летом (б)

из-за введения 8-срочных наблюдений и смены приборов. Более серьезной трудностью является учет фактора климатической изменчивости. Последнее десятилетие характеризовалось меридиональным переносом. Следовательно, должна была увеличиться повторяемость ветра северной четверти. Это означает, что если доля ветра с моря и уменьшилась в общем режиме, то это уменьшение может быть замаскировано общеклиматической изменчивостью.

При оценке числа дней с сильным ветром было допущено также нарушение прежней методики. Поэтому к отмеченному в последние годы снижению повторяемости сильных ветров во многих районах, в том числе и Приаралье, надо относиться осторожно.

3.7. Атмосферные явления

Пыльные бури и пыльный поземок

Резкое падение уровня Аральского моря, которое наблюдается с 1960 г., привело к освобождению от воды больших площадей порядка нескольких десятков тысяч квадратных километров. Поведение освобожденных от воды почв может быть различным. Если почвы не будут представлять монолитную массу, а окажутся достаточно легкими, подверженными выдуванию, то на станциях, расположенных в непосредственной близости к Аральскому морю, должно произойти увеличение числа дней с пыльными бурями и пыльными поземками. По этой причине было необходимо рассмотреть следующие вопросы: 1) какова повторяемость пыльных бурь и пыльного поземка на станциях Приаралья; 2) как велика территория, одновременно охваченная этими явлениями; 3) какова длительность существования пыльных бурь одновременно на большой территории; 4) каково преобладающее направление и скорость ветра у земли во время пыльных бурь и пыльного поземка.

При изучении повторяемости числа дней с пыльными бурями (ПБ) и пыльными поземками (ПП) были использованы метеорологические ежемесячники за 1966–1980 гг. для следующей сети станций: Аральское море, Жаслык, Каракалпакия, Тигровый, Муйнак, Техникаул, Уялы, Чимбай, Тахиаташ, Хива, Ургенч, Чабанказган, Акбайтал, Джангельды, Аякагитма, Бухара, Чарджоу. Анализ полученных результатов позволяет отметить следующее: общее число дней с ПБ и ПП на всех рассматриваемых станциях составляет 6347, наибольшая их повторяемость наблюдается в мае–июле, наименьшая – в феврале, марте и октябре (табл. 48). От 1966–1970 гг. к 1971–1975 и 1976–1980 гг. суммарное число дней названных явлений меняется соответственно от 1541 до 2429 и 2377. Следовательно, число дней с ПБ и ПП в последние два десятилетия увеличилось более чем на 50%.

Наибольшее суммарное число дней с ПБ и ПП отмечается на станциях Аральское море, Муйнак, Чабанказган, Акбайтал, Тигровый, наименьшее – на станциях Бухара, Хива, Техникаул (табл. 49). Здесь необходимо обратить внимание на тенденцию в изменении этого числа от года к году на всех станциях. Практически оно мало менялось на станциях Аральское море, Муйнак, Техникаул, Чимбай, Чабанказган, Ургенч, Хива, Бухара, т.е. в основном в пунктах, расположенных в оазисе. Это число существенно увеличилось с 1970–1972 гг. на станциях Уялы, Жаслык, Каракалпакия, Тигровый, Акбайтал, Аякагитма. На ст. Уялы очевидное увеличение суммарного числа дней с ПБ и ПП может быть объяснено наблюдающимся усыханием Аральского моря. Однако имеются другие станции, достаточно далеко расположенные от акватории Аральского моря, с такой же тенденцией – это Акбайтал и Аякагитма.

Повторяемость (число дней) с ПБ и Ш

Месяц	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	Σ
Февраль	26	5	21	29	9	44	11	15	8	19	6	17	24	12	2	248
Март	51	17	16	11	30	36	35	20	33	37	62	63	14	36	39	500
Апрель	36	17	63	28	41	50	71	65	63	62	54	79	90	74	41	834
Май	46	48	27	34	61	85	68	51	81	105	79	84	40	111	70	990
Июнь	45	35	48	49	50	70	73	50	85	86	79	70	59	56	66	921
Июль	35	28	49	43	45	122	77	49	57	61	92	68	71	55	62	914
Август	35	48	41	35	51	51	48	42	40	84	104	70	60	70	42	821
Сентябрь	50	30	35	11	27	61	45	39	28	49	59	46	62	37	27	606
Октябрь	30	10	27	29	39	50	62	51	33	57	30	30	28	24	13	513
Σ	354	238	327	269	353	569	490	382	428	560	565	527	448	475	362	6347

Таблица 49

Число дней с ПБ и Ш на станциях Приаралья
(максимальные и минимальные значения выделены)

Станция	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	Σ	Сред- нее
Аральское море	77	58	64	63	59	52	71	44	49	58	67	70	68	74	51	925	62
Каракалпакия	2	2	1	18	2	14	5	11	25	36	33	56	74	103	50	432	29
Жаслык	4	0	0	3	0	5	12	7	35	13	26	9	15	5	15	149	10
Тигровый	0	1	7	0	67	105	63	86	54	37	31	12	9	21	35	528	35
Муйнак	48	26	52	46	40	63	78	69	61	90	85	72	63	55	53	901	60
Техникаул	8	4	12	2	4	15	6	3	9	14	10	6	0	4	3	100	7
Уялы	5	2	4	4	32	39	71	41	18	68	30	31	6	13	12	376	25
Чимбай	18	8	7	5	9	28	15	4	9	24	19	10	14	18	19	207	14
Тахиаташ	26	19	14	26	26	69	40	6	25	26	19	26	8	3	0	333	22
Хива	26	6	5	9	3	2	4	1	4	2	16	11	7	8	0	104	7
Ургенч	7	2	4	11	6	6	10	7	14	7	11	12	22	10	4	183	9
Чабанказган	47	21	30	17	14	57	52	35	35	42	57	41	56	57	35	596	40
Акбайтал	25	13	22	21	21	32	16	12	30	63	69	80	52	66	52	574	38
Джангельды	17	29	65	18	34	32	32	19	18	20	21	26	9	6	5	351	23
Анкагитма	9	9	8	7	9	17	2	23	24	42	58	47	26	18	24	323	22
Бухара	11	9	11	7	10	14	4	5	8	11	4	11	11	8	2	126	8
Чарджоу	24	29	21	12	17	19	9	9	10	7	9	7	8	6	2	189	13

На станциях Джангельды, Тахиаташ с 1978 г. и Чарджоу с 1972 г. произошло значительное уменьшение числа дней с ПБ и Ш. О тенденции в изменении суммарного числа дней с ПБ и Ш можно судить по табл. 50.

Таблица 50

Суммарное число дней с ПБ и Ш

Станция	1941-1949 гг.	1950-1959 гг.	1960-1969 гг.	1970-1979 гг.
Каракалпакия	42	6	32	359
Жаслык	—	15	35	127
Муйнак	380	571	184	676
Чимбай	95	118	136	150
Тахиаташ	—	998	344	248
Чабанказган	—	181	311	445
Хива	—	119	107	58
Ургенч	—	42	58	105
Акбайтал	—	110	127	441
Джангельды	—	137	246	217
Аякагитма	—	124	115	266
Бухара	—	115	166	86

Сопоставляя названные характеристики за соответствующие периоды лет, можно сделать вывод о том, что в последнем десятилетии (1970-1979 гг.) наблюдается значительное увеличение числа дней с ПБ и Ш на станциях Жаслык, Каракалпакия, Чимбай, Чабанказган, Ургенч, Акбайтал, Джангельды, Аякагитма. Причем на ст. Каракалпакия это число в 1970-1979 гг. увеличилось почти в 60 раз по сравнению с 1950-1959 гг., что, по-видимому, связано с интенсивным усыханием Аральского моря и обнажением больших площадей его дна. По-иному распределяется в рассматриваемые периоды лет суммарное число дней с ПБ и Ш на станциях Тахиаташ, Хива, Бухара, где наблюдается обратная картина — уменьшение числа дней с ПБ и Ш. Это можно объяснить поливом значительных площадей, используемых под посевы.

Определение зон распространения ПБ и Ш над территорией, прилегающей к Аральскому морю, осуществлялось по данным таблиц ТМ-I с февраля по октябрь за 1966-1970 гг. и 1980 г. для ограниченной сети станций (рис. 32). Обработка материала проводилась следующим образом. За рассматриваемый ряд лет выписывались дни, когда хотя бы на одной из станций наблюдались ПБ и Ш. Эти явления одновременно (т.е. в один и тот же день) могли возникнуть либо на всех, либо на какой-то части станций. Назовем ПБ, возникающие на станциях одновременно, станциями-днями.

Из полученных данных (табл. 51) следует, что на долю локальных ПБ (т.е. случаев, когда ПБ и ПШ отмечались только на одной или одновременно на двух станциях) приходится 52% общего числа станций-дней; в 48% ПБ и ПШ отмечались одновременно на трех и большем количестве станций, что можно объяснить достаточно интенсивными синоптическими процессами, развивающимися над рассматриваемой территорией. Кроме того, можно отметить, что общее число станций-дней от года к году отличается незначительно, исключение составляет 1967 г., когда оно было наименьшим.

Таблица 51

Распределение ПБ и ПШ по станциям-дням (числитель)
и количеству дней (знаменатель)

Год	Общее число станций-дней	Число станций		
		I	2	≥ 3
1966	268	61/61	62/31	145/33
1967	150	55/55	30/15	65/19
1968	198	51/51	56/28	91/24
1969	202	64/64	46/23	92/24
1970	257	73/73	54/27	130/29
1980	210	51/51	62/31	97/27
Всего	1284	355/355	310/155	620/156

Таблица 52

Число случаев (n), среднее ($\bar{N}$) и максимальное ($N_{\max}$)
число станций, отмечающих ПБ и ПШ

Год	Продолжительность ПБ и ПШ, дни														
	I			2			3			4			5-6		
	n	$\bar{N}$	$N_{\max}$	n	$\bar{N}$	$N_{\max}$	n	$\bar{N}$	$N_{\max}$	n	$\bar{N}$	$N_{\max}$	n	$\bar{N}$	$N_{\max}$
1966	17	3	6	3	5	6	-	-	-	1	8	8	1	6	6
1967	11	3	4	2	3	3	-	-	-	1	6	6	-	-	-
1968	10	3	4	4	4	6	2	4	6	-	-	-	-	-	-
1969	12	4	6	6	4	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1970	9	4	7	10	4	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1980	15	3	4	2	4	5	-	-	-	2	4	5	-	-	-

Данные табл. 52 характеризуют продолжительность ПБ и ПШ в тех случаях, когда эти явления отмечались одновременно на трех и

большем числе станций. Можно сделать вывод, что чем больше продолжительность ПБ и ПП, тем большее число станций охвачено этим явлением. Так, при продолжительности, равной одному дню, среднее число станций, на которых отмечаются ПБ и ПП, оказалось равным трем; при двух днях это число увеличивается, при 4-5 (хотя это явление редкое) достигает пяти-семи станций. Следовательно, длительные пыльные бури устойчивы и охватывают достаточно большую территорию.

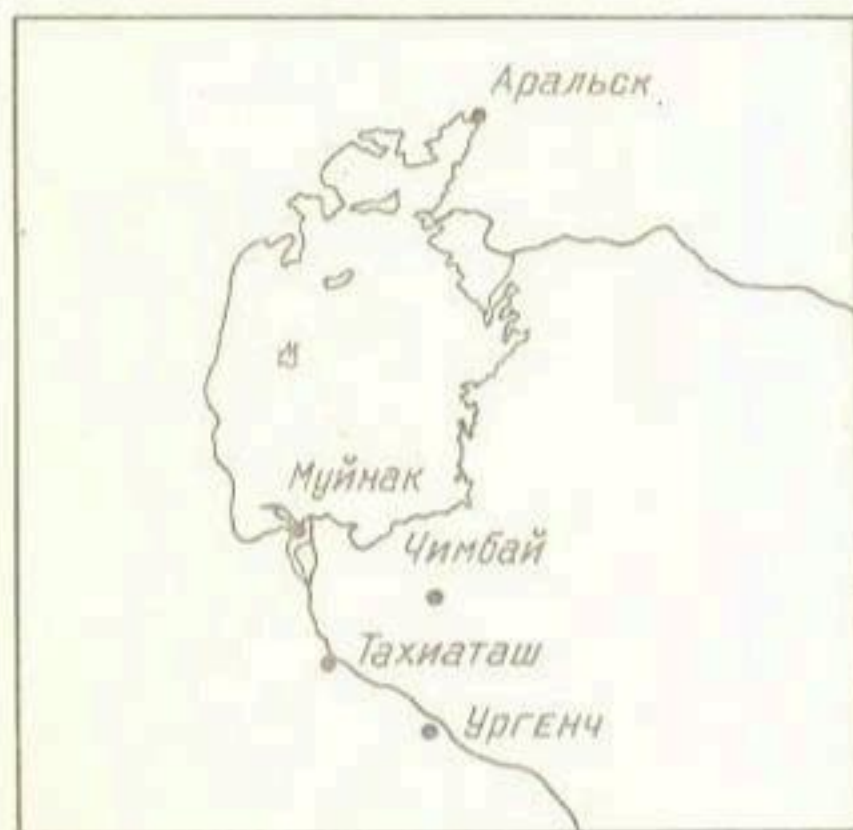


Рис. 32. Территория, над которой определились зоны распространения ПБ и ПП

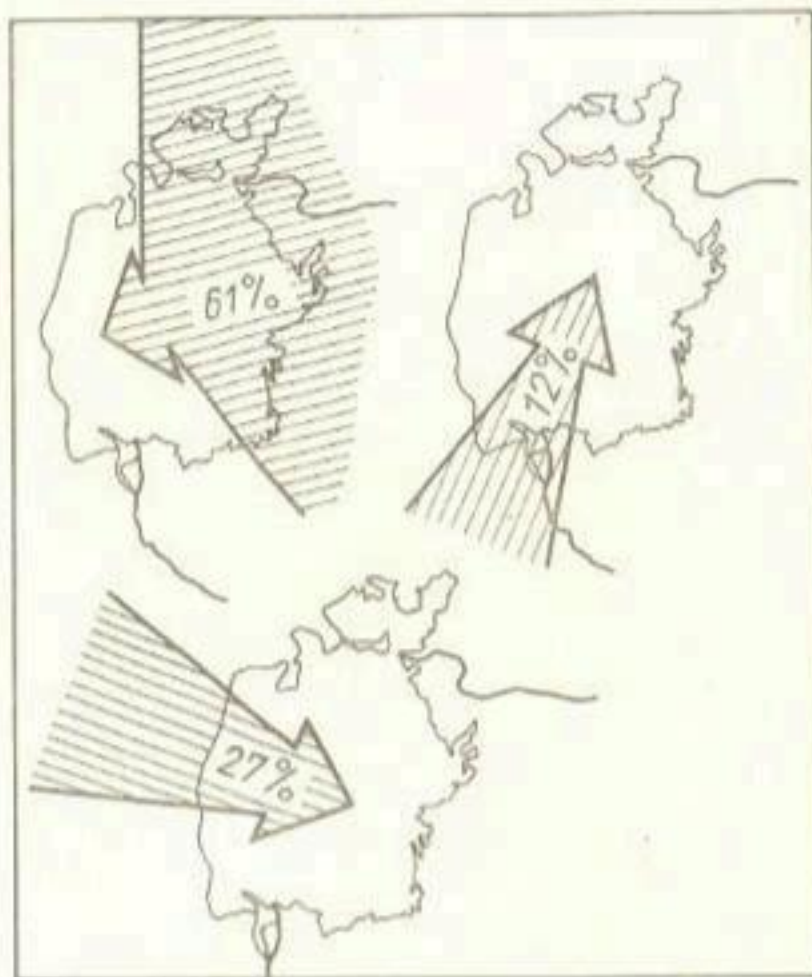


Рис. 33. Повторяемость (%) различных направлений ветра на станциях во время ПБ и ПП

При проведении данного исследования важным является вопрос об основном направлении и скорости ветра у земли в период ПБ и ПП. Для этого была рассчитана повторяемость различных направлений ветра у земли, отмеченных на станциях в 1966-1970 гг. и 1980 г. по трем основным направлениям воздушного потока (рис. 33). Ветры северного, северо-восточного, восточного и юго-восточного направлений преобладают над всеми остальными направлениями, они составляют 61% общего числа случаев. Ветры южного и юго-западного составляют 12% и, наконец, ветры западного и северо-западного направлений - 27%. Наибольшая повторяемость приходится на скорость ветра у земли 10-14 м/с, наименьшая - на градацию ≥ 15 м/с (табл. 53), причем повторяемость градации ≥ 15 м/с при ветрах северо-западного и западного направлений, т.е. ветрах, благоприятствующих переносу пыли на территорию Узбекистана, почти в два раза меньше повторяемости ветров при двух других направлениях воздушного потока.

Повторяемость (%) различных градаций
скоростей ветра у земли

Основное направление	Градация скорости ветра, м/с		
	5-9	10-14	≥ 15
Северное, северо-восточное, восточное, юго-восточное	20	36	5
Южное, юго-западное	3	5	2
Северо-западное, западное	9	16	4

Туманы

На большей части территории Средней Азии преобладают адвективные туманы, причиной которых является медленное натекание холодного воздуха на теплую увлажненную поверхность. На равнинной территории Средней Азии число дней с туманами распределено довольно

Таблица 54

Годовой ход среднего многолетнего числа дней с туманами

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Каракалпакия	5	4	3	0	0	0	0	0	0	2	4	6	24
Каслык	8	4	3	I	0	0	0	0	0	2	4	8	30
Муйнак	6	3	2	I	0	0	0	0	I	2	3	5	23
Техникаул	4	3	2	2	I	I	I	I	3	4	4	5	31
Чимбай	4	3	2	I	0	0	0	0	0	I	2	5	18
Тахиаташ	4	2	I	I	0	0	0	0	0	I	2	6	17
Джангельды	3	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6
Бухара	4	2	I	0	0	0	0	0	0	0	2	6	15
Ургенч	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	13
Хива	3	I	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	10
Аякагитма	5	2	7	0	0	0	0	0	0	0	2	6	22
Акбайтал	6	4	2	0	0	0	0	0	0	0	3	7	22
Чабанказган	5	3	2	0	0	0	0	0	0	2	2	5	19
Тигровый	4	3	5	2	0	0	0	0	0	0	2	3	19
Саксаульская	4	4	3	0	0	0	0	0	0	0	3	5	19
Аральское море	6	4	4	I	0	0	0	0	0	I	3	6	25
Барсакельмес	4	6	5	3	I	0	0	0	0	I	2	4	26
Уялы	4	3	3	I	0	0	0	0	0	0	I	3	15
Казалинск	6	4	3	I	0	0	0	0	0	2	3	6	25

равномерно, некоторое увеличение имеется в прибрежной полосе Аральского моря (табл. 54). Замечено, что основное время года, в течение которого наблюдаются туманы, — это зимние месяцы, в весенний период — март, на некоторых станциях — апрель, в осенний период — октябрь–ноябрь. Наиболее часто туманы наблюдаются на станциях Каракалпакия, Жаслык, Муйнак, Техникаул, Акбайтал, Аральское море, значительно реже на станциях Джангельды, Хива, Ургенч.

Об изменениях, происшедших в различные десятилетия в повторяемости среднего числа дней в году с туманами на станциях Приаралья, можно судить по табл. 55. Среднее число дней в году с туманами

Таблица 55

Среднее число дней с туманами

Станция	1951–1959 гг.	1960–1969 гг.	1970–1979 гг.	Станция	1951–1959 гг.	1960–1969 гг.	1970–1979 гг.
Каракалпакия	28	22	20	Аякагитма	15	13	13
Жаслык	30	32	23	Акбайтал	36	22	24
Муйнак	22	26	22	Чабанказган	28	19	15
Техникаул	–	43	31	Тигровый	22	22	18
Чимбай	17	24	15	Саксаульская	18	25	18
Тахиаташ	20	18	12	Аральское море	23	26	27
Джангельды	6	5	7	Барсакельмес	19	21	27
Бухара	16	14	19	Уялы	16	16	16
Ургенч	12	13	16	Казалинск	26	24	24
Хива	9	8	12				

нами увеличилось в последнем десятилетии по сравнению с 1951–1959 гг. на станциях Барсакельмес, Аякагитма, незначительно увеличилось на станциях Аральское море, Бухара и Ургенч. На ряде станций наблюдается обратная картина — уменьшение среднего числа дней в году с туманами (Тахиаташ, Чимбай, Техникаул, Жаслык, Каракалпакия, Чабанказган, Акбайтал, Тигровый). На станциях Уялы, Муйнак, Казалинск, Хива, Джангельды, Саксаульская каких-либо существенных изменений в среднегодовом значении числа дней с туманами не произошло.

ГЛАВА 4. ОЦЕНКА ВКЛАДА АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ В ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА НА ОТДЕЛЬНЫХ СТАНЦИЯХ ПРИАРАЛЬЯ

Изучение климата тесным образом связано с задачей обнаружения его изменений, обусловленных хозяйственной деятельностью человека. Этот вопрос достаточно сложен, так как выполненные расчеты показали, что доля антропогенного изменения средней глобальной температуры оказалась того же порядка, что и изменение этой температуры под влиянием колебаний прозрачности атмосферы и некоторых других естественных факторов [8, 9]. В [9] авторы сделали вывод о том, что современное изменение климата зависит от роста концентрации углекислого газа и вариаций прозрачности атмосферы. Аналогичные выводы были получены в работах других исследователей.

Так как под влиянием хозяйственной деятельности человека концентрация углекислого газа в атмосфере непрерывно растет, то можно высказать предположение, что глобальный климат в современную эпоху будет меняться. В свою очередь глобальные изменения климата могут быть отражены в поведении временных рядов наблюдений за метеорологическими элементами в отдельных областях различных регионов.

Рассмотрим оценку локальных изменений температурного режима под влиянием антропогенных факторов в районе Приаралья в период интенсивного падения уровня Аральского моря (1950–1979 гг.). При решении поставленной задачи были выдвинуты следующие предположения. Если бы формирование температурного режима над рассматриваемой территорией подвергалось влиянию только естественных факторов, то на всех станциях изменения средних многолетних температур от одного десятилетия к другому должны быть близкими между собой, так как станции располагаются в одинаковых физико-географических условиях и подвергаются влиянию одних и тех же естественных факторов.

Исходя из такого предположения должны соблюдаться приближенные равенства

$$\Delta T_i \approx \Delta T_{i+1} \approx \dots \approx \Delta T_{i+n} \approx \Delta T_{i+n+1} \approx \dots \approx \text{const}, \quad (1)$$

где $\Delta T_i = (\bar{T}_{k+1})_i - (\bar{T}_k)_i$ и

$$\Delta T_{i+1} = (\bar{T}_{k+1})_{i+1} - (\bar{T}_k)_{i+1}$$

— разницы температур между последующим $(k+1)$ -м и предыдущим k -м десятилетиями на i -й, $(i+1)$ -й и т.д. станциях;

$(\bar{T}_k)_i, (\bar{T}_{k+1})_i, (\bar{T}_{k+1})_{i+1}$ — средние значения температуры для соответствующих десятилетий, рассчитанные по наблюдениям на станциях.

Кроме того, в каждом десятилетии при воздействии одних и тех же естественных факторов разности средних многолетних температур между различными станциями должны быть близкими, т.е.:

$$\Delta T_k \approx \Delta T_{k+1} \approx \dots \approx \Delta T_{k+m} \approx \Delta T_{k+m+1} \approx \dots \approx \text{const}, \quad (2)$$

где $\Delta T_k = (\bar{T}_k)_i - (\bar{T}_k)_{i+1}$ и

$$\Delta T_{k+1} = (\bar{T}_{k+1})_i - (\bar{T}_{k+1})_{i+1}.$$

Однако известно, что температурный режим над рассматриваемой территорией формируется под влиянием естественных факторов воздействия и антропогенных. Чтобы дать оценку влияния антропогенных факторов на температурный режим на станциях, оказалось необходимым выбрать станцию, которая бы в наименьшей степени подвергалась антропогенному воздействию (реперная станция).

Сеть станций, по которой проводился анализ временных рядов, была представлена следующим образом. Отбирались станции, расположенные на острове, — Барсакельмес, на берегу Аральского моря — Уялы, Муйнак, Тигровый, вблизи моря — Чурук, в дельте Амударьи — Чимбай и метеорологические станции, удаленные от берега моря — Акбайтал, Карак, Чабанказган. Из перечисленных станций наименьшему воздействию хозяйственной деятельности человека подвергались станции Карак и Акбайтал. На остальных станциях наблюдался интенсивный рост хозяйственной деятельности человека.

Для реперных станций обязательным должно быть выполнение условий (1) и (2). Для этого рассматриваемый ряд наблюдений был разбит на три десятилетия 1950–1959, 1960–1969, 1970–1979 гг. Анализировалась среднемесячная температура воздуха по десятилетиям на станциях для центральных месяцев зимнего (январь) и летнего (июль) сезонов (табл. 56). Из данных табл. 56 следует, что условие (1) для станций Карак, Акбайтал соблюдается, так как отклонения разностей средних многолетних температур между различными десятилетиями в среднем составляют $0,2^\circ\text{C}$. Для ст. Муйнак эти отклонения существенны — порядка $0,8^\circ\text{C}$.

Таблица 56

Разности средних многолетних температур между десятилетиями

Станция	(1960-1969) - (1950-1959)	(1970-1979) - (1960-1969)	(1970-1979) - (1950-1959)
Январь			
Карак	1,8	-2,4	-0,6
Акбайтал	1,5	-2,2	-0,7
Муйнак	1,5	-3,1	-1,6
Июль			
Карак	0,0	0,8	0,8
Акбайтал	-0,2	1,0	0,8
Муйнак	0,7	0,4	1,1

Таблица 57

Разности средних многолетних температур между станциями

Станция	1950-1959 гг.	1960-1969 гг.	1970-1979 гг.
Январь			
Акбайтал-Карак	4,6	4,3	4,5
Муйнак-Карак	4,1	3,8	3,1
Июль			
Акбайтал-Карак	1,6	1,4	1,6
Муйнак-Карак	-1,6	-0,9	-1,3

Из табл. 57 следует, что для станций Карак, Акбайтал условие (2) выполняется, т.е. независимо от десятилетий разность температур между станциями остается постоянной для января и июля. В случае, когда в расчетах начинает принимать участие ст. Муйнак, подвергшаяся антропогенному воздействию, это условие существенно нарушается.

Анализируя представленные в табл. 56 и 57 результаты, можно сделать вывод о том, что условия (1) и (2) могут быть использованы для определения станции как реперной, если пренебречь наблюдающимися отклонениями порядка $0,2-0,3^{\circ}\text{C}$. Эти отклонения возможны, так как найти абсолютно идентичные условия месторасположений станций не представляется возможным. Выбрав в качестве реперной ст. Карак и сопоставив наблюдения на реперной станции с наблюдениями на станциях, подвергшихся активной хозяйственной деятельности человека, можно произвести оценку этого воздействия.

Оценка проводилась по формуле

$$\varepsilon = \left| \frac{\bar{T}_0 - \bar{T}_2}{\bar{T}_2 - \bar{T}_1} \right| ,$$

где $\bar{T}_1$ – средняя многолетняя температура на одной из рассматриваемых станций в 1950–1959 гг., $\bar{T}_2$ – в 1970–1979 гг.

$$\bar{T}_0 = \bar{T}_1 + (\bar{T}_2' - \bar{T}_1'),$$

где $\bar{T}_1'$, $\bar{T}_2'$ – средняя многолетняя температура на реперной станции соответственно для 1950–1959 и 1970–1979 гг.

Таким образом, $\bar{T}_0$ – это та температура, которая должна наблюдаться на станции при условии, что антропогенного воздействия нет. Полагаем $\bar{T}_1 \neq \bar{T}_2$, что обычно наблюдается. Если $\bar{T}_0 = \bar{T}_2$, то $\mathcal{E} = 0$, что указывает на отсутствие антропогенного фактора (таблица 58).

Таблица 58

Результаты расчетов $\mathcal{E}$

Станция	Январь	Июль	Станция	Январь	Июль
Барсакельмес	0,01	0,38	Чурук	0,70	0,43
Уялы	0,50	0,50	Чимбай	0,60	0,38
Муйнак	0,62	0,27	Акбайтал	0,14	0,00
Тигровый	0,54	0,43	Чабанказган	0,68	0,20

Для ст. Барсакельмес $\mathcal{E}$ в январе оказалось близким к нулю, в июле 0,38. Летом, по-видимому, сказывается отступление береговой линии моря. В большей мере это проявляется на ст. Уялы, где $\mathcal{E}$ в январе и июле достигает 0,50. На таких станциях, как Муйнак, Тигровый происшедшие изменения в температурном режиме связаны не только с состоянием береговой линии моря, но и с активной хозяйственной деятельностью человека. На остальных станциях, где состояние моря практически роли не играет (Каракалпакия, Чимбай, Чабанказган), полученные значения $\mathcal{E}$ отражают влияние на формирование температурного режима только антропогенных факторов.

ГЛАВА 5. ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ИЗМЕНЕНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК КЛИМАТА В ПРЕДСТОЯЩЕЙ ЦИРКУЛЯЦИОННОЙ ЭПОХЕ

Анализ некоторых характеристик атмосферной циркуляции, представленный в гл. I, указывает на ряд особенностей, происшедших в атмосфере в течение рассматриваемого периода лет. Этим особенностям подчиняются основные элементы метеорологического режима: температура воздуха, влажность, осадки, типы синоптических процессов и др. Особенности в развитии атмосферной циркуляции обуславливают длительные тенденции одного знака в изменении характеристик атмосферы (табл. 59). В качестве оценок были приняты угловой коэффициент линейного тренда β и относительный вклад линейного тренда в общую дисперсию ряда α .

Таблица 59

Линейный тренд (β) и относительный вклад (α)
в общую дисперсию ряда за 1959–1983 гг.

Станция	Холодное полугодие		Теплое полугодие	
	$\beta^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$	$\alpha \%$	$\beta^{\circ}\text{C}/10 \text{ лет}$	$\alpha \%$
Температура воздуха				
Барсакельмес	-0,3	2	0,8	37
Муйнак	-0,3	2	0,7	32
Уялы	-0,2	1	0,6	21
Аральское море	0,4	3	0,9	40
Техникаул	-0,3	2	0,2	6
Хива	0,1	0	0,4	13
Чимбай	0,4	4	0,6	40
Жаслык	0,2	1	0,4	15
Акбайтал	-0,2	1	0,4	17

Станция	β мм/10 лет	α %	β мм/10 лет	α %
Количество осадков				
Барсакельмес	4,5	2	9,8	12
Муйнак	17,3	14	15,2	17
Уялы	2,7	1	5,8	1
Аральское море	7,2	4	13,6	7
Техникаул	3,1	1	1,1	0
Хива	9,7	6	3,2	1
Чимбай	3,3	1	5,4	2
Жаслык	9,1	8	8,0	3
Акбайтал	6,2	3	11,8	8

Замечено, что в 1959–1983 гг. в холодном полугодии на ряде станций наблюдается убывание температуры со средней скоростью $0,3^{\circ}\text{C}/10$ лет, причем с этим линейным трендом связано около 2% дисперсии средних месячных значений температуры за холодное полугодие. Анализируя тенденцию в изменении среднемесячной температуры в теплое полугодие, можно сделать вывод о том, что температура на всех станциях Приаралья возрастает со средней скоростью от $0,2^{\circ}\text{C}/10$ лет до $0,9^{\circ}\text{C}/10$ лет, с линейным трендом связано на некоторых станциях до 40% дисперсии средних полугодичных значений.

Тенденция в изменении количества осадков в холодном и теплом полугодиях характеризуется возрастанием их со средней скоростью около 10 мм за 10 лет. С линейным трендом связано около 8% дисперсии от общего ряда наблюдений.

Существенным является вопрос о том, сохранится ли наблюдающаяся тенденция в изменении метеорежима в ближайшие 5–10 лет. Если в циркуляционных процессах не ожидается существенных перестроек, то можно предполагать, что наблюдающаяся тенденция останется неизменной.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование изменений метеорологического режима в Приаралье, связанных с различным состоянием уровня Аральского моря, позволило выявить комплекс факторов, под влиянием которых происходили эти изменения. Было замечено, что существенные отклонения в режиме моря и в поведении метеорологических элементов совпали по времени с проявлениями особенностей в циркуляции атмосферы над I в. с. р. За исследуемый период удалось выделить существование двух циркуляционных эпох с четкой границей перехода от одной эпохи к другой. Оказалось, что во II эпохе, особенно в последнем десятилетии, прослеживается тенденция к увеличению повторяемости меридиональной циркуляции (форма С по Байдалу). Было также обнаружено, что существенно уменьшилось число периодов кратковременной продолжительности (4-9 дней) циркуляции, тогда как число длительных периодов (II-20 и более 20 дней) увеличилось.

Сравнение многолетнего хода всех метеозлементов с колебаниями атмосферной циркуляции и режимом на реперных станциях, а также расчет линейных трендов в различные временные периоды свидетельствовали о преобладающем влиянии особенностей циркуляции атмосферы. Эта закономерность проявилась на всей территории независимо от того, как далеко располагалась станция. Лишь в летнее время такая согласованность была нарушена в режиме влажности на береговых станциях, что свидетельствует о преобладающем влиянии усыхания моря.

Влияние отступления моря сказалось на увеличении суточных амплитуд температуры воздуха на береговых станциях; на смене знака в годовом ходе разности температуры между морской и континентальной станцией (знак сменился один раз - в августе); на тенденции в увеличении числа дней с пыльной бурей и пыльным поземком на станциях Приаралья; на уменьшении влажности в летнее время на береговых станциях.

Для оценки вклада антропогенных факторов в изменение температуры была предложена безразмерная величина, представляющая отношение предполагаемой изменчивости, рассчитанной с учетом изменчивости наблюдаемой на реперной станции, к фактической.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агроклиматические ресурсы Каракалпакской АССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1970.
2. Агроклиматические ресурсы Туркменской ССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1974.
3. Агроклиматические ресурсы Актюбинской области Казахской ССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1974.
4. Агроклиматические ресурсы Кызыл-Ординской области Казахской ССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1978.
5. Андреев В. Г., Лаврененко Р. Ф. Некоторые данные о химическом составе аэрозолей Средней Азии. – Метеорология и гидрология, 1968, № 4, с. 63–69.
6. Байдал М. Х. Комплексный макроциркуляционный метод долгосрочных прогнозов погоды. – Л.: Гидрометеиздат, 1961. – 211 с.
7. Бугаев В. А., Джорджио В. А. Синоптические процессы Средней Азии. – Изд. АН Уз. ССР, Ташкент, 1957. – 177 с.
8. Будыке М. И. Физическая климатология. – Метеорология и гидрология, 1982, № 12, с. 34–46.
9. Винников К. Я., Гройсман П. Я. Эмпирический анализ влияния СО на современное изменение средней годовой приземной температуры воздуха северного полушария. – Метеорология и гидрология, 1981, № 11, с. 30–43.
10. Житомирская О. М. Климатическое описание района Аральского моря. – Л.: Гидрометеиздат, 1964. – 67 с.
11. Кац А. Л. Сезонные изменения общей циркуляции атмосферы и долгосрочные прогнозы. – Л.: Гидрометеиздат, 1960. – 270 с.
12. Коннова Н. К. Естественные и антропогенные факторы динамики климата. – Материалы метеорологических исследований, 1982, № 5, с. 7–16.

13. М и т р о п о л ь с к и й А . К . Техника статистических вычислений. - М.: Наука, 1976. - 576 с.
14. Н и к о л а е в Ю . В . , К о л т а к о в Ю . Н . Климатические колебания общей циркуляции атмосферы (по данным классификации Г.Я.Вангенгейма-А.А.Гирса). - Метеорология и гидрология, 1983, № II, с. 14-19.
15. О п а с н ы е гидрометеорологические явления в Средней Азии. - Л.: Гидрометеиздат, 1977. - 335 с.
16. П е т р е н ч у к О . П . Экспериментальные исследования атмосферного аэрозоля. - Л.: Гидрометеиздат, 1979. - 264 с.
17. П о л я к И . И . Методы анализа случайных процессов и полей в климатологии. - Л.: Гидрометеиздат, 1979. - 242 с.
18. П р о х о р о в И . И . Возможные изменения отдельных климатических характеристик в связи с изменениями площади Аральского моря. - Труды КазНИГМИ, 1972, вып. 44, с. 25-31.
19. Р о м а н о в с к и й В . И . Применение статистики в опытном деле. - Гостехиздат, 1947. - 268 с.
20. Р о м а ш и н В . С . Гидрометеорологическая характеристика Аральского моря. - Труды ГОИН, 1953, вып. 14, с. 15-19.
21. Т и м о ф е е в М . П . Метеорологический режим водоемов. - Л.: Гидрометеиздат, 1963. - 211 с.
22. M o o l e y D. A. Gamma distribution probability model for asian summer monsoon monthly rainfall. - Mon. Weat. Rev., 1973, vol. 101, N 2, p. 160-176.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава I. Особенности циркуляции атмосферы в различные периоды состояния уровня Аральского моря	7
I.1. Многолетние характеристики общего индекса и форм циркуляции А.Л. Каца	7
I.2. Многолетние характеристики форм циркуляции М.Х. Байдала	10
I.3. Многолетние характеристики типов синоптических про- цессов Средней Азии	14
Глава 2. Изменение некоторых характеристик минерализации осад- ков на станциях Средней Азии и Казахстана	21
Глава 3. Характеристика отдельных элементов климата	27
3.1. Температура воздуха	27
3.2. Влажность воздуха	52
3.3. Атмосферные осадки	65
3.4. Ясные и пасмурные дни	80
3.5. Агроклиматические ресурсы	85
3.6. Ветер	98
3.7. Атмосферные явления	103
Глава 4. Оценка вклада антропогенных факторов в изменчивость температурного режима на отдельных станциях Приаралья	110
Глава 5. Об особенностях изменений характеристик климата в пред- стоящей циркуляционной эпохе	114
Заключение	116
Список литературы	117

Монография

Т.И.Молоснова, О.И.Субботина, С.Г.Чанышева

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ
ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЗОНЕ
АРАЛЬСКОГО МОРЯ

Редактор Н.Г.Черникова

Техн. редактора В.Н.Силкина

Корректоры Р.А.Агафонова, А.М.Меретукова

Подписано к печати 30 06 1987 г. Т - 03587 Формат 60x90^I/16
Бумага картограф. Печать офсетная Усл.печ.л. 7,5 Усл.кр.-отт.
7,76 Уч.-изд.л. 7,2 Тираж 340 Зак.1001 Индекс М-М-119
Цена 45 к.

Московское отделение Гидрометеопиздата

123436 Москва, ул. Маршала Рыбалко, д.8

Фабрика офсетной печати ВНИИГМИ-МЦД

г. Обнинск