

В.Е.ЧУБ

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА  
И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ  
ПРОЦЕССЫ, АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ  
И ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ  
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН



**O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi  
gidrometeorologiya xizmati markazi**

**Центр гидрометеорологической службы при Кабинете Министров  
Республики Узбекистан**

**Gidrometeorologiya ilmiy-tekshirish instituti  
Научно-исследовательский гидрометеорологический институт**

**В. Е. Чуб**

**IQLIM O‘ZGARISHI VA UNING  
O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASIDA  
GIDROMETEOROLOGIK JARAYONLARGA,  
AGROIQLIM VA SUV RESURSLARIGA TA’SIRI**

**ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА И ЕГО ВЛИЯНИЕ  
НА ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ,  
АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ И ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ  
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**



**Ташкент 2007**

УДК 551.1: 556.3

Рецензенты

академик АН РУз, профессор, доктор геолого-минералогических наук Х. А. Акбаров,  
профессор, доктор географических наук Г. Е. Глазырин

Дана характеристика современного состояния климата, оцениваются возможные изменения элементов климата, рассматриваются опасные гидрометеорологические явления, возможное воздействие изменения климата на продуктивность сельского хозяйства, водные ресурсы Республики Узбекистан.

Для специалистов в области гидрометеорологии, климатологии, экологии и смежных направлений.

Iqlimning zamonaviy holati tavsifi berilgan, iqlim elementlarining mumkin bo'lgan o'zgarishlari baholangan, xavfli gidrometeorologik hodisalar, O'zbekiston Respublikasi qishloq xo'jaligi mahsuldorligi va suv resurslariga ta'sir etishi mumkin bo'lgan iqlim o'zgarishlari ko'rib chiqilgan.

Gidrometeorologiya, iqlimshunoslik, ekologiya sohalari va shunga yaqin yo'nalish mutaxassislari uchun mo'ljallangan.

Characteristic of modern climate condition has been given, possible climate element change has been assessed, dangerous hydrometeorological events, possible climate change impact on the agricultural productivity, water resources of the Republic of Uzbekistan have been considered.

It is oriented for the specialists in the field of hydrometeorology, climatology, ecology and contiguous areas.

© В. Е. Чуб  
© Центр гидрометеорологической службы  
при Кабинете Министров РУз (Узгидромет)  
Научно-исследовательский  
гидрометеорологический институт (НИГМИ), 2007 г.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Республикой Узбекистан в 1993 году была подписана Рамочная Конвенция ООН об изменении климата (РКИК/ООН), а в ноябре 1998 года – Киотский протокол, который был ратифицирован Олий Мажлисом в 1999 году. Целью Рамочной Конвенции определена стабилизация концентрации парниковых газов в атмосфере на уровне, предотвращающем опасное антропогенное вмешательство в климатическую систему и в сроки, достаточные для естественной адаптации экосистем к глобальному изменению климата, позволяющие не ставить под угрозу производство продовольствия и дальнейшего экономического развития стран на устойчивой основе.

В рамках реализации принятых Республикой Узбекистан обязательств по РКИК/ООН было подготовлено Первое Национальное сообщение Республики Узбекистан об изменении климата, которое было представлено в 1999 году на Пятой конференции сторон в Бонне и получило высокую оценку. Ключевым элементом Национального сообщения являлся кадастр газов с парниковым эффектом, долгосрочный прогноз эмиссии газов, а также дана предварительная оценка уязвимости к изменению климата, отдельных компонентов окружающей среды и важнейших секторов экономики Республики Узбекистан.

Более детально вопросы изменения климата и его возможного воздействия на отрасли народного хозяйства республики отражены в монографии «Изменение климата и его влияние на природно-ресурсный потенциал Республики Узбекистан» [5]. В этом труде обобщены материалы наблюдений гидрометеорологической сети Центра гидрометеорологической службы при Кабинете Министров Республики Узбекистан за период наблюдений по 1980-1995 годы включительно, на основе которых оценены гидрометеорологические ресурсы республики, рассмотрено состояние природной среды и влияние на нее хозяйственной деятельности, даны рекомендации по развитию гидрометеорологической наблюдательной сети. Для оценки изменений климата использованы существовавшие на этот период климатические сценарии Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК).

За прошедшее время после издания монографии произошли изменения в состоянии климатической системы, испытывающей значительное антропогенное влияние локальных, региональных и планетарных факторов, и появились новые климатические сценарии МГЭИК, что требует дополнений и корректировки ранее выполненной работы.

Глобальное изменение климата выражается, прежде всего, в росте средней температуры воздуха, увеличении числа и интенсивности неблагоприятных гидрометеорологических явлений, таких как особо жарких дней, засух, сильных осадков, резких оттепелей и заморозков, наводнений, селей, снежных лавин. Возрастающая изменчивость климата приводит к негативным последствиям для развития страны. Связанные с погодой и климатом стихийные бедствия становятся причиной сокращения производства продовольствия, загрязнения вод и других экономических потерь. Поэтому в данной книге значительное внимание уделено опасным гидрометеорологическим явлениям, наблюдаемым на территории Республики Узбекистан.

Для Республики Узбекистан особенно важным компонентом являются водные ресурсы и происходящие изменения глобального климата могут привести к изменениям сложившегося баланса системы климат – водные ресурсы. В этих условиях особую актуальность приобретает оценка водных ресурсов, формирующихся на территории среднеазиатского региона и, в частности, на территории республики, и их изменение под влиянием климатических и антропогенных факторов.

Таким образом, в настоящей книге дана оценка климатических изменений в Узбекистане, происходящих на фоне глобальных изменений климата, рассмотрены сценарии изменения климата и воздействие климатических изменений на водные ресурсы, продуктивность основных сельскохозяйственных культур, а также представлены сведения об основных опасных гидрометеорологических явлениях.

Выражаю благодарность сотрудникам Узгидромета и Научно-исследовательского гидрометеорологического института, результаты исследований которых использованы при подготовке данной работы, особенно, Н. А. Агальцевой, Ю. Н. Иванову, С. В. Мягкову, Т. А. Ососковой, А. В. Паку, Е. В. Петровой, Э. Р. Семаковой, Л. Е. Скрипниковой, Т. Ю. Спекторман, Г. Н. Трофимову, В. О. Усманову, В. Ф. Ушинцевой и С. Г. Чанышевой.

Выражаю также признательность рецензентам – академику Х. А. Акбарову и профессору Г. Е. Глазырину, редактору С. И. Иногамовой за ряд ценных замечаний по улучшению данного исследования, Ф. М. Аскамову и Л. К. Бардабаевой за содействие в подготовке к изданию рукописи.



## ГЛАВА 1. КЛИМАТ И ЕГО ИЗМЕНЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН

Республика Узбекистан расположена в центральной части Евразийского континента между 37 и 45° с. ш., 56 и 73° в. д. на северной границе субтропического и умеренного климатических поясов. Площадь республики составляет 447,7 тыс. км<sup>2</sup>, из которых 78,8% приходится на равнины, 21,2% – на горы и предгорья. Территория относится к засушливой зоне Средней Азии. Четыре пятых территории страны расположены в пределах особенно уязвимых к возможным изменениям климата среднеазиатских полупустынь и пустынь, окаймленных с юго-востока и востока горными системами (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Географическое положение Республики Узбекистан.

### 1.1. Общая характеристика климата

Основные характеристики климата обобщены по данным наблюдений более 50 гидрометеорологических станций Узбекистана, среди которых станции Ташкент, Фергана, Самарканд имеют ряды наблюдений более 100 лет [5].

В целом климат Узбекистана относится к засушливому континентальному типу. Средняя температура июля изменяется по равнинной территории с 26° на севере до 30°С на юге, максимальная достигает 45-47°С. Средняя температура января опускается до 0°С на юге и до -8°С на севере, минимальная температура в отдельные годы достигает -38°С (плато Устюрт).

Осадки в основном выпадают в зимне-весеннем периоде. Годовое количество осадков на равнине составляет 80-200 мм, в предгорьях – 300-400 мм, на западных и юго-западных склонах горных хребтов достигает 600-800 мм.

На территории Узбекистана выделяют пять природных экосистем: пустынные экосистемы равнин; предгорные полупустыни и степи; речные и прибрежные экосистемы; экосистемы увлажненных территорий и дельт; горные экосистемы. Наибольшую площадь охватывают пустынные экосистемы равнин (70% территории республики), песчаные пустыни – 27% площади равнинной части страны. Естественные пастбища занимают 50,1% от общей площади земель, орошаемые земли – 9,7%, для всех типов орошаемых почв характерна высокая степень засоления и низкое содержание гумуса.

По климатическим показателям выделяются три основные климатические зоны: зона пустынь и сухих степей, зона предгорий и зона гор.

**Зона пустынь и степей** занимает равнинную территорию Узбекистана – плато Устюрт, пустыня Кызылкум, Каршинская, Дальверзинская и Голодная степи. Количество осадков обычно не превышает 200 мм за год. Зимы, за исключением плато Устюрт, теплые, короткие, с незначительным и неустойчивым снежным покровом, наблюдаются и суровые зимы, когда замерзают реки и Аральское море, а минимальные температуры воздуха снижаются до -35°С. Весна – короткая и ранняя: в апреле устанавливается теплая погода, в мае наступает летний период. Лето на равнине – долгое, жаркое, безоблачное, сухое и пыльное. Самый жаркий месяц – июль, иногда август. Максимальная температура воздуха в центральных районах пустыни Кызылкум и на юго-востоке республики достигает 50°С. Осень наступает в сентябре: начинают выпадать дожди, температура воздуха понижается, с конца октября возможны заморозки.

**Зона предгорий** охватывает Тянь-Шаньскую и Гиссаро-Алайскую горные системы в интервале высот от 300-400 до 600-1000 м н.у.м. Внутригодовое распределение осадков здесь почти такое же, как в пустыне – максимум в марте-апреле, минимум – летом. Зима в этой зоне теплее, чем на равнине, устойчивый снежный покров образуется не каждую зиму. Весна начинается в конце февраля - начале марта, но поздние весенние заморозки на почве возможны до конца апреля, а в некоторых районах – даже в мае. Лето менее жаркое, чем на равнинной территории, но местами максимальная температура воздуха достигает 45-46°C. Осень начинается с конца сентября-октября, иногда выпадают обложные дожди, начиная с середины октября отмечаются заморозки.

**Горная зона** простирается выше 600-1000 м н.у.м. Среднее годовое количество осадков превышает 400 мм, в верхних зонах гор на отдельных наветренных склонах может выпадать более 2000 мм. Осадки выпадают здесь круглый год, но максимум приходится на апрель-май. Устойчивый снежный покров начинается с высоты 800-1000 м и местами его максимальная толщина превышает полтора метра.

Климатические особенности территории определяются приходом **солнечной радиации**. Продолжительность **солнечного сияния** на севере Узбекистана составляет в среднем 2800 ч/год. К югу значения возрастают, и на крайнем юге (Термез) продолжительность солнечного сияния достигает 3050 ч/год. Распределение продолжительности солнечного сияния по равнинной территории широтное, в предгорьях и горных областях определяется влиянием закрытости горизонта и экспозицией склонов.

В зимне-весенний период продолжительность солнечного сияния минимальна – в среднем 80-100 ч в месяц. Пасмурные дни без солнечного сияния в Узбекистане отмечаются редко. В северных и горных районах их число достигает 45-50 в год, снижаясь на крайнем юге до 25. Наибольшее число таких дней (облачность 8-10 баллов) приходится на декабрь-январь: от 10 до 25 (в сумме за два месяца). С июня по сентябрь включительно наблюдается от 1 до 4 дней без солнечного сияния в среднем за 10 лет.

**Энергетическая освещенность прямой солнечной радиацией** на перпендикулярную к лучам поверхность ( $S$ ) на равнинных станциях в полуденные часы при ясном небе колеблется от 0,80 до 0,90 кВт/м<sup>2</sup>. Максимальные (из средних за месяц) величины  $S$  наблюдаются весной – в марте-апреле и достигают 1,07 кВт/м<sup>2</sup>. Средние годовые амплитуды составляют 0,10-0,15 кВт/м<sup>2</sup>. На высокогорных станциях средние многолетние величины  $S$  изменяются в пределах 0,94-1,06, а максимальные величины достигают 1,21 кВт/м<sup>2</sup>.

**Суммарная радиация ( $Q$ )** определяется общим приходом прямой и рассеянной радиации на горизонтальную поверхность.

Средние многолетние величины энергетической освещенности суммарной радиацией  $Q$  заключены в пределах 0,45-0,96 кВт/м<sup>2</sup>, минимум – в январе, максимум – в марте-июне.

Приток солнечной радиации зависит от широты, определяющей продолжительность дня и наличия облачного покрова. При средних условиях облачности в январе и апреле прямая солнечная радиация снижается примерно вдвое по сравнению с ясной погодой.

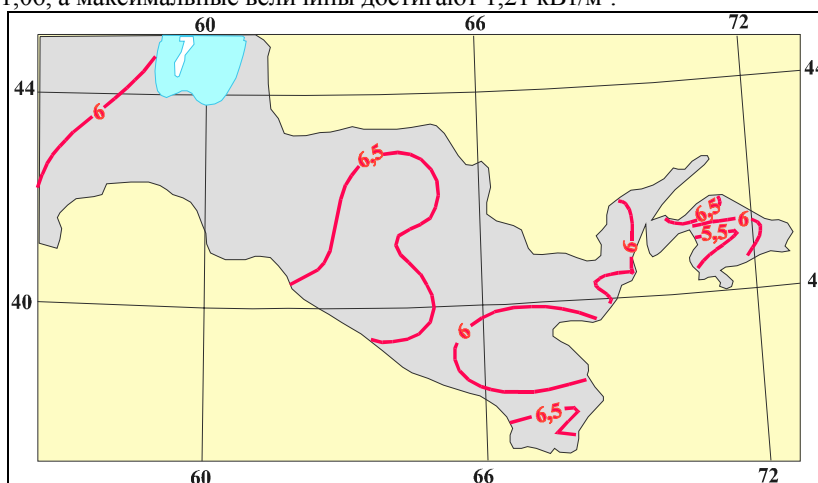


Рис. 1.2. Годовая сумма прямой солнечной радиации ( $S'$ , МДж/м<sup>2</sup> · 10<sup>3</sup>) на горизонтальную поверхность.

Как видно из рис. 1.2 и табл. 1.1, годовые суммы прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность при ясном небе достигают 7000 МДж/м<sup>2</sup>.

Таблица 1.1

Суммы прямой радиации ( $S'$ , МДж/м<sup>2</sup>) на горизонтальную поверхность при ясном небе [1]

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Каракалпакия	202	295	466	611	768	787	772	672	512	397	244	184	5930
Тахиаташ	237	318	492	613	742	765	740	663	526	410	253	191	5950
Тамды	250	327	508	636	775	794	777	701	550	430	281	211	6240
Ташкент	223	302	488	584	728	745	733	647	497	367	263	149	5726
Фергана	193	263	439	560	688	700	686	604	461	340	216	174	5324
Самарканд	274	344	533	626	744	723	739	656	507	404	283	235	6058
Термез	299	379	542	634	744	729	719	662	528	447	305	269	6257
Кызылча	311	393	595	774	861	843	799	726	574	454	326	272	6938

Суммарная радиация на крайнем юге – около 8000, а в горах до 8350 МДж/м<sup>2</sup>. В условиях средней облачности количество поступающей на земную поверхность радиации существенно меньше. Для суммарной радиации за год эта величина не выше 6500-6800 МДж/м<sup>2</sup>.

**Температура воздуха** относится к основным метеорологическим элементам, определяющим режим погоды и климата, и характеризуется такими показателями, как средние годовые, месячные и суточные температуры воздуха, средние многолетние максимальные и минимальные значения, абсолютные максимальные и минимальные величины за весь период наблюдений в каком-либо пункте и т. д.

Средняя температура самого холодного месяца января на Устюрте -9°C, на юге пустыни Кызылкум – около 0°C, на крайнем юге Узбекистана – до 2-3°C тепла (рис. 1.3). В предгорной зоне зима теплее на 2-3°C. В горах температура в значительной степени зависит от высоты местности, понижаясь в среднем на 0,6°C на каждые 100 м подъема, на дне долин и в котловинах может быть холоднее, чем на окружающих склонах, за счет температурной инверсии.

Летом температура воздуха зависит от подстилающей поверхности значительно больше, чем зимой, но изменения с широтой на равнине гораздо меньше: средняя июльская температура (самый жаркий месяц года) – от 26-27°C на Устюрте до 30°C в Термезе (рис. 1.4). В предгорьях лето менее жаркое. Летом изменения температуры воздуха от суток к суткам значительно меньше, чем зимой, то есть погода более устойчивая, и наблюдаются значительные межгодовые колебания средних месячных значений температуры воздуха.

Наибольших значений годовая амплитуда средних месячных температур воздуха достигает на равнине, так, в Карши она превышает 29°C, наименьшие ее значения наблюдаются в горах.

Суточные амплитуды температуры воздуха имеют хорошо выраженный годовой ход: они меньше зимой и больше летом. На величину амплитуды сильно влияет облачность: наибольшие суточные амплитуды наблюдаются при ясном небе, при пасмурном небе значения на 6-9°C меньше. На равнине в январе в ясные дни они составляют 7-11°C, в июле – 14-19°C.

На крайнем севере Узбекистана средние многолетние минимальные температуры воздуха достигают -30°C, но в отдельные годы понижаются до -40°C. На юге, в районе Термеза, температуры воздуха менее -20°C не наблюдаются. Здесь чаще всего бывают теплые зимы, при которых температура воздуха не опускается ниже -10°C.

Средняя продолжительность безморозного периода колеблется от 160 суток на плато Устюрт до 200 суток в районе Шерабада и Термеза.

**Локальные климатические изменения в Приаралье.** Антропогенные изменения климата в Узбекистане имеют мезомасштабный характер и были связаны, главным образом, с интенсивным освоением земель. Когда в Голодной степи площадь орошаемых земель достигла 60% всей территории, ведущая роль в процес-



Рис. 1.3. Температурный и ветровой режим в январе, абсолютный минимум температуры воздуха (°C) в Узбекистане.



Рис. 1.4. Температурный и ветровой режим в июле, абсолютный максимум температуры воздуха (°C) в Узбекистане.



сах теплообмена стала принадлежать не турбулентному потоку тепла, а затратам на испарение (70% от радиационного баланса). Таким образом, значительная часть ранее засушливой пустынной территории Голодной степи приобрела черты, свойственные оазису, с соответствующим понижением летних температур и повышением влажности воздуха. Аналогичные преобразования климата произошли в Ферганской долине. В связи с большими изъятиями воды на орошение противоположный эффект – эффект опустынивания имеет место в Приаралье, где в результате значительного уменьшения поступления воды произошло резкое падение уровня моря и сокращение его площади [2, 3, 4, 5, 6, 7].

Антропогенные локальные изменения климата, происшедшие в период деградации моря, сводятся к следующему [4].

Зимой и осенью при региональном похолодании (1971-1980 годы) уменьшение отепляющего влияния моря приводило к большему снижению температуры воздуха на бывших береговых станциях по сравнению со станциями сугобо континентальными.

В период интенсивного регионального потепления (1981-1990 годы) повышение зимних температур, в том числе и минимальных, было больше на удаленных от моря станциях.

Летом и весной уменьшение охлаждающего влияния моря при потеплении (1970-1985 годы) приводило к большему увеличению температуры воздуха в осушенной зоне, чем в удаленных районах, и к меньшему похолоданию при понижении температурного фона (табл. 1.2).

Различия между фоновыми и локальными изменениями температур, то есть непосредственно антропогенный фактор, не превосходит 1,0-1,5°C. Более заметное изменение температурного режима происходит в последние годы на островах, площадь которых возрастает в связи с понижением уровня моря [5]. Доля антропогенного вклада в изменение температуры достигает 25-50%.

Таблица 1.2

Разность температуры воздуха между 10-летиями 1951-1960 и 1961-1970 (1), 1951-1960 и 1971-1980 (2), 1951-1960 и 1981-1990 (3), 1951-1960 и 1991-2000 годы [4]

Станция	Январь				Апрель				Июль				Октябрь			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Барсакельмес	-0,5	1,8	-1,4	-	-0,5	-1,5	-2,0	-	-0,5	-1,6	-3,0	-	0,5	1,3	1,5	-
Аральское море	-0,5	1,2	-3,3	-2,0	-0,7	-1,5	-1,7	-3,0	-0,3	-1,6	-2,8	-1,7	0,2	0,8	0,2	-1,2
Уялы	-0,5	2,2	-1,9	-	-0,8	-1,7	-2,8	-	-1,1	-1,3	-3,4	-	0,8	1,8	2,0	-
Муйнак	-0,1	2,9	-1,1	-0,2	-0,8	-1,9	-3,0	-4,7	-0,8	-1,4	-2,4	-2,8	0,7	1,2	1,8	0,1
Тигровый	-0,3	2,0	-	-	-0,8	-1,7	-	-	-0,8	-1,5	-	-	0,6	1,4	-	-
Порлатау	0,4	3,3	-1,4	-	-0,5	-1,4	-1,9	-	-1,6	-1,1	-2,6	-	0,4	0,5	0,9	-
Чимбай	0,4	2,4	-2,0	-0,4	0,4	-1,3	-1,5	-2,9	-0,8	-1,5	-2,3	-2,1	0,2	-0,3	-0,2	-1,6
Хива	0,1	2,4	-1,2	-0,8	0,3	-0,7	-0,6	-0,6	0,4	-0,4	-1,2	-1,5	0,8	0,0	0,2	-1,2
Жаслык	0,4	3,2	-2,5	-1,1	0,0	-0,1	-1,2	-2,8	-0,7	-1,0	-2,3	-1,7	0,2	-0,3	-0,3	-1,5
Каракалпакия	0,4	3,0	-2,2	-1,4	-0,1	-0,6	-1,6	-3,5	-0,4	-1,8	-2,2	-1,6	0,3	-0,2	-0,5	-2,1
Акбайтал	0,7	2,4	-1,4	-0,2	-0,2	-0,9	-0,6	-0,6	-0,2	-1,1	-1,5	-0,9	0,4	-0,1	0,3	-1,5
Тамды	0,7	2,3	-1,6	0,1	-0,4	-1,3	-0,8	-0,8	-0,7	-1,4	-1,6	-1,2	-0,2	-0,8	-0,2	-1,6

- Так как весенние и осенние антропогенные изменения температуры имеют разную интенсивность (а иногда и знак), тепловые ресурсы всего вегетационного периода в прибрежной зоне были долгое время стабильны. В 1981-1990 годах, когда море отошло от берега на 25-26 км (Муйнак и Уялы, соответственно), и эффект летнего антропогенного потепления вырос, сумма эффективных температур увеличилась здесь по сравнению с «нечтвенным» периодом на 30-50°C.

- Переход средних суточных температур через 0°C к положительным значениям относительно постоянен непосредственно на побережье, тогда как на других станциях Приаралья и в пустыне этот переход осуществляется в более поздние сроки, чем средние многолетние.

Осенью переход через 0°C к отрицательным значениям происходит, как и во всем регионе, в более поздние даты, но изменения статистически незначимы.

- На фоне общего снижения летних суточных амплитуд температур воздуха амплитуды на береговых станциях увеличиваются, приближаясь к континентальным значениям. Амплитуды возросли в Уялы с 5-6°C, в Муйнаке с 7-8°C до 11,5 и 12,6°C, соответственно. Зимние суточные амплитуды температуры бывшей прибрежной зоны существенно не меняются и остаются ниже континентальных (табл. 1.3).

- Заметные изменения произошли в последнем десятилетии в повторяемости разных классов погод: в Муйнаке, например, исчез класс погоды ХУІ (очень жаркая и очень влажная), увеличилась повторяемость погоды солнечной, очень жаркой и очень сухой.

Наиболее отчетливо в Приаралье происходило изменение относительной влажности, особенно на южном и восточном побережье, где разница значений относительной влажности с пустыней при «нечтвенном» режиме составляла 35-40%, а после 1990 года – 20-28%. Антропогенный вклад сопоставим с естественным, в отдельных пунктах (Уялы) даже превосходил его (табл. 1.4-1.5).

В атмосферных осадках влияние отступления моря проявилось в соотношении осадков теплого и холодного периодов. Ранее над морем преобладали летние осадки, теперь – чаще формируются зимние максимумы.

Таблица 1.3

Амплитуды температуры воздуха по 10-летиям в разные сезоны

Десятилетия, годы	I	IV	VII	X	Год	Десятилетия, годы	I	IV	VII	X	Год
Хива						Чимбай					
1941-1950	8,2	12,9	14,2	14,2	12,5	1941-1950	9,4	15,2	15,8	15,4	13,8
1951-1960	8,5	12,5	13,7	14,2	12,0	1951-1960	9,7	15,0	15,5	15,5	13,3
1961-1970	9,2	11,6	13,9	14,2	12,3	1961-1970	9,7	13,8	14,9	14,9	13,3
1971-1980	8,3	11,8	14,0	14,0	12,1	1971-1980	9,8	14,6	15,7	14,8	13,6
1981-1990	6,9	12,5	13,6	13,4	11,6	1981-1990	7,8	14,8	15,2	14,8	13,0
Средние	8,2	11,7	13,9	14,0	12,1	Средние	9,3	14,7	15,4	15,1	13,4
Уялы						Каракалпакия					
1941-1950	5,4	7,2	5,6	6,0	6,1	1941-1950	9,2	15,7	17,6	14,8	14,2
1951-1960	6,3	6,7	4,9	5,6	6,0	1951-1960	9,5	14,9	17,0	15,2	13,9
1961-1970	6,6	6,5	5,3	6,1	6,2	1961-1970	9,0	14,4	16,9	15,1	13,7
1971-1980	7,2	8,7	8,1	8,9	8,1	1971-1980	9,2	13,2	15,3	12,9	12,6
1981-1990	6,0	12,3	12,1	11,1	10,1	1981-1990	6,6	13,8	14,6	13,5	11,9
Средние	6,4	8,1	7,1	7,5	7,4	Средние	8,7	14,4	16,3	14,3	13,2
Муйнак						Тамды					
1941-1950	6,0	8,0	8,2	7,3	7,4	1941-1950	8,3	13,1	16,7	15,1	13,7
1951-1960	6,1	8,0	7,5	7,5	7,2	1951-1960	8,9	13,4	16,1	14,8	13,4
1961-1970	6,7	8,4	9,0	9,0	7,8	1961-1970	9,0	12,1	13,7	12,8	10,9
1971-1980	8,5	10,9	11,9	11,0	10,2	1971-1980	8,6	11,8	14,0	12,3	11,7
1981-1990	6,4	11,8	12,6	11,4	10,8	1981-1990	6,2	12,3	13,3	12,1	11,4
Средние	6,7	9,5	9,8	9,2	8,8	Средние	8,2	12,5	14,6	13,4	12,0
Барсакельмес											
1951-1960	5,2	7,4	7,9	5,4	6,1						
1961-1970	4,7	7,2	7,6	5,5	6,2						
1971-1980	5,5	7,6	8,3	5,2	6,5						
1981-1990	4,6	8,4	8,6	6,0	6,7						
Средние	5,0	7,7	8,1	5,5	6,4						

Таблица 1.4

Разность относительной влажности воздуха между Тамды и другими станциями Приаралья по 10-летиям 1941-1950 (1), 1951-1960 (2), 1961-1970 (3), 1971-1980 (4), 1981-1990 (5), 1991-2000 годы (6) [4]

Станция	Январь						Апрель						Июль						Октябрь					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Муйнак	5	10	14	15	13	12	23	23	21	21	23	21	32	35	32	31	34	28	24	24	25	29	31	26
Уялы	6	6	12	13	6	-	27	26	22	20	16	-	39	42	39	36	33	-	24	24	26	27	21	-
Чимбай	5	6	9	8	1	-2	12	9	10	10	11	-1	29	26	23	21	22	22	22	18	16	18	15	14
Хива	3	2	8	9	10	12	10	6	8	9	10	11	21	22	22	24	26	22	17	15	14	19	16	21
Каракалпакия	6	10	15	16	7	6	9	7	5	12	11	9	7	10	11	15	15	12	21	21	21	22	17	16
Тигровый	6	12	14	14	-	-	31	32	30	30	-	-	37	41	38	34	-	-	24	24	24	30	-	-

Таблица 1.5

Разность относительной влажности воздуха между 10-летиями 1951-1960 и 1961-1970 (1), 1971-1980 (2) и 1981-1990 годы (3) [4]

Станция	Январь			Апрель			Июль			Октябрь		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Аральское море	1	0	2	6	-2	-4	1	-9	-9	3	2	2
Уялы	0	1	1	2	6	13	2	6	9	-2	-1	3
Муйнак	2	1	-4	0	2	3	2	4	1	-1	-3	-7
Тигровый	4	4	-	0	2	-	2	7	-	0	-4	-
Порлатау	2	-1	1	1	3	8	4	7	9	0	1	3
Чимбай	3	4	4	-3	-1	1	2	5	4	2	2	3
Хива	0	-1	-9	-4	-3	-1	-1	-2	-4	1	-2	-1
Жаслык	0	6	2	-4	-2	0	-3	2	4	2	4	5
Каракалпакия	1	0	2	0	-5	-1	-2	-5	-5	0	1	4
Акбайтал	-1	-7	-5	-5	-9	-2	-5	-6	-2	-3	-9	-5
Тамды	6	6	-1	-2	0	3	-1	0	0	0	2	0

- Обмеление моря сказалось, вне всяких сомнений, на ветровом режиме Приаралья – произошло ослабление бризовой циркуляции, преимущественно за счет сокращения дневных северо-восточных бризов (рис. 1.5).

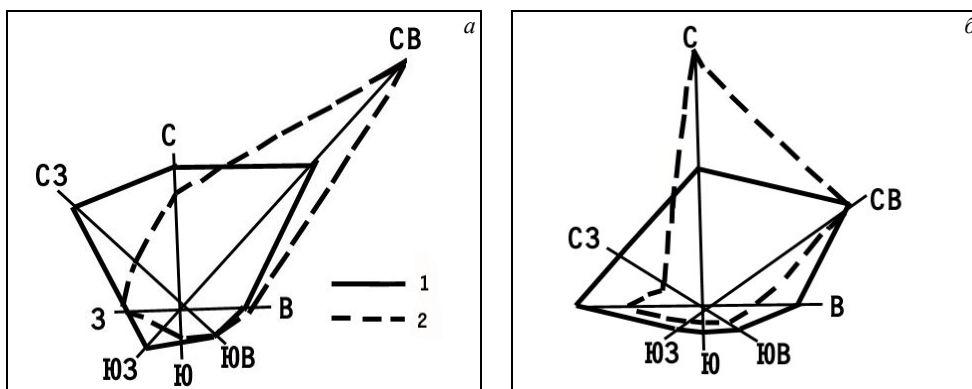


Рис. 1.5. Розы ветров у поверхности Земли в ночные (1) и дневные (2) сроки наблюдений в июле по данным измерений на станции Муйнак в условно-естественный (а) и нарушенный (б) периоды.

- Осушение колоссальных площадей и достаточно активная ветровая деятельность в 1970-1980 годах обусловило резкое увеличение числа пыльных бурь в Приаралье и даже за его пределами, что привело к засолению почв на большом пространстве. В настоящее время в связи с общим ослаблением ветра в Средней Азии, пыльные бури стали наблюдаться реже, что привело к резкому снижению количества сухих выпадений.

- Все отмеченные проявления антропогенных изменений климата прослеживаются в зоне, оконтуривающей Аральское море, на расстояниях не более 100 км от прежней (до 1960 года) береговой линии. В колебаниях числа ясных дней, радиационных характеристик и атмосферных осадков в Приаралье и за его пределами явного вклада, связанного с деградацией моря, не обнаруживается.

Эти процессы в Приаралье стали происходить после 1960 года, то есть в то же время, когда осуществлялась смена эпох общей циркуляции атмосферы. Поэтому в районах интенсивного орошения «эффект оазиса» подавлялся, а в Приаралье эффект опустынивания усиливался естественно-климатическими тенденциями. При новой смене преобладающего характера общей циркуляции, что не исключено в ближайшем будущем, картина будет противоположной.

**Пыльные бури.** Пыльные бури представляют для Приаралья довольно характерное явление, особенно после обнажения значительной части морского дна. Среднее годовое число дней с пыльными бурями здесь и на более удаленной пустынной территории сравнимы (табл. 1.6) [4].

Таблица 1.6

Среднее годовое число дней с пыльными бурями (ПБ) и пыльным поземком (ПП) в различные десятилетия за период 1951-2000 годы [4]

Станция	1941-1950	1951-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1990	1961-1990	1991-2000	
	ПБ+ПП						ПБ+ПП	ПБ
Аральское море	–	–	52	61	74	62	–	–
Муйнак	39	57	22	71	55	49	21	3
Каракалпакия	5	0	2	43	49	31	51	10
Жаслык	–	1	2	14	18	11	18	18
Порлатау	–	5	3	9	7	6	–	–
Чимбай	10	12	13	19	15	16	7	7
Хива	2	12	12	5	14	10	1	1

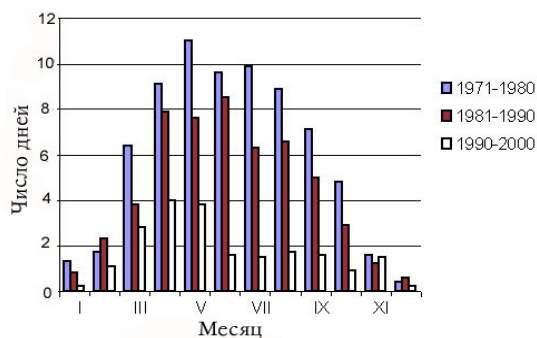


Рис. 1.6. Годовой ход повторяемости пыльных бурь в Муйнаке.

Если сопоставлять совместную повторяемость пыльных бурь (ПБ) и пыльных поземков (ПП), то на общем фоне выделяются отдельные районы, где перенос пыли и песка в приземном слое более интенсивен. Так, в 1991-2000 годах в Муйнаке пыльных бурь и поземков (21 день) оказывается в 7 раз больше, чем пыльных бурь в чистом виде (3 дня), на станции Каракалпакия – 51 и 10 дней, соответственно. На большинстве других пунктов наблюдения соотношения более близкие.

Годовой ход повторяемости пыльных бурь отличается максимумом в теплую (апрель-август) часть года (рис. 1.6).



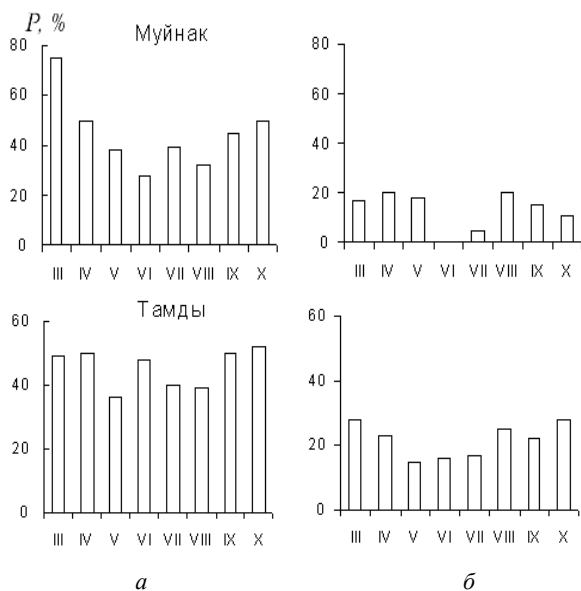


Рис. 1.7. Повторяемость пыльных бурь в Муйнаке и Тамды за весь период наблюдений (1951-2000 годы) продолжительностью от 1,5 до 5 часов (а), от 5 до 10 часов (б).

Начиная с весны 1975 года, по ТВ изображениям ИСЗ стали регистрироваться мощные песчано-пылевые выносы с восточного побережья Аральского моря. Пылевые шлейфы захватывали даже районы Карака и Чирик-Рабата. В 1979 году мощный пыльный вынос на плато Устюрт простирался на 250 км от западного

Таблица 1.7

Повторяемость (%) различных градаций скоростей ветра у поверхности Земли при пыльных бурях и поземках

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

Для проведения оценки воздействий изменений климата, как в глобальном, так и в региональном масштабах, используют климатические сценарии, которые являются правдоподобными вариантами изменения набора климатических параметров в ответ на изменения основных антропогенных факторов, влияющих на климат (изменение концентраций различных парниковых газов и аэрозолей в атмосфере Земли, изменение землепользования и др.).

## 1.2. Современное состояние климата

В настоящее время принято определение понятия изменения климата, которое включает как природные, так и антропогенные причины такого изменения [1, 2].

Естественные изменения и колебания климата вызываются как внутренними вариациями, так и внешними факторами. Общеизвестно существование более десятка климатообразующих факторов, среди которых как наиболее существенные выделяются следующие:

- концентрация парниковых газов в атмосфере (углекислый газ, метан, закись азота, озон и др.);
- концентрация тропосферных аэрозолей;
- солнечная постоянная;
- вулканическая активность, вызывающая загрязнение стратосферы сульфатными аэрозолями;
- автоколебания в системе атмосфера-океан (Эль Ниньо / Южное колебание); колебания солнечной активности; изменение параметров орбиты Земли.

Детальный анализ роли отдельных климатических факторов в повышении средней приземной температуры воздуха был проведен [21] с применением трехмерных моделей общей циркуляции океана и атмосферы (МОЦАО). Их результаты показывают, что потепление атмосферы в первой половине XX века (между 1910 и 1940 годами) происходило в основном из-за колебания солнечной активности и в меньшей степени антропо-

Наибольшая повторяемость характерна для ПБ с продолжительностью менее 5 ч. Чаще всего ПБ с такой продолжительностью наблюдается в марте (рис. 1.7).

Как видно из табл. 1.7, при пыльных бурях и поземках ветры северного, северо-восточного, восточного и юго-восточного направлений преобладают над всеми остальными: они почти в два раза больше повторяемости ветров при двух других направлениях воздушного потока.

Наибольшая повторяемость приходится на скорость ветра у поверхности Земли 10-14 м/с, наименьшая – 15 м/с и больше, особенно при ветрах северо-западного и западного направлений, благоприятствующих переносу пыли на территорию Узбекистана (табл. 1.7).

Между особенностями многолетнего хода скоростей ветра и повторяемостью пыльных бурь имеется явно качественное соответствие. Однако связывать резкое увеличение повторяемости пыльных бурь в Приаралье в 70-х годах XX столетия только с общими циркуляционными факторами не следует.

Во время одного процесса на территорию дельты Амударьи может выпасть от 1,5 до 3 млн. т соледержащей пыли. В городах Южного Приаралья во время пыльных бурь зафиксированы превышения максимальных разовых ПДК в 10 раз. Из модельных расчетов следует, что эоловые переносы в высохшей части дна моря и его акватории составляют в год 120 млн. т, а дальность выноса более 500 км.

генных факторов – парниковых газов и тропосферных сульфатных аэрозолей. После 40-х годов XX столетия естественные вариации солнечной и вулканической активности оказывают лишь второстепенное воздействие на климат по сравнению с антропогенным влиянием.

Многоплановый обзор самых последних научных данных об изменении климата представлен в документах Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) в Третьем отчете об оценках изменения климата [2, 12, 13].

По оценкам МГЭИК в период после доиндустриальной эры концентрации основных антропогенных парниковых газов (двуокси углерода ( $\text{CO}_2$ ), метана ( $\text{CH}_4$ ), закиси азота ( $\text{N}_2\text{O}$ ) и тропосферного озона ( $\text{O}_3$ )) в атмосфере достигли своих наивысших зарегистрированных уровней, в основном вследствие сжигания ископаемых видов топлива, ведения сельского хозяйства и изменений в землепользовании. По заключению МГЭИК радиационное воздействие антропогенных парниковых газов является положительным при небольшом диапазоне неопределенностей, в то время как потенциально значительное и отрицательное воздействие, возникающее вследствие косвенного влияния аэрозолей, является очень неопределенным.

В глобальном масштабе 90-е годы XX столетия были самым теплым десятилетием. Повышение приземной температуры в XX столетии в северном полушарии было, вероятно, самым большим, если сравнивать с любым другим столетием в последнюю тысячу лет.

Повышение глобальной приземной температуры привело к изменению количества атмосферных осадков и влажности атмосферы, так как произошли изменения в атмосферной циркуляции, стал более активным гидрологический цикл, повысилась способность атмосферы удерживать воду. Во второй половине XX столетия в средних и высоких широтах северного полушария возросла на 2-4% частота возникновения явлений с очень сильными осадками.

Тренды осадков сильно варьируются, и во многих районах над этими изменениями доминировали колебания порядка нескольких десятилетий или короткопериодные колебания (от нескольких лет до десятилетия), связанные с естественной изменчивостью климата.

В работе [24] рассмотрен ряд естественных колебаний климата: 1) периодические изменения климата, обусловленные вариациями солнечной радиации; 2) квазипериодическая изменчивость климата (ее наиболее яркое проявление – квазидвухлетние осцилляции в экваториальной стратосфере); 3) Эль-Ниньо / Южное колебание (в виду широкого диапазона частот это явление нельзя считать квазипериодическим); 4) междесятилетние вариации климата, которые в значительной степени обусловлены внутрисезонной и внутригодовой изменчивостью климатической системы; 5) изменчивость климата в масштабах времени от междесятилетней до столетней.

По заключению авторов работы [19] гипотеза о длине солнечного цикла также свидетельствует в пользу антропогенного характера глобального потепления, солнечная активность является доминирующим фактором долговременных изменений приземной температуры, “солнечная гипотеза” подтверждает существование значительных антропогенных изменений климата.

Прогнозируемые темпы потепления, согласно выводам МГЭИК [2, 13], будут беспрецедентными в ближайшие 100 лет. Глобальное среднее количество атмосферных осадков, согласно оценкам, увеличится, хотя в региональных масштабах прогнозируются как увеличения, так и уменьшения осадков, как правило, на 5-20%. Весьма вероятно, что на большинстве территорий, где прогнозируется увеличение среднего количества осадков, будут наблюдаться их значительные межгодовые колебания.

Ледники по прогнозам МГЭИК в XXI столетии продолжат свое повсеместное отступление. Изменение климата приведет к изменению экологической продуктивности и уменьшению биоразнообразия при возрастающем риске исчезновения некоторых уязвимых видов.

Воздействие повышения концентраций  $\text{CO}_2$  повысит первичную нетто-продуктивность растений, однако изменение климата может привести как к увеличению, так и к уменьшению нетто-продуктивности экосистем. Глобальные модели поглощения углерода наземными экосистемами позволяют прогнозировать, что это поглощение будет возрастать в первой половине XXI столетия, но затем стабилизируется или начнет уменьшаться по мере увеличения изменений климата [12].

Согласно оценкам, основанным на результатах МОЦАО, повышение концентрации парниковых газов в атмосфере приведет к возникновению большого количества засух и наводнений во многих регионах, что также повлияет на экологические системы, социально-экономические сектора и здоровье человека [13].

Совокупное воздействие изменения климата повлияет на все сектора, включая изменения в валовом внутреннем продукте (ВВП), и будет негативным для большинства развивающихся стран. Поэтому проблема изменения климата является составной частью более крупной проблемы обеспечения устойчивого развития. Социально-экономические и технологические характеристики различных путей развития стран будут сильно влиять на величины выбросов, на темпы и масштабы изменения климата.

Рост социально-экономических издержек в связи с ущербом, наносимым опасными метеорологическими явлениями и колебаниями климата, свидетельствует об увеличении уязвимости к воздействию. Некоторые социально-экономические системы уже ощутили на себе негативное влияние происходящего потепления и увеличения в отдельных районах интенсивности наводнений и засух при явном увеличении экономических потерь вследствие катастрофических явлений [2, 12].

Скорость и величины глобального потепления и его отклик в отдельных регионах, в первую очередь, зависят от величин глобальных выбросов парниковых газов в атмосферу в настоящем и будущем. Расчеты показали, что глобальная температура у поверхности Земли в XXI веке может повыситься на 1,5-5,8°C согласно всему диапазону сценариев эмиссии парниковых газов [2]. Такое повышение температуры воздуха не имеет прецедентов в течение последних 10 тысяч лет.

**Сценарии эмиссии.** Различные предположения о социально-экономических факторах, лежащих в основе сценариев эмиссии, дают в результате различные уровни выбросов парниковых газов и аэрозолей, что ведет к изменению радиационного воздействия и к изменениям в климатической системе.

В 1992 году МГЭИК рассматривалось 6 сценариев эмиссии парниковых газов (IS92a,...,IS92f). В Специальном отчете по сценариям эмиссий (Special Report on Emission Scenarios – SRES2000) [16] содержится информация о новых сценариях эмиссии, обобщенно называемых A1, A2, B1 и B2.

Семейство сценариев A1 описывает будущий мир с очень быстрым экономическим ростом, численность мирового населения достигает своего пикового значения в середине столетия, а затем сокращается. Предполагается быстрый темп внедрения новых и более эффективных технологий при значительном уменьшении расходов в региональном доходе на душу населения. Сценарии A1 подразделяются на три группы, в которых описываются альтернативные направления технологических изменений в энергетической системе. В этих группах основной упор делается на три различные технологические схемы: 1 – интенсивное использование ископаемого топлива (сценарий A1F1); 2 – источники энергии, иные, чем ископаемое топливо (сценарий A1T); 3 – сбалансированность всех источников энергии, где понятие "сбалансированность" предполагает одинаковые темпы усовершенствования всех технологий энергоснабжения и энергопотребления (сценарий A1B).

Семейство сценариев B1 описывает конвергентный мир с той же самой численностью мирового населения, которая достигает своего пикового значения в середине столетия, а затем начинает уменьшаться, что и в сценариях A1, однако с более быстрым изменением экономических структур, с уменьшением материалоемкости и внедрением чистых и ресурсосберегающих технологий. Основной упор делается на решения проблем экономической, социальной и экологической устойчивости, однако без осуществления каких-либо дополнительных инициатив в отношении климата.

Семейство сценариев A2 описывает очень неоднородный мир, при самообеспечении и сохранении местной идентичности. Конвергенция структур рождаемости в различных регионах происходит очень медленно, что приводит в результате к постоянному росту населения. Экономическое развитие направлено в основном на региональные цели, а экономический рост на душу населения и изменение технологии носят более фрагментарный характер и происходят более медленно.

Семейство сценариев B2 описывает мир, в котором основное внимание уделяется местным решениям проблем экономической, социальной и экологической устойчивости. Это мир с постоянно возрастающей численностью мирового населения, при темпах более быстрых, чем в A2. Темпы экономического развития более медленные, чем в сценарии A2. Сценарий B2 ориентирован на защиту окружающей среды и установление социальной справедливости.

Согласно сценариям эмиссии (с учетом диапазона неопределенности) ожидаемая концентрация CO<sub>2</sub> в 2100 году варьирует от 540 до 970 ppmv по сравнению с 280 ppmv в доиндустриальную эпоху и примерно 368 ppmv в 2000 году. Неопределенности, связанные с процессами поглощения и величинами обратных связей климата с наземной биосферой, являются причиной дополнительных вариаций примерно от -10 до +30%. К 2100 году соответствующий диапазон может достигать от 490 до 1260 ppmv, что на 75-350% выше концентрации 1750 года.

В соответствии с описанными выше сценариями имеется столько же вариантов увеличения глобальной температуры воздуха, причем каждый вариант имеет свои пределы неопределенности.

### 1.3. Сценарии изменения климата

По заключению Межправительственной группы экспертов по изменению климата выходные результаты глобальных моделей общей циркуляции атмосферы и океана представляют собой наиболее подходящую основу для построения региональных сценариев изменения климата, которые, в свою очередь, служат базисом для различных региональных оценок уязвимости к возможным изменениям климата [9, 15, 23].

Однако информация, получаемая из глобальных моделей, как правило, имеет невысокое пространственное разрешение – порядка 3°, что соответствует примерно 330 км на экваторе. Такое низкое пространственное разрешение является основным лимитирующим фактором для широкого использования результатов МОЦАО при оценке воздействия изменений климата.

Чрезвычайная сложность моделей климата и многочисленность используемых в них схем эмпирической параметризации различных процессов затрудняют анализ адекватности моделей с точки зрения их применения для прогноза климата. Однако все известные модели показывают одинаковую реакцию на повышение концентрации парниковых газов в атмосфере при значительной межмодельной изменчивости.

Для построения климатических сценариев для территории Узбекистана в работах [5-7] были использованы выходные результаты МОЦАО для условий средней чувствительности климата к повышению концентрации парниковых газов в атмосфере в соответствии со сценариями выбросов A2, A1, B2 и B1 с учетом



смягчающего влияния сульфатных аэрозолей. Одним из критериев выбора оптимальных моделей может служить оценка способности модели воспроизводить климат базового периода. Для этой цели сопоставляют результаты расчетов по различным моделям с реальным климатом в узлах общей широтно-долготной сетки [3, 6]. Анализ результатов таких сравнений показывает, что одни модели в отдельные сезоны лучше воспроизводят поле температуры, другие – поле осадков.

В работе [3] показано, что для Средней Азии МОЦАО более реально воспроизводят температурный режим равнинной территории. Начиная с предгорий и в условиях сложного горного рельефа, в модельных данных отмечаются более значительные отклонения от реальных данных, обусловленные влиянием рельефа и подстилающей поверхности. Неопределенность модельных оценок осадков очень велика в районах с большой естественной изменчивостью осадков, то есть по равнинной территории, особенно в теплое время года.

Последний вывод вполне согласуется со статистической структурой полей осадков в бассейне Аральского моря. Коэффициенты вариации осадков максимальны по равнинной части бассейна, характеризующейся большим дефицитом увлажнения в теплое время года, и уменьшаются в более увлажненной области формирования стока рек, то есть по горной территории. Проведенный анализ показал, что невозможно выбрать одну единственную модель общей циркуляции, наилучшим образом описывающую климат Узбекистана и прилегающей горной территории.

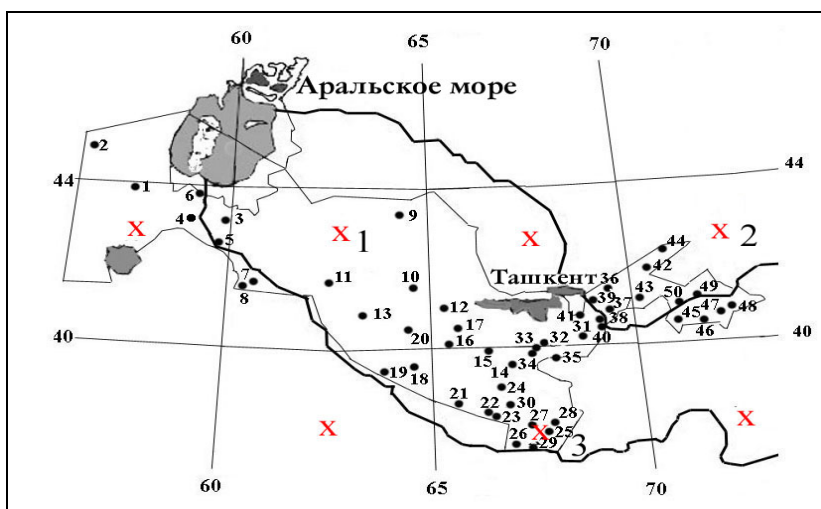


Рис. 1.8. Расположение узлов сетки  $5 \times 5^\circ$  и 50 опорных климатических станций Узбекистана.

В работе [6] проведено сравнение выходных результатов МОЦАО для рассматриваемой территории. Была использована система MAGICC/SCENGEN, версия 2.3. Поскольку для территории Средней Азии с использованием SCENGEN возможно получить выходные результаты моделей разрешением  $5 \times 5^\circ$ , были рассмотрены отдельные районы размером  $5^\circ$  по широте и  $5^\circ$  по долготе. На рис. 1.8 приводится расположение узлов регулярной сетки, в которых имеются выходные результаты МОЦАО, и расположение 50 опорных климатических станций Узбекистана.

Для сравнения выходных результатов моделей с наблюдаемыми климатическими тенденция-

ми были выбраны из базы данных аномалии температуры воздуха и осадков для центральных точек двух районов (с координатами  $40-45^\circ$  с.ш.,  $60-65^\circ$  в.д. и  $35-40^\circ$  с.ш.,  $65-70^\circ$  в.д.) к 2000 году (самый ранний возможный сценарий, характеризующий период 1986-2015 годов) и рассчитаны фактические отклонения от базовой нормы за период 1991-2000 годов, осредненные в масштабе сетки  $5 \times 5^\circ$ , которые являются наблюдаемыми климатическими тенденциями.

Знак наблюдаемых и рассчитанных климатических тенденций совпадает, однако по величине аномалий наблюдаются вариации по сезонам года. Например, весной наблюдаемые аномалии были значительно ниже, чем ожидаемые по сценарию значения, причем величины аномалий значительно варьируют в зависимости от района. При осреднении сезонных аномалий случайные флуктуации сглаживаются, поэтому отмечается хорошее согласование модельных оценок с фактическими аномалиями, осредненными за год.

Такого же согласования сценариев осадков с наблюдаемыми климатическими тенденциями не отмечено вследствие высокой пространственной и временной изменчивости осадков в Узбекистане.

Анализ полученных сценариев на самый ранний период, для которого имеется информация в базе данных, для двух районов Узбекистана и их сравнение с наблюдаемыми климатическими тенденциями показывают, что отдать предпочтение какой-либо модели трудно, однако можно сделать определенный вывод: практически все модели хорошо описывают наблюдаемые аномалии температуры воздуха (предсказан знак аномалии во всех сезонах). Для осадков характерна более высокая изменчивость фактических тенденций, чем ожидаемых по сценариям величин.

Существует высокая пространственная и временная изменчивость осадков, поэтому значимость модельных оценок осадков ниже, чем для температуры [14, 22]. Сравнение наблюдаемых тенденций и сценариев осадков за отдельные сезоны года по территории Узбекистана также показывает существенные отклонения, что связано с большой пространственно-временной изменчивостью осадков.

Вывод, который можно сделать, состоит в следующем: результаты, полученные по различным моделям на ближайшую перспективу, хорошо согласованы. Межмодельная изменчивость полученных оценок изменения климата очень низкая, что указывает на одинаковое качество современных глобальных климатических

моделей. Однако, опираясь на данные отчетов МГЭИК [12-14] и проведенный анализ, в работе [6] были выбраны следующие критерии для выбора оптимальных результатов МОЦАО; а именно, необходимо:

- использовать последние, доступные на настоящий момент, выходные результаты МОЦАО, получившие одобрение МГЭИК;
- использовать данные, полученные по наиболее развитым МОЦАО в переходном состоянии, имеющие примерно одинаковое число уровней в атмосфере и океане;
- учитывать смягчающее влияние стратосферных сульфатных аэрозолей, так как согласно [22] регион Средней Азии находится в области их максимального влияния.

В работе [6] приводятся сценарии изменения климата в узлах сетки  $5 \times 5^\circ$ , выбранные из базы данных SCENGEN на период 2006-2035 годов по шести моделям, отвечающим вышеперечисленным критериям, по точкам, которые попадают на территорию Узбекистана и прилегающую горную территорию, для температуры воздуха (рис. 1.9) в соответствии со сценарием эмиссии B2. Все модели показывают согласованные результаты, а наибольшая межмодельная изменчивость отмечается в зимний период года: диапазон ожидаемых изменений колеблется в отдельные месяцы от 0,4 до  $1,8^\circ\text{C}$  (рис. 1.9).

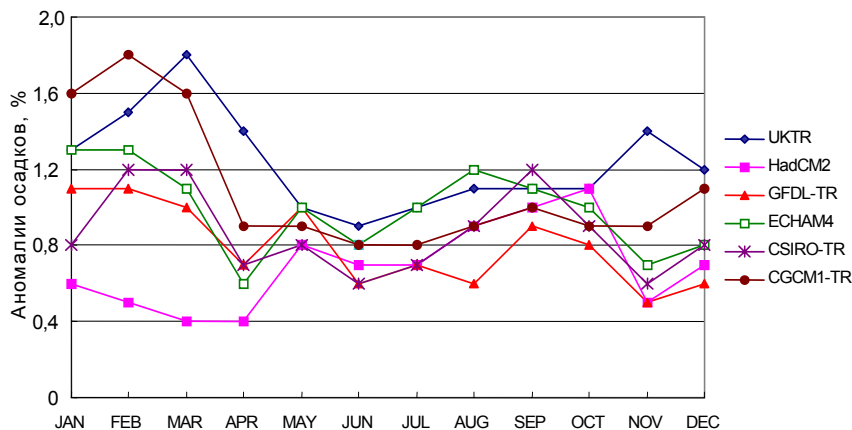


Рис. 1.9. Ожидаемые по различным моделям изменения месячных сумм осадков (отклонения в % от базовой нормы 1961-1990 годы) на период 2006-2035 годов для района с координатами  $40-45^\circ$  ш.,  $60-65^\circ$  в. д. (равнинная территория Узбекистана).

**Климатические сценарии для территории Узбекистана.** Выбор моделей определялся наличием опубликованных данных анализа результатов моделирования по регионам мира [13], рекомендациями по выбору моделей при построении сценариев для оценки воздействий изменения климата [20].

Возможный диапазон изменений среднегодовой температуры воздуха по равнинной территории Узбекистана при разной чувствительности климата к повышению концентрации диоксида углерода в атмосфере (high, middle, low) в соответствии с различными сценариями эмиссии представлен на рис. 1.10.

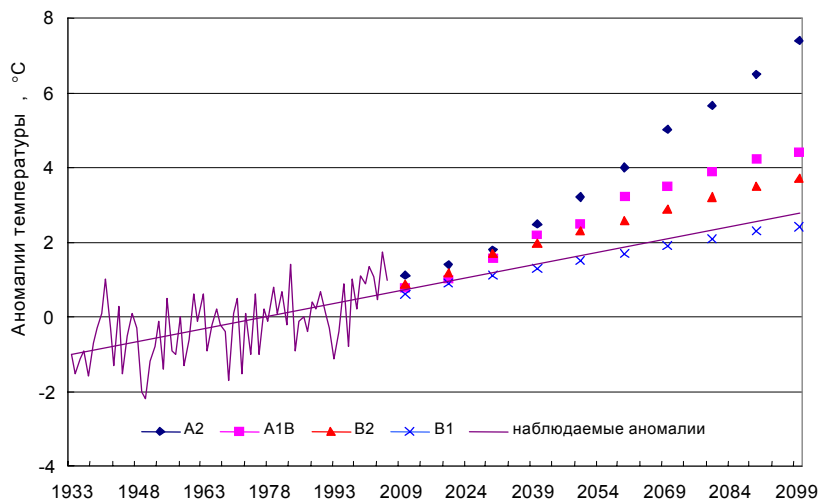


Рис. 1.10. Наблюдаемые и ожидаемые изменения среднегодовой температуры воздуха по равнинной территории Узбекистана в соответствии с различными сценариями эмиссии (A2, A1B, B2, B1) и чувствительности (высокой (high), средней (mid) и низкой (low)) климата к увеличению концентрации парниковых газов в атмосфере (осреднение по шести моделям).

Таким образом, с целью уменьшения неопределенности при построении региональных климатических сценариев была выбрана **средняя чувствительность климата** к повышению концентрации парниковых газов в атмосфере и **проведено осреднение выходных результатов шести моделей** общей циркуляции атмосферы и океана (CGCM1-TR, ECHAM4, HadCM3, CCSR-NIES, GFDL-TR, CSIRO-TR) в узлах сетки  $5 \times 5^\circ$ . Расчеты выполнены для трех временных периодов: 2016-2045, 2036-2065, 2066-2095 годы, которые будут характеризовать **изменения к 2030, 2050 и 2080 годам**.

Анализ полученных сценариев изменения температуры воздуха в узлах сетки для различных сезонов года показывает равномерное повышение температур в соответствии с увеличением концентрации парниковых газов, задаваемой сценарием эмиссии. Осредненные величины ожидаемого изменения температуры воздуха по сезонам в соответствии со сценариями эмиссии представлены на рис. 1.11.

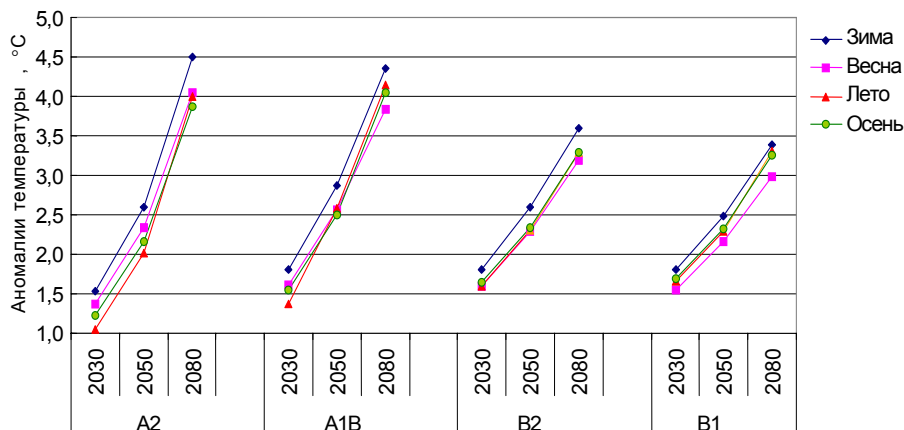


Рис. 1.11. Ожидаемые изменения средней за сезон температуры воздуха по равнинной территории Узбекистана в различные периоды в соответствии со сценариями эмиссии A2, A1B, B2, B1.

При рассмотрении ожидаемых изменений осадков следует отметить вариации их по периодам, сезонам года и сценариям эмиссии. Ожидаемые изменения представлены на рис. 1.12. В соответствии со всеми сценариями эмиссии в зимние месяцы ожидается увеличение осадков (на 10-20%).

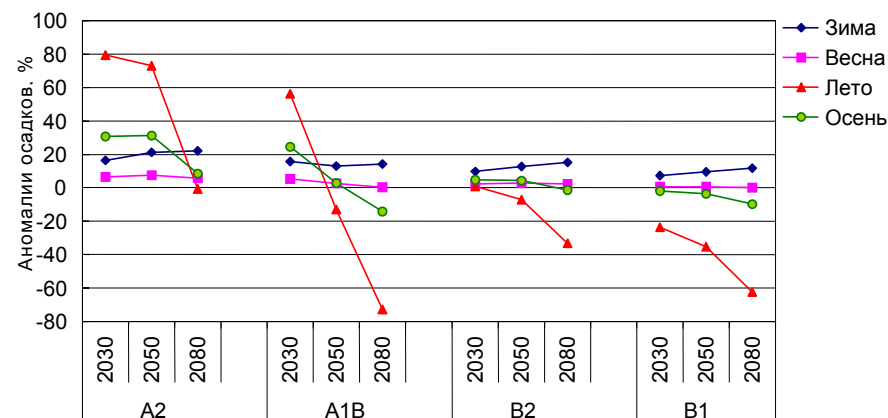


Рис. 1.12. Ожидаемые изменения сезонных осадков по равнинной территории Узбекистана в различные периоды в соответствии со сценариями эмиссии A2, A1B, B2, B1.

### Детализация сценариев по территории Узбекистана

В работе [4] для детализации региональных климатических сценариев по территории Узбекистана использован метод статистической интерпретации, основанный на концепции «идеального прогноза» с применением пошаговой множественной линейной регрессии. Исходной информацией для оценки климатических изменений по Узбекистану и прилегающей горной территории были данные наблюдений месячного разрешения с 1940 года по 50 станциям Узбекистана и отдельным станциям прилегающей горной территории.

В качестве предикторов в методе статистической интерпретации используются архивы аномалий климатических параметров месячного разрешения в узлах сетки. Предиктантами являются фактические данные климатических параметров по станциям Узбекистана и прилегающей горной территории.

Методика статистической интерпретации включает:

- создание архива в узлах заданной сетки по данным наблюдений (осредненных по большой территории аномалий, которые считаются идеальными прогнозами выбранных МОЦАО), для температуры используется формула (1.1), для осадков – формула (1.2):

$$\Delta T_m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (T_i - T_{cp}) \quad (1.1), \quad R_m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left( \frac{100R_i}{R_{cp}} \right) \quad (1.2);$$

- построение уравнений связей между осредненными аномалиями и данными по станциям;
- использование построенных уравнений для расчета сценарных значений элемента по станциям, используя в качестве предикторов выходные результаты моделей в узлах сетки.



Такие уравнения были построены для всех имеющихся станций. Для значения исследуемой климатической характеристики по каждой станции вектором-предиктором является поле выходных значений модели в узлах регулярной сетки.

В работе [7] построение сценариев на перспективу выполнено в соответствии с четырьмя сценариями эмиссии (A1B, B1, A2, B2), средней чувствительности моделей к повышению концентрации парниковых газов в атмосфере. Рассчитанные величины представляют собой 30-летние средние значения (сценарии к 2030, 2050 и 2080 годам). В качестве иллюстрации расчетов по методике представлено распределение по территории Узбекистана современных базовых (1961-1990 годы) норм среднегодовой температуры воздуха и их изменение к 2030, 2050 и 2080 годам в соответствии со сценарием эмиссии A2 и учетом влияния сульфатных аэрозолей (статистическая интерпретация осредненных по шести моделям выходных результатов в узлах сетки) (рис. 1.13). Анализ показывает, что если в современный период по большей части территории республики среднегодовая температура не превышает +15°C, то в соответствии со сценарием возникает ряд новых градиций, а среднегодовая температура на юге республики может достигнуть +22°C.

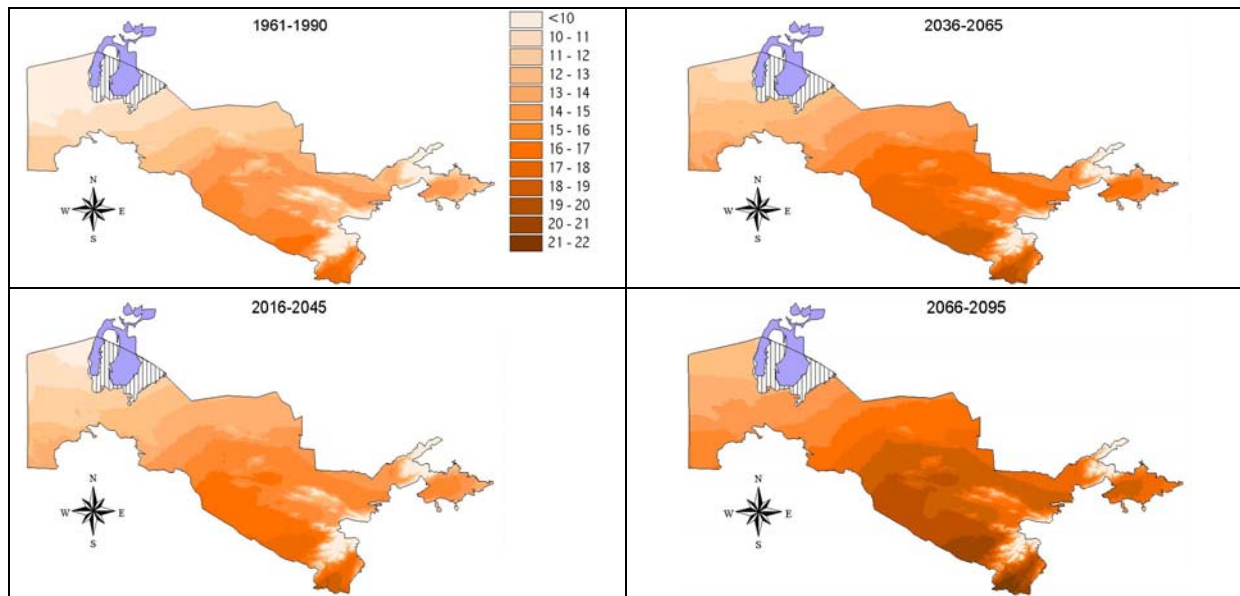


Рис. 1.13. Современная базовая норма (1961-1990 годы) среднегодовой температуры воздуха ( $T$ , °C) и ее ожидаемое значение к 2030, 2050 и 2080 годам в соответствии со сценарием эмиссии A2 и учетом влияния сульфатных аэрозолей (статистическая интерпретация осредненных по шести моделям).

С применением методики статистической интерпретации построены сценарии изменений месячных сумм осадков. На рис. 1.14-1.15 приводятся полученные результаты в графическом виде для отдельных станций Узбекистана.

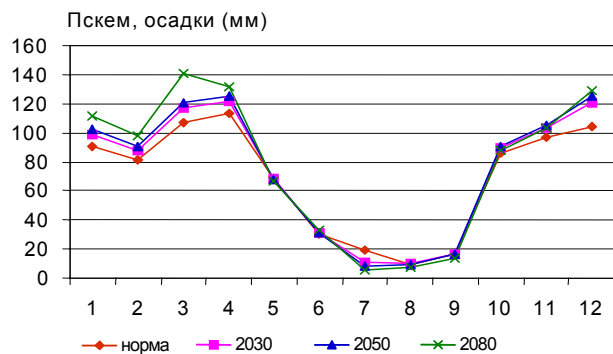


Рис. 1.14. Современные нормы месячных сумм осадков и ожидаемые значения к 2030, 2050 и 2080 годам в соответствии со сценарием B2.

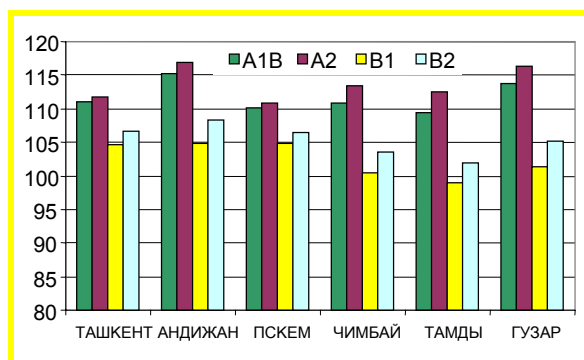


Рис. 1.15. Ожидаемые изменения годовых сумм осадков (% от нормы) к 2030 году для различных станций и сценариев.

Далее на основании статистических зависимостей между месячным количеством осадков и суточным максимумом осадков построены уравнения регрессии для вычисления суточного максимума осадков. Полученные результаты показывают некоторое увеличение суточного максимума осадков в месяцы холодного полугодия и наличие отдельных очагов увеличения и уменьшения суточного максимума осадков в месяцы теплого полугодия.

Сценарии изменений влагосодержания воздуха были построены на основе связей со среднемесячными температурами воздуха. Вычисление ожидаемых изменений влажности воздуха для условий сценариев основано на уравнениях регрессии, построенных на фактических данных. По сценариям относительная влажность воздуха практически не меняется (диапазон изменений от -5 до +5%). Ожидается увеличение упругости водяного пара практически по всем станциям и во все месяцы года при значительном диапазоне неопределенности. Более интенсивное увеличение влажности ожидается в зимние месяцы года, разброс изменений практически одинаков по всем сценариям: к 2030 году от 2 до 10%; к 2050 году от 4 до 19%. К 2080 году заметны некоторые различия: для сценария А2 возможно увеличение на 4-24%, для сценария В2 на 6-32%. Полученным оценкам соответствует большая доля неопределенности, связанная с различными локальными антропогенными воздействиями (сокращение Аральского моря, наличие ирригационных систем и орошаемых массивов, возникновение ирригационно-сбросовых озер), которые нарушают однородность рядов наблюдений за влажностью.

Второй этап статистической интерпретации предусматривает расчет экстремальных значений заданной вероятности для условий климатических сценариев с использованием теоретических функций распределения вероятностей [12]. В работе [7] приводятся карты экстремальных значений, которые могут иметь место в будущем в соответствии со сценариями.

**Примеры возможных экстремальных значений температуры воздуха.** Учитывая естественную изменчивость в различные сезоны года, для оценки возможных экстремальных значений температуры воздуха составлены карты максимальных температур воздуха для самого жаркого месяца и минимальных температур для самого холодного месяца. На рис. 1.16 представлено распределение по территории республики эмпирических квантилей 90% вероятности среднемесячной максимальной температуры воздуха для июля и ожидаемые изменения по сценарию А2 для различных временных периодов. На картах-схемах отчетливо видно расширение зоны, где, возможно, будут отмечаться экстремально высокие дневные температуры воздуха, превышающие 40-42°C. Если в настоящее время такой температурный режим характерен для отдельных пустынных районов, то в условиях потепления климата эта зона охватит значительную часть территории, соответственно увеличится и вероятность формирования очень высоких ночных (минимальных) температур воздуха. Данный пример показывает необходимость учета изменения максимальных и минимальных температур воздуха по территории Узбекистана для оценки воздействий изменения климата на здоровье населения, продуктивности сельскохозяйственных животных, посевов и естественных пастбищ.

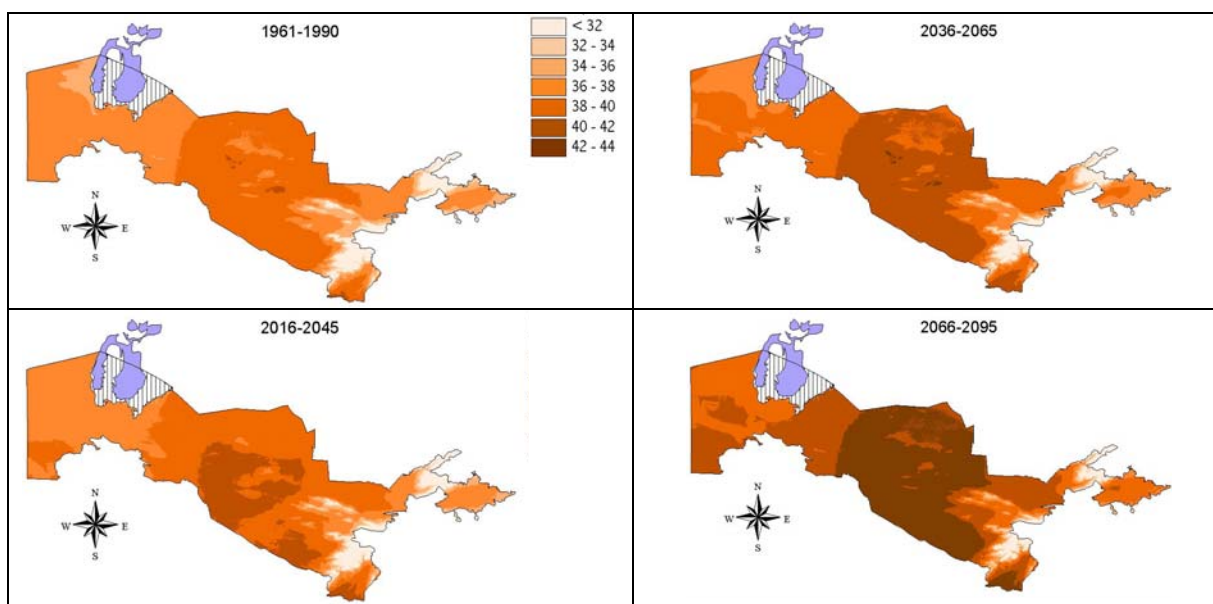


Рис. 1.16. Эмпирический квантиль 90% вероятности максимальной температуры воздуха, характеризующий базовый период (1961-1990 годы), и рассчитанные значения для условий климатического сценария А2 по территории Узбекистана в различные временные периоды (июль).

Особенностью климата Узбекистана является большая годовая амплитуда температур воздуха. Как в настоящее время, так и в условиях потепления в северной и центральной частях республики сохранится вероятность очень низких минимальных (ночных) температур воздуха. Это является следствием высокой естественной изменчивости температуры зимой в данной части республики. К зоне с максимальной климатической изменчивостью относится северная и центральная части пустыни Кызылкум, где и в условиях потепления возможно появление значительных отрицательных аномалий. По остальной части республики в условиях потепления возможные отрицательные аномалии будут значительно меньше, особенно в Ферганской долине и долинах рек Кашкадарья и Сурхандарья.

**Примеры возможных экстремальных значений осадков.** На рис. 1.17 представлены эмпирические квантили 10% вероятности (обеспеченность осадков 90%) и оценка их изменений для сценария А2. Анализ показывает, что между эмпирическими квантилями и значениями, вычисленными для условий климатического сценария, в территориальном распределении различий мало. Для зоны предгорий и гор локализация градаций возможных экстремально низких сумм осадков сохраняется. Очевидно, что для условий Узбекистана ожидаемое увеличение годовых сумм осадков на 5-15% хоть и является положительным фактором, но существенно изменить ситуацию с увлажнением территории республики не может, поскольку величины ожидаемого увеличения осадков находятся внутри естественной изменчивости. При реализации сценария А2 практически по всей территории Узбекистана, включая горную зону, могут наблюдаться экстремально низкие годовые суммы осадков. Увеличение осадков практически не оказывает влияния на вероятность появления экстремального дефицита осадков по равнинной территории Узбекистана (зона пустынных пастбищ). Данная зона, как в настоящее время, так и в условиях сценария, остается зоной риска из-за климатической изменчивости увлажнения. К зоне риска в настоящее время относится и зона богарного земледелия, что сохранится и в будущем.

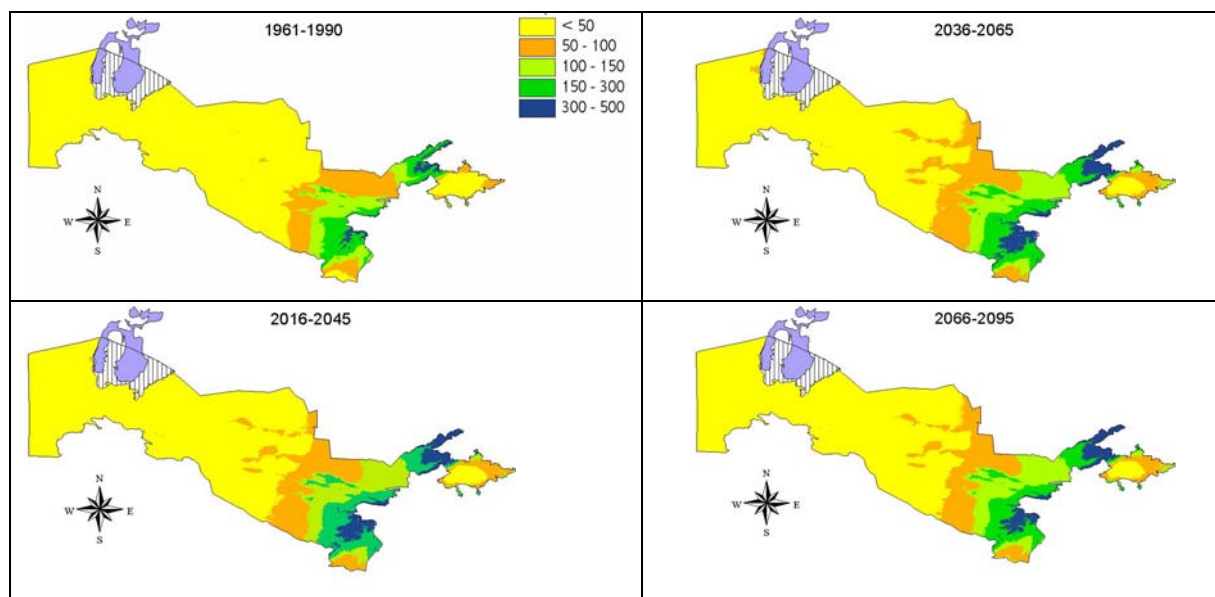


Рис. 1.17. Эмпирический квантиль 10% вероятности годовых сумм осадков, характеризующий базовый период (1961-1990 годы), и рассчитанные значения для условий климатического сценария А2 по территории Узбекистана в различные временные периоды.

Таким образом, разработаны климатические сценарии и создана база данных, которая является информационной основой для проведения оценки воздействий изменения климата на водные ресурсы и сельское хозяйство.

В работе [8] анализируются построенные сценарии в сравнении с естественной изменчивостью температуры воздуха и осадков по территории Узбекистана. Было показано, что естественная изменчивость осадков значительно превышает ожидаемые по всем сценариям изменения. Диапазон ожидаемого повышения температур воздуха позволяет объединить сценарии. Для проведения оценки воздействий изменения климата и разработки мер адаптации предложено использовать региональные климатические сценарии, построенные в соответствии со сценариями эмиссии А2 (неблагоприятный) и В2 (умеренный), причем на перспективу до 2050 года различия в ожидаемых изменениях температуры воздуха будут невелики.

Результаты расчетов специализированных климатических показателей, полезных для различных отраслей хозяйства, приводятся в разделах 3.2 и 4.1.

#### 1.4. Тенденции изменений термического режима, влажности воздуха, осадков

**Методика оценки значимости происходящих изменений.** Изменения климата можно констатировать только при значимых изменениях средних значений или дисперсией. В настоящее время для вычисления средних значений ВМО рекомендован интервал в 30 лет. В работе [8] были оценены средние значения и дисперсии для двух временных периодов (1943-1972 и 1973-2002 годы) по территории Узбекистана. Исходной информацией для этого были данные месячного разрешения. Сравнение вычисленных характеристик проводилось путем вычисления соответствующих статистических критериев. Для оценки значимости изменений средних значений использован *t*-критерий Стьюдента, для оценки значимости изменений дисперсий *F*-критерий Фишера. Подобные оценки по температуре и осадкам для сравнения изменений с 1931-1960 по 1961-1990 годы были опубликованы в работе [4].

Статистические критерии для оценки вычислялись согласно [1, 2], в качестве критического был выбран уровень значимости 0,05. В результате были получены данные, которые в процентном отношении показывают число станций Узбекистана, фиксирующих статистически значимые изменения средних значений и дисперсий.

В качестве критерия оценки значимости линейных трендов выбрано "отношение тренда к шуму" [7], которое вычисляется как отношение трендового приращения к стандартному отклонению ( $\sigma$ ):

$$\Delta Tr/\sigma = (Tr(t_n) - Tr(t_1))/\sigma, \quad (1.3)$$

где  $Tr(t_n)$  и  $Tr(t_1)$  – величины трендов, вычисленные по уравнению линейной регрессии в моменты времени  $t_1$  и  $t_n$ . В работе [7] также проведено сравнение этого критерия с непараметрическим критерием оценки тренда Манна-Кендела (табл. 1.8).

Таблица 1.8

Уровни значимости ( $CL$ ) и вероятность ошибки ( $\alpha$ ) для различных значений отношения  $\Delta Tr/\sigma$  и соответствующих критериев Манна-Кендела ( $Q$ )

$\Delta Tr/\sigma$	$CL, \%$	$\alpha$	$CL, \%$	$\alpha$	$Q$
> 1	>68,3	<0,317	>80	<0,2	>1,282
> 1,5	>86,6	<0,134	>90	<0,1	>1,645
> 2	>95,4	<0,046	>95	<0,05	>1,960
> 3	>99,7	<0,003	>99	<0,001	>2,576

Простой критерий  $\Delta Tr/\sigma$  наглядно показывает величину произошедших изменений с учетом естественной изменчивости и позволяет сравнивать климатические изменения в различных климатических районах и разных сезонах.

#### 1.4.1. Оценка изменений основных климатических характеристик

**Температура воздуха.** Проведенный анализ [8] сравнения средних значений среднемесячных температур воздуха с привлечением  $t$ -критерия для двух вышеуказанных 30-летних периодов указывает на большое число значимых изменений в сторону потепления. Наиболее значимое потепление по территории Узбекистана отмечено в теплый период года (апрель, июнь, июль и август). Помимо месяцев теплого полугодия, существенный вклад в наблюдаемое потепление вносят декабрь и ноябрь. Статистически значимое повышение средних значений отмечено на 50% станций в апреле, 74% – в июне, 58% – в июле, 32% – в августе, 26% – в сентябре. Значимого понижения средних не отмечается.

При сравнении дисперсий среднемесячных температур отмечено как значимое их увеличение, так и уменьшение в различные месяцы года. Например, на большинстве станций (64 и 52%) в феврале и марте отмечено значимое уменьшение дисперсий на уровне значимости 0,05, а в апреле, августе и октябре на трети станций отмечено значимое увеличение.

Более сильные тенденции к повышению прослеживаются в режиме минимальных температур воздуха. На большинстве станций минимальные температуры повысились значимо на уровне значимости 0,05 в апреле (60%), июне (78%), июле (74%), августе (64%) и сентябре (56%). Достаточно большое число станций фиксирует значимое повышение минимальных температур воздуха в октябре-декабре (от 12 до 40%). Сравнение рассчитанных дисперсий показало наличие их значимого увеличения или уменьшения на части станций в различные месяцы. Например, на 40% станций в сентябре отмечено значимое увеличение, а на 60% станций в феврале – значимое уменьшение.

Менее значимые тенденции к повышению прослеживаются в режиме максимальных температур. Значимое повышение средних значений максимальных температур воздуха отмечается только в теплое полугодие, при этом значимое увеличение или значимое уменьшение дисперсий отмечается в различные сезоны и месяцы года. Средние значения абсолютного месячного максимума имеют тенденцию к повышению, аналогичную среднему максимуму температуры воздуха. Значимые изменения дисперсий абсолютного месячного максимума отмечены на части станций (6-18%) как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения.

**Оценка значимости трендов.** В качестве критерия оценки значимости линейных трендов выбрано "отношение тренда к шуму", которое вычисляется как отношение трендового приращения к стандартному отклонению (формула 1.3). Этот критерий позволяет оценить изменение климатических характеристик по отношению к естественной изменчивости и делает возможным объективное сравнение величин изменения климатических характеристик по территории и сезонам года. Анализ долговременных изменений климата по территории Узбекистана проводился на базе данных сезонного разрешения, осредненных по районам. Территория Узбекистана была разделена на четыре района: северная, центральная и южная части республики и предгорье, включая Ферганскую долину. Отдельно рассмотрены две горные станции: Пскем, характеризующая горные отроги на севере Узбекистана (Западный Тянь-Шань) и Минчукур, характеризующая горные отроги на юге Узбекистана (Гиссаро-Алай).



На рис. 1.18 представлены графики изменений средних за сезон минимальных температур воздуха по различным районам Узбекистана. Следует отметить устойчивые тенденции к повышению сезонных минимальных температур воздуха и высокую синхронность колебаний по всей территории республики. Анализ данных, представленных на рис. 1.18, показывает, что наибольшие величины повышения минимальных температур наблюдаются летом и осенью. На станциях, расположенных в предгорьях, тенденции к потеплению ниже, чем на равнинной территории, а в горах практически отсутствуют, за исключением осеннего сезона.

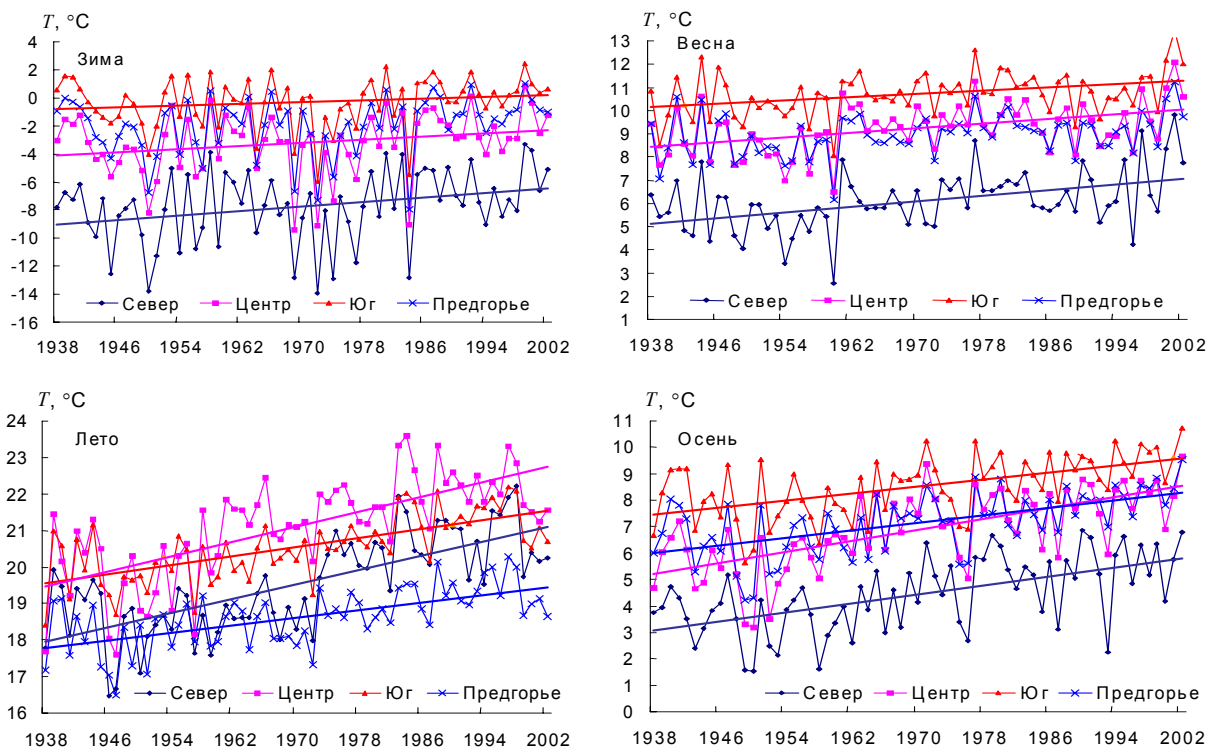


Рис. 1.18. Изменение средних за сезон минимальных температур воздуха по различным районам Узбекистана.

Для оценки величин трендов в различных частях территории республики рассмотрим рассчитанные величины  $\Delta T_r/\sigma$ , которые представлены в табл. 1.9.

Таблица 1.9

Отношение трендового приращения температур воздуха к стандартному отклонению ( $\Delta T_r/\sigma$ ) в различных районах Узбекистана (1938-2002 годы)

Характеристики	Сезон	Районы Узбекистана					
		Север	Центр	Юг	Предгорье	Горы	
						Пскем	Минчукур
$T_{min}$	зима	0,97	0,77	0,51	0,85	0,03	0,02
	весна	1,46	1,38	1,31	1,16	0,08	0,10
	лето	2,45	2,25	2,60	1,95	0,31	0,18
	осень	1,86	2,23	2,17	1,72	1,50	1,42
$T_{max}$	зима	0,13	0,08	0,14	0,13	0,27	0,51
	весна	0,53	0,41	0,35	0,34	0,29	0,23
	лето	0,38	0,42	0,22	0,31	0,07	0,00
	осень	0,72	0,54	0,72	0,60	0,97	1,03

В зимний период величины повышения минимальных температур по всей территории не выходят за пределы естественной изменчивости, а по горной территории практически отсутствуют. Только в северной части республики наблюдаемое повышение минимальных температур близко к величине стандартного отклонения (отношение трендового приращения к стандартному отклонению составляет 0,97). В весенний период величины повышения минимальных температур превышают естественную изменчивость практически по всей территории в 1,16-1,46 раза. Исключение составляет горная территория, где тренды к потеплению практически отсутствуют.

В летний период года наблюдаемое повышение минимальных температур по всей равнинной территории превышает естественную изменчивость в 2,25-2,60 раза (табл. 1.9), а в горах наблюдается незначительное повышение. Только осенью по всей территории республики, включая горные районы, величины повышения минимальных температур превышают естественную изменчивость, а по центральным и южным районам – более чем в 2 раза.

Повышение максимальных температур происходит в 2-3 раза медленнее по всей равнинной и предгорной территории Узбекистана. Только на горных станциях в осенний сезон отмечено повышение максимальных температур, которое превышает естественную изменчивость (табл. 1.9). Анализ изменений среднесезонных максимальных температур воздуха показывает высокую синхронность межгодовых колебаний и трендовых изменений по всей территории Узбекистана (рис. 1.19).

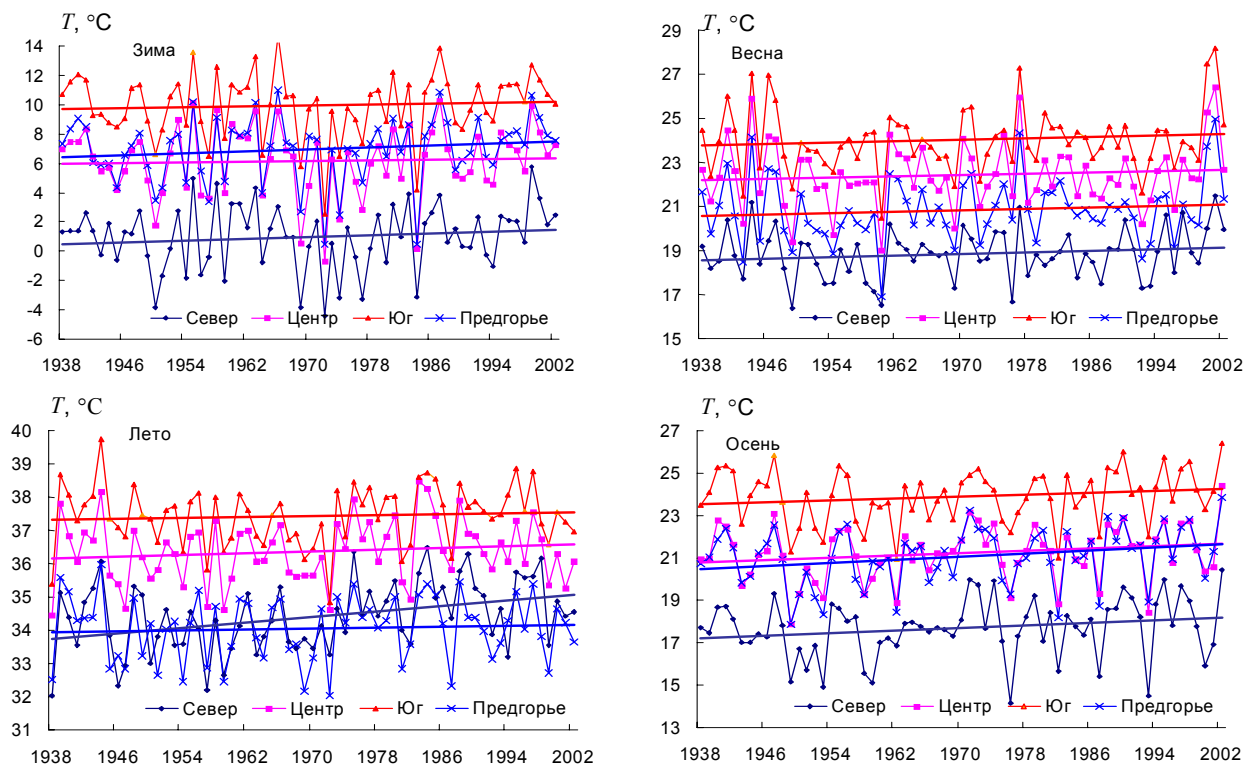


Рис. 1.19. Изменение средних за сезон максимальных температур воздуха по различным районам Узбекистана.

Таким образом, проведенный анализ осредненных по территории сезонных температур показывает, что практически по всей территории республики наблюдается потепление во все сезоны года: рассчитанные величины  $\Delta T_r/\sigma$  оказались положительными, менее значимыми по горным станциям. Потепление происходит за счет интенсивного повышения ночных температур, что подтверждает вывод о том, что главный фактор наблюдаемого потепления – усиление парникового эффекта.

На фоне наблюдаемого потепления в отдельных районах Узбекистана наблюдаются разнонаправленные локальные климатические тенденции, которые можно охарактеризовать, рассматривая отдельные станции и отдельные месяцы года.

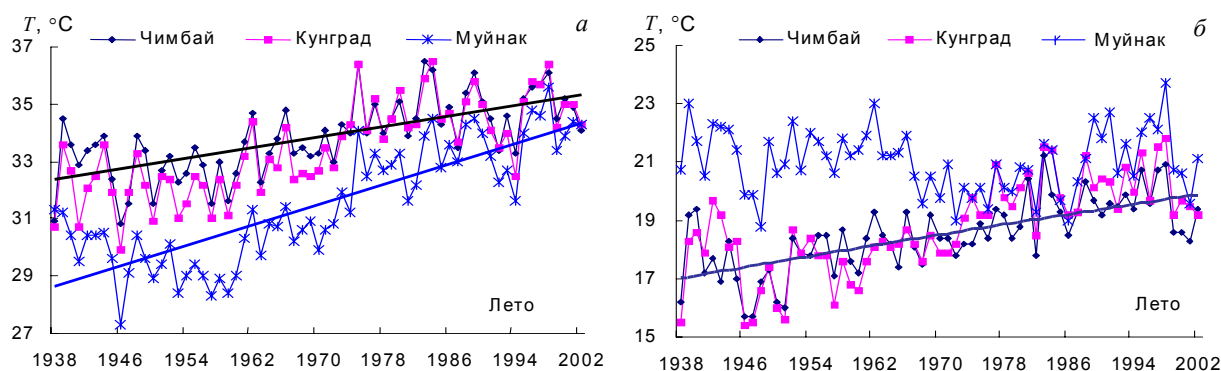


Рис. 1.20. Изменение средней максимальной (а) и минимальной (б) температур воздуха за июнь-август по станциям Приаралья.

Например, в Приаралье происходит очень сильное локальное антропогенное воздействие на климат вследствие сокращения акватории Аральского моря. По данным наблюдений четко прослеживается искажение температурного режима на близлежащих к морю станциях. Наибольшее искажение прослеживается на станции Муйнак, бывшей прибрежной станции, как в режиме минимальных, так и в режиме максимальных

температур. Дополнительный вклад в происходящее потепление в данном климатическом районе происходит за счет более интенсивного повышения дневных температур (рис. 1.20).

Если сокращение акватории Аральского моря усиливает тенденцию к потеплению в Приаралье, то создание и расширение орошаемых массивов понижает дневные температуры воздуха. Ярким примером такого воздействия являются тенденции к понижению максимальных температур воздуха на части станций Джизакского вилоята (рис. 1.21). На этих же станциях тенденции к повышению минимальных температур менее интенсивны, чем в среднем по территории.

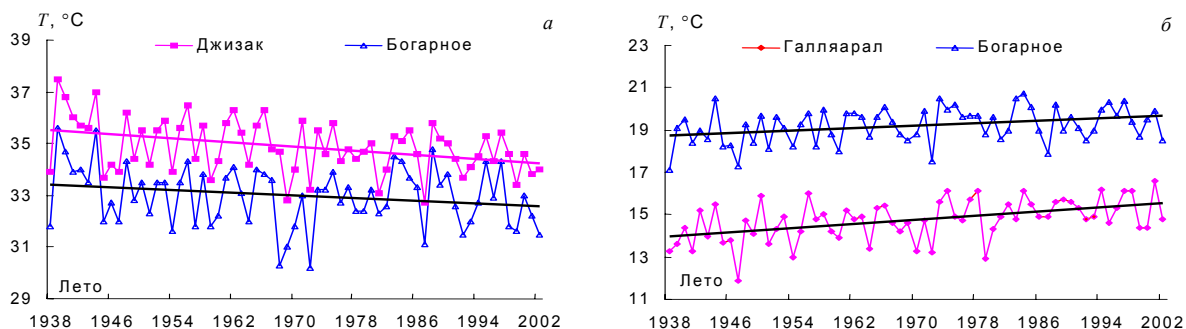


Рис. 1.21. Изменение средней максимальной (а) и минимальной (б) температур воздуха за июнь-август по станциям Джизакского вилоята.

Рассмотрим изменение средних температур по различным сезонам года и в целом за год по станциям Ташкентского климатического района, который находится в предгорьях Западного Тянь-Шаня.

В этом районе интенсивно развивается орошаемое земледелие, поэтому в рядах наблюдений прослеживаются локальные антропогенные воздействия на климат. Следует отметить, что станция Ташкент всегда находилась в зоне культурного оазиса, при этом она является одной из немногих станций, метеорологическая площадка которой не переносилась в течение всего периода инструментальных наблюдений. В то же время Ташкент является самым крупным городом в Средней Азии (более 2,2 млн. чел.) и интенсивно развивается. Из литературных источников [3] известно, что увеличение числа жителей города приводит к потеплению воздушной среды города. Дополнительными источниками тепла в городе являются промышленные объекты, большие массивы зданий, аккумулирующих тепло, асфальтовые и бетонные покрытия и др. В результате этого формируется микроклимат города, отличный от окружающих территорий.

Средняя температура воздуха в Ташкенте выше, чем на близлежащих станциях Каунчи, Сырдарья и др., особенно в холодный период года (рис. 1.22).

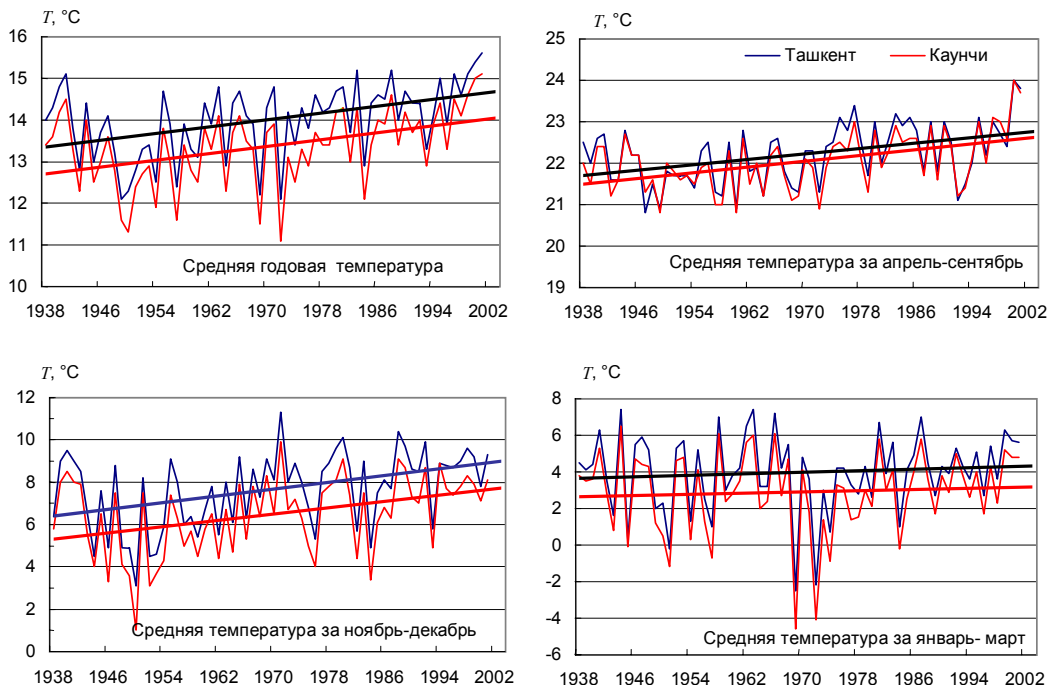


Рис. 1.22. Изменение средних температур за различные периоды года и выделенные тренды (станции Ташкент и Каунчи).

В теплый период года эти различия сглаживаются, поскольку хорошо озелененный Ташкент по своим условиям приближен к условиям пригородов и всей зоны оазиса. Сравнение трендов внутри Ташкентского

района (табл. 1.10) показывает, что максимальное потепление в апреле-сентябре отмечено на станции Сырдарья, минимальное на станции Дальверзин, которая находится ближе к горам и подвержена влиянию иных мезомасштабных климатообразующих факторов, в частности циркуляции Ферганской долины [3].

Таблица 1.10

Отношение трендового приращения температур воздуха к стандартному отклонению ( $\Delta Tr/\sigma$ ) на станциях Ташкентского климатического района Узбекистана (1938-2002 годы)

Станция	Апрель-сентябрь	Ноябрь-декабрь	Год
Ташкент	1,38	1,36	1,51
Каунчи	1,54	1,51	1,54
Сырдарья	1,79	1,42	1,71
Дальверзин	0,82	1,02	0,91

Скорость потепления в холодные месяцы года в г. Ташкенте практически совпадает с потеплением на станциях, расположенных в сельской местности, то есть вклад урбанизации в скорость потепления, фиксируемого в Ташкенте за рассматриваемый период, практически не изменился. Темпы потепления в теплом полугодии в Ташкенте сравнимы с темпами потепления на большинстве других станций района, что можно объяснить сохранением условий наблюдений на станции Ташкент. Таким образом, станция Ташкент в рассматриваемый период лет также может использоваться для мониторинга проявления глобального потепления.

**Влажность воздуха.** Влажность воздуха, прежде всего, зависит от того, сколько водяного пара поступает в атмосферу путем испарения и адвекции воздушных масс, которая, в свою очередь, зависит от атмосферной циркуляции, а также связано с температурным режимом.

Для оценки изменений влажности воздуха по территории Узбекистана были рассмотрены: парциальное давление водяного пара  $e$  – основная и наиболее часто используемая характеристика влажности; относительная и абсолютная влажность (вычисленная согласно [6]). Изменения вышеперечисленных параметров влажности воздуха были оценены по территории Узбекистана. Проведенный анализ выявил тенденцию увеличения влажности воздуха в последний 30-летний период при некотором увеличении дисперсии. Эта тенденция более четко прослеживается в теплый период года (табл. 1.11), при этом на отдельных станциях (менее 8%) отмечается значимое понижение относительной влажности.

Распределение изменений относительной влажности по территории определяется распределением абсолютного влагосодержания и температуры воздуха. Упругость водяного пара характеризует абсолютное влагосодержание воздуха при данной температуре, по этому параметру четко фиксируются тенденции увеличения влажности. С апреля по декабрь на многих станциях Узбекистана (от 8 до 60% всех станций) отмечено значимое на 0,05% уровне увеличение средних значений упругости водяного пара при соответствующем увеличении дисперсий (от 8 до 42% всех станций, табл. 1.11).

Таблица 1.11

Число станций (%) по территории Узбекистана, на которых отмечено значимое изменение средних значений и дисперсий среднемесячной относительной ( $f$ ) и абсолютной влажности воздуха ( $a$ ) на уровне значимости 0,05

Месяц	Средние значения				Дисперсия			
	увеличение		уменьшение		увеличение		уменьшение	
	$f$	$a$	$f$	$a$	$f$	$a$	$f$	$a$
Январь	18	8	2	–	12	8	34	–
Февраль	10	–	2	–	16	–	8	26
Март	–	–	4	–	10	10	8	–
Апрель	–	12	2	–	16	6	–	2
Май	4	18	2	2	12	12	2	8
Июнь	22	50	6	2	28	42	2	4
Июль	32	50	8	4	26	40	8	2
Август	30	42	8	4	26	36	18	2
Сентябрь	32	60	8	4	26	28	14	6
Октябрь	16	54	6	–	12	8	6	6
Ноябрь	2	48	–	–	16	10	–	–
Декабрь	8	30	2	–	6	2	10	2

Абсолютное влагосодержание увеличивается, о чем свидетельствует вышеприведенный анализ и построенные тренды вычисленной абсолютной влажности воздуха (табл. 1.12). Во всех районах Узбекистана наблюдается повышение абсолютной влажности воздуха, за исключением бывшей прибрежной зоны Аральского моря (станция Муйнак). Более интенсивное повышение абсолютной влажности происходит в южных районах республики.

Таблица 1.12

Характеристики изменений среднегодовых значений абсолютной влажности воздуха по отдельным станциям Узбекистана

Станция	Период	Трендовое приращение ( $\Delta Tr$ )	Стандартное отклонение ( $\sigma$ )	$\Delta Tr/\sigma$
Каракалпакия	1951-2002	1,00	0,49	2,01
Муйнак	1938-2002	-0,03	0,48	-0,06
Тамды	1938-2002	0,63	0,39	1,61
Навои	1938-2002	0,74	0,49	1,50
Каракуль	1938-2002	0,80	0,50	1,60
Минчукур	1951-2002	1,20	0,46	2,59
Термез	1938-2002	0,75	0,44	1,69
Ташкент	1938-2002	0,50	0,42	1,16
Пскем	1938-2002	0,40	0,30	1,34
Фергана	1938-2002	0,64	0,39	1,62

Для наглядной оценки изменения влажности воздуха были вычислены среднегодовые значения упругости водяного пара ( $E_1$  и  $E_2$ ) за два периода (1943-1972 и 1973-2002 годы) и рассчитан показатель изменения в процентах относительно базовой нормы (1961-1990 годы):  $\Delta E = ((E_2 - E_1) / E) \cdot 100$ . На рис. 1.23 представлены норма среднегодовой упругости водяного пара и значение показателя изменения.

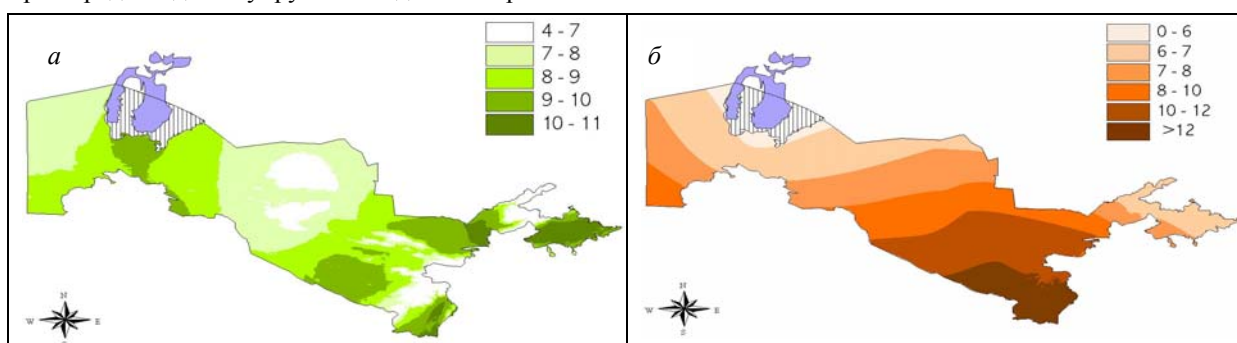


Рис. 1.23. Базовая норма (а) среднегодовой упругости водяного пара (гПа) и рассчитанное (б) изменение (% от нормы).

Увеличение относительной влажности в основном отмечается в теплый период года в зонах орошения, а также в южной части горной территории Узбекистана, что может быть следствием потепления, изменения атмосферной циркуляции и расширения орошаемых массивов в долинах Кашкадарьи и Сурхандарьи.

Анализ графиков временного хода изменений средней за сезон упругости водяного пара показывает, что, за исключением лета, ход изменений практически повторяет ход изменений температуры воздуха: периодам повышения температуры соответствуют периоды увеличения влагосодержания.

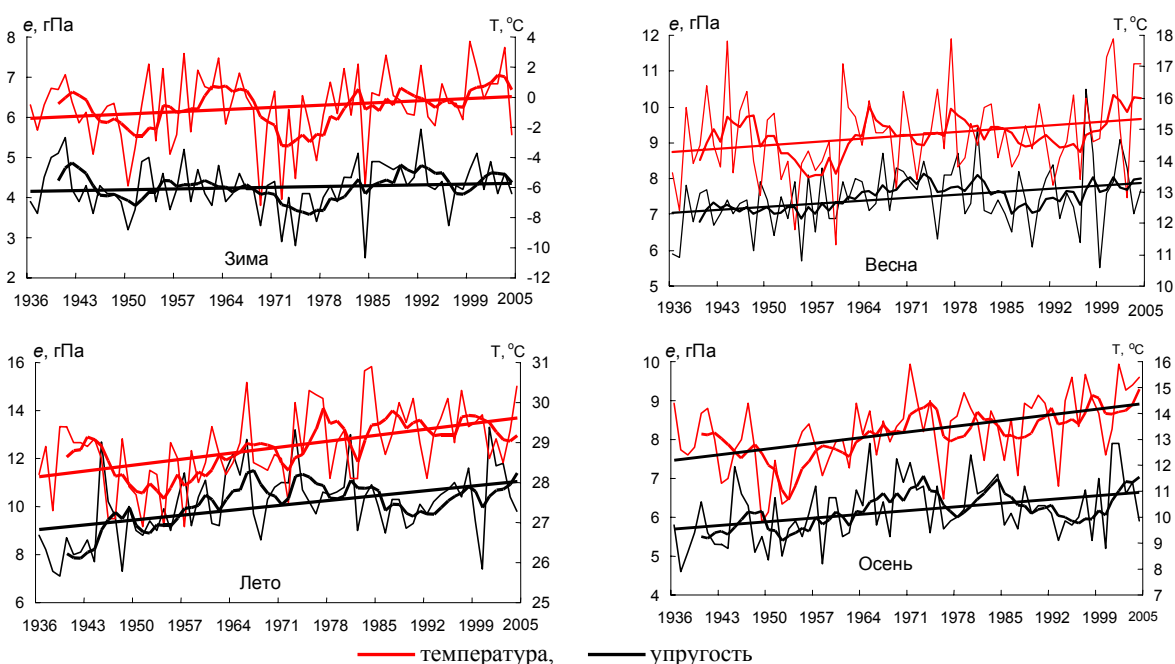


Рис. 1.24. Изменение упругости водяного пара и температуры воздуха по сезонам года и за год в целом на станции Тамды.



Например, на станции Тамды, находящейся в естественных условиях в Центральном Кызылкуме, также наблюдается увеличение упругости водяного пара и повышение температуры воздуха (рис. 1.24). Темпы повышения температуры летом и осенью более быстрые, поэтому на станции Тамды в отдельные сезоны все-таки фиксируется увеличение дефицита влажности, то есть, несмотря на увеличение абсолютного влагосодержания, аридность рассматриваемого района увеличивается за счет более интенсивного повышения температуры воздуха.

На рис. 1.25 представлено изменение температуры и упругости водяного пара в различные сезоны года на станции Муйнак, бывшей прибрежной станции. В зимний и весенний периоды фиксируется очень четкое соответствие между упругостью водяного пара и температурой воздуха – практически параллельный ход изменений. В другие сезоны года на рисунках четко прослеживается влияние сокращения акватории Аральского моря, как в ходе изменений температуры воздуха, так и в ходе изменений упругости водяного пара.

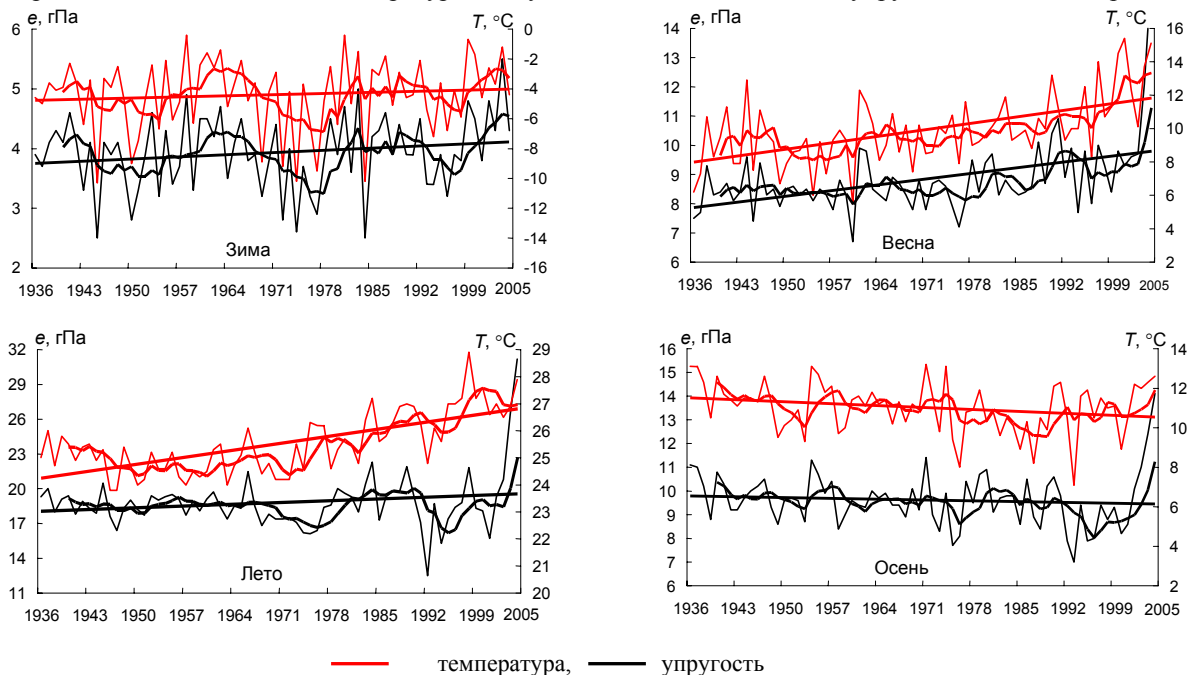


Рис. 1.25. Изменение упругости водяного пара и температуры воздуха по сезонам года на станции Муйнак.

**Осадки.** Оценка изменений месячных сумм осадков за два периода (1943-1972 и 1973-2002 годы) показывает их значимое (0,05) увеличение только для отдельных станций (2-4%), отдельных месяцев и существенное увеличение изменчивости осадков (от 6 до 56% примерно на трети станций). Следует отметить, что в один и тот же месяц на части станций фиксируется и значимое увеличение, и значимое уменьшение изменчивости осадков.

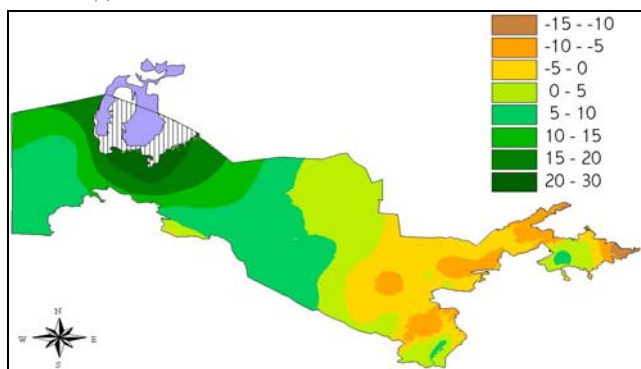


Рис. 1.26. Изменение сезонных и годовых сумм осадков (% от нормы).

Если рассматривать годовые суммы осадков, то за последнее тридцатилетие отмечено уменьшение осадков в предгорной и горной территории, хотя это изменение статистически незначимо (рис. 1.26).

Для каждого сезона года характерен разнообразный характер изменений осадков по территории за два тридцатилетних периода (% от базовой нормы, рис. 1.26). Отмечено значительное увеличение осадков в летний период года на станциях, расположенных в южной части территории Узбекистана, что согласуется с полем изменений влажности воздуха.

#### 1.4.2. Обобщенный анализ изменений сезонных и годовых климатических характеристик

**Сезонные характеристики.** Для проведения обобщенного анализа изменений за два 30-летних периода (1943-1972 и 1973-2002 годы) различных климатических характеристик с применением вышеописанной методики в работе [8] были рассчитаны статистические критерии для сезонных и годовых значений, проанализированы данные о дефиците влажности, суточном максимуме осадков, средних и максимальных скоростях ветра. Результаты оценки сезонных значений всех рассмотренных климатических характеристик представлены в табл. 1.13.

Анализ табл. 1.13 показывает, что структура потепления по сезонам года существенно различается. Значимое потепление (повышение средних значений) прослеживается летом (на 68% всех станций) и осенью (на 40% всех станций) по среднемесячной температуре воздуха.

Таблица 1.13

Число станций (%) по территории Узбекистана, на которых отмечено значимое (уровень значимости 0,05) изменение средних значений ( $t$ -критерий) и дисперсий ( $F$ -критерий) **среднесезонных** характеристик

Характеристики	Средние значения								Дисперсия							
	увеличение				уменьшение				увеличение				уменьшение			
	зима	весна	лето	осень	зима	весна	лето	осень	зима	весна	лето	осень	зима	весна	лето	осень
$T$	–	4	68	40	–	–	2	–	–	4	–	6	2	2	18	6
$T_{min}$	10	52	82	70	–	–	4	4	–	4	8	4	–	6	16	22
$T_{a min}$	4	20	72	64	–	–	–	2	–	4	6	4	20	18	10	16
$T_{max}$	–	2	48	8	–	–	–	–	–	2	–	6	2	–	4	–
$T_{a max}$	–	–	42	18	–	–	4	–	–	2	–	6	–	2	6	–
$e$	34	20	60	76	2	–	4	–	14	36	48	20	–	–	4	14
$f$	28	–	32	26	4	2	8	6	20	14	28	18	8	–	8	12
$d$	4	4	14	12	–	–	14	8	6	10	12	12	16	–	10	8
$P$	2	2	–	–	–	–	2	–	22	8	44	16	–	8	30	–
$P_{max}$	4	6	–	–	–	–	–	–	26	14	38	18	6	10	30	4
$V$	16	12	14	20	40	42	42	32	26	26	32	26	32	26	14	22
$V_{max}$	–	2	4	2	66	74	68	74	18	8	12	14	28	26	36	22

Примечание: температура воздуха ( $T$ ), минимальные ( $T_{min}$ ) и максимальные ( $T_{max}$ ) температуры воздуха, абсолютные месячные минимум ( $T_{a min}$ ) и максимум ( $T_{a max}$ ) температур воздуха, упругость водяного пара ( $e$ ), относительная влажность воздуха ( $f$ ), дефицит влажности ( $d$ ), годовая сумма осадков ( $P$ ), суточный максимум осадков ( $P_{max}$ ), средняя скорость ветра ( $V$ ), максимальная скорость ветра ( $V_{max}$ ).

Наибольший вклад в потепление вносят минимальные температуры, значимое повышение средних значений отмечено на большинстве станций весной (52%), летом (82%) и осенью (70%). По максимальным температурам значимое повышение средних значений в эти сезоны отмечает меньшее число станций (2,48 и 8%, соответственно). Значимого понижения сезонных температур практически не отмечается. Повышение температуры воздуха происходит при некотором уменьшении ее изменчивости.

Увеличение упругости водяного пара отмечено на большинстве станций летом и осенью (60 и 76%, соответственно); на трети станций во всех сезонах, кроме весеннего, отмечено повышение относительной влажности. Повышение влажности сопровождается увеличением ее изменчивости. От 14 до 48% станций отмечают значимое увеличение дисперсий во все сезоны года.

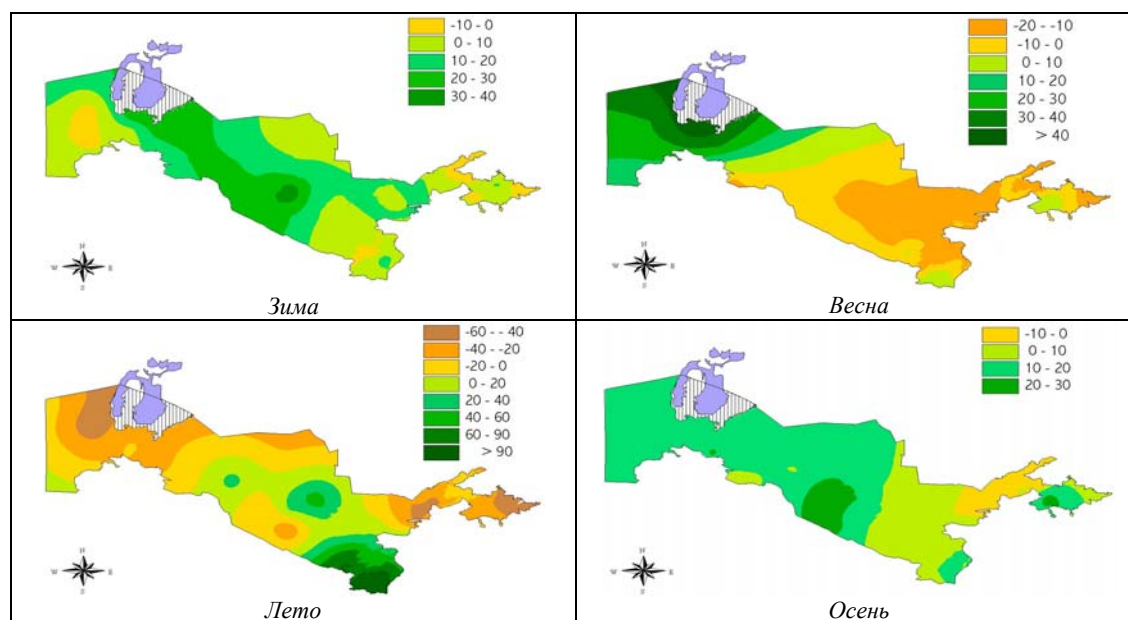


Рис. 1.27. Изменение сезонных осадков (% от нормы).

Несмотря на повышение абсолютного и относительного влагосодержания, однозначных тенденций в изменении дефицита влажности не прослеживается. На части станций (12-14%) отмечается и значимое увеличение дефицита, и значимое уменьшение.

Выявить значимые изменения сезонных сумм осадков удалось только на отдельных станциях зимой и весной. Увеличение изменчивости отмечено во все сезоны года, максимальное увеличение изменчивости осадков отмечено летом (38-44% станций), при этом на трети станций изменчивость осадков уменьшилась (рис. 1.27).

**Годовые характеристики.** Наблюдаемые тенденции более четко прослеживаются по среднегодовым значениям (табл. 1.14). Анализ изменений сезонных и годовых значений различных климатических характеристик по территории Узбекистана показал:

- наблюдается значимое повышение среднегодовых температур воздуха на 60% станций, которое происходит в основном за счет летнего и осеннего сезонов;
- значимое повышение среднегодовых минимальных температур отмечается практически по всей территории республики (80% станций), значимое повышение среднегодовых максимальных температур только на 26% станций;
- повышение температур воздуха сопровождается уменьшением ее изменчивости (до 48% станций);
- наблюдается повсеместное повышение среднегодовых значений упругости водяного пара (80% станций), при некотором повышении относительной влажности (30% станций);
- недостаток насыщения водяного пара на части станций уменьшился (22%), а на части станций увеличился (12%), что, видимо, объясняется более быстрыми темпами повышения температур воздуха, чем влажности;
- в годовых суммах осадков и в осредненном за год суточном максимуме осадков прослеживаются очень слабые тенденции к увеличению средних значений и дисперсий;
- наблюдается уменьшение среднегодовых скоростей ветра на 42% станций, а на 80% отмечено уменьшение среднегодовых значений максимальных скоростей ветра, при этом однозначных тенденции в изменении дисперсий не выявлено.

Таблица 1.14

Число станций (%) по территории Узбекистана, на которых отмечено значимое (уровень значимости 0,05) изменение средних значений (*t*-критерий) и дисперсий (*F*-критерий) **среднегодовых** характеристик

Характеристики	Среднее значение		Дисперсия	
	увеличение	уменьшение	увеличение	уменьшение
<i>T</i>	60	–	–	28
<i>T<sub>min</sub></i>	80	–	2	18
<i>T<sub>a min</sub></i>	78	2	4	24
<i>T<sub>max</sub></i>	26	–	2	48
<i>T<sub>a max</sub></i>	20	–	2	4
<i>e</i>	80	2	54	2
<i>f</i>	30	8	22	10
<i>d</i>	22	12	16	12
<i>P</i>	4	–	10	2
<i>P<sub>max</sub></i>	2	–	20	–
<i>V</i>	14	42	34	18
<i>V<sub>max</sub></i>	2	80	24	30

Таким образом, проведенный в [8] анализ изменений различных климатических характеристик по данным инструментальных наблюдений показывает наличие статистически значимых изменений климата, которые произошли в последние 60 лет на территории Узбекистана.

## Список литературы

### К предисловию и разделу 1.1

1. Леукина Г. Н., Ляпина О. А., Веремева Т. Л. Климат Узбекистана. - Ташкент: САНИГМИ, 1996. - 76 с.
2. Молоснова Т. И., Субботина О. И., Чанышева С. Г. Климатические последствия хозяйственной деятельности в зоне Аральского моря. - М.: Гидрометеоздат, 1987. - 119 с.
3. Проблема Аральского моря. - М.: Наука, 1969. - 174 с.
4. Субботина О. И., Чанышева С. Г. Климат Приаралья. - Ташкент: НИГМИ, 2006. - 172 с.
5. Чуб В. Е. Изменение климата и его влияние на природно-ресурсный потенциал Республики Узбекистан. - Ташкент: САНИГМИ, 2000. - 252 с.
6. Chub V. E. The Aral Sea crisis - Tashkent, Uzbekistan // NATO Science and Society. - Issue № 41. - 3<sup>rd</sup> Quarter 1994. - P. 1-2.
7. Chub V. E., Ivanov Y. N., Subbotina O. I., Tolkacheva G. A., Torjannikova R. V. Review of the scientific and environmental issues of the Aral Sea basin // The Aral Sea basin – NATO ASI, Series, Partnership Sub-Series 2, Environment. - Berlin: Springer-Verlag, 1996. - Vol. 12. - P.9-21.

### К разделам 1.2 и 1.3

1. Второй доклад МГЭИК об оценках изменения климата. - Женева, 1995. - 69 с.
2. Изменение климата. Обобщенный доклад. Вклад рабочих групп I, II и III в подготовку третьего доклада МГЭИК / Под ред. Т. Уотсона. - Женева, 2003.

3. Спекторман Т. Ю., Никулина С. П. Сценарии возможных изменений климата Узбекистана и прилегающей горной территории на основе выходных результатов моделей общей циркуляции // Региональные климатические сценарии, возможные воздействия изменения климата на сельское хозяйство и лесную растительность. - Бюллетень № 1. - Ташкент: САНИГМИ, 1999. - С. 41-53.
4. Спекторман Т. Ю. Методика построения сценария изменения климата по территории Узбекистана с использованием концепции «идеального прогноза» // Оценка изменений климата по территории Республики Узбекистан, развитие методических положений оценки уязвимости природной среды. - Бюллетень № 5. - Ташкент: САНИГМИ, 2002. - С. 83-88.
5. Спекторман Т. Ю. Методика построения климатических сценариев для территории Узбекистана // Тезисы докладов Всемирной конференции по изменению климата (29 сентября-3 октября, 2003, Москва, Россия). - Москва, 2003. - С. 520.
6. Спекторман Т. Ю., Петрова Е. В. Оценка изменений климата Узбекистана на перспективу // Труды НИГМИ. - 2006. - Вып. 6(251). - С. 41-54.
7. Спекторман Т. Ю., Петрова Е. В. Климатические сценарии для территории Узбекистана // Климатические сценарии, оценка воздействий изменения климата. - Бюллетень № 6. - Ташкент: НИГМИ, 2007. - С. 14-21.
8. Спекторман Т. Ю. Выбор сценариев для проведения оценки уязвимости к изменению климата и разработки мер адаптации // Климатические сценарии, оценка воздействий изменения климата. - Бюллетень № 6. - Ташкент: НИГМИ, 2007. - С. 22-27.
9. Техническое руководство МГЭИК по оценке воздействий изменений климата и адаптации / Под ред. Т. П. Картер, М. Л. Парри, Х. Харасава, С. Нишиока. - Женева: ВМО, 1995. - 65 с.
10. Allen M. R., Stott P. A., Mitchell J. F. B., Schnur R., Delworth T. L. Uncertainty in forecasts of anthropogenic climate change. RAL Techn. Rept. - 1999. - № RAL-TR-084.
11. Cai W. Gordon H. B. Transient responses of the CSIRO climate model to two different rates of CO<sub>2</sub> increase / Clim. Dyn. - 1998. - 14. - № 7-8. - P. 503-516.
12. Climate Change 2001. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group 2 to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Edited by James J. McCarthy, Osvaldo F. Canziani, Neil A. Leary, David J. Dokken, Kasey S. White. - Cambridge: University Press, 2001. - 1032 p.
13. Climate Change 2001. The Scientific Basis. Contribution of Working Group 1 to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Edited by J.T. Houghton, Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, C.A. Johnson. - Cambridge: University Press, 2001. - 881 p.
14. Climate Change 1995, The Science of Climate Change. Contribution of Working Group 1 to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Edited by J. T. Houghton, L. G. Meira Filho, B. A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg, K. Maskell. - Cambridge: University Press, 1995. - 572 p.
15. Handbook on Methods for Climate Change Impact Assessment and Adaptation Strategies, Version 2.0, October 1998.
16. IPCC Special report on emissions scenarios (SRES): A special report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. - Cambridge: University Press, 2000. - 599 p.
17. IPCC Workshop Report on Changes in Extreme Weather and Climate Events. Beijing, China, 11-13 June, 2002. - 107 p.
18. Latif T. P. A mechanism for decadal climate variability // Decadal Clim. Variab.: Dyn. And Predictabil.: Proc. NATO Adv. Res. Study Inst., Les Houches, 13-24 February, 1995. - Berlin etc., 1996. - 387 p.
19. Laut P., Gundermann J. Solar cycle hypothesis appears to support the IPCC on global warming // J. Atmos. And Sol. - Terr. Phys. - 1998. - 60. - № 18. - P. 1719-1728.
20. Parry M. Scenarios for climate impact and adaptation assessment // Global Environmental Change. - Vol. 12. - № 2, October 2002. - P. 149-143.
21. Stott P. A., Tett S. F. B., Jones G. S., Allen M. R., Mitchell J. F. B., Jenkins G. J. External control of twentieth century temperature by natural and anthropogenic forcings. - Science 15. - 2000. - P. 2133-2137.
22. The Regional Impacts of Climate Change. An Assessment of Vulnerability / Edited by R. T. Watson, M. C. Zinyowera, R. H. Moss. - Cambridge: University Press, 1998. - 517 p.
23. Using a Climate Scenario Generator for Vulnerability and Adaptation Assessments: MAGICC and SCENGEN. Version 2.4, Workbook, Climatic Research Unit, Norwich, UK, May 2000. - 52 p.
24. Wallace J. M. Observed climatic variability: time dependence // Decadal Clim. Variab.: Dyn. And Predictabil.: Proc. NATO Adv. Res. Study Inst., Les Houches, 13-24 February, 1995. - Berlin etc., 1996. - С. 261.
25. Wood R. A., Keen A. B., Mitchell J. F. B., Gregory J. M. Changing spatial structure of the thermohaline circulation in response to atmospheric CO<sub>2</sub> forcing in a climate model // Nature. - 1999. - 399. - P.572-575.

#### К разделу 1.4

1. Брукс К., Карузерс Н. Применение статистических методов в метеорологии / Под ред. Н. А. Багрова. - Л.: Гидрометеиздат, 1963. - 416 с.
2. Большов Л. Н., Смирнов Н. В. Таблицы математической статистики. - М.: Наука, 1985. - 416 с.
3. Климат Ташкента / Под ред. Б. А. Айзенштата, Ц. А. Швер, Г. Н. Леухиной. - Л.: Гидрометеиздат, 1982. - 164 с.
4. Спекторман Т. Ю., Никулина С. П. Мониторинг климата, оценка климатических изменений по территории Республики Узбекистан // Оценка изменений климата по территории Республики Узбекистан, развитие методических положений оценки уязвимости природной среды. - Бюллетень № 5. - Ташкент: САНИГМИ, 2002. - С. 17-25.
5. Спекторман Т. Ю., Петрова Е. В., Плосцен М. А. Создание информационной базы для оценки климатических изменений по территории Узбекистана // Труды НИГМИ. - 2006. - Вып. 6(251). - С. 5-12.
6. Спекторман Т. Ю. Оценка изменений основных климатических характеристик по территории Узбекистана // Труды НИГМИ. - 2006. - Вып. 6(251). - С. 13-30.
7. Хромов С. П., Петросянц М. А. Метеорология и климатология. - М: МГУ, 1994. - 519 с.
8. Progress report to CCI on statistical methods. WMO-TD. - № 834. - P. 1997-115.

## ГЛАВА 2. ОПАСНЫЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

К опасным явлениям погоды относят метеорологические ситуации, при которых отдельные элементы погоды существенно отклоняются от средних значений. Критерии опасности, естественно, различны для разных видов деятельности и даже их этапов. Так, в сельскохозяйственном производстве Узбекистана для одних культурных растений опасны температуры воздуха ниже  $-10^{\circ}\text{C}$  в период покоя, ниже  $0^{\circ}\text{C}$  (заморозки) – в начале вегетации и завершающей фазе созревания урожая,  $+39-40^{\circ}\text{C}$  – в течение всего периода вегетации. Для других растений эти границы могут быть иными.

Однако некоторые явления всегда относятся к особо опасным. Это – температура воздуха выше  $45^{\circ}\text{C}$  и ниже  $-20^{\circ}\text{C}$ , засуха, низкие температуры воздуха и заморозки, ветер со скоростью, превышающей 15 м/с, осадки с полусуточной суммой 15 мм и более, пыльные бури и туманы с малой видимостью и др. К гидрометеорологическим опасным явлениям, сформировавшимся под влиянием климатических факторов, воздействующих на подстилающую поверхность, относятся снежные лавины, сели.

Учет таких явлений и принятие адаптационных мер, способствующих снижению или сокращению масштабов приносимого ими ущерба, необходим для обеспечения функционирования и устойчивого развития сельского хозяйства и промышленности республики.

### 2.1. Опасные метеорологические явления (сильные осадки, град, туман, пыльные бури)

**Атмосферные осадки** являются источником водных ресурсов региона, определяя в значительной степени характер природных ландшафтов и водообеспеченность сельскохозяйственного производства [2].

Распределение осадков по территории Узбекистана зависит от географического положения местности, рельефа и особенностей циркуляции атмосферы. Основное количество влаги приносится воздушными массами с Атлантического океана, Средиземного моря и Персидского залива [1, 2]. Увлажняющее влияние Аральского моря ограничивается узкой прибрежной полосой и продолжает уменьшаться с сокращением его площади.

Большая часть равнинной территории засушлива, особенно на западе. В среднем за год здесь выпадает от 80 до 250 мм (рис. 2.1). В предгорьях их количество меняется от 100 до 500 мм. Больше осадков в горах: на наветренных склонах Западного Тянь-Шаня на больших высотах годовая их сумма превышает 2000 мм. Много осадков выпадает и на наветренных склонах Зеравшанского хребта (на станции Аманкутан – 960 мм/год).

Число дней с осадками на равнине в среднем за год равно 35-60, в предгорьях и горах – 70-90. Сильные осадки выпадают редко: осадки 15 мм/12 ч и более на равнине наблюдаются не ежегодно, а в горах число случаев увеличивается до 10-15 [1].

Важнейшей характеристикой осадков является их внутригодовое распределение. В Узбекистане максимум осадков приходится на март-апрель (рис. 2.2), а минимум – на летние месяцы. Следствием очень сухого и жаркого лета является необходимость возделывания большинства сельскохозяйственных культур только на орошаемых землях.

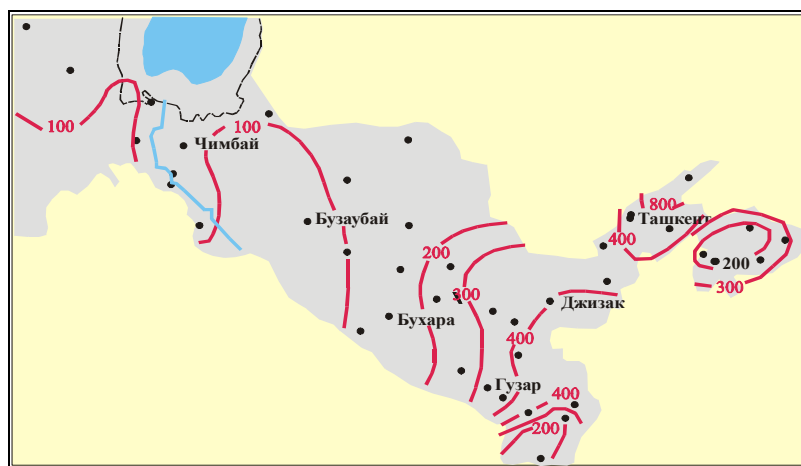


Рис. 2.1. Годовое количество осадков ( $R$ , мм) по территории Узбекистана.

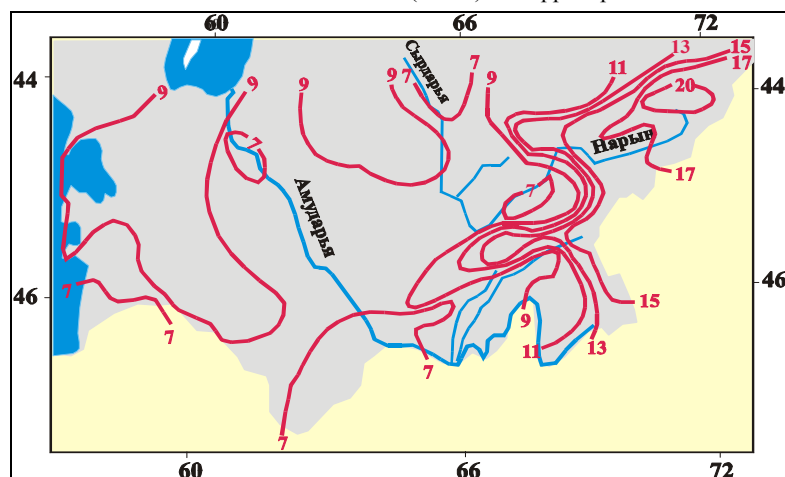


Рис. 2.2. Дата наступления максимума месячных сумм осадков по территории Средней Азии (изолинии – число декад от 1 января).



**Жидкие осадки** возможны на территории Узбекистана круглый год, но в горах их количество быстро уменьшается с высотой за счет увеличения количества твердых осадков (снега). Снег выпадает на равнинах и в предгорьях с октября по апрель, на юге республики – с ноября по март, а в горах, на высотах более 1000 м – с октября по май.

**Снежный покров** на равнинах Узбекистана формируются в конце ноября, в южных районах – в третьей декаде декабря, устойчивый снежный покров, сохраняющийся не менее месяца с перерывами не более трех дней, регулярно отмечается только на плато Устюрт и в горных районах. Среднее число дней со снежным покровом на севере Узбекистана превышает 60, а в горах – 100. Сроки появления и схода снежного покрова и продолжительность его залегания колеблется от года к году, и средняя высота снежного покрова на равнинах – 1-8 см, максимальная – около 30 см, в предгорьях – 10-20 и 60 см. В горных районах средние высоты снежного покрова превышают 60 см, а максимальные – 1,5-2,0 м.

Значительное влияние на пространственное перераспределение снежного покрова, особенно в горных районах, оказывают **метели**. В формировании **метелей** может участвовать как снег, выпавший (отложенный) ранее, так и сформировавшийся в облаках и еще не достигший поверхности Земли. Благоприятным фактором для возникновения метели является свежавыпавший снег при температуре воздуха не менее  $-5^{\circ}\text{C}$ , а обязательным – ветер со скоростью не менее 6-8 м/с. Снег, пролежавший несколько дней, особенно при оттепелях, частых в Узбекистане, малоподвижен.

На равнинной и предгорной территории Узбекистана метели – не столь распространенное явление, что связано с залеганием незначительного снежного покрова. Естественно, чаще всего они наблюдаются на севере Узбекистана: на плато Устюрт, например, максимальное число дней с метелью доходит до 20 при среднем многолетнем – 7 случаев за год. В южных районах метели случаются не ежегодно – 1-5 раз за десятилетие.

В Ферганской долине на высотах 500-1500 м н.у.м. метели возникают лишь 1-4 раза за 10 лет. И только в ее самой западной части, где повышена повторяемость сильных ветров, число дней с метелью возрастает в среднем до 2-3 раз в год.

В горных районах, начиная с высоты примерно 1500 м, ежегодно образуется устойчивый снежный покров, следовательно, возрастает число дней с метелью. В первую очередь, это относится к перевалам и открытым наветренным склонам. В высокогорной части Сурхандарьинского вилоята их годовое число доходит до 36 при среднем многолетнем – 11, а в горах Западного Тянь-Шаня – до 30 (в среднем – 19-20).

**Опасными** принято считать **осадки**, количество которых за 12 ч и менее превышает 15 мм при дожде и 7 мм при снеге на 30% территории. Соответствующим критерием для особо опасных осадков, которые рассматриваются как стихийное явление, считается выпадение за такой же период 30 мм при дожде и 20 мм при снеге.

- На равнинной территории Узбекистана сильные осадки (30 мм/12ч и более) практически не наблюдались – отсутствовали или отмечены в ноябре-феврале единичные случаи по Каракалпакстану, Хорезмскому, Бухарскому, Сурхандарьинскому вилоятам и северу Самаркандского вилоята.

- Редко выпадают осадки 15 мм/12ч и более по Каракалпакстану, Хорезмскому и Бухарскому вилоятам. С приближением к горам вероятность их увеличивается и зависит в значительной степени от экспозиции склонов по отношению к влагонесущим потокам [1].

- Повышенная повторяемость сильных осадков наблюдается по предгорным и горным станциям Ташкентского, Самаркандского, Джизакского и Кашкадарьинского вилоятов.

- Можно выделить четыре района с относительно большой повторяемостью сильных осадков [1]:

- открытая на запад долина р. Чирчик, где максимальная средняя повторяемость сильных осадков составляет 2-3 случая (полусуток) в год;
- открытая на юго-запад долина р. Ахангаран с максимальной средней повторяемостью 3-6 случаев в год;
- западные отроги Гиссарского хребта (Кашкадарьинский вилоят) с максимальной средней повторяемостью 1-3 случая в год;
- западные отроги Зеравшанского хребта (Самаркандский вилоят, район Аманкутана), где максимальная средняя повторяемость достигает 5 случаев в год (табл. 2.1).

Длительные обложные дожди и кратковременные ливни затрудняют движение транспорта, размывая дороги и взлетные полосы на малых аэродромах, иногда разрушают здания. Кроме того, они являются причиной другого опасного явления – **селей**. Большие снегопады создают дополнительные нагрузки на сооружения и осложняют работу транспорта, являются причиной образования и схода лавин.

**Гололедно-изморозевые образования** – отложение атмосферного льда на ветвях деревьев, проводах линий электропередачи, на поверхности сооружений, на покрытиях дорог, аэродромов и т.п. Эти отложения могут достигать больших размеров и причинять ущерб различным отраслям народного хозяйства. Отложение льда на поверхности почвы и кустарниках мешает добыче корма животными, под тяжестью льда ломаются ветки декоративных и фруктовых деревьев. Обледенение проводов электропередачи приводит к их обрыву и поломке опор.

Таблица 2.1

Число дней с осадками 15 мм и более за 12 ч (1961-2000 годы)

Станция	Месяцы												Год	Среднее годовое за 1961-2000 гг.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Кунград	1	0	7	7	6	5	1	0	0	1	2	1	31	0,8
Нукус	2	0	6	2	6	0	0	0	0	0	2	1	19	0,5
Ургенч	0	1	6	5	2	0	0	0	0	0	1	3	18	0,4
Чабанказган	0	1	3	2	3	0	1	1	0	0	2	1	14	0,3
Кулкудук	0	1	1	5	2	2	0	0	0	0	1	2	14	0,3
Тамды	1	3	5	6	3	0	3	1	0	1	1	2	26	0,6
Нурата	4	5	17	19	12	1	2	1	0	3	5	5	74	1,8
Навои	2	5	11	9	8	0	1	0	0	0	2	3	4	1,0
Бухара	2	5	9	8	2	0	0	0	0	0	0	4	30	0,7
Карши	8	6	22	17	8	1	0	0	0	2	7	7	78	1,9
Самарканд	7	5	25	28	18	1	1	0	1	12	12	14	124	3,06
Джизак	10	16	30	30	21	2	2	0	1	21	25	20	178	4,3
Сырдарья	8	9	17	17	15	2	0	0	0	11	8	18	105	2,6
Янгиер	8	8	13	27	12	2	1	0	1	9	11	9	101	2,5
Ташкент	12	25	41	34	22	3	1	0	1	16	19	28	202	4,9
Пскем	40	45	64	69	45	9	7	4	8	68	77	68	504	12,3
Ойганинг	9	22	37	51	31	19	10	7	11	53	35	32	317	7,7
Кызылча	42	52	58	77	42	10	8	4	9	52	61	65	480	11,7
Камчик	7	14	20	27	17	4	3	4	5	19	22	18	160	3,9
Касансай	1	0	3	3	3	2	4	0	0	7	2	2	27	0,7
Фергана	4	3	4	2	2	2	3	0	2	9	3	0	34	0,8
Сарьканда	2	2	5	15	21	8	5	2	5	5	5	2	77	1,9
Минчукур	33	42	95	73	38	8	5	1	0	15	30	52	392	9,6
Термез	0	2	10	5	4	1	0	0	0	0	1	1	24	0,6

К опасным явлениям погоды относятся также *грозовая деятельность и выпадение града*. На территории Узбекистана грозы наблюдаются в основном в мае-июне, реже – осенью. На равнинах их количество уменьшается с севера на юг. Так, на плато Устюрт годовое число дней с грозой составляет в среднем 7-10, а в южных районах пустыни Кызылкум – 4-6. В предгорьях в среднем за год наблюдается от 10 до 20 дней с грозой, в горных районах на высотах 1000 м и более – до 30. В отдельные годы число дней с грозой может значительно возрастать: на равнинной территории – до 20-24, в зоне предгорий – до 30 дней за год. Наиболее часты грозы в низкогорной зоне – на наветренных склонах Западного Тянь-Шаня – 40-50 в год.

Средняя продолжительность грозы колеблется от 0,1 до 2,5 ч, но иногда продолжительность грозовой деятельности достигает 8-17 ч на равнинах и 18-22 ч в горных районах.

Прямое попадание молнии в наземные объекты вызывает пожары, электрические разряды нарушают радиосвязь и повреждают линии электропередачи. Большую опасность грозы представляют для людей и животных на открытой местности.

*Град* обычно выпадает вместе с ливневым дождем, иногда сопровождается шквалистым ветром и грозой. На равнинной территории Узбекистана град выпадает редко: за 10 лет возможно от 1 до 6-7 дней с градом. В предгорьях в среднем за год отмечается 1-2 дня с градом (табл. 2.2). В низкогорной зоне (1000-2000 м) он выпадает в среднем 3-5 раз за год.

На равнине и предгорьях продолжительность выпадения града обычно не превышает 15 мин, однако были зарегистрированы случаи, когда град выпадал в течение 45 мин.

В горах средняя продолжительность выпадения града увеличивается до часа и более. Площадь распространения отдельных случаев выпадения града, как правило, невелика, но изредка он может охватывать одновременно значительную территорию. Степень ущерба от градобития (при котором наносится ущерб сельскому хозяйству) зависит от размера градин, их плотности, интенсивности выпадения, а также от вида сельскохозяйственных культур. Например, молодые всходы хлопчатника поражает умеренный и сильный град диаметром 6-8 мм, тогда как подсолнечник, кукурузу и сады поражает град диаметром более 10 мм. Скот гибнет при выпадении крупного града, начиная с диаметра 30-40 мм. В наиболее подверженных градобитиям районах Узбекистана, в основном в Наманганском вилояте, производятся воздействия на грозовые облака с целью предотвращения этого опасного явления.

*Туман* – при видимости менее 1 км считается опасным явлением, при видимости 50 м и менее он рассматривается как особо опасное явление погоды. Туман любой интенсивности создает неблагоприятную ситуацию для движения всех видов транспорта. Распределение туманов по территории Узбекистана связано с наличием водных объектов, характеристиками почвы, рельефа. На равнине среднее многолетнее число дней с туманом уменьшается с севера на юг: от 25 на плато Устюрт и в Муйнаке до 10 в южной и центральной частях пустыни Кызылкум. Много дней с туманом на побережье, на осушенной части и островах Аральского моря, что объясняется контрастом температуры поверхности моря и суши.

Таблица 2.2

Число дней с градом за период 1971-2000 годы

Станция	Месяцы												Год	Среднее годовое за 1971-2000 гг.
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Пап	-	1	5	7	3	6	-	-	-	-	-	-	22	0,8
Наманган	-	-	-	1	2	2	-	-	-	-	-	-	5	0,3
Фергана	-	-	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-	3	0,6
Байсун	-	1	1	14	7	3	-	2	-	2	-	-	30	1,0
Гузар	1	1	-	3	4	1	-	1	-	-	-	1	12	0,4
Шерабад	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0,1
Ташкент	1	-	2	9	3	2	-	2	-	2	-	-	21	0,7
Касансай	-	-	3	7	6	5	3	2	1	-	-	-	27	0,9
Денау	1	2	3	7	5	1	1	-	-	1	1	-	22	0,8
Термез	1	-	1	5	-	-	-	-	-	-	-	-	7	0,2
Акрабат	1	2	15	20	16	9	-	-	-	2	4	1	70	2,4
Самарканд	2	3	7	16	8	1	1	-	2	1	-	-	41	2,5
Коканд	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	0,03
Андижан	-	-	-	1	1	2	-	-	-	-	-	-	4	0,2
Тамды	-	-	2	1	1	-	-	1	-	1	-	1	7	0,2
Джизак	-	6	2	12	4	3	-	-	-	1	-	-	28	0,95
Богарное	-	6	6	20	8	3	2	-	-	1	1	-	47	1,6
Кушрабад	-	-	2	9	7	1	1	-	-	-	2	-	22	0,8
Кызылча	-	-	2	25	32	28	13	11	-	6	3	-	120	4,1
Заамин	-	1	4	5	9	2	1	-	-	2	1	-	25	0,8
Дуканг	-	1	8	59	48	32	17	11	6	10	5	-	197	6,8
Бекабад	-	-	1	1	4	3	-	-	-	-	-	-	9	0,3
Санзар	-	-	16	17	17	13	7	3	-	-	1	-	74	2,6
Минчукур	-	3	12	56	38	9	8	-	2	4	4	-	136	4,4
Пскем	-	-	-	2	-	-	1	-	-	-	-	-	3	0,1
Дехканабад	2	-	5	11	15	-	-	-	-	-	-	-	33	0,8
Нурата	-	2	6	3	7	-	1	-	-	-	1	-	20	0,7
Уртагокайское	-	-	2	4	9	9	2	3	-	-	-	-	29	1,0
Шурчи	-	-	3	3	5	-	-	-	-	-	-	-	11	0,3
Карши	-	2	4	11	3	1	-	-	-	-	-	-	21	0,4

Наибольшее годовое количество дней с туманом в многолетнем разрезе (табл. 2.3) наблюдается в Джизакском и Сырдарьинском вилоятах и достигает 35-50. В районах с сильными ветрами число дней с туманами меньше: в Янгйере – 17, Термезе – 9. Туманы чаще всего наблюдаются с ноября-декабря по февраль-март, в основном при антициклональных процессах, реже отмечаются зафронтальные туманы.

С увеличением высоты местности повторяемость туманов возрастает. На высотах 1000 и более метров она составляет в среднем за год 60-70 дней. Как правило, в горах они чаще наблюдаются весной (март-апрель) и их число колеблется в среднем от 10 до 14 за месяц.

Таблица 2.3

Число дней и продолжительность тумана по вилоятам Узбекистана (1940-2000 годы)

Республика, вилоят	Число дней за год		всего за год	Продолжительность, ч	
	среднее	максимальное		в день с туманом	
				полугодие	
			холодное	теплое	
Каракалпакстан	15-28	35-50	100-140	4,5-5,7	2,0-6,0
Навоийский	11-30*	22-55*	6-240	5,0-5,3	1,0-2,0
Ташкентский	21-32		120-490	5,0-6,0	1,5-2,5
(горы)	45-50	40-83			
Хорезмский	15	-	80	5,0	3,5
Бухарский	11-16	19-27	55-80	5,0-5,5	2,0-2,5
Наманганский	20-30	25-30	80-150	5,0-6,0	2,5-3,0
Андижанский		35-65**	160	7,0	2,5
Ферганский	20-30	35-65	110-250	5,5-8,0	1,5-2,5
Сырдарьинский	15-35	60	200	7,5	3,0
Джизакский	20-40	40-90	200-400	8,0-9,0	3,0-5,5
Самаркандский	17	35-45	65-75	4,0-4,5	2,0-2,5
Кашкадарьинский	13-15	28	60-66	5,0	3,5
(горы)	30-60	75-85	250-450		
Сурхандарьинский	9	20-25	35-45	4,0-6,5	3,5-5,5
(горы)	35	60	300		

Примечание: \* Нурата \*\*Наманган

**Пыльные бури** оказывают губительное воздействие на земледелие и скотоводство, осложняют работу транспорта, особенно авиации. Наличие в воздухе большого количества песка и пыли нарушает работу газопроводов и линий электропередач. Необходимо отличать местные пыльные бури от фронтальных. В первом случае явление охватывает небольшой район. Фронтальные пыльные бури могут охватывать обширные районы, в некоторых случаях – 500-1000 км в поперечнике.

Необходимым условием «локальных» пыльных бурь является наличие мелких сыпучих, относительно легких частиц почвы (пыль, песок)

и ветра достаточной силы, способного поднимать и переносить эти частицы. В Узбекистане такие условия встречаются на равнинах и в предгорьях. Начинаются пыльные бури преимущественно при скорости ветра 10-14 м/с, однако в ряде пунктов (Нукус, Самарканд, Термез) скорости ветра 6-9 м/с уже достаточны для возникновения такого явления.

Хорошим показателем интенсивности пыльной бури является *дальность видимости*, которая нередко может снижаться почти до нулевого значения, особенно в начале бури. Однако это случается редко, чаще всего видимость падает лишь до 3-4 км. Снижение видимости до 1 км и менее часто наблюдается во время пыльных бурь в районе Термеза. Непрерывная продолжительность пыльных бурь обычно не превышает трех часов. Самые длительные пыльные бури в Узбекистане наблюдаются в районе Термеза, где примерно в 5% случаев они продолжаются сутки и более.

На равнинной территории Узбекистана среднее многолетнее годовое число дней с пыльными бурями в зависимости от типа почв и скорости ветра колеблется от 3-5 до 30 и более, особенно там, где имеют место локальные усиления ветра, например, в районе Термеза (рис. 2.3). Прослеживаются значительные колебания числа дней с пыльными бурями. В предгорьях среднее число пыльных бурь в году преимущественно не превышает 10, в районах, где развиваются местные ветры, их число достигает 30 и более (окрестности городов Янгиер, Коканд и др.).

В горах, благодаря каменистым или закрепленным растительностью почвам, скалам, снежникам и ледникам, локальные пыльные бури редки, здесь преобладают фронтальные бури, приносящие пыль из равнинных районов. В среднем отмечается 2-5 случаев в год, а местами возможно лишь 2-4 случая за 10 лет. В высокогорных районах пыльных бурь почти не бывает.

## 2.2. Заморозки

Заморозками называют понижение минимальной температуры до 0°C и ниже в воздухе (на высоте 2 м) или на поверхности почвы в период вегетации на фоне положительной температуры воздуха [5].

Заморозок – комплексное метеорологическое явление, частота проявления которого и интенсивность определяется совместным действием погодно-климатических и физико-географических факторов.

В зависимости от синоптических условий и условий образования выделяются следующие типы заморозков: **адвективные, радиационные и смешанные адвективно-радиационные**. Адвективные заморозки наблюдаются в начале весны и поздней осенью и образуются в результате вторжения холодных воздушных масс с температурой ниже 0°C. Радиационные заморозки связаны с интенсивным теплоизлучением почвы, приводящим к охлаждению приземного слоя воздуха в безоблачные и безветренные ночи для заморозков смешанного происхождения характерен заток волн холода с положительной температурой и последующим выхолаживанием пришедшей воздушной массы до отрицательных температур.

Сведения о заморозках необходимы для оценки морозоопасности территории, оптимизации размещения по территории сельскохозяйственных культур, для агроклиматической оценки условий их произрастания в различных регионах республики, расчетов сроков сева и всходов, оценки вероятности гибели цветков и завязей плодовых растений [4], оценки урожайности и качества сельскохозяйственной продукции, расчетов неиспользованных тепловых ресурсов [2].

Устойчивость сельскохозяйственных культур к воздействию заморозков определяется их морозостойкостью, оцениваемой величинами критических температур, при которых происходит частичное или полное повреждение органов растений вплоть до полной гибели.

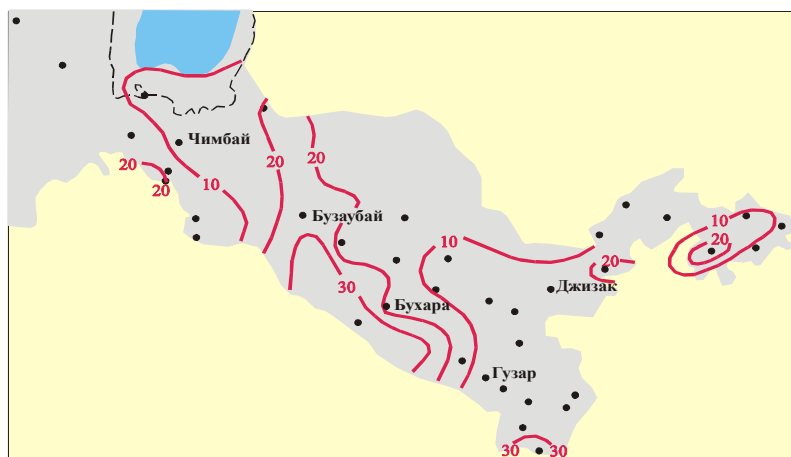


Рис. 2.3. Повторяемость (сут/год) пыльных бурь в Узбекистане.

Несмотря на малую повторяемость поздних заморозков (максимальное число дней с заморозками на почве составляет по Узбекистану в мае 1-2 дня, а среднее их число не превышает 0,1-0,8 дня), они наносят существенный ущерб сельскому хозяйству, приводят к гибели посевов и необходимости пересевов. Степень повреждения растений заморозкам зависит от фазы развития и состояния самих растений.

Из культивируемых сельскохозяйственных культур в Узбекистане наиболее устойчивыми к заморозкам на период всходов являются зерновые колосовые, горох, для которых температура воздуха начала повреждения составляет  $-8^{\circ}$ ,  $-10^{\circ}\text{C}$ , устойчивыми – подсолнечник, свекла, морковь, брюква ( $-5^{\circ}$ ,  $-7^{\circ}\text{C}$ ), среднеустойчивыми – соя, редис ( $-3^{\circ}$ ,  $-5^{\circ}\text{C}$ ), малоустойчивыми – кукуруза, сорго, картофель ( $-2^{\circ}$ ,  $-4^{\circ}\text{C}$ ) и неустойчивыми – огурцы, томаты, хлопчатник, фасоль, рис ( $-0,5^{\circ}$ ,  $-2^{\circ}\text{C}$ ).

Для томатов температура воздуха ниже  $7-9^{\circ}\text{C}$  приводит к повреждениям, при  $-2^{\circ}\text{C}$  урожай снижается в 2 раза. Внесение удобрений и проведение подкормки приводит к снижению отрицательного влияния заморозков. Так, доля сохранившихся растений томатов при заморозке  $-4^{\circ}\text{C}$  увеличивается от 50 до 90%, если использованы все виды удобрений и подкормки в виде фосфора [2]. Для люцерны наиболее опасны весенние заморозки, но обычно они не сказываются на урожае зеленой массы, так как люцерна быстро отрастает за счет неповрежденных почек.

Виноград в весенний период особенно подвержен неблагоприятному воздействию заморозков, почки перед распусканием или же распутившиеся повреждаются при температуре воздуха  $-1,0^{\circ}$ ,  $-1,5^{\circ}\text{C}$ . Для него особенно опасны поздние весенние заморозки. Цветочные почки винограда гибнут при  $-1^{\circ}\text{C}$ , цветы и завязи при  $-0,5^{\circ}\text{C}$ .

Многие плодовые культуры переносят заморозки при снижении температуры до  $-3^{\circ}$ ,  $-4^{\circ}\text{C}$  в фазе закрытых бутонов, но сильно повреждаются при той же температуре в фазе образования завязей. Тронувшиеся в рост цветочные почки миндаля, абрикоса, персика, вишни, черешни, сливы, яблони и груши повреждаются при температуре  $-4^{\circ}\text{C}$ . Во время цветения миндаль, абрикос и персик повреждаются при температурах ниже  $-3^{\circ}\text{C}$ , вишня, черешня, слива, яблоня и груша при температурах ниже  $-2^{\circ}\text{C}$ .

Ягодники (малина, клубника) теряют цветы и завязи при заморозках около  $-2^{\circ}\text{C}$ . В период покоя лимон, апельсин сильно повреждаются при температуре  $-6^{\circ}$ ,  $-7^{\circ}\text{C}$ , гибнут при  $-8^{\circ}$ ,  $-9^{\circ}\text{C}$ .

В период созревания температура гибели большинства растений находится в интервале  $-1^{\circ}$ ,  $-4^{\circ}\text{C}$ . Неблагоприятные условия погоды осеннего периода оказывают существенное влияние на получение высококачественного урожая. Так, для хлопчатника от продолжительности периода *раскрытие первых коробочек* – *первый осенний заморозок* зависит количество нормально раскрывшихся коробочек и выход высококачественного волокна [2, 3].

**Оценка изменения дат крайних заморозков в Узбекистане в текущем периоде.** Распределение по территории Узбекистана средних дат последних весенних заморозков в воздухе за период 1971-2005 годов представлено в табл. 2.4. По югу республики и Ферганской долине весенние заморозки прекращаются до 19 марта. В центральных районах средняя дата прекращения заморозков приходится на конец второй декады марта - начало третьей. С продвижением на северо-запад средняя дата последних заморозков в воздухе смещается к 9 апреля.

Наибольший ущерб сельскому хозяйству приносят самые поздние весенние заморозки. Так, самый поздний заморозок до 1971 года отмечался в Узбекистане 13 мая 1952 года (Самарканд, Ташкент) [4], после 1971 года по центральному и южным районам 30 апреля - 2 мая 1989 года, по северу республики – 9 мая 1993 года (табл. 2.4).

Заморозки 22-24 апреля 1999 года интенсивностью в воздухе до  $-4^{\circ}\text{C}$ , а на почве – до  $-6^{\circ}\text{C}$  отмечались на значительной территории республики и вызвали сильные повреждения (до 50-80%) или гибель посевов хлопчатника, находившихся в фазе массового прорастания-всходов. После заморозков были отмечены значительные повреждения плодовых культур, шелковицы и винограда в центральных, восточных вилоях и отдельных северных районах, где степень повреждения доходила до 80-100%.

Более существенными, с точки зрения возможности вредного воздействия на сельскохозяйственные культуры, являются поздние весенние заморозки у поверхности почвы. По своей природе они, как правило, радиационного характера и наблюдаются на фоне довольно высоких дневных температур. Под их губительное действие могут попасть всходы теплолюбивых культур, в том числе и хлопчатника, а также высаженная в грунт рассада овощных культур [4].

В табл. 2.4 приведены средние даты последних весенних заморозков на почве по территории Узбекистана. На значительной части южной территории Узбекистана и в Ферганской долине заморозки на почве заканчиваются в последней декаде марта; в центральной части республики – к концу третьей декады марта, начала апреля. Севернее  $43^{\circ}$  с.ш. заморозки на почве продолжаются до конца апреля.

Из представленных графиков (рис. 2.4) видно, что за период 1971-2005 годов значительных изменений в средних датах крайних весенних заморозков, как в воздухе, так и на почве по территории Узбекистана не наблюдается. Таким образом, несмотря на потепление климата в текущем периоде, явно выраженных тенденций к смещению дат последних весенних заморозков по Узбекистану не отмечается.

Таблица 2.4



Основные статистические характеристики дат последнего весеннего заморозка в воздухе и на почве за период 1971-2005 годов

Станция	Даты последнего заморозка в <i>воздухе</i>			Даты последнего заморозка на <i>почве</i>		
	самый ранний заморозок	средняя	самый поздний заморозок	самый ранний заморозок	средняя	самый поздний заморозок
Нукус	13.03.1985	01.04	09.05.1993	18.03.1984,2002	12.04	10.05.1993
Жаслык	22.03.1972, 1995	09.04	01.05.1989	29.03.1980	19.04	24.05.1972
Кунград	18.03.2002	07.04	30.04.1989	25.03.1995	11.04	23.05.2002
Ургенч	11.03.1977, 2002	27.03	01.05.1989	18.03.1977, 1979, 2002	10.04	11.05.1993
Хива	05.03.1981	24.03	22.04.1999	13.03.2002	30.03	19.04.2003
Навои	23.02.1977, 1987	18.03	23.04.1999	13.03.1973, 1984, 2002	01.04	01.05.1989
Акбайтал	18.03.2002	05.04	09.05.1993	20.03.1977	12.04	10.05.1993
Бузаубай	12.03.1984, 2002	27.03	24.04.1999	18.03.1977, 1979, 1984	03.04	25.04.1999
Тамды	11.03.1975	26.03	30.04.1989	19.03.1977	07.04	10.05.1993
Нурата	10.03.1995	28.03	01.05.1989	15.03.2002	16.4	20.05.1998
Бухара	06.03.1981, 2003	22.03	01.05.1989	14.03.1979, 2002	05.04	2.05.1996, 2003
Аякагитма	06.03.1981	30.03	03.05.1992	06.03.1981	06.04	11.04.1971
Каракуль	24.02.1987	21.03	01.05.1989	12.03.1979	31.3	01.05.1989
Ташкент	19.02.1987	19.03	01.05.1989	15.03.2002	09.04	14.05.1985
Каунчи	20.02.1987	21.03	01.05.1989	15.03.2002	05.04	13.05.1985
Тюябугуз	19.02.1987	19.03	01.05.1989	14.03.2002	29.03	01.05.1989
Алмалык	20.02.1987	22.03	01.05.1989	14.03.2002	29.03	24.04.1999
Дальверзин	19.02.1987	21.03	23.04.1999	10.03.1981	31.03	14.05.1985
Сырдарья	25.02.1987	25.03	01.05.1989	14.03.2002	05.04	14.05.1985
Янгиер	19.02.1987, 2004	19.03	23.04.1999	01.03.1977	30.03	14.05.1985
Джизак	20.02.1987	20.03	24.04.1999	13.03.1998, 2002	31.03	04.05.1992
Галляларал	15.03.2002	04.04	04.05.1992, 1998	23.03.2000	22.04	28.05.1995
Богарное	02.03.1977	27.03	01.05.1989	13.03.2002	17.04	28.05.1979
Наманган	15.02.2001	12.03	17.04.1972	01.03.1987	28.03	24.04.1999
Пап	05.02.1999, 2004	08.03	06.04.1982	02.03.2004	26.03	25.04.1999
Андиджан	06.02.1999	15.03	10.04.1989, 1994	11.3.71/98	29.03	24.04.1999
Юбилейная	21.02.1987	16.03	10.04.1989	13.03.1998	31.03	25.04.1999
Фергана	20.02.2004	12.03	24.04.1999	14.03.2002	30.03	24.04.1999
Федченко	12.02.2004	14.03	25.04.1999	11.03.1971	29.03	24.04.1999
Самарканд	01.03.1977	23.03	02.05.1989	18.03.1977, 1979	07.04	27.05.1995
Кушрабад	23.03.1987	31.03	04.05.1992	24.03.1997	23.04	26.05.1979
Дагбит	02.03.1977	22.03	02.05.1989	11.03.1977	06.04	12.05.1972, 1982
Карши	19.02.1987	18.03	02.05.1989	19.02.1987	26.03	02.05.1989
Шахрисабз	19.02.1987	17.03	02.05.1989	11.03.1977	28.03	02.05.1989
Гузар	19.02.1987	14.03	09.04.1994	11.03.1977	26.03	02.05.1989
Термез	03.02.2004	11.03	02.05.1989	26.02.1987	22.03	02.05.1989
Денау	04.01.2004	02.03	29.03.1976	05.02.2004	14.03	05.04.1982

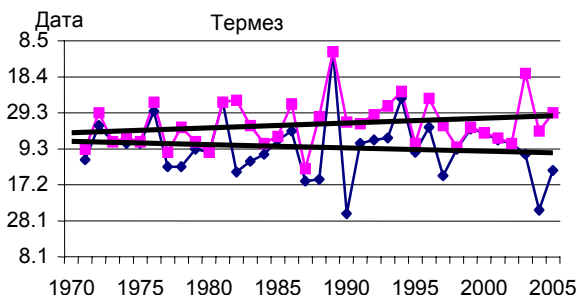
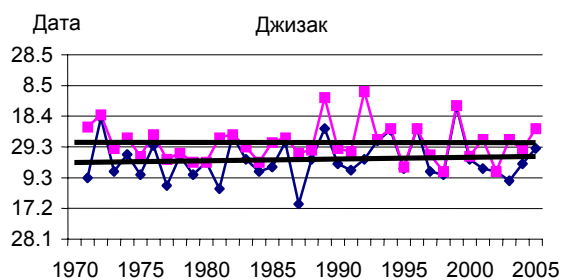
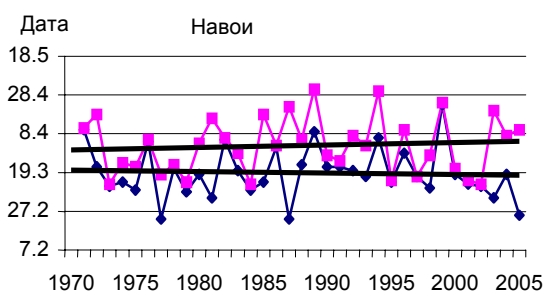


Рис. 2.4. Изменчивость дат поздних заморозков весной по станциям Узбекистана.

—●— в воздухе    —■— на почве

Первые осенние заморозки – это предвестник дальнейших, более сильных понижений температуры. Растения после первой волны холода попадают под воздействие второй, часто более сильной, затем под третью и т.д., и, наконец, гибнут или теряют свой урожай. Поэтому вопрос об осенних заморозках в Узбекистане приобретает особый интерес.

Наиболее поздние средние даты наступления первых осенних заморозков в воздухе отмечаются в Сурхандарьинском вилояте (Денау, 28.11). В центральных районах и в Ферганской долине эти даты приходятся на конец первой декады ноября. По северу эти даты смещаются на вторую декаду октября. Самые поздние заморозки по значительной территории Узбекистана смещаются к декабрю (табл. 2.5).

Известно, что первые повреждения теплолюбивых культур с длинным вегетационным периодом могут наблюдаться уже при прохождении первых осенних заморозков у поверхности почвы, которые, как правило, наступают раньше, чем в воздухе (табл. 2.5).

Таблица 2.5

Основные статистические характеристики дат первого осеннего заморозка в воздухе и на почве за период 1971-2005 годов

Станция	Даты первого заморозка в <i>воздухе</i>			Даты первого заморозка на <i>почве</i>		
	самый ранний заморозок	средняя	самый поздний заморозок	самый ранний заморозок	средняя	самый поздний заморозок
Нукус	26.09.2000	15.10	10.11.1974	03.09.1993	06.10	01.11.1997
Жаслык	22.09.1977	09.10	01.11.1997	19.09.1972, 2001	06.10	24.11.1996
Кунград	26.09.2000	14.10	1.11.1984, 1997	23.09.1993	10.10	1.11.84/97
Ургенч	27.09.1973	22.10	10.11.1981	24.09.1993	10.10	06.11.1979
Хива	27.09.1973	26.10	25.11.1980	19.09.1972	21.10	15.11.1986
Навои	27.09.1973	31.10	07.12.1994	25.09.1988	15.10	19.11.2003
Акбайгал	29.09.1973	17.10	08.11.1980	23.09.1973, 1977, 1993	08.10	01.11.1997
Бузаубай	29.09.1973	23.10	16.11.2003	27.09.1973	13.10	02.11.1997
Тамды	27.09.1973	27.10	13.12.1980	26.09.2000	11.10	02.11.1997
Нурата	27.09.1973	19.10	20.11.1980	21.09.2001	08.10	02.11.1997
Бухара	27.09.1973	28.10	03.12.2004	25.09.1973, 1988	12.10	09.11.2002
Аякагитма	27.09.1973	17.10	08.11.1981	26.09.2000	11.10	07.11.1979
Каракуль	27.09.1973	26.10	22.11.1991	25.09.1988	15.10	18.11.2003
Ташкент	10.10.1998	09.11	22.12.1971	14.09.1994	10.10	10.11.2002
Каунчи	30.09.1973	27.10	15.12.1980	14.09.1976	10.10	10.11.2002
Тюябугуз	10.10.1998	09.11	18.12.1980	20.09.2001	18.10	17.11.2002
Алмалык	11.10.2001	09.11	17.12.1980	02.10.1996	21.10	30.11.2004
Дальверзин	11.10.2001	05.11	07.12.1994	30.09.1973	23.10	02.12.2004
Сырдарья	30.09.1973	24.10	30.11.1980, 2004	31.08.1996	11.10	02.11.1997
Янгийер	03.10.1996	04.11	29.12.1971	02.10.1981, 1996	20.10	27.11.1980
Джизак	07.10.1976	05.11	23.12.1971	14.09.1976	13.10	18.11.2002
Галлярал	19.09.1979	12.10	04.11.1999	31.08.1996	28.09	20.10.2002
Богарное	30.09.1973	01.11	12.12.1971	26.09.1988	11.10	11.11.2002
Наманган	13.10.1985	12.11	15.12.1980	01.10.1973	31.10	04.12.2004
Пап	13.10.1985	12.11	8.12.1980, 1994	01.10.1973	24.10	02.12.2004
Андижан	12.10.2001	06.11	08.12.1994	01.10.1973	21.10	13.11.2000
Юбилейная	15.09.1999	03.11	02.12.2004	05.10.1976	23.10	14.11.2004
Фергана	19.10.1995	15.11	15.12.1980	26.09.1981	22.10	19.11.2002
Федченко	19.10.1995	09.11	08.12.1994	01.10.1973	22.10	20.11.2002
Самарканд	11.10.1980	05.11	07.12.1994	23.09.1989	12.10	18.11.2002
Кушрабад	27.09.1973	14.10	15.11.2002	14.09.1976	03.10	18.11.1991
Дагбит	27.09.1973	01.11	07.12.1994	14.09.1976	08.10	17.11.2002
Карши	30.09.1973	08.11	19.12.1980	27.09.1973	21.10	07.12.1994
Шахрисабз	10.10.1998	09.11	14.12.1980	28.09.1973, 1988	18.10	19.11.2002
Гузар	10.10.1998	18.11	27.12.1981	28.09.1973	28.10	07.12.1994
Термез	11.10.2001	14.11	23.12.1990	03.10.1981	30.10	15.12.1990
Денау	26.10.1982	28.11	27.12.1981	01.10.1973	08.11	08.12.1994

Причем, если наименьшая разница между датами заморозков составляет 5-7 дней, то наибольшая достигает 16-20 дней. Наиболее ранние в среднем осенние заморозки на поверхности почвы наблюдаются на равнинной части Узбекистана во второй половине сентября, а наиболее поздние осенние заморозки у поверхности почвы могут быть в конце октября или начале ноября, на юге – в середине ноября и даже декабре.

На территории Узбекистана, как правило, преобладает широтное распределение средних дат прохождения первых осенних заморозков у поверхности почвы. На юге первые заморозки наблюдаются в конце октября, начале ноября (Денау). С продвижением на север даты прохождения первых заморозков сдвигаются на начало октября, а на плато Устюрт – на первую декаду октября. В Ферганской долине – средние даты первых заморозков приходятся на третью декаду октября.

Заморозки, особенно интенсивные, иногда охватывают одновременно большие площади [4]. 27 сентября 1973 года наряду с интенсивными заморозками в Нукусе  $-6,0^{\circ}\text{C}$  и Кунграде  $-4,0^{\circ}\text{C}$  первые осенние за-

морозки на поверхности почвы отмечены еще на ряде станций (Чимбай, Тамды, Нурата, Карши и др.). На некоторых станциях отмечены заморозки не только на поверхности почвы, но и в воздухе. Это обусловлено тем, что 27-28 сентября в результате северо-западного холодного вторжения произошло понижение температуры на 7-8°C. Сразу же за северо-западным осуществилось северное вторжение с некоторой тенденцией к ультраполярной ориентации ложбины. В ночь на 30 сентября прояснилось и продолжался заток холодного воздуха. Таким образом, в результате совместного действия адвективного и радиационного факторов на обширной территории в эти дни наблюдались заморозки [4].

Для активной защиты сельскохозяйственных культур от заморозков с давних пор применяются разнообразные способы: создание дымовой завесы, обогрев, прикрытие соломой или полимерной пленкой, дождевание, поливы и др.

На рис. 2.5 представлены примеры климатических изменений дат первых осенних заморозков в воздухе и на почве. Из графиков видно, что на всех приведенных станциях даты первых осенних заморозков, как в воздухе, так и на почве смещаются в сторону зимы. Необходимо отметить, что это характерно и для других вилоятов республики.

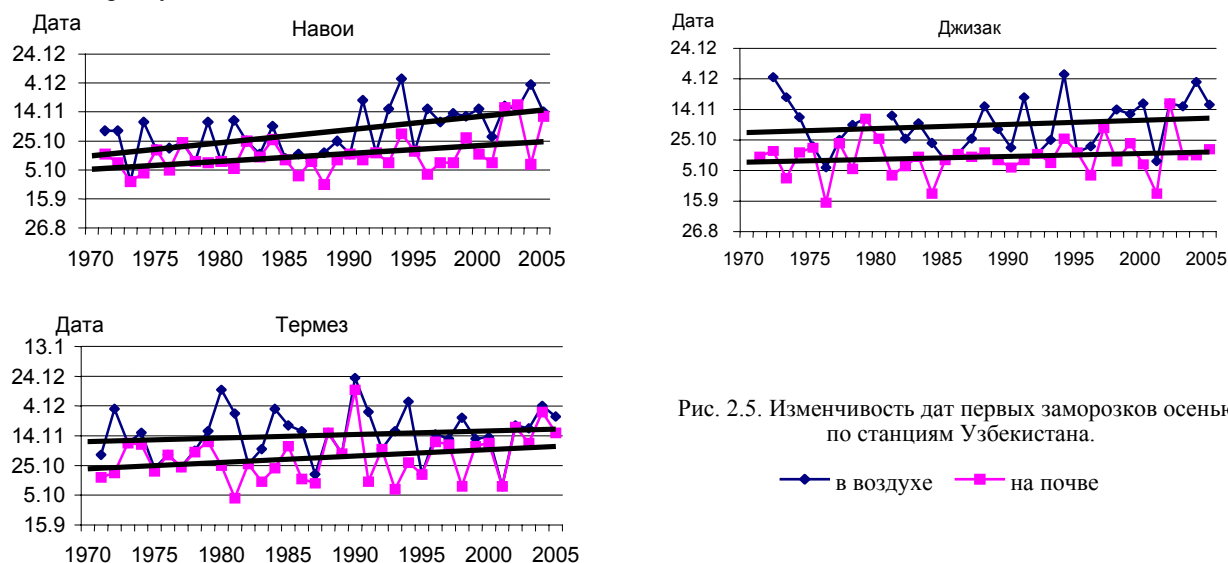


Рис. 2.5. Изменчивость дат первых заморозков осенью по станциям Узбекистана.

— в воздухе — на почве

Особенностью климата Узбекистана является значительный диапазон средней многолетней продолжительности безморозного периода (табл. 2.6). Практически для всей территории продолжительность безморозного периода в воздухе меняется от 271 на юге до 183 на севере республики, а на почве – от 159 до 240. Среди рассмотренных станций за период 1971-2005 самая минимальная продолжительность безморозного периода в воздухе отмечался в Жаслыкe – 183 дня, а на почве – в Галляарале – 159 дней.

Таблица 2.6

Продолжительность безморозного периода (число дней)

Станция	В воздухе	На почве	Станция	В воздухе	На почве	Станция	В воздухе	На почве
Нукус	197	177	Ташкент	235	184	Андижан	236	206
Жаслык	183	169	Каунчи	219	189	Юбилейное	210	188
Ургенч	209	183	Тюябугуз	215	168	Фергана	247	207
Навои	226	196	Дальверзин	229	206	Федченко	240	208
Акбайтал	195	179	Сырдарья	213	189	Самарканд	228	188
Бузаубай	203	193	Янгиер	230	204	Кушрабад	197	163
Тамды	209	181	Джизак	230	196	Дагбит	224	185
Нурата	193	165	Галляарал	190	159	Карши	235	209
Бухара	218	190	Богарное	218	177	Шахрисабз	237	204
Аякагитма	201	187	Наманган	244	216	Гузар	248	216
Каракуль	220	198	Пап	249	212	Термез	249	222
						Денау	271	239

На рис. 2.6 приведены межгодовые колебания и временные тренды продолжительности безморозного периода. На примере приведенных графиков (рис. 2.6) видно, что в связи изменением климата в Узбекистане отмечается незначительное увеличение продолжительности безморозного периода, что объясняется, в основном, смещением дат первых осенних заморозков в сторону зимы.

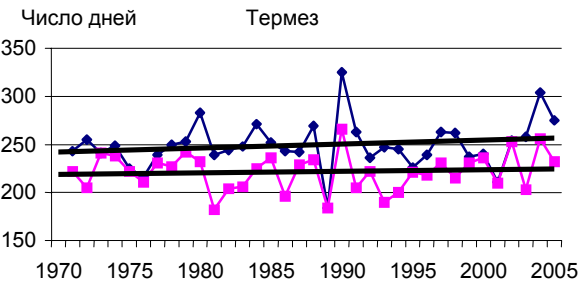
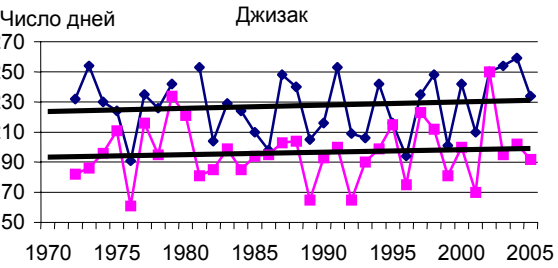
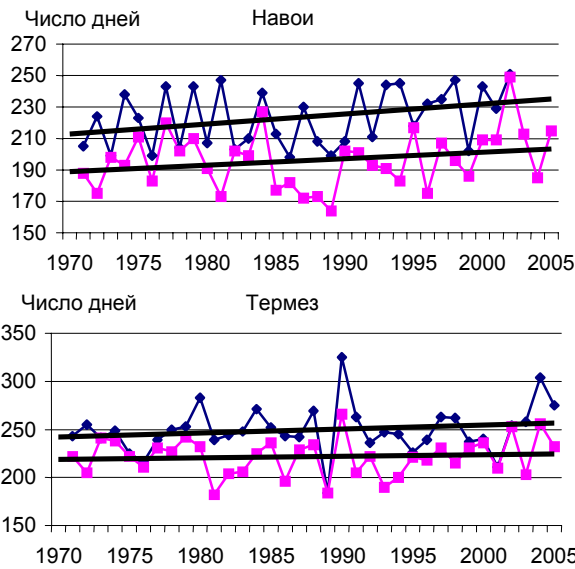


Рис. 2.6. Межгодовые колебания продолжительности безморозного периода по станциям Узбекистана.

— в воздухе — на почве

**Оценка смещения средних дат крайних заморозков в Узбекистане на перспективу (2030, 2050, 2080 годы) в связи с изменением климата.** Для оценки смещения средних дат крайних заморозков на перспективу использованы статистические связи дат переходов через 5°, 10°C и дат крайних заморозков [1] (рис. 2.7) и региональные сценарии изменения климата [7, 8].

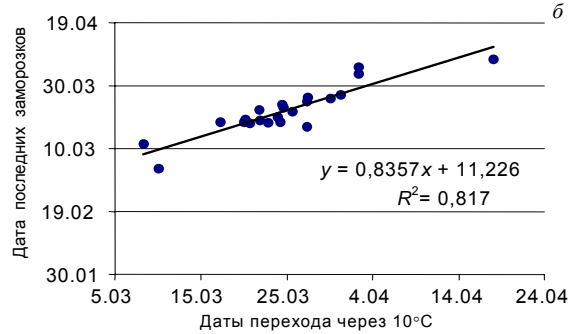
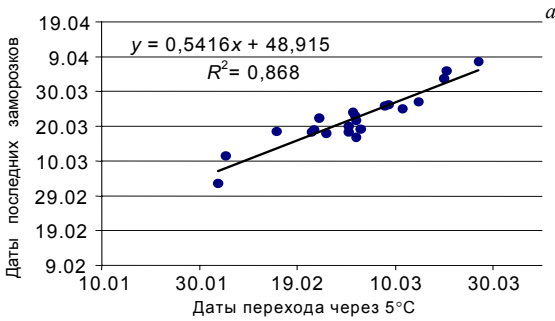


Рис. 2.7. Связь средних дат перехода через 5°C (а) и 10°C (б) с датами последних весенних заморозков интенсивностью менее 0°C для территории Узбекистана.

При оценке средних дат крайних заморозков на перспективу определенную сложность представляет то, что согласно климатическим сценариям уже к 2030 году по югу Узбекистана устойчивых переходов через 5°C отмечаться не будет.

В связи с этим, даты крайних заморозков для будущих периодов по ряду станций оценивались с использованием их связей с датами переходов через 10°C. На рис. 2.8 представлены рассчитанные оценочные даты крайних заморозков на будущие периоды для климатических сценариев А2 и В2 [6]. Оценка смещения средних дат наступления последних весенних заморозков в сторону зимы для различных периодов по Узбекистану относительно базовой нормы (1961-1990 годы) показана на рис. 2.9. Для всех сценариев даты последних заморозков будут смещаться на более ранние сроки в сторону зимы.

Наиболее значимые смещения ожидаются по Ферганской долине, где по двум климатическим сценариям к 2030 году средние даты последних заморозкой будут приходиться на начало весны, к 2050 – на третью декаду февраля, к 2080 году по сценарию В2 – на вторую декаду марта, по сценарию А2 – на первую.

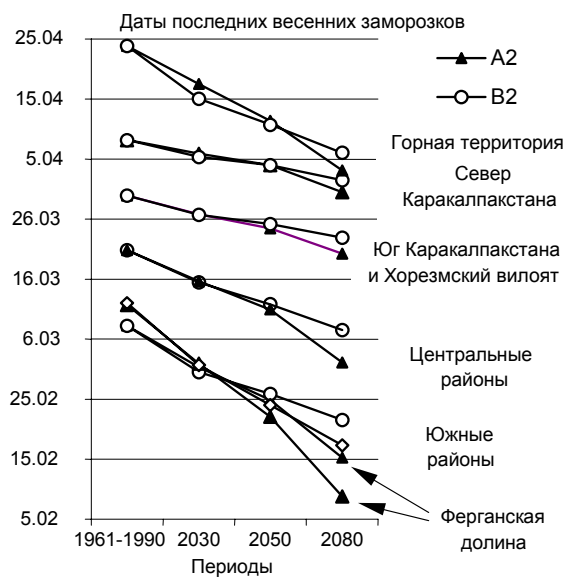


Рис. 2.8. Изменение дат последних весенних заморозков в соответствии со сценариями климата на перспективу для различных районов Узбекистана.

По югу республики к 2050 и 2080 годам ожидается наступление дат последних весенних заморозков в третьей декаде февраля, то есть заморозки прекратятся примерно на 2 декады раньше, чем в текущем периоде. В центральных районах даты крайних заморозков весной по сценарию А2 и В2 сместятся на середину второй декады марта, к 2050 году – к ее началу. К 2080 году заморозки по центральному району в среднем прекратятся уже в первой декаде марта. По Хорезмскому вилояту и Каракалпакстану к 2030 году средние даты наступления крайних весенних заморозков смещаются незначительно (примерно на 3 дня), а к 2080 – на 7-10 дней сместятся в сторону зимы.

На рис. 2.10 представлены оценочные даты наступления первых осенних заморозков и их смещения от нормы по районам Узбекистана для сценариев А2 и В2, которые имеют большое сходство.

На рис. 2.11 представлены даты первых осенних заморозков по территории Узбекистана в среднем по двум сценариям. Эти даты сместятся в сторону зимы к 2030 году: от 4 дней по югу и Ферганской долине до 8 суток по горной территории. К 2080 году это смещение достигнет 14 дней по северу республики и Хорезмскому вилояту, 16 – по Центральным районам, до 17-20 дней по горной территории.

В южных районах и Ферганской долине в среднем по двум сценариям к 2030 году заморозки прекратятся уже в первой декаде ноября, к 2050 году – к середине второй декады, а к 2080 – к концу второй декады ноября (рис. 2.10). В центральных районах даты первых осенних заморозков к 2030 году сместятся к началу первой декады ноября, а к 2080 – к началу второй декады ноября.

В Каракалпакстане и по Хорезмскому вилояту осенние заморозки к 2030 и 2050 годам передвинутся на конец второй декады октября, а к 2080 году – к концу третьей декады. По горной территории ожидаются наиболее существенные смещения дат первых заморозков: к 2030 году эта дата сместится к началу второй декады октября, к 2050 – к середине второй декады октября, а к 2080 году крайние заморозки осенью будут приходиться на начало третьей декады этого месяца.

На рис. 2.12 представлена климатическая базовая норма (1961-1990 годы) и оценочная продолжительность безморозного периода будущих периодов в соответствии с климатическими сценариями А2 и В2 для различных вилоятов Узбекистана.

Продолжительность безморозного периода по южным районам и Ферганской долине к 2030 году достигнет 251-254 дней, к 2050 – 261-264, а к 2080: по сценарию В2 – 273, по сценарию А2 – 283 дня. По центральным районам к 2030 году продолжительность безморозного периода составит 230-232 дня, к 2050 году 233 и к 2080 году по сценарию В2 – 248 дней, по сценарию А2 – 253 дня.

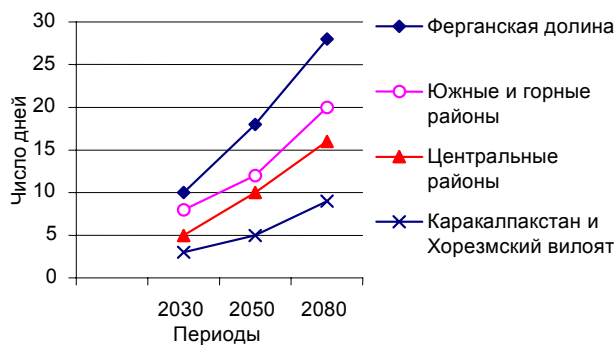


Рис. 2.9. Оценка смещения средних дат наступления последних весенних заморозков в сторону зимы для различных периодов по Узбекистану относительно базовой нормы (1961-1990 годы).

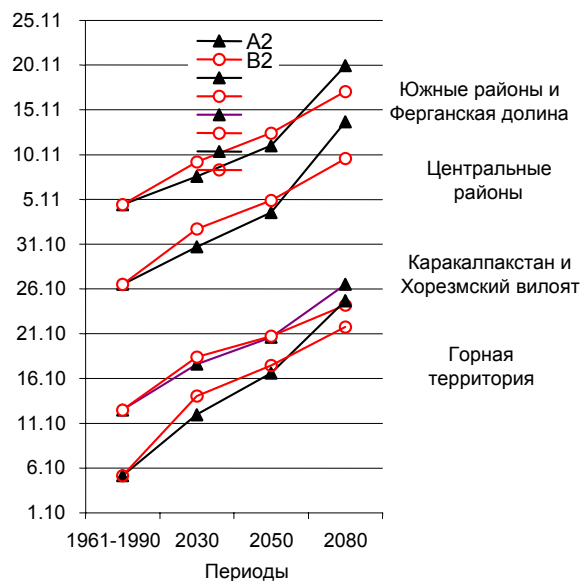


Рис. 2.10. Даты первых осенних заморозков в соответствии со сценариями климата на будущие периоды для различных вилоятов Узбекистана.

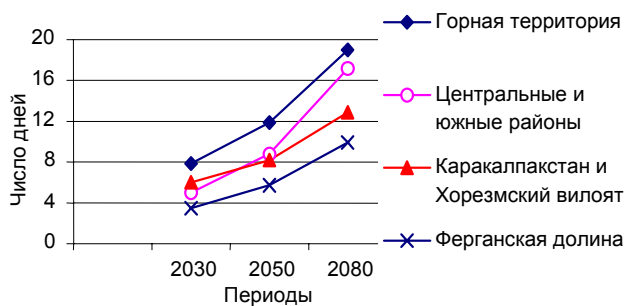


Рис. 2.11. Оценка смещения средних дат первых осенних заморозков в сторону зимы для различных периодов по Узбекистану.



По Каракалпакстану и Хорезмскому вилояту продолжительность периода к 2030 году увеличится до 201-202 дней, к 2050 году – до 206, а к 2080 году – до 211-216 дней. По горной территории к 2030 году продолжительность периода без мороза достигнет 178-183 дней, 2050 – 189-191, а к 2080 – 200-207 дней.

Наиболее существенное увеличение продолжительности безморозного периода ожидается по Ферганской долине, южным районам и горной территории Узбекистана. Здесь продолжительность безморозного периода к 2030 году увеличится в среднем на 12-15 дней, к 2050 – на 23, а к 2080 году – по сценарию B2 увеличится на 33 дня, к 2080 – на 42. По центральным районам продолжительность безморозного периода увеличится примерно на месяц, а по Каракалпакстану и Хорезму – в среднем на 20 дней.

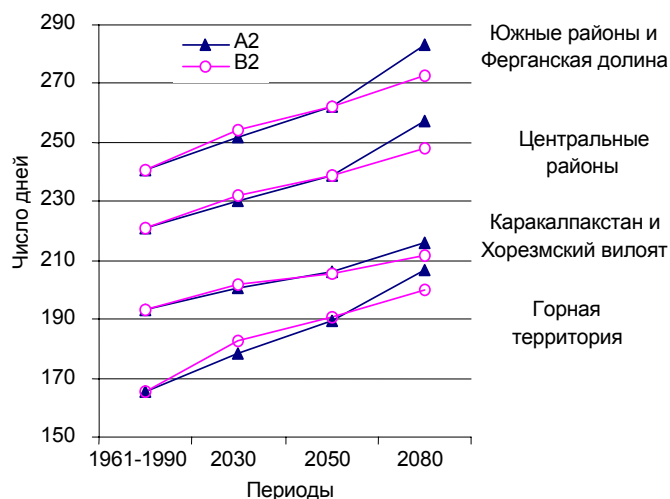


Рис. 2.12. Оценка продолжительности безморозного периода по Узбекистану на будущие периоды для климатических сценариев A2 и B2.

### Меры адаптации в сельском хозяйстве к изменению сроков наступления заморозков

По оценочным данным в связи с изменением климата даты последних весенних заморозков по всей территории Узбекистана будут смещаться в сторону зимы. В связи с изменением климата также будут смещаться даты перехода через 10°, 15°C весной. Поэтому, практически по всей территории Узбекистана, сохранится угроза последних заморозков, за исключением Ферганской долины, где сложатся наиболее благоприятные условия для сельскохозяйственного производства, за счет более значительных смещений весенних заморозков в сторону зимы.

По всей территории Узбекистана даты первых осенних заморозков сместятся на более поздние сроки. При условии, что даты переходов средней суточной температуры воздуха через 10°, 15°C также сместятся в сторону зимы, остается угроза первых осенних заморозков для производства сельского хозяйства. Благоприятным фактором при потеплении климата окажется увеличение продолжительности безморозного периода.

В связи с сохранением опасности возникновения поздних весенних и ранних осенних заморозков по территории Узбекистана на фоне потепления климата необходимо:

- Разработать новые и усовершенствовать существующие методы прогнозов весенних и осенних заморозков, усовершенствовать систему доведения информации об опасных явлениях погоды до потребителя.
- Совершенствовать методы и средства защиты от заморозков на основе агроклиматического обоснования при выборе методов защиты от заморозков с учетом орографии местности и типа заморозков.
- Проводить микроклиматическое районирование морозоопасности сельскохозяйственных земель, в соответствии с которым назначать размещение сельскохозяйственных культур, способы борьбы с заморозками.
- Проводить посевы сельскохозяйственных культур в оптимальные сроки для каждой культуры с учетом вероятности наступления поздних весенних заморозков в воздухе и на почве.

Для условий Узбекистана основными способами защиты сельскохозяйственных культур в настоящее время и на перспективу является размещение различных по морозостойкости культур с учетом изменений мезо- и микроклимата, устройство лесозащитных полос, дымление, открытый обогрев, проведение поливов по бороздам и дождевание, окучивание, укрытие, подпленочный посев, выращивание рассады в теплицах, совместные посевы различных по морозоустойчивости культур и другие мероприятия.

### 2.3. Снежные лавины

Образование лавин определяется взаимодействием метеорологических условий, величиной снегонакопления на горных склонах, физического состояния снежного пласта, из которого они возникают, и морфологией склонов. Для самопроизвольного возникновения лавин слой снега должен находиться в состоянии близком к неустойчивому. Сход лавины обычно порождается перегрузкой склонов при снегопадах и метелях, появлением в снежной толще ослабленных прослоек при перекристаллизации снега, его таянии или промачивании дождевой водой.

Лавинная опасность территории представляет угрозу хозяйственной, рекреационной, спортивной или иной деятельности людей, а также населенным пунктам, санаторно-курортным, спортивным, промышленным комплексам, коммуникациям и другим объектам, расположенным в зоне действия лавин.

Лавинная деятельность на горной территории Республики Узбекистан проявляется неодинаково в зависимости от расчлененности рельефа, условий снегонакопления и особенностей температурного режима

зимнего периода. Лавины наблюдаются практически повсеместно там, где есть горные склоны необходимой крутизны и снежный покров достаточной мощности. Наибольшая опасность наблюдается на территории Западного Тянь-Шаня и юго-западных отрогов Гиссарского хребта, которые находятся на пути влажных воздушных масс, поступающих в Среднюю Азию, в основном, с запада, северо-запада и юго-запада. Эти горные системы получают максимум атмосферных осадков в виде снега, что благоприятствует возникновению лавин не только в высокогорных, но и в среднегорных, а в отдельные годы и в низкогорных районах. Обширные зоны лавинной опасности на территории Узбекистана находятся также в отрогах Зеравшанского и Туркестанского хребтов и на западном склоне хребта Кугитанг. В отдельные многоснежные годы сход лавин отмечается даже в таких засушливых районах, как Нуратинские горы и хребет Актау [1].

Наблюдения за сходом снежных лавин регулярно ведутся учреждениями гидрометеорологической службы на снеголавинных станциях Республики Узбекистан. Их результаты используются, в первую очередь, для прогноза лавин и предотвращения ущерба от их воздействия, а также для изучения лавинного режима в различных природно-климатических условиях. При изучении лавинной деятельности в республике широко применяются аэровизуальные наблюдения, являющиеся к тому же практически единственно возможным видом работ по сбору массовой информации об условиях лавинообразования.

Всего на территории Узбекистана насчитывается 18 участков детальных снеголавинных наблюдений. В настоящее время оперативные снеголавинные наблюдения ведутся на трех специализированных станциях: Камчик – обслуживает безопасность автодороги Ташкент-Ош в районе перевала Камчик, Чимган – объекты рекреационной зоны и Ойгаинг.

В соответствии с климатическими особенностями горной территории Узбекистана и развитием синоптических условий в конкретные зимы лавинная активность подвержена колебаниям. Отмечено чередование лавиноопасных зим с довольно длительными промежутками ослабления лавинной активности. Большая часть лет с интенсивным лавинопроявлением приходится на годы с повышенным снегонакоплением.

Степень изученности лавинного режима на территории Узбекистана неодинакова. Наряду с районами, для которых распространение лавин и условия лавинопроявления известны (бассейны рек Дукант, Камчик, Наугарзан и Чимган), существуют районы с недостаточной изученностью лавин, хотя материалы эпизодических полустационарных и аэровизуальных наблюдений свидетельствуют об их активной лавинной деятельности. К ним относятся бассейны рек Пскем, Коксу, Акбулак, верховья р. Паркентсай, Кызылсай, правобережные склоны р. Чирчик (хр. Каржантау и Угамский, левобережье бассейна р. Ахангаран (Лошкерек, Гошсай, Каинды). Обобщенные сведения о лавинах за период наблюдений представлены в табл. 2.7.

Таблица 2.7

Обобщенные характеристики лавинопроявления на горной территории Республики Узбекистан

Бассейны рек	Период наблюдений, годы	Средние высотные пределы действия лавин, м абс.	Средние пределы крутизны лавиноопасных склонов, °	Общее количество зарегистрированных лавин	Максимальный объем лавины, млн. м <sup>3</sup>	Наибольшая высота падения лавин, м	Наибольшая длина пробега лавины, м
Аксу, Келес	1954...1985	1653-3593	22-47	951	0,8	1100	-
Чирчик	1969, 1964...2006	1800-3320	27-46	40747	2,3	1800	3800
Ахангаран	1953...2006	1850-2950	26-43	8654	6,0	2000	5000
Правые притоки р. Сырдарья ниже устья р. Нарын	1949...2006	2045-3220	28-46	2494	6,4	1250	5000
Левые притоки р. Сырдарья ниже устья р. Карадарья	1980...1985	2240-3770	28-48	4530	0,6	1800	2500
Зеравшан	1956...1983	1535-4050	28-54	319	0,6	1000	-
Кашкадарья	1953...1996	1725-3350	22-50	3441	1,0	1700	2500
Сурхандарья	1954...1986	1425-4300	25-57	4955	1,0	2000	3000

Важным показателем лавинного режима является распределение лавин по высотным зонам. Из данных табл. 2.8 следует, что значительное число случаев схода лавин приурочено к среднегорным бассейнам, и высотные зоны с максимальной лавинной активностью в различных горных районах значительно изменяются.

Одной из существенных характеристик лавинообразования является крутизна лавиноопасных склонов. Так, для района Западного Тянь-Шаня оптимальные условия для лавинообразования наблюдаются в пределах крутизны склонов от 35° до 45°. На этот интервал приходится 63% от общего числа сошедших лавин. В диапазоне склонов крутизной от 25° до 30° фиксируется около 10% общего количества лавин. Такой же процент лавин приходится на интервал от 50° до 55° [2].

Таблица 2.8

## Распределение (%) числа зон зарождения лавин по высоте

Высотные зоны, м н.у.м.									
Ниже 1400	1400-1700	1700-2000	2000-2300	2300-2600	2600-2900	2900-3200	3200-3500	3500-3800	Выше 3800
2	9	20	25	26	8	5	2	2	1

Повторяемость схода лавин в течение зимнего периода изменяется с высотой. В зонах ниже 2000-2300 м основной сход лавин приходится на январь-февраль, с сохранением высокого уровня лавинной активности в марте. В зоне 2300-3000 м максимальная лавинная активность проявляется в марте-апреле. Выше 3000 м, как показывают аэровизуальные наблюдения, лавины сходят в апреле-мае (табл. 2.9).

Таблица 2.9

## Распределение схода лавин по месяцам (%)

Высотная зона, м абс.	Месяцы							
	XI	XII	I	II	III	IV	V	
Ниже 2300	1,2	12,0	29,1	31,1	24,6	1,8	0,2	
Выше 2300	2,4	6,4	14,2	28,0	32,9	14,5	1,6	

Количество лавин и их повторяемость на склонах разной ориентации распределяются неравномерно. Максимальная повторяемость схода лавин преимущественно фиксируется на склонах северной экспозиции. Для примера представлена таблица повторяемости схода лавин по румбам в бассейне р. Ахангаран (табл. 2.10).

Таблица 2.10

## Повторяемость схода лавин по экспозициям склонов

Экспозиция склонов, %							
C	CB	B	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
11,2	22,9	13,9	15,5	4,6	3,0	13,6	15,3

Генезис лавин на территории Республики Узбекистан неодинаков. Наиболее часто повторяющимися типами лавин являются лавины из свежеснежавшего снега (табл. 2.11). Лавины, возникающие из старого снега в период снеготаяния, оттепелей и выпадения дождя на снег, относятся к лавинам старого снега (по разрушенным горизонтам) и составляют в среднем 17%. Лавины такого происхождения формируются только в комбинации с другими лавинообразующими факторами и бывают гигантскими и разрушительными. Метелевые лавины имеют широкое распространение в отдельных районах с интенсивным ветровым перераспределением снега, например, на Кураминском хребте и при водораздельных высотных зонах.

Таблица 2.11

## Обобщенное распределение лавин по генезису и по влажности снега на территории Республики Узбекистан (аэровизуальные и стационарные наблюдения)

Бассейны рек	Лавины из снега (генезис), %				Лавины по влажности снега, %	
	свежеснежавшего	метелевого	старого	прочие	сухие	мокрые
Чирчик	48	6	8	38	51	49
Сырдарья (левые и правые притоки)	67	22	8	3	78	22
Ахангаран	52	24	8	16	75	25
Кашкадарья	70	6	8	16	62	38

Разрушающая сила лавин возрастает с их объемом. В табл. 2.12 представлено распределение объемов лавин по градациям на основе наблюдений снеголавинных станций. Лавины объемом более 1 млн. м<sup>3</sup> составляют всего 0,5% от общего числа лавин [1, 2].

Таблица 2.12

## Распределение лавин, причинивших ущерб, по объемам, %

Бассейны рек	Объем лавин, тыс. м <sup>3</sup>						
	> 1000	1000-500	500-100	100-10	10-1	< 1	не установлено
Чирчик Ахангаран Сырдарья	0,5	0,3	1,8	35,0	26,7	32,0	2,7
Кашкадарья	-	0,1	1,5	10,8	44,3	42,3	1,0

На территории Республики Узбекистан имеется ряд важных народнохозяйственных объектов, таких как автодороги Ташкент-Ош, Самарканд-Шахрисабз, Бричмулла-Пскем; рекреационные зоны отдыха (Шахимардан, Чимган, Янгиабд, Санзар и др.); линии ЛЭП (Ангрен-Фергана – 220, 110, 35 кВт), горнорудные предприятия (Янгиабд, Лаштерек, Ургут, Хандиза, Устасарай, Шавазсай и др.), геологоразведочные объек-

ты, жилые поселки и кишлаки, расположенные в лавиноопасных зонах бассейнов рек Акбулак, Лаяк, Лаштерек, Сангардак, Аксу, Аксагата, Дукант, Куруптысай, Чадаксай, для которых проводятся оценки лавинной опасности и разрабатываются противолавинные мероприятия. Повторяемость схода лавин по бассейнам рек Узбекистана приведена в табл. 2.13, а на рис. 2.13 представлена карта лавинной опасности для Ташкентского вилоята.

Таблица 2.13

Краткие сведения о лавинной активности по бассейнам рек Узбекистана

Повторяемость схода лавин	Районы
Ежегодно	Бассейны рек Угам, Пскем, Коксу, Чаткал, Акбулак, Чимган, Ахангаран, Шахимардан, Сох, Заамин, Санзар, Кашкадарья, Сангардак, Туполанг, хр. Кугитанг
Один раз в 2-5 лет	Южный склон Кураминского хребта, хр. Каратепе, отдельные бассейны Сурхандарьи
В отдельные годы	Бассейн р. Шерабад, хребты Нуратау, Актау

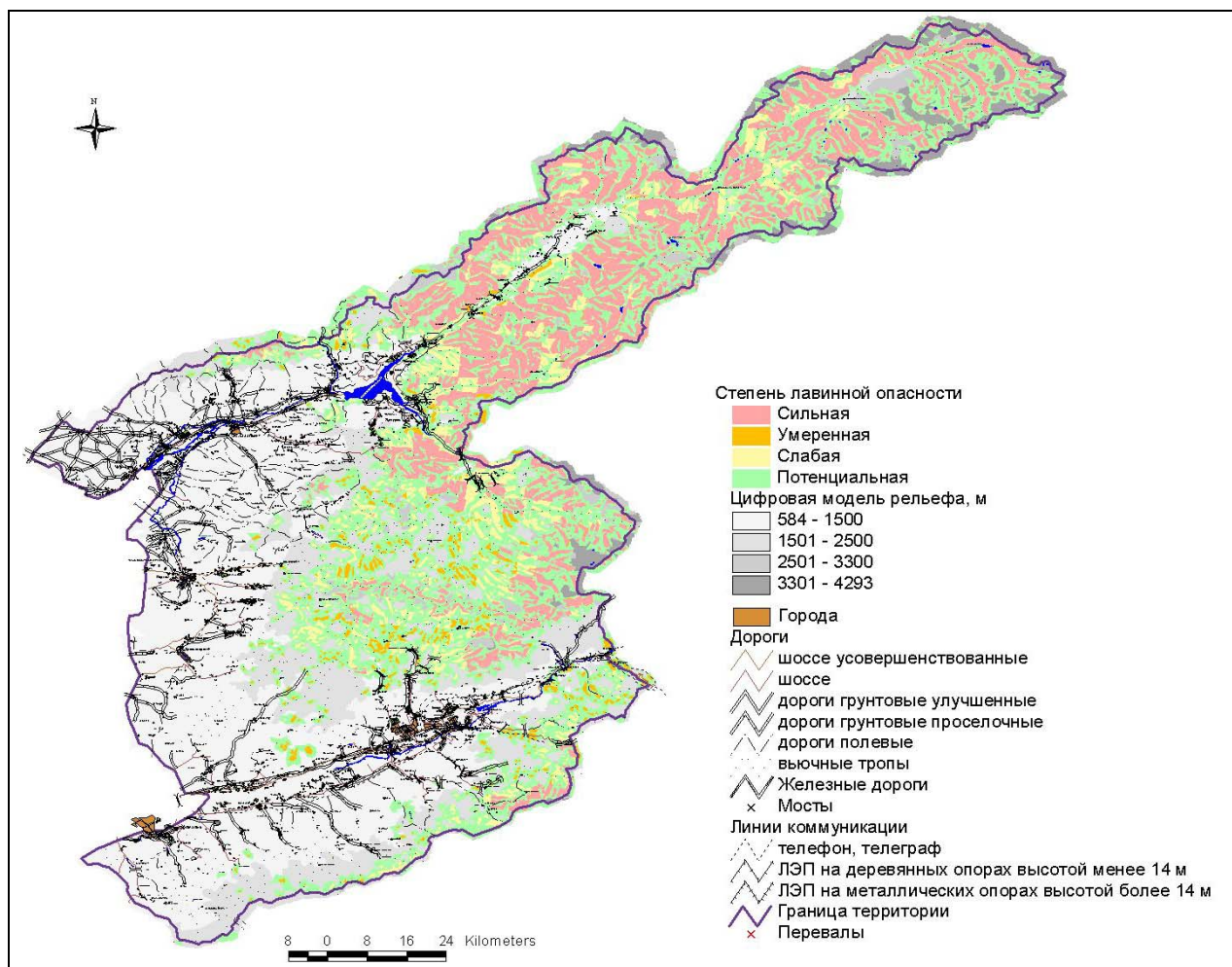


Рис. 2.13. Карта лавинной опасности Ташкентского вилоята [3].

Одним из важных объектов для экономики Республики Узбекистан является автомагистраль Ташкент-Ош. Ее пропускная способность в зимнее время ограничивается сложными погодными условиями, снежными лавинами и заносами. Ниже приведена краткая характеристика лавинной деятельности в районе перевала Камчик. Наиболее уязвимый участок автодороги (152-176 км) расположен в бассейне рек Камчик (левый приток р. Ахангаран), Резаксай, Иккибель (правая составляющая р. Чадак) и охватывает высотные зоны от 1500 до 2633 м н.у.м. Лавиноопасные участки расположены на северных, западных, южных и юго-западных склонах Кураминского хребта и хребта Куинды. На наиболее лавиноопасных участках района обслуживания от 152 до 163 км (дорожная разметка) расположены 18 лавиносборов, первые 7 из которых расположены в верховьях Иккибельсая, а 11 последних – на правом борту Камчиксая. Первая группа лавиносборов расположена в высотной зоне 2550-2250 м н.у.м, вторая – 2550-1820 м н.у.м. Автодорога и расположение лавиносборов показаны на рис. 2.14 [4].



Интенсивная ветровая деятельность оказывает большое влияние на перераспределение снега во время снегопадов и после. Под влиянием метелевого переноса происходит образование карнизов и надувов на подветренных склонах. Преобладающее направление ветра – северное, северо-западное, северо-северо-западное. Средние скорости ветра изменяются от 2 до 8 м/с, несколько раз зафиксирована скорость в 25-28 м/с. Продолжительность метелевых явлений от нескольких часов до суток.

В эти периоды наблюдается значительный снегоперенос, который играет большую роль в формировании снежного покрова в лавиносборах, образуя исключительно неравномерное залегание снега по их площади: на подветренных сторонах лавиносборов образуются карнизы высотой в 2-2,5 м, а с наветренных площадей снег почти полностью сдувается.

Устойчивый снежный покров образуется в конце октября – начале ноября, а разрушается в начале апреля. Среднее многолетнее значение количества суток с устойчивым снежным покровом равно 147. Средняя высота снежного покрова на метеорологической площадке снеголавинной станции Камчик составляет 35 см, а в лавиносборах – 80-100 см. Наибольшая высота снежного покрова в некоторых лавиносборах доходит до 400 см.

Лавины, как правило, сходят с ноября по апрель. По генетическому типу лавины, в основном, из свежеснежавшего и метелевого снега, и они сходят во время или сразу после снегопадов в результате перегрузки склонов свежеснежавшим снегом.

Средние высоты линии отрыва лавин составляют 2310 м, а высоты останки лавин – 2166 м. Средняя крутизна лавиноопасных склонов равна 35°. Характерная ориентация лавиноопасных склонов представлена юго-юго-западным направлением. Средняя площадь оторвавшегося снежного пласта составляет 9360 м<sup>2</sup>, а длина пробега лавины – 287 м. Объем лавин колеблется от нескольких десятков до 600 тыс. м<sup>3</sup>. Наибольшее количество лавин (более 20%) приходится на лавины с объемом до 5000 м<sup>3</sup>. Продолжительность лавиноопасного сезона изменяется от 32 до 163 суток. Средняя продолжительность лавиноопасного сезона составляет 101 сутки [2, 4].

Рост степени риска поражения людей и нанесения материально-технического ущерба лавинами за последние годы объясняется резким увеличением транспортного потока через перевал Камчик, насыщенностью лавиноопасных участков строительной и автодорожной техникой. В настоящее время строительство новых, реконструкция и модернизация существующих противолавинных и снегоудерживающих защитных сооружений на склонах лавиносборов позволяет значительно понизить риск от лавин и увеличить пропускную способность на новой действующей автодороге (рис. 2.14).

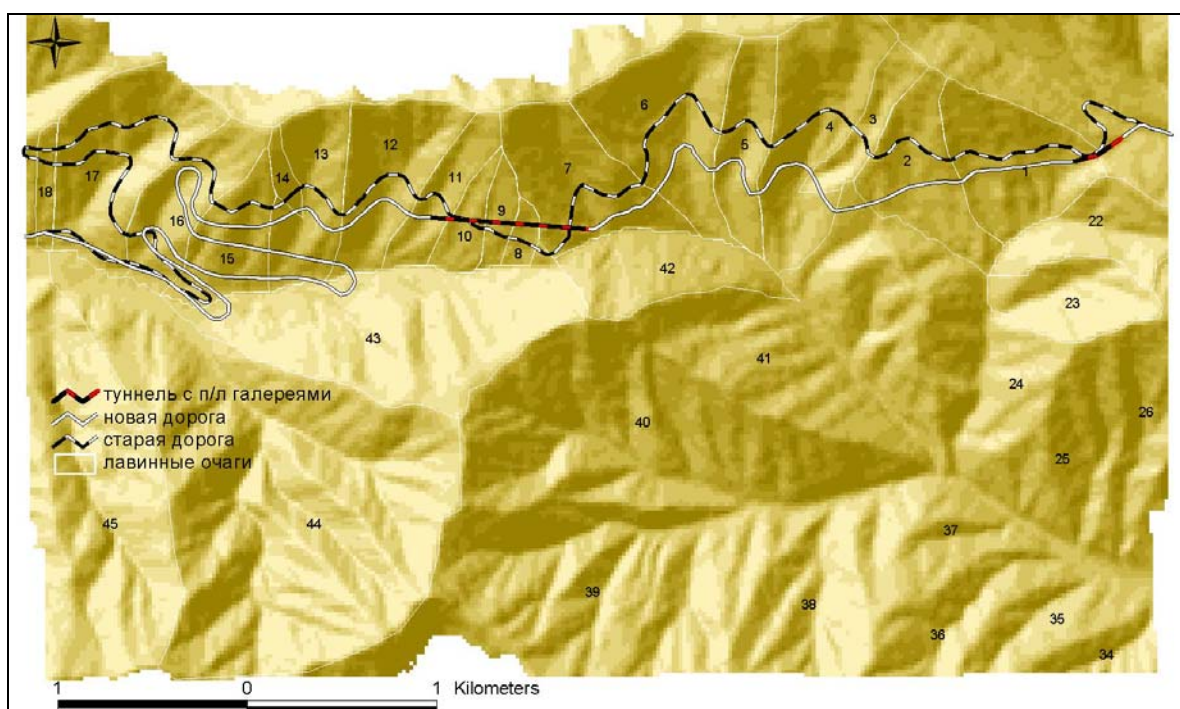


Рис. 2.14. Район перевала Камчик с новой автодорогой и выделенными лавиносборами.

На примере бассейна р. Дукуант, расположенного на южных склонах Чаткальского хребта, рассмотрено возможное изменение снеголавинных показателей на перспективу в связи с потеплением климата.

Краткая характеристика лавинного режима в бассейне представлена на рис. 2.15 и 2.16.



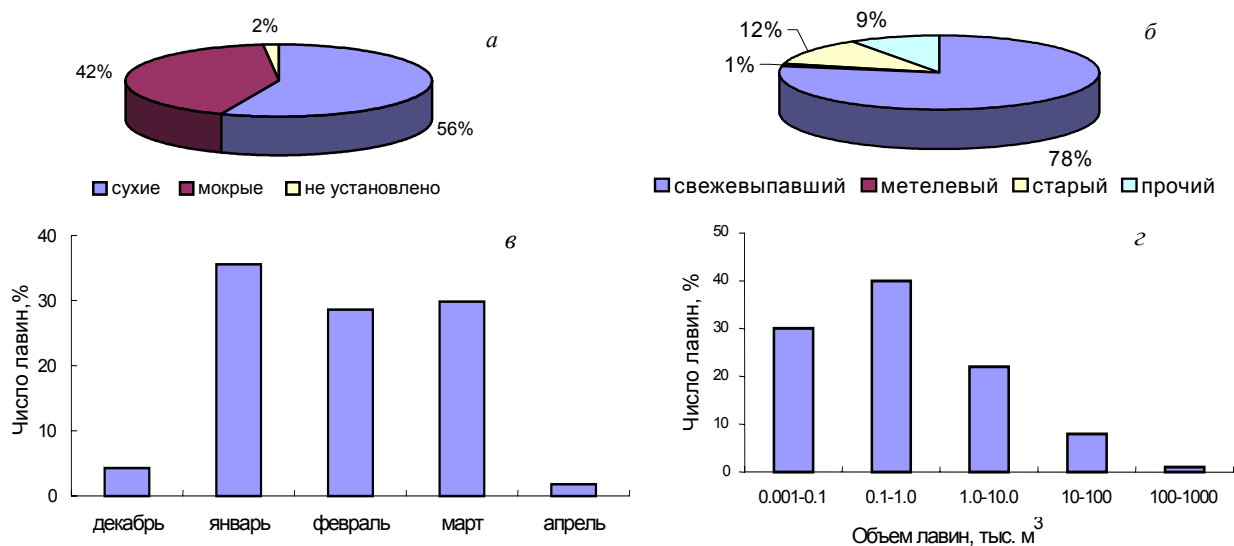


Рис. 2.15. Лавинный режим в бассейне р. Дукант:  
 а) распределение лавин (%) по влажности снега; б) распределение лавин (%) по генезису снега;  
 в) внутригодовое распределение лавин, %; г) распределение лавин (%) по объемам, тыс. м<sup>3</sup>.

Самая ранняя дата схода самой первой лавины была зарегистрирована 5 декабря 1968 года, самая поздняя дата схода самой последней лавины – 16 апреля 1960 года. Большая часть лавин сходит в январе-марте (90%). В основном, это сухие лавины свежевыпавшего снега. За период наблюдений наблюдались незначительные объемы лавин, до 40% лавин – это лавины с объемом 100-1000 м<sup>3</sup>, до 25% – с объемом 1000-10000 м<sup>3</sup>. Средняя длина пробега лавин составляет 200 м, наибольшая достигала 2200 м. Самое большое число лавин отмечено в высотной зоне в пределах 1500-2500 м (97% от всего числа лавин) и характеризуется крутизной склонов от 30° до 50° (98%) (рис. 2.16).

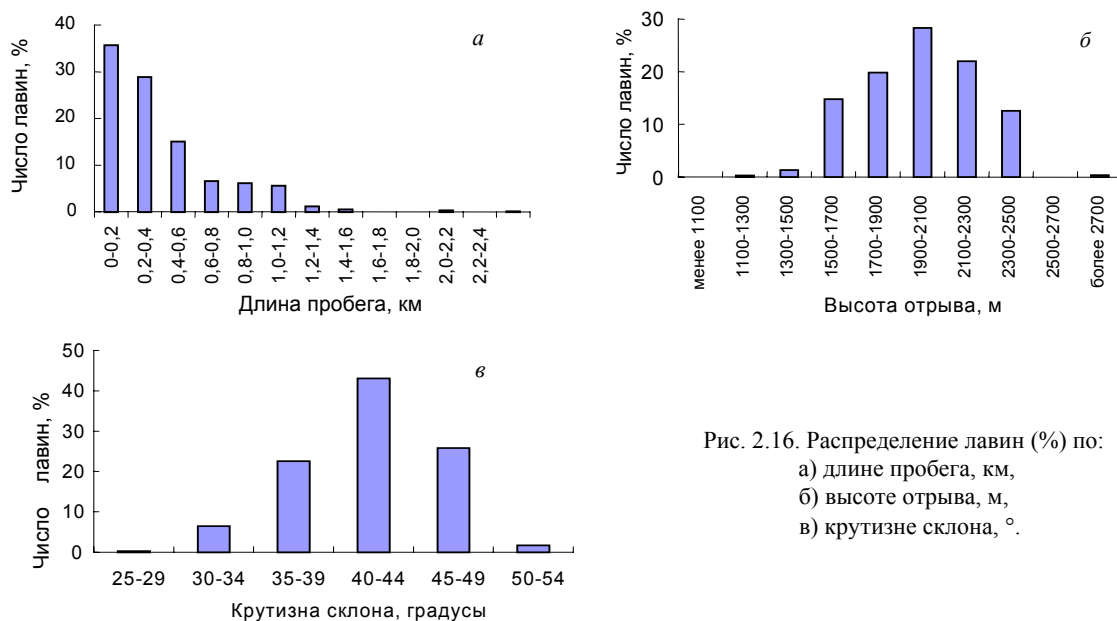


Рис. 2.16. Распределение лавин (%) по:  
 а) длине пробега, км,  
 б) высоте отрыва, м,  
 в) крутизне склона, °.

Бассейн р. Дукант относится к зоне сильной лавинной опасности (выделено 71 лавиносборов). За период наблюдений станции отмечен сход 854 лавин, из них – 123 лавины вызвали ущерб (15%). Из этого количества лавин – 45% лавин засыпали линейные объекты (дороги) и 7% – разрушили и повредили народно-хозяйственные объекты. Сход 26% лавин вызвал прекращение движения на дорогах на 24 ч, 8% лавин – на 1 ч [5].

Повторяемость лавин за зиму по лавиносборам представлена на рис. 2.17. По исследованиям [6] выявлено многолетнее изменение заснеженности бассейна и максимального объема снега по бассейну.

Период уменьшения высоты снежного покрова на метеорологической площадке составляет 17 лет.

Получены эмпирические зависимости между снеголавинными показателями (максимальной высотой снега за зимний период, числом дней со снежным покровом, повторяемостью лавин в год, продолжительностью лавиноопасного периода, максимальным объемом лавин за зимний сезон) и комбинациями климатических показателей, включающих среднемесячную температуру воздуха и суммы месячных осадков за базовый период (табл. 2.14) [7].

Таблица 2.14

Климатические показатели, влияющие на снеголавинный режим бассейна р. Дукуант

Рассчитываемый показатель	Исходные показатели		Множественный коэффициент линейной корреляции между рассчитываемым показателем и предикторами
	$g(I)$	$\Sigma Px(XI-III)$	
$h$	$g(I)$	$\Sigma Px(XI-III)$	0,79
$n$	$\Sigma g(XI, I, IV)$	$\Sigma Px(XI-III)$	0,59
$N$	$\Sigma g(XI-III)$	$\Sigma Px(XI-III)$	0,72
$N$	$g(I)$	$h$	0,68
$T$	$\Sigma g(XI, I, IV)$	$\Sigma Px(XI-III)$	0,41
$V$	$g(I)$	$\Sigma Px(XI-III)$	0,73
$V$	$g(I)$	$h$	0,60

Примечание:  $h$  – максимальная высота снега на метеоплощадке за зимний период, см;  $n$  – число дней со снежным покровом, дни;  $N$  – повторяемость лавин в год, число лавин;  $T$  – продолжительность лавиноопасного периода, дни;  $V$  – максимальный объем лавин, сошедших в зоне обслуживания СЛС, м<sup>3</sup>;  $g(I)$  – средняя температура января;  $\Sigma g(XI, I, IV)$  – сумма средних месячных значений температуры воздуха за ноябрь, январь, апрель;  $\Sigma g(XI-III)$  – сумма средних месячных температур с ноября по март;  $\Sigma Px(XI-III)$  – сумма осадков с ноября по март.

Полученные зависимости и климатические данные по сценариям изменения климата [8, 9] использованы для оценки сценарных значений показателей лавинной активности. В расчетах твердых осадков на период 2030, 2050, 2080 годов использовались суммы осадков зимнего периода с учетом температуры воздуха, при которой происходит фазовое разделение их на жидкие и твердые [10, 11].

Картографирование снеголавинных показателей выполнено на основе цифровой модели рельефа с использованием зависимостей высоты снега в бассейне от высоты снега на метеорологической площадке и характеристик рельефа (абсолютная высота местности, удаленность от речных русел и индекс влияния ветра) [5]. На рис. 2.18 приведены карты максимальной высоты снежного покрова в бассейне для расчетных периодов с использованием сценария В2.

Таким образом рассчитано, что граница минимального лавинообразующего слоя снега ( $\geq 30$  см) поднимется по абсолютной высоте к 2030 году до 1400 м, к 2050 году – до 1400-1500 м, а к 2080 году – до 1500-1600 м. Высотное положение снежного покрова толщиной от 50 до 70 см, когда лавины с относительно небольшими объемами снега сходят нерегулярно (1 раз в 10-15 лет), будет находиться на абсолютных отметках к 2030 году в диапазоне 1500-1600 м, к 2050 году – 1600-1700 м и к 2080 году – около 1800-1900 м. Граница высоты снега толщиной более 100 см, когда мощные лавины сходят систематически (через 2-3 года или многократно в течение одной многоснежной зимы), сдвигается к отметке 2100 м (2030 год), 2200 м (2050 год). Современная абсолютная высота этого показателя расположена в диапазоне 1800-1900 м. К 2080 году максимальная высота снега (не более 70-97 см) может быть только на абсолютных высотах выше 2100-2200 м.

По данным карт максимальной высоты снега с использованием цифровой модели рельефа получены высотные границы градиаций пространственного распределения снежного покрова для различных расчетных периодов (табл. 2.15).

Таблица 2.15

Изменение высотных диапазонов (м) расположения максимальной высоты снега в бассейне р. Дукуант при ожидаемом изменении климата

Период	Максимальная высота снега, см		
	30-50	50-70	более 100
к 2030 г.	1400	1500-1600	2100
к 2050 г.	1400-1500	1600-1700	2200

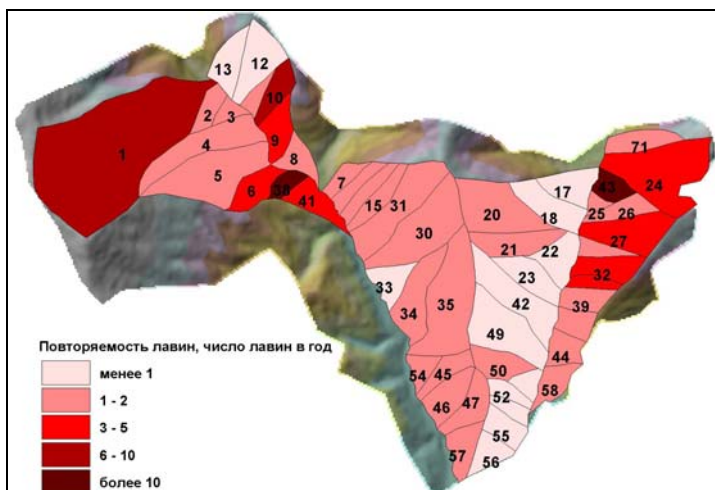


Рис. 2.17. Карта повторяемости лавин с единичной площади лавиносборов в бассейне р. Дукуант.

к 2080 г.	1500-1600	1800	>2200
-----------	-----------	------	-------

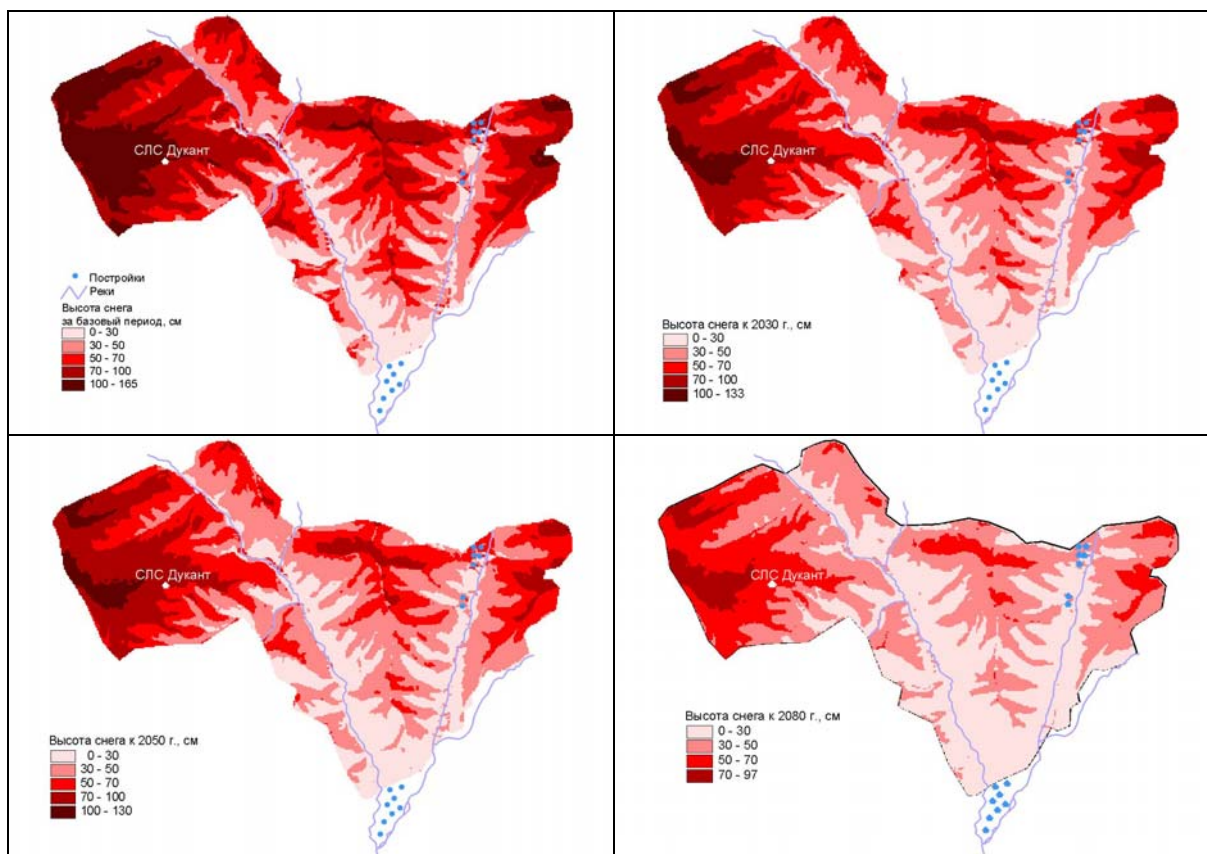


Рис. 2.18. Максимальная высота снега в бассейне р. Дукант за базовый период (1961-1990 годы) и рассчитанная по сценарию В2 для различных периодов.

В результате расчетов (на основе построенных карт) показателей лавинного режима предполагается, что формирование 1-2 лавин в год к 2030 году будет происходить с высоты 2000 м, 3-5 лавин в год – с 2300 м, 6-7 лавин в год – с высоты выше 2300 м. К 2050 году число лавин до 1-2 в год будет приходиться на высоту до 2200 м, до 3-4-х – до 2400 м, до 5 лавин и более – выше 2400 м. К 2080 году сход более 1 лавины в году возможен только на высоте выше 2400 м. В настоящее время в этих высотных интервалах в среднем за многолетие формируется до 11 лавин в год.

Продолжительность лавиноопасного периода в диапазоне высот 2000-2400 м будет длиться более 3-х месяцев к 2030 году и 2-3 месяца – к 2050 году. К 2080 году лавины можно ожидать в течение 1-2 зимних месяцев (в январе – из сухого свежеснежавшего снега, либо в феврале – из мокрого снега). За 44-летний период наблюдений в бассейне Дукантская продолжительность лавиноопасного периода достигала до 4-х месяцев.

Максимальный объем лавинного снега обычно картографируется в следующих градациях: до 10, 10-100, более 100 тыс. м<sup>3</sup>. В 2030 году он будет достигать 10 тыс. м<sup>3</sup> на высотах до 1800 м, а более 100 тыс. м<sup>3</sup> – на отметке выше 2000 м. К 2050 году лавины объемом до 10 тыс. м<sup>3</sup> будут формироваться на высотах до 1950 м, а более 100 тыс. м<sup>3</sup> – в зоне гор выше 2100 м. К 2080 году объемы лавин не будут превышать 10 тыс. м<sup>3</sup> и они будут образовываться на высотах более 2250 м.

Согласно оценкам [7], в среднем по двум сценариям климата, к 2030 году годовая сумма осадков на метеоплощадке СЛС Дукант возрастет на 106 мм, к 2050 году – на 129 мм и к 2080 году – на 144 мм. Средняя температура воздуха в январе за эти же периоды увеличится на 1,6°, 2,5° и 3,9°C, соответственно, а сумма средних месячных температур воздуха за ноябрь, январь и апрель – на 4,5°, 7,4° и 12,4°C. При этих условиях осадков в виде снега в бассейне р. Дукантсай будет выпадать к 2030 году на 17% меньше, чем в настоящее время, к 2050 году – на 20%, а к 2080 году – на 42% меньше. Соответственно в эти периоды уменьшится продолжительность залегания снежного покрова: на 9, 14 и 27%. Однако к 2030 году возможно увеличение повторяемости сильных снегопадов, и в этих экстремальных условиях ожидается увеличение числа лавин из свежеснежавшего снега (при общем снижении повторяемости лавин этого типа в целом). До 2050 года следует ожидать сход как сухих лавин, так и мокрых, а к 2080 году – в основном мокрых лавин. Повторяемость лавин за зимний период в бассейне Дукантская к 2030 году уменьшится на 55%, к 2050 году – на 77% и к 2080 году – на 95%, а объемы лавины уменьшатся на 17, 52 и 90%, соответственно.

На фоне сокращения числа дней со снежным покровом продолжительность лавиноопасного периода сократится к 2030 году на 19% или на 13 суток и будет меньше числа дней со снежным покровом в 2 раза. К 2050 году продолжительность лавиноопасного периода сократится на 32% (23 суток), а к 2080 году – на 53% (38 суток), что соответственно в 3 раза короче продолжительности залегания снежного покрова.

Также рассмотрена оценка изменения снеголавинной активности на эти же периоды для отдельных горных бассейнов, попадающих в зону обслуживания снеголавинных станций: Чимган, Ойгаинг, Кызылча и Камчик. Установлено, что исходные климатические показатели для этих станций не всегда одни и те же. В бассейнах рек Ойгаинг и Чимган информативными предикторами оказались температура воздуха и осадки в апреле, а также среднегодовая температура воздуха. Для «неопорных» снеголавинных станций Камчик, Чимган и Кызылча использовались станции-аналоги из списка опорных: для СЛС Чимган – данные метеостанции Пскем, а для СЛС Камчик и Кызылча – данные СЛС Дукант. Используя характерные для каждой снеголавинной станции зависимости, была проведена оценка показателей лавинной опасности и снеголавинного режима [7].

На рис. 2.19 представлены графики отклонения от базовых показателей лавинной активности для расчетных периодов по сценарию В2. Следует иметь в виду, что отсутствие расчетов показателей лавин на поздние периоды не означает полного прекращения схода лавин в эти продолжительные периоды, так как в экстремальные по снежности зимы лавины обязательно образуются. К тому же лавины могут быть незначительных объемов, либо не достигать днищ долин и останавливаться на склонах.

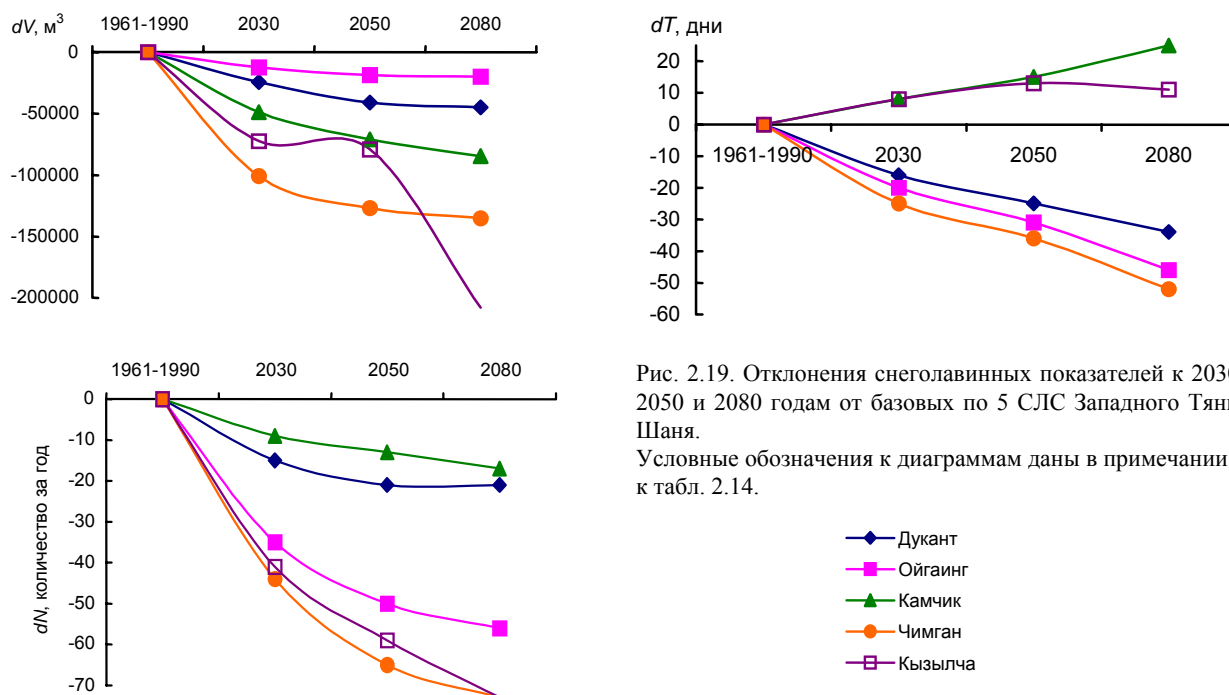


Рис. 2.19. Отклонения снеголавинных показателей к 2030, 2050 и 2080 годам от базовых по 5 СЛС Западного Тянь-Шаня. Условные обозначения к диаграммам даны в примечании к табл. 2.14.

Расчеты показывают на некоторое увеличение высоты снега на СЛС Ойгаинг; увеличение числа дней со снежным покровом, и соответственно продолжительности лавиноопасного периода – для СЛС Кызылча и увеличение продолжительности лавиноопасного периода – для СЛС Камчик.

Это связано с практически неизменными по сравнению с базовыми суммами осадков холодного периода, отрицательными температурами воздуха за эти периоды в данной высотной зоне и снеголавинными показателями за базовый период (1961-1990 годы), что согласуется с выводами [12] об уменьшении с высотой сокращения продолжительности холодного периода.

В целом, просматривается общая тенденция снижения лавинной активности по бассейнам от 2030 до 2080 года по отношению к базовому периоду. Продолжительность лавиноопасного периода к 2030 году, возможно, уменьшится в среднем на 0,5 месяца для районов СЛС Дукант, Ойгаинг, Чимган, а для районов СЛС Камчик и Кызылча – увеличится на 8 дней.

На отдаленную перспективу (к 2080 году) для районов СЛС Камчик и Кызылча эта тенденция сохранится, продолжительность лавиноопасного периода увеличится примерно на 11-20 дней по сравнению с базовой, однако в среднем по всем бассейнам она существенно не изменится.

Показатели лавинной активности и режима для основных рекреационных зон республики – Чимганская и Бельдерская снизятся. Однако при планировании хозяйственной или рекреационной деятельности в этих районах следует иметь в виду не только тенденцию уменьшения показателей снеголавинной активности и лавинного режима, но учитывать также и снежность года, определяемую выпавшими осадками, изменчивость которых увеличивается с изменением климата.



## 2.4. Селевая деятельность при различных сценариях изменения климата

При подготовке Первого Национального сообщения Республики Узбекистан по изменению климата была дана оценка современного состояния и экспертная оценка селеопасности территории республики при гипотетических сценариях изменения климата. Были определены некоторые климатические показатели, характеризующие частоту селей на водотоках, получены, в основном, качественные оценки повторяемости селей и дано предположение об изменении генезиса селей в связи с возможным потеплением климата [10].

В развитие этих проработок и на основе данных климатических сценариев ожидаемых температур воздуха и атмосферных осадков на периоды 2030, 2050 и 2080 годов [7] сделана количественная оценка изменений повторяемости селей, генезиса селей и максимальных расходов селевых паводков.

На основании достаточно длительного ряда наблюдений за селевыми потоками в Республике Узбекистан (1874-2005 годы) дана оценка вероятности формирования одного, двух и более селей в году на данном водотоке и вероятность неселеопасного года.

Для статистических расчетов такого дискретного, проявляющегося не каждый год, явления как сели, применим пуассоновский поток событий, аппроксимирующий биномиальное и гипергеометрическое распределение дискретных случайных событий [4]. Для расчетов вероятности появления, либо не появления, события по схеме Пуассона достаточно знать один параметр –  $\lambda$ , численно примерно равный среднему числу появления события в данной серии (число селей за  $n$  лет). Вероятность того, что при достаточно большом числе испытаний  $n$  данное событие наступит  $k$  раз, равна:

$$p_n(k) = \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!}. \quad (2.1)$$

Для ряда рек, имеющих достаточно длительные ряды наблюдений за селями, с использованием распределения Пуассона рассчитана вероятность формирования одного, двух и т.д. селей в году и вероятность не селеопасности года, то есть вероятность того, что сель на данной реке не сформируется. Примеры частоты формирования селей на некоторых реках приведены на рис. 2.20.

Как видно из графиков, получены достаточно близкие значения расчетной и фактической вероятностей формирования селей.

Для водотоков с коротким рядом наблюдений можно рекомендовать зависимость параметра распределения  $\lambda$  от средней высоты бассейна реки ( $Z$ ):

$$\lambda = 0,09 \cdot Z^2 + 0,52 \cdot Z - 0,40. \quad (2.2)$$

Как видно из формулы (2.2), параметр  $\lambda$  сначала растет с высотой местности, затем уменьшается. Поскольку основная масса селей на реках Узбекистана имеет дождевое происхождение, то естественно и среднее число селей в какой-то мере повторяет высотное распределение жидких осадков.

В целом, для большинства исследованных рек рассчитанная по формуле (2.2) вероятность не селеопасного года изменяется от 68 до 79% при фактической от 61 до 76% от всех исследованных лет. Вероятность формирования от 4 до 9 селей в году равна 1-2% практически для всех рек.

Одним из важных вопросов практического селеведения является периодичность селеактивности водотоков за многолетие. На основании наблюдений за селями с 1874 по 2005 годы построены диаграммы общего числа селей в году, наблюдающиеся на всех водотоках республики (рис. 2.21).

Необходимо отметить, что число зафиксированных селей, кроме причин природного характера, зависит от степени населенности территории, пропускной способности русла водотока, наличия хозяйственных построек вблизи русла и от квалификации наблюдателя. Указанный выше тренд селеопасных водотоков в значительной степени обусловлен ростом численности населения и освоением ранее не обжитых зон селеопасных рек. Тем не менее, как видно из рис. 2.21, даже век назад степень селеактивности водотоков имеет тот же порядок, что и в настоящее время, а не селеопасные и мало селеопасные годы наблюдаются практически с той же частотой.

Среднее число селей за год на реках Узбекистана оказалось равным 21,7, то есть примерно 22 селевых потока. Наибольшее зафиксированное число селей – 167 селей в 1930 году [5]. Также очень селеопасными были

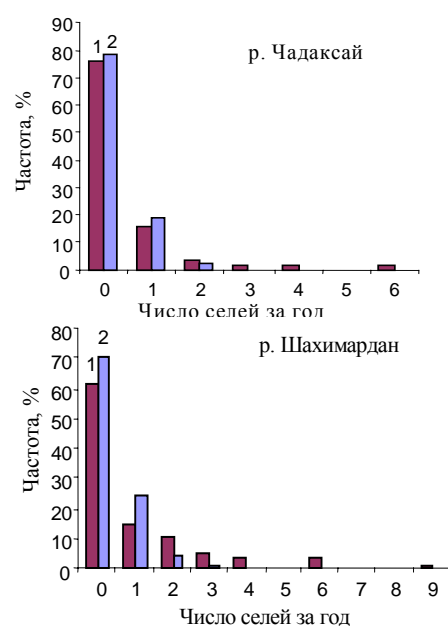


Рис. 2.20. Гистограмма распределения числа селей за год.  
1 – фактическое;  
2 – вычисленное по распределению Пуассона.



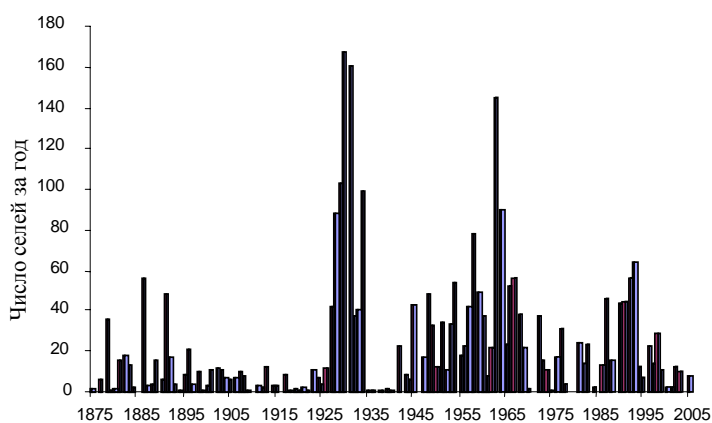


Рис. 2.21. Изменение числа селей в году по Республике Узбекистан за 1874-2005 годы.

1934 год (99 селей), 1958 год (78 селей), 1963 год (145 селей) и 1993 год (64 селя). Наиболее селеопасными периодами в Республике Узбекистан были 1930-1934 годы, а наименее селеопасными 1894-1925; 1935-1944 и 1999-2005 годы. На рис. 2.22 представлена карта степени селевой опасности для территории Узбекистана [1].

На основании связей селевых проявлений с суточными максимумами жидких осадков рассчитаны изменения вероятностей формирования селей относительно базового периода с учетом изменения среднего суточного максимума осадков. Было принято, что если частота селей превышает 0,5, то вероятность селей увеличится на это превышение, при этом учитывался знак изменения

вероятности. В качестве примера результаты таких расчетов для некоторых рек представлены в табл. 2.16.

Наиболее неблагоприятным для формирования селей является сценарий А2. Для этого сценария для всех трех периодов вероятно усиление селеопасности.

Таблица 2.16

Изменение вероятности формирования селей (%) к базовому периоду (1961-1990 годы) при различных сценариях изменения климата

Река	2030 г.		2050 г.		2080 г.	
	Сценарий В2	Сценарий А2	Сценарий В2	Сценарий А2	Сценарий В2	Сценарий А2
Чадаксай	-1,5	+31,5	+18,1	+38,9	+27,0	+34,4
Санзар	+5,4	+16,2	+5,4	+16,9	-0,8	+10,0
Ахангаран	+0,4	+9,3	+1,2	+11,8	+2,0	+9,3
Паркентсай	+0,3	+7,9	+1,0	+10,0	+1,7	+7,9
Гузардаря	+5,6	+17,5	+5,6	+16,9	-2,3	+5,0
Шерабад	+1,0	+18,8	+5,8	+18,1	-2,9	+5,1

Иначе обстоит дело с оценкой селевой активности водотоков согласно сценарию климата В2 из-за неоднозначности изменения селевой активности в разных районах республики. В целом вероятно, что полученные оценки будущей селевой активности водотоков достаточно объективны, но учитывая весьма низкую тесноту связей частоты формирования селей с суточными максимумами осадков и значительную неопределенность используемого критерия ( $\bar{N}_{\max}$ ), как в области – 1 (сель был), так и в области – 0 (селя не было), все полученные оценки могут расцениваться лишь как ориентировочные.

Достаточно надежных данных о максимальных расходах селевых паводков нет. Как правило, максимальные расходы определяются по следам, оставленным селом, с использованием гидравлических параметров потоков. В расчетах скоростей потоков используется один из вариантов формулы Шези-Маннинга, адаптированный для данной территории (группы рек).

Проведенная статистическая проверка принадлежности максимальных расходов селей с помощью критерия Ирвина [10] показала, что наиболее катастрофические сели на реках Узбекистана формируются за счет исключительных (не обычных) причин, как-то прорыв плотин высокогорных озер, сход в русла рек оползней и снежных лавин, выпадения интенсивных жидких осадков на снежный покров и т.п. Величины этих расходов не принадлежат выборке из наблюдаемых максимальных расходов воды. По этой причине оценка обеспеченности максимальных расходов селевых паводков проведена по сведениям о максимальных расходах селей, опубликованных в Каталоге селей Узбекистана и ежегодных обзорах селевой деятельности по республике.

Необходимо отметить свойства эмпирических распределений  $Q_{\max}$ : во-первых, большая изменчивость рядов наблюдений (среднеквадратическое отклонение имеет один порядок со средними значениями максимальных расходов селей), во-вторых, высокий коэффициент вариации и относительно небольшое соотношение коэффициентов асимметрии и вариации распределений, как правило в районе 1,0-1,5, реже 2,0. Эти свойства рядов распределения  $Q_{\max}$  в какой-то степени совпадают со свойствами суточных сумм жидких осадков, что закономерно, так как около 90% селей Узбекистана формируются за счет выпадения интенсивных дождей.

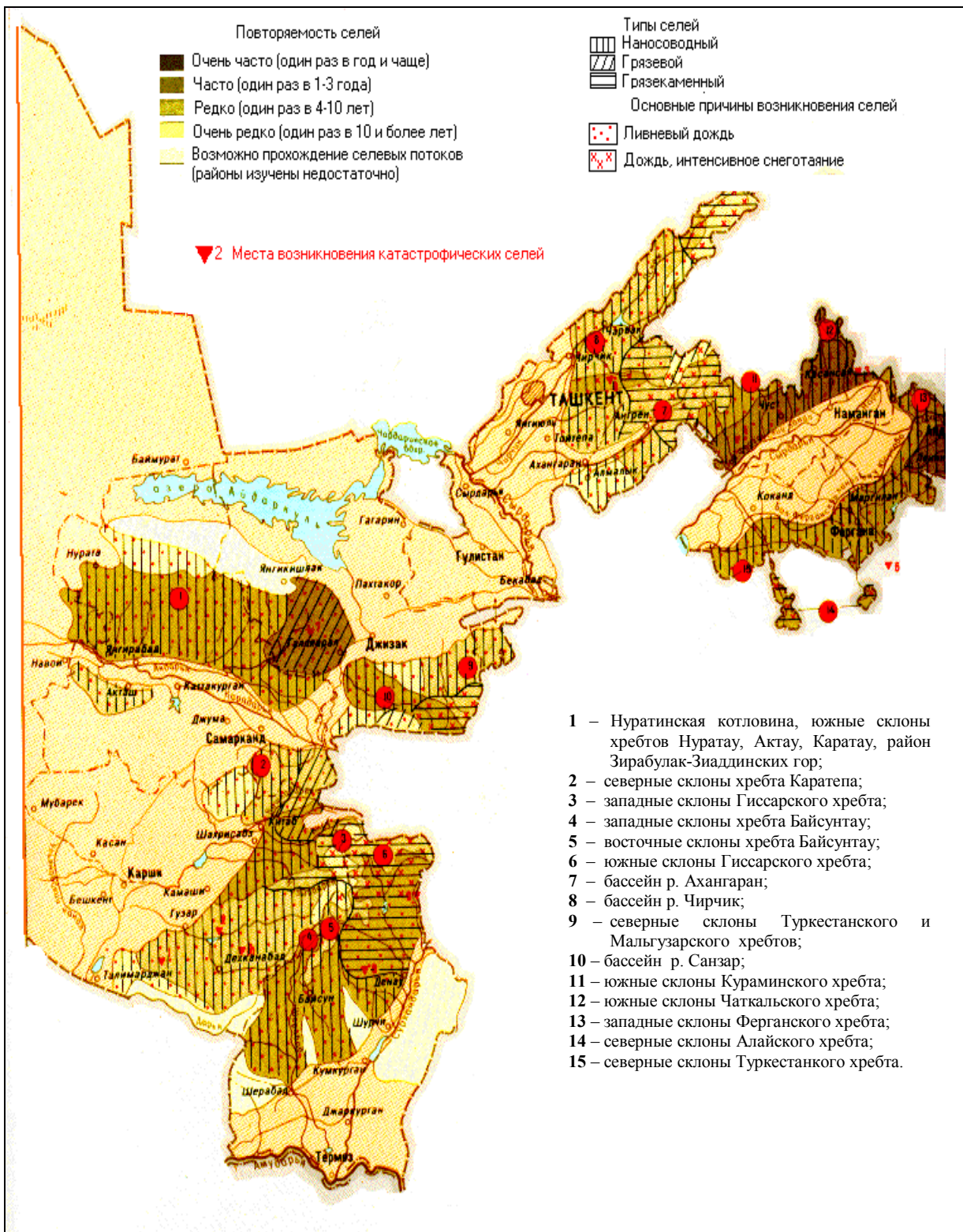


Рис. 2.22. Степень селевой опасности [1].

Статистические характеристики максимальных расходов селевых паводков для некоторых рек приведены в табл. 2.17, а кривые обеспеченности этих расходов на рис. 2.23.

Согласно сценариям климата В2 и А2 температура воздуха в будущем будет расти. Рост температур воздуха обуславливает большую долю жидких осадков в годовой их сумме, и учитывая, что основная масса селей в Узбекистане дождевого происхождения, то соответственно увеличится и вероятность формирования селевых паводков.

Основные статистические характеристики максимальных расходов селевых паводков

Река	Период наблюдений	Статистические характеристики					Наибольший максимальный расход селея, м <sup>3</sup> /с
		$Q_{max}$ , м <sup>3</sup> /с	$\sigma_{Q}$ , м <sup>3</sup> /с	$C_v$	$C_s$	$C_s / C_v$	
Паркентсай	1934-2005	91,6	72,3	0,79	0,69	0,88	255
Башкызылсай	1942-2005	79,4	39,7	0,50	0,60	1,20	150
Алмассай	1927-2005	56,0	40,5	0,72	0,93	1,28	150
Чадаксай	1929-2005	40,9	30,0	0,73	1,51	2,07	120
Санзар	1929-2005	93,6	99,1	1,06	1,88	1,78	379
Гузардарья	1930-2005	201	191	0,95	1,29	1,36	600
Шерабад	1929-2005	222	126	0,57	0,20	0,36	500
Тусунсай	1928-2005	51,1	35,1	0,69	1,22	1,78	123

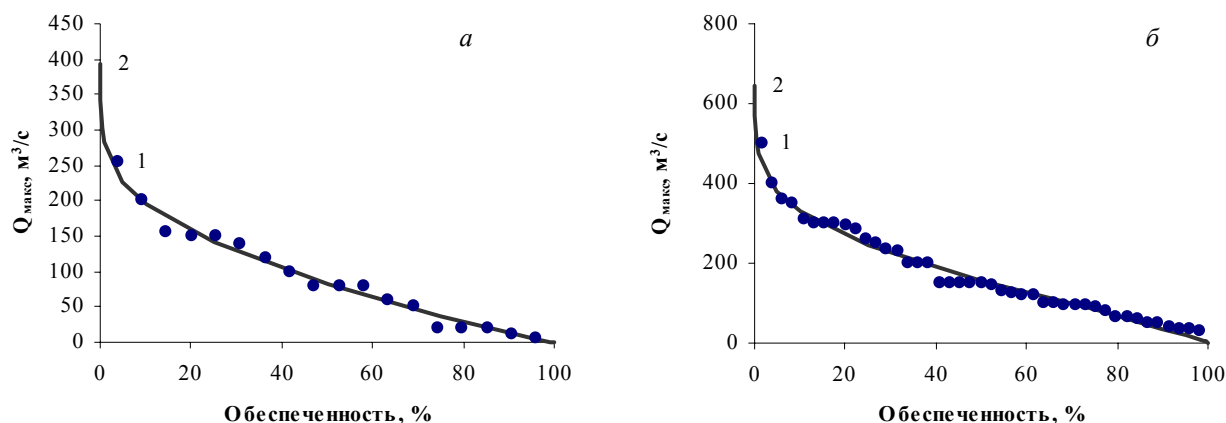


Рис. 2.23. Кривые обеспеченности максимальных расходов селевых паводков на р. Паркентсай (а) и на р. Шерабад (б). 1 – эмпирические, 2 – теоретические.

Г. Е. Глазыриным [3] получены вероятности выпадения твердых осадков  $p(\mathcal{D})$  для различных высотных зон в зависимости от температуры приземного слоя воздуха. При этом принималось, что при температуре  $\mathcal{D} < \mathcal{D}_{0,5}$  ( $\mathcal{D}_{0,5}$  – температура, при которой равновероятно выпадения дождя и снега) – выпадает только снег, а при  $\mathcal{D} > \mathcal{D}_{0,5}$  – выпадает только дождь и в интервале от  $\mathcal{D}_1$  (температура, при которой выпадает только снег) и до  $\mathcal{D}_0$  (температура, при которой выпадает только дождь) вероятность  $p(\mathcal{D})$  меняется линейно.

Для построения зависимостей  $p(\mathcal{D})$  от температуры воздуха использованы данные по трем станциям – Ташкент, Пскем и Кызылча и зависимости вероятности выпадения снега от температуры воздуха, которые аппроксимированы в виде для метеорологических станций:

$$\text{Ташкент} \quad p(\mathcal{D}_1) = 0,204 \times \mathcal{D} + 0,75,$$

$$\text{Пскем} \quad p(\mathcal{D}_1) = 0,170 \times \mathcal{D} + 0,74,$$

$$\text{Кызылча} \quad p(\mathcal{D}_1) = 0,190 \times \mathcal{D} + 0,77.$$

Проработки по оценке вероятности выпадения снега для данного высотного пояса гор выполнены [3] с использованием суточных слоев осадков и средней суточной температуры воздуха, но так как имеются лишь среднемесячные аномалии температур воздуха и месячные суммы осадков на соответствующие периоды, то сделаны следующие допущения:

- считается, что с изменением суточных температур воздуха на ту же величину изменятся и среднемесячные значения ее;
- уменьшение вероятности выпадения снега означает такое же увеличение вероятности выпадения дождя;
- изменение вероятности выпадения дождей при различных сценариях климата в соответствии с распределением суточных дождей приводит к изменению вероятности формирования селей дождевого генезиса.

Получено весьма существенное увеличение частоты выпадения дождей в связи с потеплением климата. Однако нужно иметь в виду, что, во-первых, большая часть дождей выпадает слоем менее 1,0 мм и, во-вторых, далеко не каждый дождь формирует селевой паводок. Однако, можно с достаточной уверенностью предполагать об увеличении в будущем частоты формирования селевых паводков дождевого генезиса.

Ориентировочно можно считать, что к 2030 году частота селей, образованных за счет интенсивного снеготаяния, сократится на 25-30%. Более существенное потепление к 2050 году и особенно к 2080 году приведет, по-видимому, к уменьшению доли селей снегового генезиса на 40-50% в первый период и на 60-80% во второй период по сравнению с нынешней частотой прохождения селей этого генезиса.

Для рек Узбекистана характерно формирование селей дождевого генезиса для малых низкогорных рек, поэтому исследование влияния изменения атмосферных осадков на максимальные расходы селей выполнено для малых низкогорных рек. Для того, чтобы иметь возможность сравнивать рассчитанные с учетом климатических сценариев и фактические максимальные расходы воды, такая проработка выполнена для рек, где имеются достаточно длительные наблюдения за стоком.

Максимальные расходы дождевых паводков 1% обеспеченности для соответствующих периодов рассчитывались по методикам Ю. Б. Виноградова, В. М. Денисова, А. Ф. Шахидова и Д. Л. Соколовского [2, 5, 8, 11].

Для примера в табл. 2.18 приведены средние значения максимумов, рассчитанные по четырем способам на 2030, 2050 и 2080 годы в предположении реализации сценария климата А2.

Таблица 2.18

Рассчитанные максимальные расходы селевых паводков дождевого генезиса на малых низкогорных реках Узбекистана (сценарий климата А2)

Река	Площадь водосбора, км <sup>2</sup>	Максимальные расходы воды, м <sup>3</sup> /с			
		наблюденный	2030 г.	2050 г.	2080 г.
Сазагансай	26,8	82,3	94,5	101	102
Аманкутансай	57,8	127	174	166	179
Ургутсай	25,1	20,0	34,0	38,2	38,0
Паркентсай	80,0	255	280	296	310
Алтынбельсай	39,1	53,4	66,4	70,1	71,5
Каранкульсай	15,6	26,1	32,5	34,2	35,0
Маджерумсай	45,7	34,1	45,9	48,6	52,0

В среднем для территории всей республики к 2030 году максимальные расходы селевых паводков дождевого генезиса увеличатся на 30-35%, к 2050 году – на 35-40% и к 2080 году – на 40-50% по сравнению с современной селеопасной ситуацией.

Согласно сценария климата В2 масштабы увеличения максимальных расходов селевых паводков в будущем несколько меньше.

Известно, что 7-8 апреля 1959 года практически по всем рекам и саям обширной территории от Западного Тянь-Шаня до Джунгарского Алатау прошли выдающиеся по величине максимального расхода дождевые паводки. Особо значительные паводки прошли на реках Чирчик-Ахангаранского бассейна, Арысы и Каратала. Максимальные расходы этих паводков превысили все до того наблюдавшиеся наибольшие расходы.

Как показано в [2], в соответствии с синоптической ситуацией этого периода наблюдалось чередование потеплений, сопровождающихся выпадением довольно значительных дождей и, как правило, последующих похолоданий с понижением ночных температур ниже 0°. Это обусловило образование ледовой корки на поверхности снега, по которой дождевые воды практически без потерь сбрасывались в русловую сеть. Близкая к этой ситуации с формированием селей в какой-то степени повторилась в 1967 году в бассейне р. Паркентсай [9].

Учитывая катастрофичность такого рода паводков и значительную площадь распространения этого явления, проведена оценка повторяемости этих явлений и вероятности их при возможных изменениях климата.

На основании данных по суточным слоям дождей, выпадающих в период, когда на снеготочках метеоплощадок наблюдается снежный покров, для метеостанций Ташкент, Пскем и Ойгаинг рассчитывалась условная обеспеченность выпадения жидких осадков на снежный покров. Получено, что для предгорий возможно увеличение повторяемости выпадения дождей на снежный покров на 30-40%, для низкогорий на 4-6% и для зоны высоких гор на 50-60% по сравнению с современной климатической ситуацией.

Таким образом, можно констатировать, что, во-первых, с предполагаемым ростом осадков следует ожидать небольшое увеличение повторяемости селей, во-вторых, по этой же причине возможно увеличение максимальных расходов селевых паводков и, в-третьих, рост температур воздуха обусловит уменьшение доли селей снегового генезиса, но соответственно увеличится доля селей дождевого генезиса. В целом, нет оснований ожидать смягчения селеопасной ситуации в будущем.

В качестве первой необходимой меры следует повседневно следить за состоянием русел селеопасных рек, особенно в районах мостовых переходов, на суженных участках рек, где могут возникать заторные явления и в пределах населенных пунктов, то есть предусмотреть мероприятия по безаварийному пропуску селевых вод по руслам рек. Там, где это необходимо, нужно укреплять берега и нижние бьефы мостовых переходов.

Необходимо вынести за пределы пойм, а тем более за пределы русел рек, опоры линий электропередач, газо- и водопроводов и других коммуникаций. Руслу арыков, нагорных канав и каналов необходимо ежегодно в предселевой период очищать от скопившегося аллювия с тем, чтобы увеличить их пропускную способность. Особое внимание следует уделять состоянию селехранилищ, устойчивости их плотин, очистке самой чаши селехранилища от селевых наносов ранее прошедших паводков.

Продолжать совершенствовать систему оповещения о селевой опасности в Республике Узбекистан.

## 2.5. Засушливые явления

В последние десятилетия в ряде регионов мира отмечается увеличение повторяемости, интенсивности и продолжительности экстремальных погодно-климатических явлений, которые уже в ближайшее время могут вызвать значительные потери в сельскохозяйственном производстве, затруднения в обеспечении населения водой. Ожидается, что антропогенные изменения климата приведут к увеличению повторяемости и суровости такого экстремального явления как засуха.

Глобальное потепление будет и дальше способствовать увеличению числа экстремальных погодных условий в регионе, то есть периодов с **засухами и высокими летними температурами**, изменению в режиме формирования водных ресурсов, что может привести к дополнительным негативным последствиям в бассейне Аральского моря и особенно в Приаралье. Увеличение повторяемости этого экстремального явления и широкое разнообразие воздействий засухи может повлечь за собой самые серьезные последствия и причинить ущерб орошаемому земледелию и многим другим сторонам человеческой деятельности.

**Засуха** – это комплексное явление, которое вызывается атмосферными условиями (осадки, температура, влажность, ветер, радиация, облачность), она взаимосвязана с гидрологическими условиями (поверхностные и подземные воды) и влияет на условия ведения земледелия.

Засуха сопровождается высокими температурами воздуха при малом количестве осадков. Повышенные температуры приводят к росту испарения, что вызывает уменьшение стока рек и степени увлажнения почвы. Аномально высокие температуры весенне-летнего периода оказывают неблагоприятное воздействие на сельское хозяйство, способствуют развитию процессов опустынивания на орошаемой и богарной территории.

Возникновение засухи в Узбекистане, который уже испытывает дефицит водных ресурсов, создает дополнительную угрозу для больших территорий и населения, проживающий на них [1-3, 7, 12, 14, 16-20].

Понижение водности рек в условиях уже наблюдаемого дефицита водных ресурсов представляет серьезную проблему, особенно в связи с катастрофическим опустыниванием в низовьях Амударьи и Сырдарьи, в зоне экологической катастрофы Аральского моря.

Прежде всего, необходимо отличать понятие засушливости от засухи. Засушливость – это средне-многолетняя характеристика аридности климата, а засуха – явление эпизодическое, которое может наблюдаться практически при любом климате, но обычно повторяемость засух повышенная в зоне аридных климатов. В связи с возможным увеличением повторяемости этого явления необходимо разрабатывать меры смягчения и адаптации для сокращения масштабов ущерба.

Наиболее распространенными определениями являются: **метеорологическая, гидрологическая и почвенная засуха**.

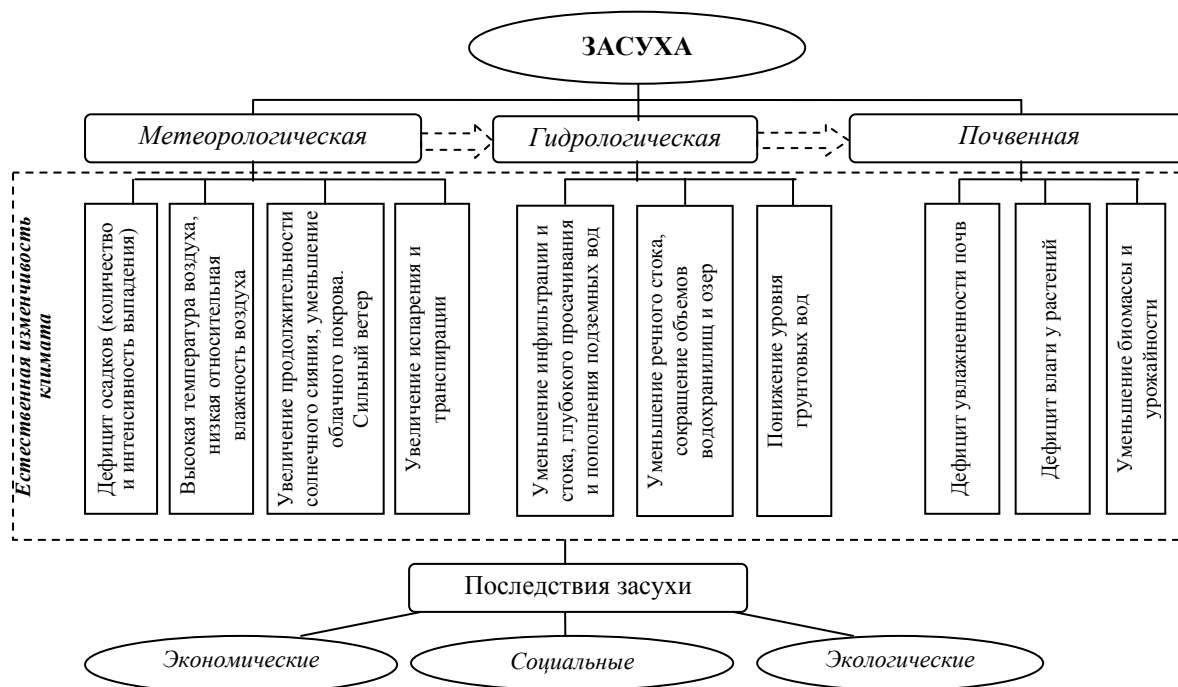


Рис. 2.24. Виды засухи и их взаимодействие.

При дефиците осадков и повышенных температурах воздуха в вегетационный период отмечается метеорологическая засуха, по соотношению испарения или испаряемости и дефициту влажности почвы выделяется почвенная засуха, по уменьшению стока в реках – гидрологическая (рис. 2.24).



### 2.5.1. Метеорологическая засуха

**Атмосферная или метеорологическая засуха** – длительный и значительный недостаток осадков по сравнению с нормой при повышенных температурах воздуха весной или летом, то есть состояние атмосферы, характеризующееся недостаточным выпадением осадков, высокой температурой и пониженной влажностью, и, как следствие, *почвенная и гидрологическая засухи*.

Частота и интенсивность экстремальных погодных явлений в будущем, вероятно, изменится. Как ожидается, с повышением глобальной средней температуры возрастет количество теплых дней и волн, а также снизится число морозных дней и сократится период холодов. Климатические модели также согласованно показывают, что экстремальные погодные явления во многих регионах станут более частыми и опасность засух в континентальных районах в течение летнего периода времени возрастет.

Отмечается существенная тенденция к повышению норм среднемесячных температур по территории Узбекистана. В последнее десятилетие наибольший вклад в потепление вносили уже зимние месяцы. Например, средняя за 10 лет температура воздуха за зимний сезон оказалась выше базовой нормы (1961-1990 годы) практически по всей территории Узбекистана, в отдельных районах превышение составило 1,2-1,5°C, а в весенний и летний сезоны отмечено некоторое понижение температуры воздуха.

Для условий Республики Узбекистан опасным явлением в теплый период года принято считать температуру воздуха, превышающую 40°C без указания длительности периода.

Температура, равная и выше 35°C, наблюдается в основном с конца мая по октябрь, хотя в отдельные годы, тем более на юге, жара начинается уже в апреле, а иногда даже в марте. Пик числа жарких дней приходится в среднем на июль, хотя в отдельные годы наблюдается и в августе. Сведения о количестве дней с температурой выше 40°C за многолетний период и за 2005 год приводятся в табл. 2.19.

Таблица 2.19

Число дней ( $N$ ) с температурой выше 40°C

Республика, вилоят	Станция	Максимальное		$N_{\text{среднее}}$	$N$ в 2005 г.
		$N_{\text{max}}$	Год		
Республика Каракалпакстан	Чимбай	13	1983	4,9	11
	Нукус	14	1984	7,3	11
	Жаслык	17	2005	5,1	17
	Каракалпакия	13	1984	4,6	8
	Тахияташ	11	2005	4,8	11
	Муйнак	13	2005	3,9	13
Навоийский вилоят	Навои	12	1984	4,8	8
	Нурата	11	1997	5,7	8
	Тамды	26	1983/2005	13,3	26
	Бузаубай	46	1984	22,5	27
	Машикудук	48	1984	25,0	28
Бухарский вилоят	Бухара	25	1984	10,5	12
	Каракуль	19	1984	8,0	10
Ташкентский вилоят	Ташкент	11	1975	3,2	5
	Ангрен	3	1983	0,1	0
	Кокарал	2	1997, 2005	0,5	2
	Каунчи	12	1997	4,4	9
	Дальверзин	6	1975, 1977	2,1	4
	Алмалык	3	1997, 2005	1,1	3
	Бекабад	4	2001, 2005	0,9	4
Наманганский вилоят	Наманган	6	2005	1,3	6
Андижанский вилоят	Андижан	5	1977	0,7	3
Хорезмский вилоят	Ургенч	10	1988, 2002	5,3	9
	Хива	13	2000	4,9	12
Ферганский вилоят	Фергана	4	2005	0,7	4
Сырдарьинский вилоят	Сырдарья	10	2002, 2005	3,5	10
	Янгийер	16	1973	5,4	11
Джизакский вилоят	Джизак	5	1997, 2005	1,5	5
	Галляарал	7	1997	2,5	6
	Богарное	4	1983	0,7	1
	Янгикишлак	8	1975	3,5	6
Самаркандский вилоят	Самарканд	3	1975, 2005	0,8	3
	Кушрабад	6	1984	1,7	3
	Дагбит	4	1997	1,0	3
Кашкадарьинский вилоят	Карши	38	1984	17,3	14
	Мубарек	60	1984	25,1	Отсутствует
	Шахрисабз	18	1997	5,3	5
Сурхандарьинский вилоят	Шурчи	40	2001	15,9	31
	Шерабад	28	1975	12,0	11
	Байсун	2	2002	0,1	0
	Денау	18	1994	4,6	6
	Термез	62	1995	29,6	27

На рис. 2.25 приводятся карты-схемы распределения числа дней с температурой 40°C и более за период 1971-2005 годов и, в качестве примера, за 2005 год.

Практически по всей территории Узбекистана в 2005 году число дней с температурой 40°C и более отмечалось выше нормы.

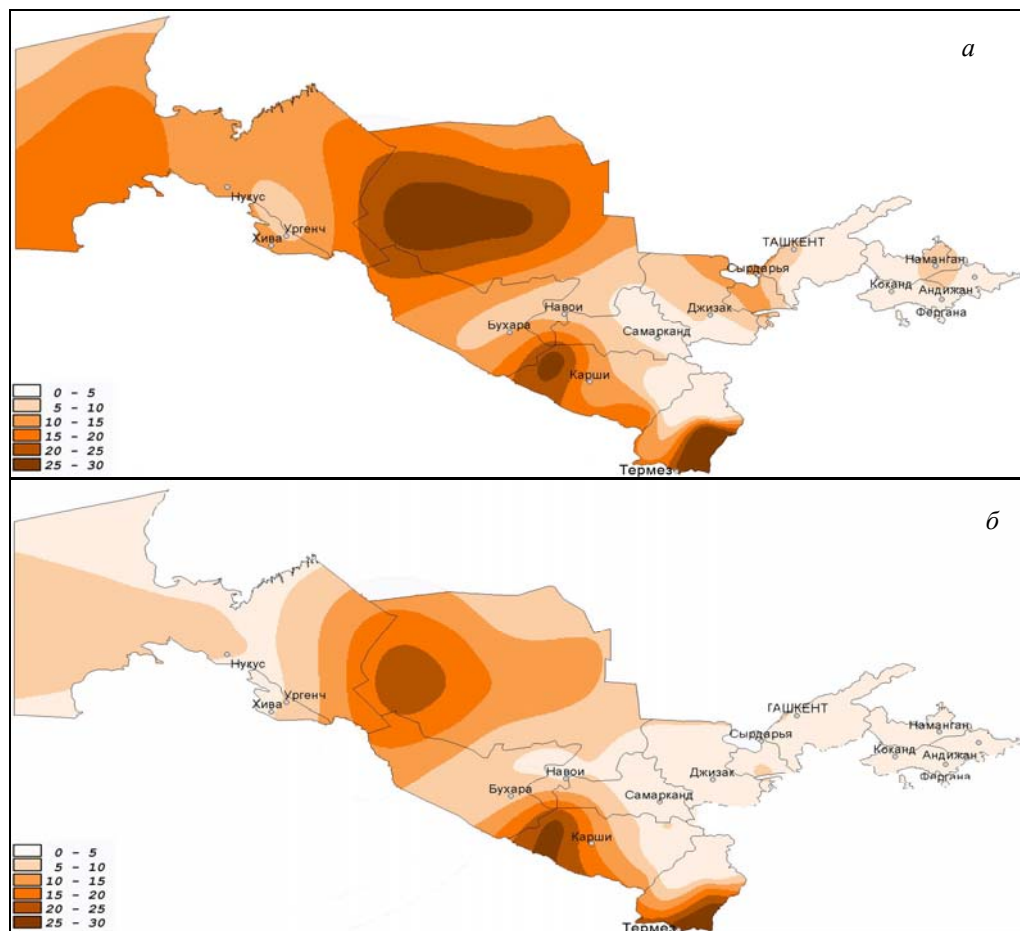


Рис. 2.25. Карты-схемы распределения числа дней с температурой  $\geq 40^\circ\text{C}$  в 2005 году (а) и за период 1971-2005 годов (б).

Равнины Средней Азии – обширный район, достаточно часто поражаемый засухами. Сложный характер атмосферной циркуляции обуславливает здесь появление центра формирования неблагоприятных сочетаний тепла и влаги. В настоящее время общепризнано, что атмосферная засуха возникает в процессе интенсивной тепловой трансформации воздушных масс.

Выявлены следующие циркуляционные факторы засухи [9, 12]:

- Южная, юго-западная и западная периферия антициклона – типичная синоптическая ситуация, благоприятная для формирования засух и характерная для северо-западной равнинной части Средней Азии. Воздушная масса с малым влагосодержанием, образующая ядро антициклона, формируется севернее Средней Азии, затем смещается к юго-востоку и задерживается на некоторое время в Северном Казахстане и Западной Сибири. Северные районы Средней Азии и Казахстана оказываются чаще всего на юго-западной периферии. При этом массы воздуха проделывают большой путь через центр и юго-запад Казахстана. Происходит сильнейшее прогревание и относительное иссушение воздуха (до 10% и меньше).
- Длительное сохранение над Средней Азией летней термической депрессии – бесфронтальной области пониженного давления с хорошо выраженной циклонической циркуляцией. В этом случае нет притока свежих воздушных масс и происходит значительное прогревание, высушивание, а также запыление приземного слоя воздуха. Область большой повторяемости засухи (более 40 дней) совпадает с территорией, где наиболее часто развивается термическая депрессия, а максимальная повторяемость засухи связана с той областью термической депрессии, где достигаются максимальные температуры.
- Интенсивное прогревание и высушивание воздушных масс возможно и в малоградиентных полях пониженного и повышенного давления. В последнем случае процесс трансформации усугубляется нисходящими движениями в антициклоническом поле. Оба эти процесса для лета Средней Азии являются характерными, устойчивыми, легко восстанавливающимися после каких-либо временных нарушений.

- Приближение холодного фронта к горам с запада или северо-запада усиливает восточные и юго-восточные ветры. Наличие горных массивов на юге и востоке почти полностью исключает возможность горизонтального притока с восточной и южной стороны. Воздух, движущийся в направлении к приближающемуся фронту, замещается здесь преимущественно воздухом из верхних слоев, стекающим, словно воздушная река, по горным склонам и долинам. Чем суше и теплее слои воздуха на высоте, чем больше высота, с которой они спускаются, тем выше будет их температура и ниже влажность, когда они достигнут поверхности Земли. Это явление в Средней Азии носит название гармсилей.

Ветры в условиях гармсила могут быть самыми разнообразными (под влиянием местного рельефа) и наличие таких фёнообразных ветров увеличивает повторяемость засухи во многих районах Средней Азии.

В условиях, когда нет притока влаги извне, что характерно для летнего периода в Узбекистане, проявляется значительная обратная связь между температурой и влажностью воздуха. В этих условиях тенденция к росту засушливости распространяется на большие территории. Снижение влажности способствует радиационному прогреву воздуха у поверхности Земли и дополнительному росту температуры.

Такие процессы особенно характерны для пустынной зоны Средней Азии, где высокие температуры сочетаются с низкой относительной влажностью воздуха, которая с последней декады мая составляет 30% и менее в дневные сроки наблюдений. Такое сочетание температур с относительной влажностью определяет высокий дефицит влажности воздуха, превышающей в дневные сроки наблюдений 50 гПа. Осадки здесь выпадают только осенью, зимой и весной, при этом количество их значительно колеблется от года к году (от 50-60 до 200% от нормы). Эти особенности климата определяют широкое развитие засушливых явлений, вызывающих нарушение физиологических функций растений и их гибель. О засухах в пустынях можно судить по низким урожаям пастбищной растительности.

Для территории Узбекистана в качестве показателя интенсивности атмосферной засухи принята следующая шкала значений дневного дефицита влажности воздуха (табл. 2.20).

Таблица 2.20

Показатели атмосферной засухи (дневной дефицит влажности воздуха, гПа)

50-60 гПа	61-70 гПа	71-80 гПа	> 80 гПа
слабая	средняя	сильная	очень сильная

Показатели атмосферной засухи по данным метеорологических станций за 2005 год в сравнении со средними многолетними и экстремальными данными приведены в табл. 2.21.

Таблица 2.21

Общее число дней с атмосферной засухой на территории Республики Узбекистан

Станция	Число дней				Станция	Число дней			
	среднее	наибольшее		в 2005 году		среднее	наибольшее		в 2005 году
		всего	год				всего	год	
Республика Каракалпакстан					Ферганский вилоят				
Чимбай	9,1	24	1997	18	Фергана	3,7	11	1997	5
Нукус	14,1	33	2005	33	Сырдарьинский вилоят				
Жаслык	17,8	34	2005	34	Сырдарья	4,5	18	1985	0
Каракалпакия	15,6	32	1975, 2005	32	Янгиер	10,8	26	1984	16
Навоийский вилоят					Джизакский вилоят				
Навои	22,3	41	1997	30	Джизак	10,6	23	1985	18
Нурата	14,4	30	1995	13	Богарное	9,9	20	1984	11
Тамды	35,6	62	1984	55	Янгикишлак	14,3	45	1984	15
Машикудук	51,8	64	1995	58	Самаркандский вилоят				
Бухарский вилоят					Самарканд	6,8	14	2001	8
Бухара	31	60	2005	60	Кушрабад	20,9	49	1984	19
Каракуль	27,8	70	1984	38	Дагбит	6,7	17	1984/2001	6
Ташкентский вилоят					Кашкадарьинский вилоят				
Ташкент	17,5	29	1984	28	Карши	40,1	69	1971	47
Каунчи	11,7	22	2002	15	Мубарек	51,7	90	1975	47
Дальверзин	6,3	16	2004	8	Шахрисабз	23,5	59	1984	22
Алмалык	8,7	17	1985	10	Сурхандарьинский вилоят				
Наманганский вилоят					Шурчи	25,2	49	2001	36
Наманган	5,1	13	1975/2005	13	Шерабад	43,5	81	1971	27
Хорезмский вилоят					Денау	14,3	35	1994	13
Ургенч	16,7	40	1984	23	Термез	63,1	98	2000	72
Хива	10,5	26	2005	26	Андижанский вилоят				
					Савай	0,8	4	1988	1

На рис. 2.26 представлены карты-схемы распределения числа дней с показателем атмосферной засухи  $E \geq 50$  гПа за период 1971-2005 годов и в 2005 году. По значительной части Узбекистана в 2005 году число засушливых дней были в пределах нормы и выше нормы.

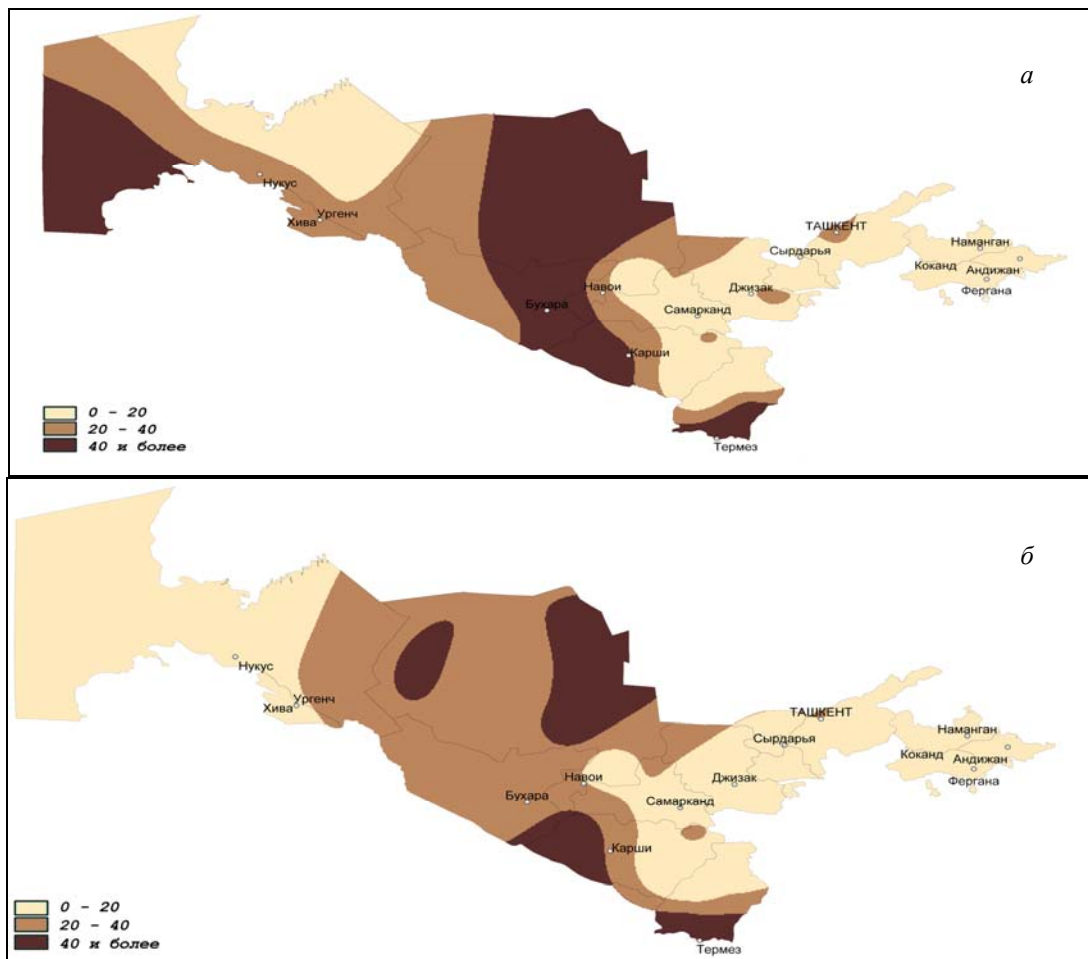


Рис. 2.26. Карта-схема распределения числа дней с показателем атмосферной засухи  $E \geq 50$  гПа в 2005 году (а) и за период 1971-2005 годов (б).

### 2.5.2. Гидрологическая засуха

Согласно определению ВМО «Гидрологическая засуха – достаточно продолжительный период сухой погоды, вызывающий недостаток воды в результате понижения расхода ниже нормы и/или понижение содержания влаги в почве и уровня грунтовых вод» [11].

Устойчивое развитие республики требует рационального использования ограниченных ресурсов пресной воды, запасы которой в основном сосредоточены в бассейнах Амударьи и Сырдарьи. Причинами дефицита водных ресурсов являются природные факторы, неравномерность распределения поверхностных вод по территории республики, достаточно большой разброс значительных временных колебаний стока рек по годам и сезонам; значительный объем использования стока трансграничных рек сопредельными государствами, чрезмерное безвозвратное водопотребление на орошение и потери воды. К важнейшему приоритету и стратегической задаче относится осуществление мер по обеспечению населения высококачественной питьевой водой.

В маловодные годы, когда наблюдается гидрологическая засуха, ситуация с водными ресурсами приобретает критический характер. В годы гидрологической засухи заблаговременное предупреждение о засухе приобретает особую ценность, когда водное хозяйство и другие отрасли экономики предъявляют высокие требования к гидрологическим прогнозам в условиях маловодья.

Решение проблем оценки и прогноза водных ресурсов требует надежной информационной основы, наличия объективных, достоверных и доступных данных (последнее связано с тем, что зона формирования стока находится на территории Кыргызстана и Таджикистана). Развитие мониторинга гидрологической засухи – системы регулярных или оперативных наблюдений и контроля, проводимых по определенной программе для оценки водности в чрезвычайных ситуациях, анализа происходящих процессов и своевременного выявления тенденций ее изменения представляет самостоятельную важную задачу.

В качестве показателя гидрологической засухи для условий Узбекистана приняты: обеспеченность стока воды за вегетационный период (апрель-сентябрь) (табл. 2.22) и величины запасов воды в снежном покрове в горах на конец февраля и марта. Последний показатель используется при прогнозировании гидрологической засухи, когда в конце марта составляется прогноз водности вегетационного периода.

## Гидрологический индекс засухи

Показатель	Засуха	
	умеренная	сильная
Обеспеченность вегетационного стока, $P$ (%)	$80 \% < P < 95 \%$	$P > 95 \%$
Снегозапасы на конец февраля (расчет), $S_W$	$< -0,2$	$< -0,4$

Данные наблюдений в бассейнах горных рек показывают устойчивое уменьшение переходящих запасов снега. Наблюдается деградация ледников и сокращение их площади.

Условия формирования гидрологической засухи в Узбекистане определяются низким уровнем осадков и высокими температурами воздуха в период формирования основных стокоформирующих факторов в горах. Так, *гидрологическая засуха 2000* года была вызвана дефицитом осадков в период формирования стока и высокими температурами воздуха. По данным наблюдений средняя годовая температура воздуха по территории Узбекистана в 2000 году была значительно выше базовой климатической нормы 1961-1990 годов. Этот год, как и 1941, был самым теплым за весь период наблюдений. Анализ изменений годовых сумм осадков по территории республики показывает, что 2000 год был экстремально засушливым. Выпавшая за год сумма осадков составила 68,6% от климатической нормы 1961-1990 годов, а средний вегетационный расход воды составил для различных рек 35-85% от нормы (табл. 2.23).

Таблица 2.23

Средние за вегетационный период расходы воды ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) рек Средней Азии

Река – пункт	Сведения за многолетний период			2000 год, % от нормы
	норма	наименьший	наибольший	
1. Чирчик – приток в Чарвакское вдхр.	323	194	655	75
2. Ахангаран – Иргаш	35,1	14,1	85,8	58
3. Падыша-Ата – Тосту	9,3	5,2	14,7	75
4. Гавасай – Гава	9,7	3,7	27,4	60
5. Чадак – Джулайсай	6,4	2,3	18,9	35
6. Исфайрам – Учкоргон	31,6	19,4	55,5	89
7. Шахимардан – Джидайлик	12,8	9,4	17,9	94
8. Карадарья – приток в Андижанское вдхр.	184	61,4	358	35
9. Нарын – приток в Токтогульское вдхр.	594	371	950	97
10. Сурхандарья – приток в Южносурханское вдхр.	107	40,7	203	38
11. Тупаланг – приток в Тупалангское вдхр	91,4	54,7	160	67
12. Сангардак – Кинг-Гузур	25,5	12,6	57,4	49
13. Акдарья – Хисарак	19,3	9,4	38,4	49
14. Яккабагдарья – Татар	10,8	4,9	22,3	45
15. Санзар – Кырк	2,5	0,7	6,2	72

Накопление снегозапасов в горах является определяющим фактором формирования стока горных рек, индикатором будущей водности. По данным спутниковых наблюдений 2000 год характеризовался минимальными значениями заснеженности и наибольшими отметками сезонной снеговой границы на начало периода вегетации. Это явилось одной из причин маловодья в 2000 году.

Средний за вегетацию приток воды в 2000 году в Чарвакское водохранилище составил 75% от нормы, а приток воды в Андижанское водохранилище всего 35%.

Фактически наблюдаемая величина стока в створе Керки в период вегетации 2000 года составила 40% от средней многолетней.

В качестве меры дефицита водных ресурсов на рис. 2.27-2.29 показаны условия формирования маловодных лет и представлены гидрографы стока рек Чирчик-Ахангаранского гидрологического района за отдельные годы (1974, 1982, 2000 и 2001) в сравнении со средними многолетними величинами.

Расчеты снегозапасов, фоновые оценки осадков и температур, выполненные в автоматизированной информационной системе гидрологических расчетов и прогнозов (АИСГП), позволяют проанализировать условия стокоформирования в годы низкой водности и причины ее образования.

Более детально, с учетом внутригодового хода осадков, температур и накопления снегозапасов формирование гидрографа стока в маловодные годы в бассейнах рек Чирчик-Ахангаранского района можно проследить на графиках, представленных на рис. 2.30-2.32.



Гидрологическая засуха определяется, прежде всего, естественными природными процессами в зоне формирования стока, то есть процессами формирования осадконакопления, формирования и таяния сезонного снежного покрова и ледников. В зоне рассеивания или потребления стока, помимо данных наблюдений за естественными гидрометеорологическими процессами, необходимо учитывать антропогенную деятельность. Особенно остро гидрологическая засуха проявляется в низовьях рек в маловодные годы. В Каракалпакстане, Хорезмском, Бухарском и Навоийском вилоятах, расположенных в среднем и нижнем течении Сырдарьи и Амударьи, явления засухи проявляются значительно чаще как вследствие естественных причин, так и в связи с антропогенными факторами. Это объясняется не только удаленностью от естественных водотоков и гидрометеорологическими условиями регионов, но и условиями водопользования и водопотребления.

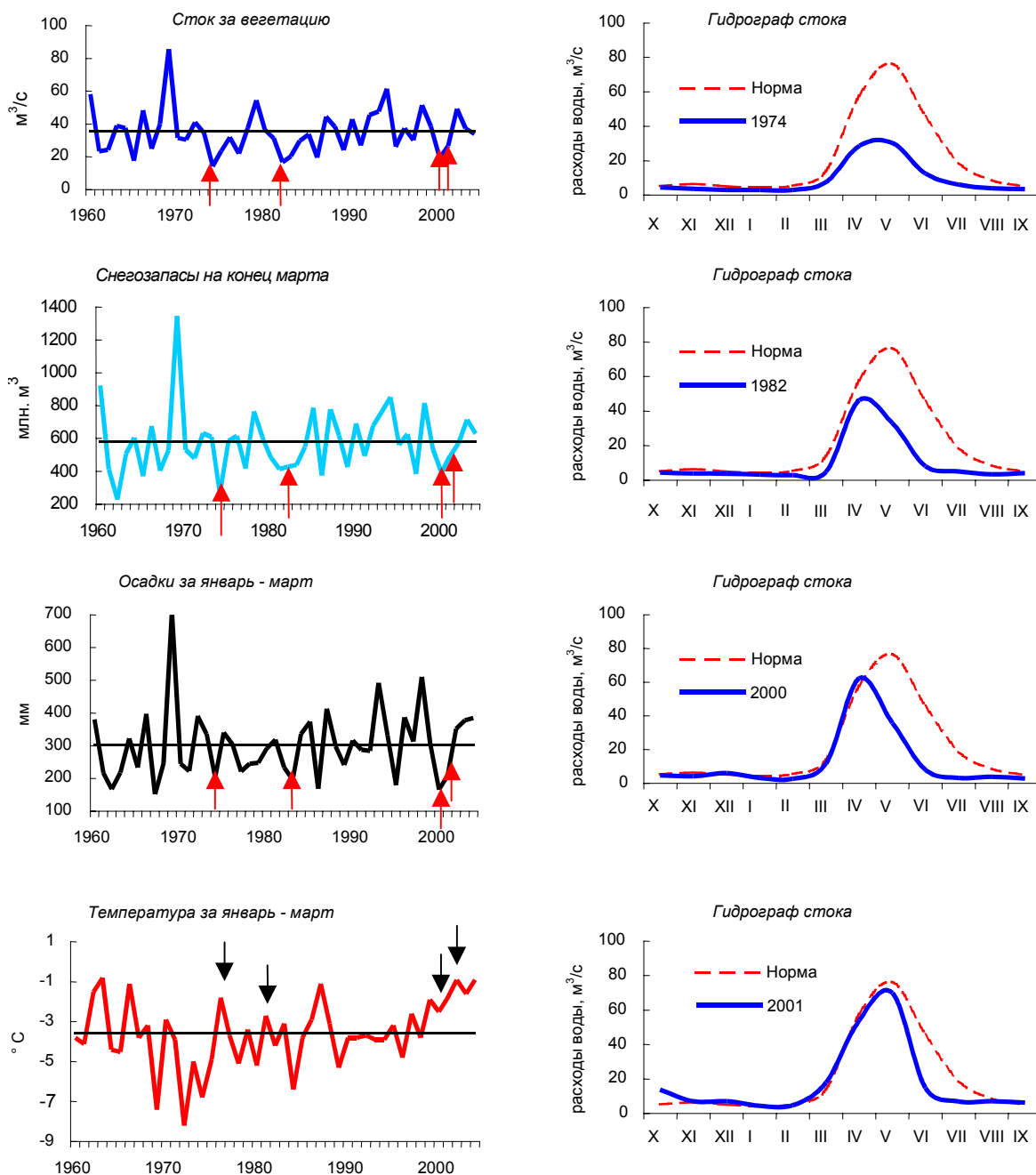


Рис. 2.27. Маловодные годы и условия формирования маловодья в бассейне р. Ахангаран – Ирташ.

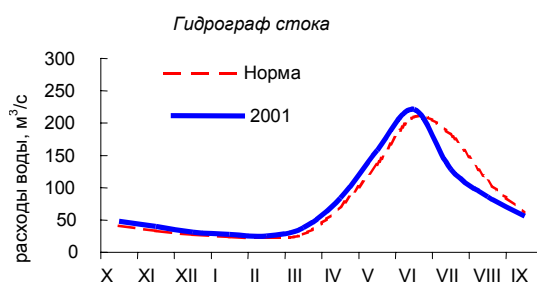
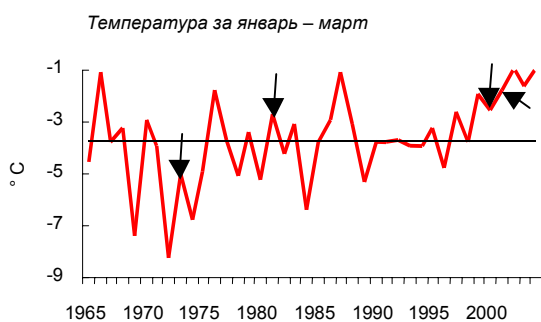
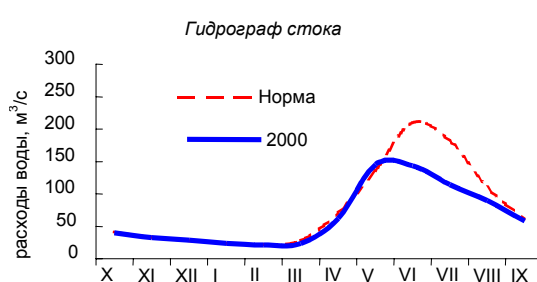
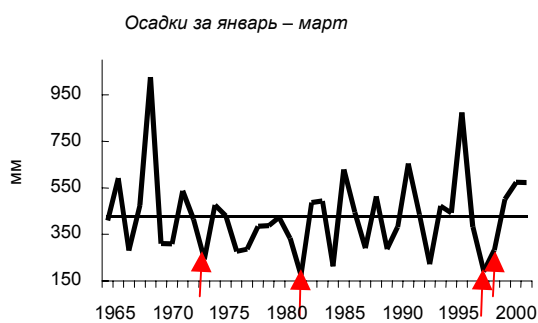
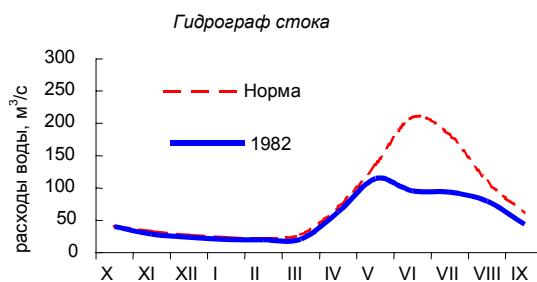
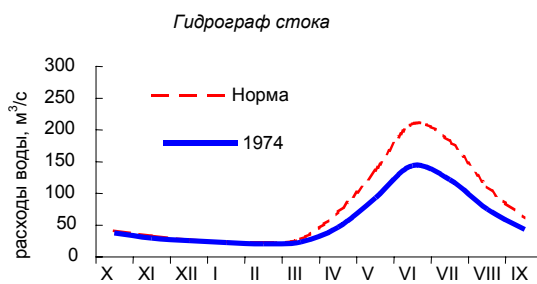


Рис. 2.28. Маловодные годы и условия формирования маловодья в бассейне р. Пскем – Муллала.

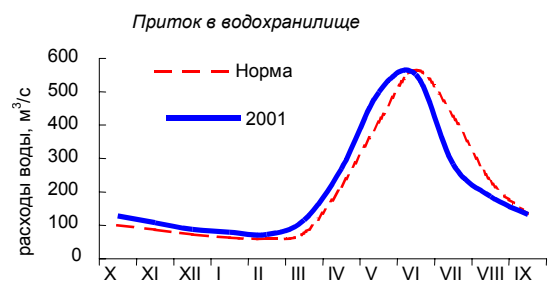
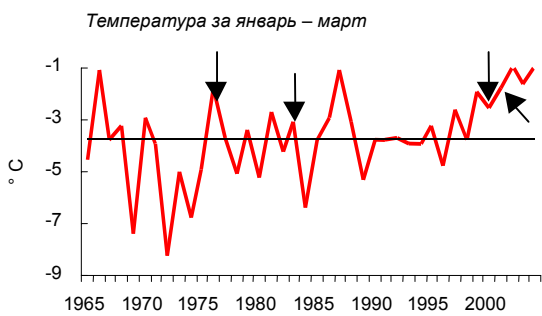
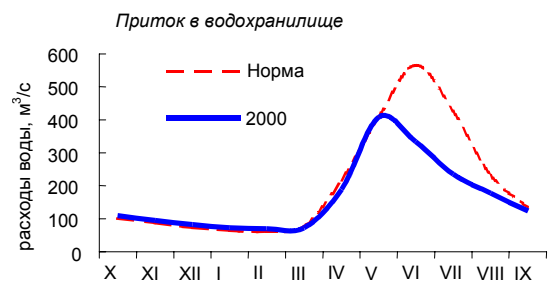
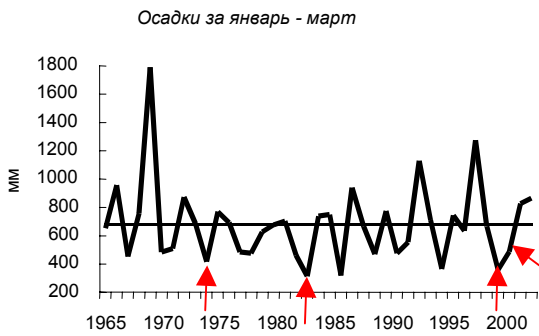
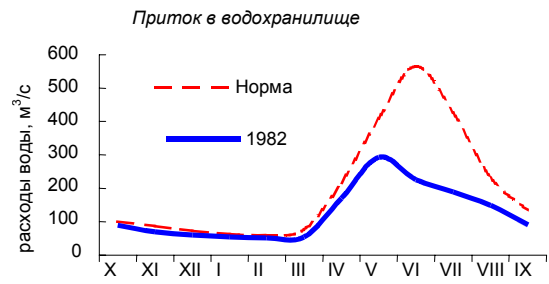
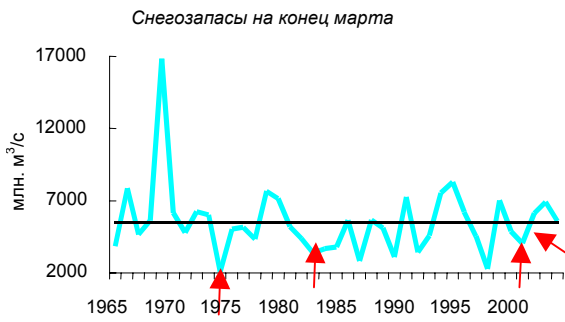
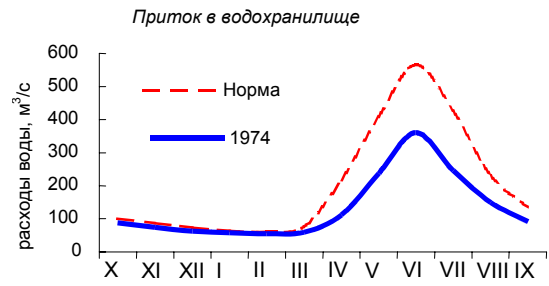


Рис. 2.29. Приток в Чарвакское водохранилище в маловодные годы и условия их формирования.

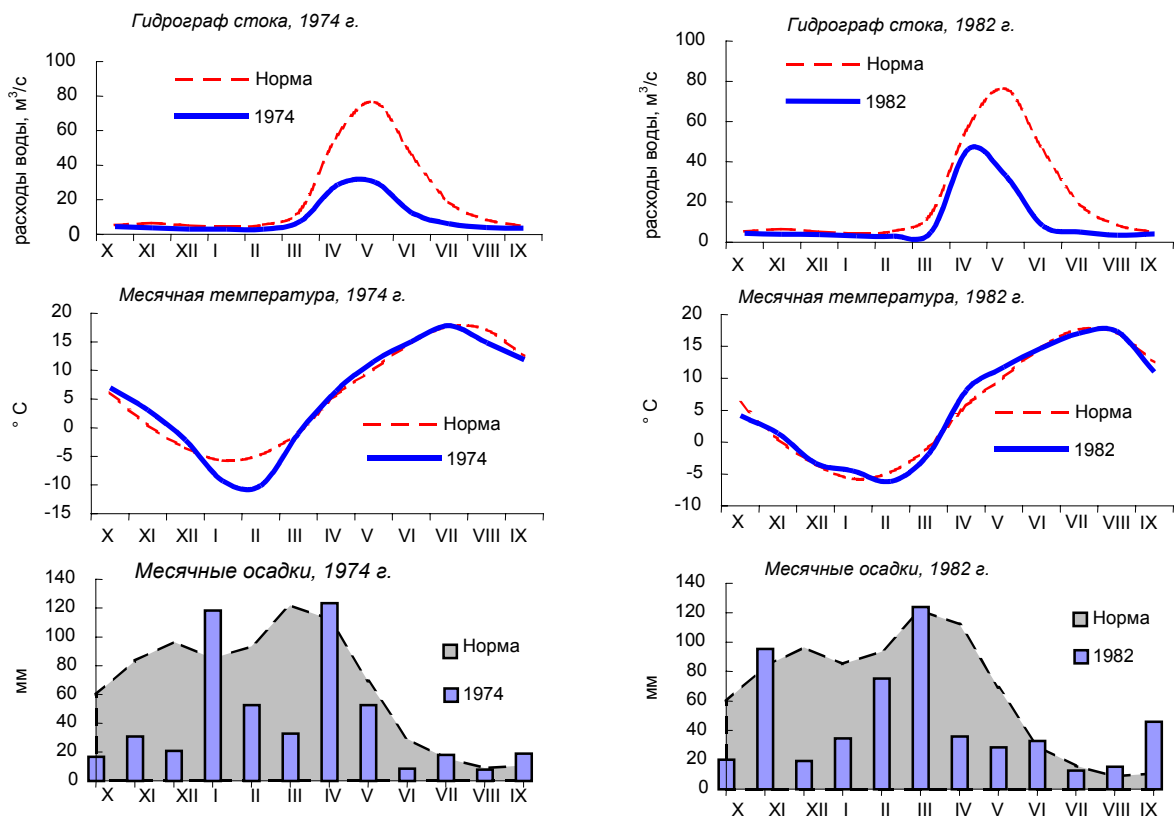


Рис. 2.30. Внутригодовое распределение стока, температуры воздуха и осадков в 1974 и 1982 маловодных годах для бассейна р. Ахангаран – пост Ирташ.

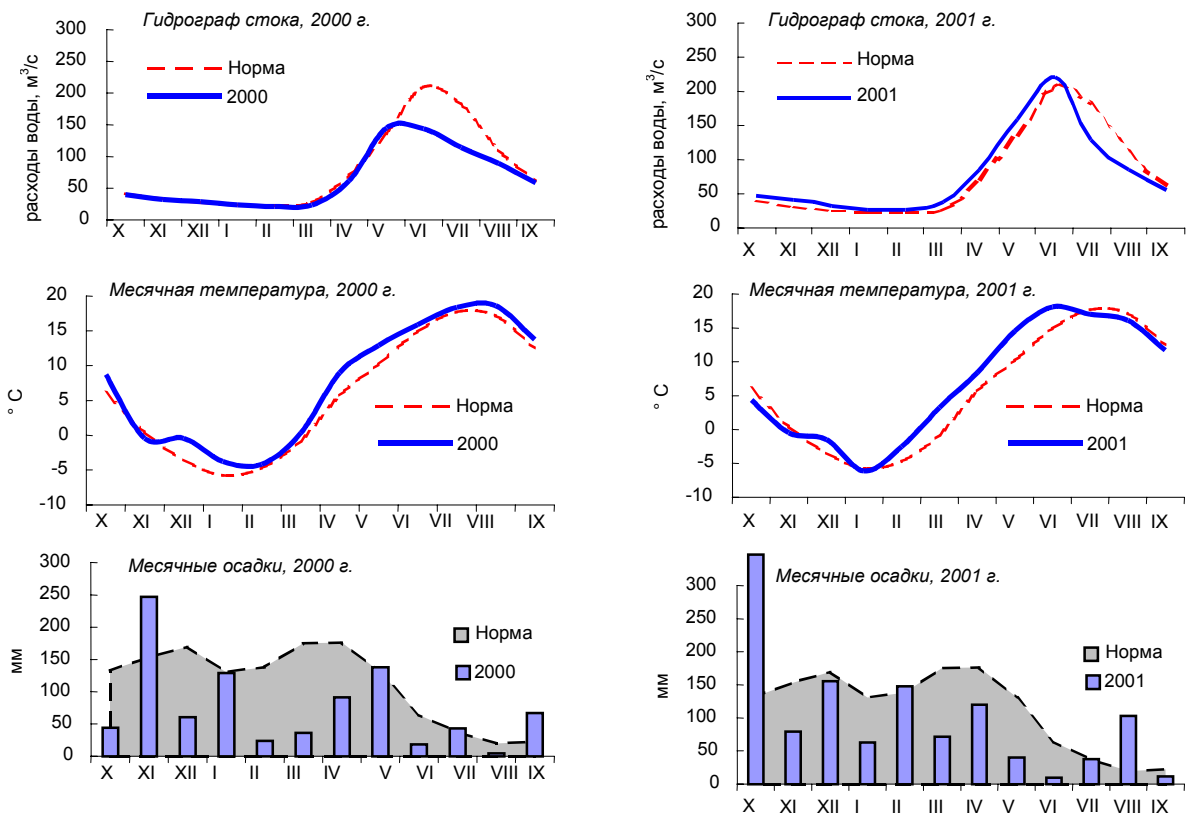


Рис. 2.31. Внутригодовое распределение стока, температуры воздуха и осадков в 2000 и 2001 маловодных годах для бассейна р. Пскем – пост Муллала.

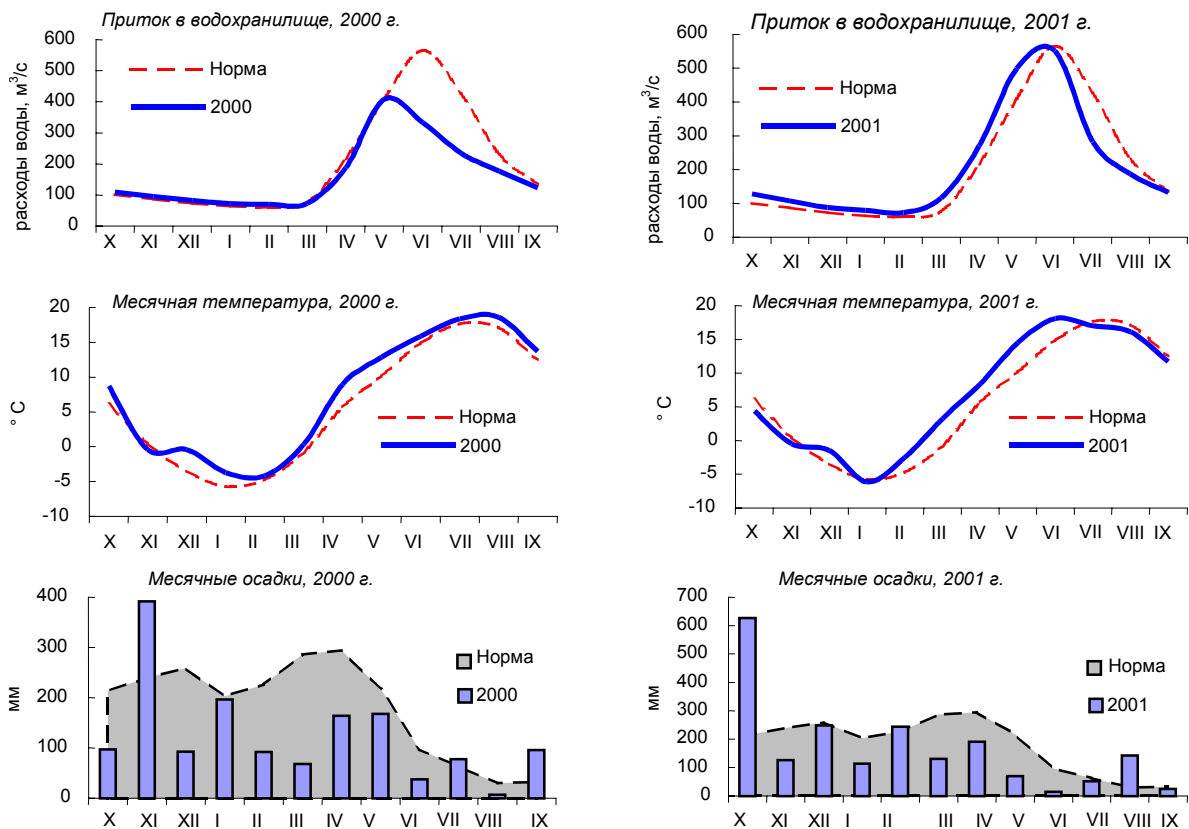


Рис. 2.32. Внутригодовое распределение притока в Чарвакское водохранилище, температуры воздуха, осадков в 2000 и 2001 маловодных годах.

По мере приближения к дельте водозабор возрастает, в условиях маловодья 2000 года в створе Кызылджар сток был практически близок к нулю (рис. 2.33).

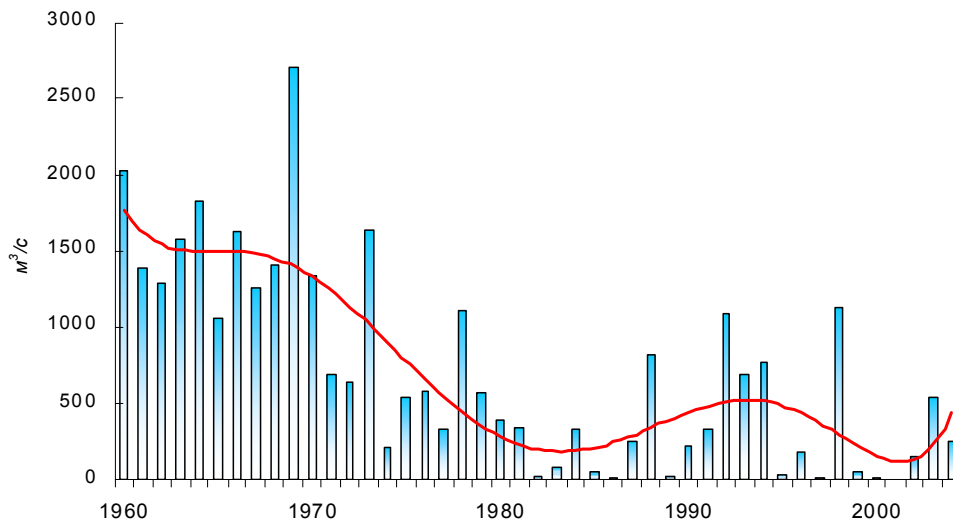


Рис. 2.33. Многолетние изменения среднего за вегетацию расхода воды в створе Кызылджар.

**Оценка возможных экстремальных величин водности основных рек региона при экстремальных величинах осадков и температур воздуха в будущем.**

В настоящее время оценка вероятности появления будущих климатических аномалий и соответственно аномалий стока рек представляет большой интерес для сельского и водного хозяйства и других отраслей экономики.

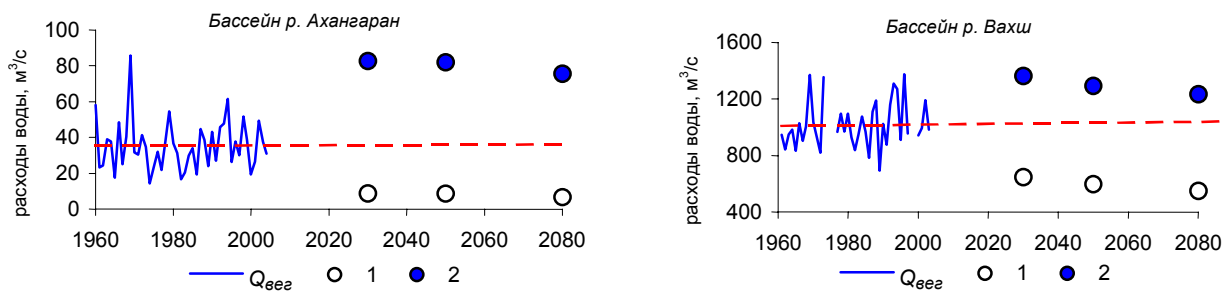
Вероятностная оценка водности рек при экстремальных сценариях изменения климата может осуществляться на базе теоретических и эмпирических подходов.



Эмпирический подход связан с анализом многолетних рядов стока, осадков и температуры воздуха по заданному объекту, определением корреляционных связей, трендов указанных величин, расчетом частоты проявления экстремального явления в историческом ряду.

Расчет экстремальных значений заданной вероятности для условий климатических сценариев, описывающих будущую климатическую ситуацию, проводится с использованием теоретических функций распределения вероятностей. Для оценки возможных экстремальных величин стока рек использовался подход, основанный на использовании квантилей 5, 10, 90 и 95% вероятности [17].

На рис. 2.34 представлены графики годового хода вегетационного стока для бассейнов рек Ахангаран и Вахш и экстремальные модельные оценки вегетационного стока, полученные на основе климатических сценариев по квантилям.



Условия сценариев:  
 1 – температура воздуха – 5% квантиль, осадки – 95% квантиль;  
 2 – температура воздуха – 95% квантиль, осадки – 5% квантиль.  
 Рис. 2.34. Возможные оценки экстремального вегетационного стока в будущем, полученные по квантилям 5 и 95% обеспеченности.

С методической точки зрения важно не только определение возможных экстремальных величин стока в будущем, но и их сравнение с фактически наблюдаемыми данными за исторический период. Для этой цели используется метод аналогов, основанный на сравнении экстремального гидрографа стока с ранее наблюдавшимися ситуациями в историческом ряду наблюдений за стоком и определить, имели ли место рассмотренные ситуации в прошлом и как часто это происходило. К сожалению, короткие ряды наблюдения за стоком не позволяют сделать такую оценку за достаточный репрезентативный период наблюдений. Вместе с тем, полученные оценки экстремального стока позволяют предположить, что подобные ситуации могут иметь место в будущем.

### 2.5.3. Почвенная засуха

**Почвенная засуха** – иссушение почвы, связанное с *атмосферной засухой*, то есть с определенными условиями погоды в вегетационный период, приводящее к недостаточному обеспечению растительности, прежде всего сельскохозяйственных культур, водой, к ее угнетению и снижению или гибели урожая.

Различают почвенную засуху, характеризующуюся отсутствием физиологически усвояемой влаги в почве, и воздушную засуху, обуславливающую высокие значения транспирации и испарения.

Возникновение засухи зависит от свойств почвы, микроклиматической обстановки, степени «закалки» растения и, наконец, от биологических свойств самого растения. Поэтому имеющиеся в литературе критерии засухи крайне разнообразны как по составу входящих в них показателей, так и по количественным их значениям.

Почвенная засуха является обычным из года в год повторяющимся явлением на равнинах, в предгорьях, а иногда и в горах Средней Азии [8, 10], так как для значительной ее части типично выпадение осадков в холодное полугодие, когда создаются запасы влаги в почве, и почти полное их отсутствие в летние месяцы, когда почвенная влага энергично расходуется в процессе испарения и транспирации. Таким образом, судьба развивающегося в естественных условиях растения и его продукции решается количеством влаги в почве, накопленным за осенне-зимне-весенний период. Чем раньше истощаются запасы почвенной влаги, то есть чем раньше наступает почвенная засуха, тем менее благоприятны условия для развития растения.

Расход влаги складывается из ряда различных моментов – просачивание, подземный и поверхностный сток, испарение и др. Просачивание воды в горизонты почвы, лежащие за пределами корнеобитаемого слоя ее, довольно незначительно, по крайней мере, в сероземных слоях почвы республик Средней Азии, обычных для неполивных районов. Поверхностный сток может быть отрегулирован искусственно. Кроме того, в предгорных и горных условиях количество осадков, стекающих с поверхности склона, полностью компенсируется стоком осадков с вышележащих частей территории. Основным и наиболее важным элементом расхода влаги следует считать испарение с поверхности почвы и растительности, поэтому наиболее рационально характеризовать естественное увлажнение территории соотношением между количеством выпавших осадков и количеством испарившейся с почвы влаги за определенный период.

В качестве *критерия почвенной засухи* для пустынной зоны Узбекистана принято снижение запасов почвенной влаги в почвенном слое толщиной 0-20 см до 4 мм, для глинистых полупустынных почв – 10 мм.

Под почвенной засухой понимают явление, при котором почва в корнеобитаемом слое почвы иссушается до пределов, вызывающих угнетение или гибель растений. Во время почвенной засухи недостаток влаги в растениях обусловлен несоответствием между потребностью растений во влаге и имеющимися ресурсами ее в почве. Однако иногда и при достаточном количестве влаги в почве растения страдают от недостатка воды. Такая засуха называется **атмосферной**. Она возникает при высоких температурах, большой сухости воздуха, когда надземные части растений теряют так много воды на транспирацию, что корневая система не успевает подать воду в необходимом количестве.

Атмосферная засуха часто предшествует почвенной. Когда оба типа засух наблюдаются совместно, отрицательный эффект их действия становится наибольшим.

Равнины Средней Азии – обширный район, достаточно часто поражаемый засухами. Сложный характер атмосферной циркуляции обуславливает здесь появление центра формирования засухи, неблагоприятных сочетаний тепла и влаги. В период засухи существенно увеличивается испарение с поверхности водоемов, орошаемых земель и обводняемых пастбищ, интенсифицируется транспирация растений. Регулярное повторение таких явлений приводит к концентрации солей в почвах, повышению минерализации грунтовых вод, иссушению верхнего слоя почв. В результате нарушаются физиологические функции растений, задерживается рост и развитие, возникают повреждения отдельных органов растений, иногда их гибель.

Весенняя засуха характеризуется низкой относительной влажностью воздуха и относительно невысокими температурами. Весенняя засуха, иссушая верхний слой почвы, замедляет прорастание и ослабляет всходы. Особенно опасна для растений продолжительная весенняя засуха, проявляющаяся при недостаточном увлажнении почвы в осенне-зимний период. Летняя засуха, отмечающаяся на фоне высокой температуры и низкой относительной влажности воздуха, иссушает почву, резко снижает прирост биомассы, уменьшает интенсивность фотосинтеза растений. Осенняя засуха уже на фоне менее высоких температур воздуха оказывает отрицательное действие, главным образом, на озимые культуры посева текущего года. Следствием осенних засух является недостаточное накопление влаги в почве, что может усилить возможную весеннюю засуху в следующем году [4, 5].

Однако естественная растительность в достаточной степени приспособилась к засушливым и жарким условиям и выработала определенные формы существования и определенные жизненные ритмы. В результате этого для пустынь Узбекистана характерны эфемеры и эфемероиды, вегетирующие весной и во влажные осени. Кустарники и полукустарники прекращают вегетацию в летний период и теряют листья, плодоносят осенью, при понижении температуры и повышении влажности воздуха.

**Оценка влияния погодных условий на формирование урожая** основных сельскохозяйственных культур:

- Отрицательное воздействие на рост и развитие хлопчатника оказывают температуры воздуха выше 39°, так называемые «балластные». Они приводят, особенно при подсушке посевов, к опаданию плодовых элементов хлопчатника. Потери тепла из-за действия балластных температур особенно велики в южных районах возделывания хлопчатника, где они составляют в среднем многолетнем 17,7-18,6%, максимальные потери достигают 26,7-35,4%.

- Для пастбищной растительности развитие, рост и формирование урожая всецело определяются условиями погоды, сложившимися в осенне-зимний и весенний период. Растительный покров достигает своего максимального развития во влажные и теплые годы, тогда как во влажные и холодные или в сухие и жаркие растения испытывают угнетения, а объем продуцируемой ими кормовой массы оказывается более низким. Выгорание травянистой и полукустарниковой растительности, происходящее в результате почвенной и атмосферной засух, определяет переход выпасаемого поголовья на менее питательный сухой подножный корм.

При дефиците осадков в осенне-зимний период и маловодии в вегетационный период наблюдаются неблагоприятные условия роста, развития и формирования урожая культур, выращиваемых на орошении.

Так, в 2000 году уже к концу апреля на значительных площадях в Каракалпакстане, Хорезмском, Джизакском, Кашкадарьинском, Навоийском, Самаркандском, Сурхандарьинском, Сырдарьинском вилоятах состояние озимых, выращиваемых на поливе, из-за недостаточной влагообеспеченности посевов было удовлетворительным, а в ряде районов плохим (их высота при колошении не превышала 35-45 см, наблюдалось засыхание нижней части растений).

В 2000 году из-за засухи, обусловленной маловодием, уборочная площадь под хлопчатником была на 68 тыс. га меньше посевной. В зоне возделывания зерновых колосовых культур на богаре в марте-апреле на фоне очень высокой температуры воздуха наблюдалась сухая погода. Вторая половина вегетационного периода проходила в условиях нарастающей засухи. Засуха обусловила преждевременное прекращение развития озимых. В начале мая на значительных площадях произошло полное засыхание и выгорание посевов.

В 2001 году из-за маловодья к концу мая на площади более 70 тыс. га зерновые колосовые не достигли кондиции и не подлежали уборке. На основании своевременного информирования органов государственной власти об ожидаемом маловодье в 2001 году было принято Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан о значительном сокращении посевов риса. Из-за жесточайшего маловодья и засухи в 2001 году фактические площади на орошаемых землях, которые дали урожай, составляли 3594,4 млн. га.

Набор сельскохозяйственных культур в настоящее время стабилен и их продуктивность определяется сочетанием влагообеспеченности посевов и уровнем культуры земледелия. При оптимальном сочетании этих условий можно существенно уменьшить неблагоприятное влияние засухи на урожай сельскохозяйственных культур. Формирование полноценного и качественного урожая сельскохозяйственных культур, выращиваемых на орошении, определяется соблюдением агротехнических мероприятий, режима орошения (схемы поливов, нормы поливов, оросительные нормы).

**Мероприятия по борьбе с засухой.** В настоящее время существует три основных направления по борьбе с засухой: селекционно-генетическое, географическое и агротехническое.

**Селекционно-генетическое** направление заключается в создании растений с определенными (иногда заданными) свойствами. Актуальной является задача создания сортов растений, стойких к засухе. Помимо этого качества, к зерновым культурам предъявляются и другие требования: неполегамость в условиях оптимального орошения, невосприимчивость к болезням. Большое значение имеет селекция сортов, устойчивых к неполному водоснабжению в вегетационный период, что не исключено в хозяйственных условиях.

**Географическое направление** определяется экологически наиболее целесообразным распределением посевов.

**Агротехническое направление.** К важнейшим из многочисленных агротехнических мер следует отнести парование, соблюдение научно-обоснованных систем севооборота, в том числе чередование посевов с паром, дифференцированную систему обработки почвы, соблюдение оптимальных сроков сева, полезное лесоразведение, совершенствование способов орошения.

**Оценка последствий.** На основании результатов агрометеорологических наблюдений с шагом в одну декаду создаются базы данных для оценки засушливых условий с учетом основных их составляющих (атмосферной и почвенной засух), включающие:

- гидротермический коэффициент (ГТК) Селянинова (уточненный метод расчета ГТК для Узбекистана);
- число дней с относительной влажностью воздуха  $<30\%$ ;
- число дней с максимальной температурой воздуха  $>40^\circ$ ;
- число дней с суховейными явлениями (интенсивность суховея, определенная по методу Л. Н. Бабушкина [6]);
- запасы продуктивной влаги под озимыми культурами по горизонтам почвы 0-20, 0-50, 0-100 см;
- запасы продуктивной влаги под хлопчатником по горизонтам почвы 0-5, 0-30, 0-50, 0-100 см.

На основании показателей засухи определяются критерии дифференциации засухи на различные категории по их интенсивности (очень сильная, сильная, средняя, слабая, отсутствие засухи).

#### 2.5.4. Выбор и определение критериев засухи

Засухи являются следствием климатических и погодных условий, то изучение засухи необходимо проводить на основе метеорологических параметров (температура воздуха, дефицит влажности воздуха, осадки, влагозапасы почвы), которые в той или иной мере связаны между собой. Индексами засухи могут быть различные сочетания и комбинации осадков с температурой, температуры с относительной влажностью, осадков и стока и т.д.

**Единого индекса**, адекватно характеризующего метеорологическую, гидрологическую или агрометеорологическую засуху не существует, поэтому обычно используют различные показатели для отдельных районов, культур и способов возделывания (орошаемое или богарное земледелие) по особенностям гидрологического режима и т.д.

Анализ используемых индексов показывает, что все они не являются универсальными. Наиболее многочисленная группа индексов включает осадки, поскольку основной первопричиной любой засухи служит их дефицит. Самый распространенный индекс засухи – стандартизированный индекс осадков:

$$SPI = \left[ \frac{P - \bar{P}}{\bar{P}} \right] \times 100\%, \quad (2.3)$$

где  $P$  – наблюдаемое количество осадков,  $\bar{P}$  – их среднее значение. Широкое применение этот показатель получил благодаря простоте его вычисления и доступности исходных данных для этой цели. Кроме того, используя этот показатель, можно установить начало и окончание избыточно влажных, засушливых и сухих периодов, а также проводить районирование территории по этому фактору.

В работе [16] исследовано изменение стандартизованного индекса осадков аналогично изменениям аномалий осадков, выраженных в % от средней многолетней нормы, поскольку является тоже аномалией осадков, выраженной в отклонениях от нормы.

На рис. 2.35 приводится изменение стандартизованного индекса весенних сумм осадков (март-май), рассчитанного для станций предгорной зоны (Ташкент, Фергана), низовьев Амударьи (Ургенч) и зоны пустынь (Тамды). Анализ стандартизованного индекса весенних сумм осадков, вычисленного для указанных станций показал, что для предгорной зоны Узбекистана очень сильная засуха ( $SPI < -50$ ) весной наблюдается редко (1-3 раза за 100 лет), а засуха с дефицитом сезонных сумм осадков в 20-25% ( $SPI < -20$ ) является достаточно регулярным явлением, наблюдаемым с вероятностью 30%.

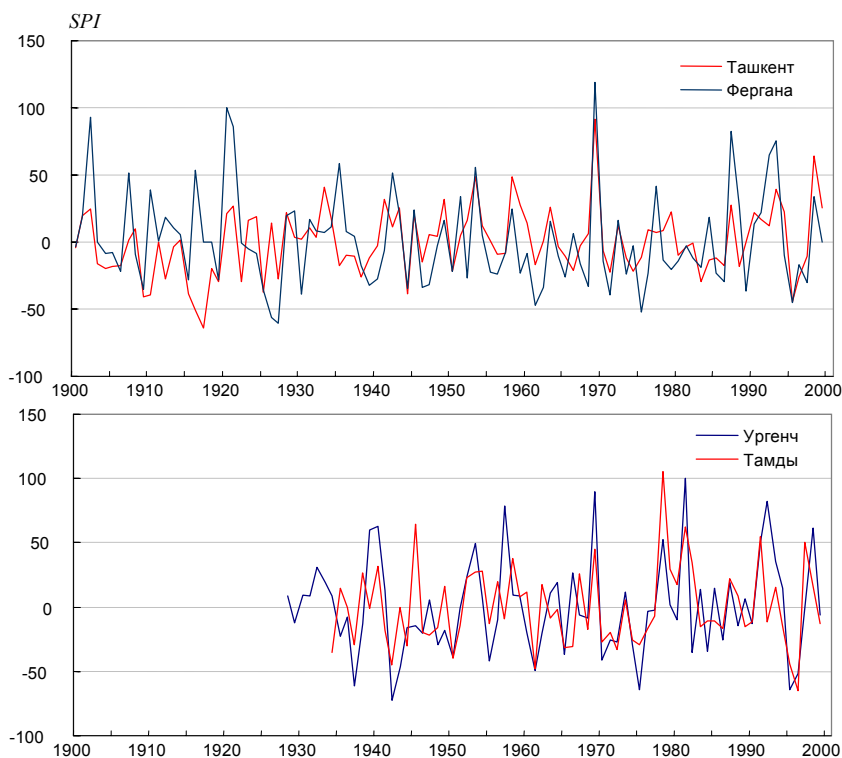


Рис. 2.35. Изменение стандартизованного индекса осадков (*SPI*) по отдельным станциям Узбекистана (март-май).

поскольку он характеризует конкретную метеорологическую ситуацию по отношению к некоторому среднему уровню. С помощью индекса  $S$  можно характеризовать условия как влагообеспеченности, так и теплообеспеченности, поскольку в отличие от гидротермического коэффициента, это знакопеременная величина: положительным значениям  $S$  соответствуют засушливые периоды, отрицательным – влажные. Этому может быть дана другая интерпретация: положительными значениям  $S$  соответствует повышенный термический режим какого-либо периода, отрицательным – возврат холодов [13, 15]:

$$S = \frac{\Delta t_i}{\sigma_t} - \frac{\Delta P_i}{\sigma_p}, \quad (2.4)$$

где  $\Delta t$  и  $\sigma_t$  – аномалия и среднеквадратическое отклонение средней месячной температуры,  $\Delta P$  и  $\sigma_p$  – аномалия и среднеквадратическое отклонение месячных сумм осадков.

Таблица 2.24

Стандартизованный индекс осадков (*SPI*)

Продолжительность, количество месяцев	Засуха		
	умеренная, %	сильная, %	экстремальная, %
Один	<-80		
Два	-51 - -80	< -80	
Три	-26 - -50	-51 - -80	< -80
Четыре	-1 - -25	-26 - -50	-51 - -80
Пять		-1 - -25	-26 - -50
Более шести			-1 - -25

Известно, что для рек со снеговым и снегово-ледниковым типом питания водность рек определяется накоплением снега в горах в зимний период. Поэтому целесообразно использовать накопление снега в горах в качестве критерия (индекса) водности года. Например:

$$S_W = [(W - \bar{W}) / \bar{W}], \quad (2.5)$$

где  $W$ ,  $\bar{W}$  – снегозапасы на определенный срок (конец января, конец февраля и т.п.) и средние многолетние значения снегозапасов, соответственно (табл. 2.22). Этот индекс, в отличие от обеспеченности вегетационного стока, можно использовать в прогностической практике для предупреждения об ожидаемой гидрологической засухе.

Во многих литературных источниках используют коэффициенты увлажнения, представляющие собой отношение годовых сумм осадков к испаряемости.

В зоне пустынь и полупустынь очень сильная весенняя засуха ( $SPI < -50$ ) в среднем наблюдается 1 раз в 10 лет, засуха с  $SPI < -20$  – 3-4 раза, то есть вероятность засухи значительно выше в зоне пустынь и полупустынь. Стандартизованный индекс осадков можно использовать для характеристики глубины засухи с учетом ее продолжительности (табл. 2.24).

Наибольший интерес, с точки зрения изменения климата, представляет оценка засушливости с использованием индекса Д. А. Педея [13] (иногда называют индексом Сазонова), так как в него входят значения температуры и осадков в нормированном виде, что позволяет объективно сравнивать тенденции для различных станций и отдельных сезонов. Использование нормированных величин позволяет применять данный индекс для сравнения в различных ситуациях,

В качестве простого индекса аридности климата рекомендовано использовать годовую сумму осадков. Согласно этому критерию считается, что абсолютно аридные – территории с годовым количеством осадков менее 50 мм, к аридной зоне относятся территории с годовым количеством осадков менее 250 мм, полуаридной – от 250 до 450 мм.

Воздушная засуха характеризуется дефицитом влажности воздуха, который считается основным показателем интенсивности испарения и потери влаги растением. Для пустынной зоны Средней Азии принята следующая шкала значений дневного дефицита влажности воздуха, как индикатора воздушной засухи: слабая засуха – дефицит влажности от 50 до 60 гПа; средняя засуха – 60-70 гПа; сильная засуха – 70-80 гПа; очень сильная засуха – более 80 гПа (табл. 2.20). Для выделения засухи использовалась оценка площадей, где количество осадков каждого месяца за весенний период не превышало 80% нормы при аномалии температуры 1°C.

Год считался с засухой, если отмечалось снижение урожая на 25% и более, в течение вегетационного периода сохранялся дефицит осадков (50% и менее нормы) более чем на 30% территории и наблюдалась положительная аномалия температур более чем на 50% территории.

Очевидно, что *предупреждение о засухе*, ее интенсивности и продолжительности представляет большой интерес для широкого круга специалистов и различных слоев населения. Исследования в области прогнозирования экстремальных метеорологических явлений (метеорологической засухи) являются одной из самых сложных и актуальных проблем мировой прогностической науки, и практики, и решение этих вопросов будет способствовать если не ликвидации, то снижению неблагоприятных последствий погодных аномалий, позволит судить о степени риска принятия конкретной стратегии в том или ином районе.

Проблема предупреждения засухи тесно связана с проблемой долгосрочного прогноза температуры и осадков, поэтому вероятность сверхдолгосрочного (год и более) предупреждения засух невысока. Успешность месячных и сезонных прогнозов аномалий температуры и осадков несколько выше, но также недостаточна. Особенности трудности при долгосрочном прогнозировании возникают в континентальных районах умеренных широт, где велика естественная изменчивость температуры и осадков, что характерно и для региона Средней Азии. В засушливых районах отмечается повышенная повторяемость аномалий осадков ниже нормы, то есть возникает проблема прогноза редких явлений.

Предел предсказуемости элементов погоды суточного масштаба гидродинамическими методами в настоящее время составляет две-три недели. За более длительные периоды динамические взаимодействия между атмосферными течениями приводят к непредсказуемым изменениям.

Другое направление долгосрочного прогнозирования связано с использованием статистических методов, которые позволяют находить общие закономерности формирования погодных условий на длительные периоды времени.

В настоящее время в практике широко используют статистические методы прогноза на сезон в качестве консультативных, официальный метод долгосрочного прогноза – синоптический (подбор годов-аналогов).

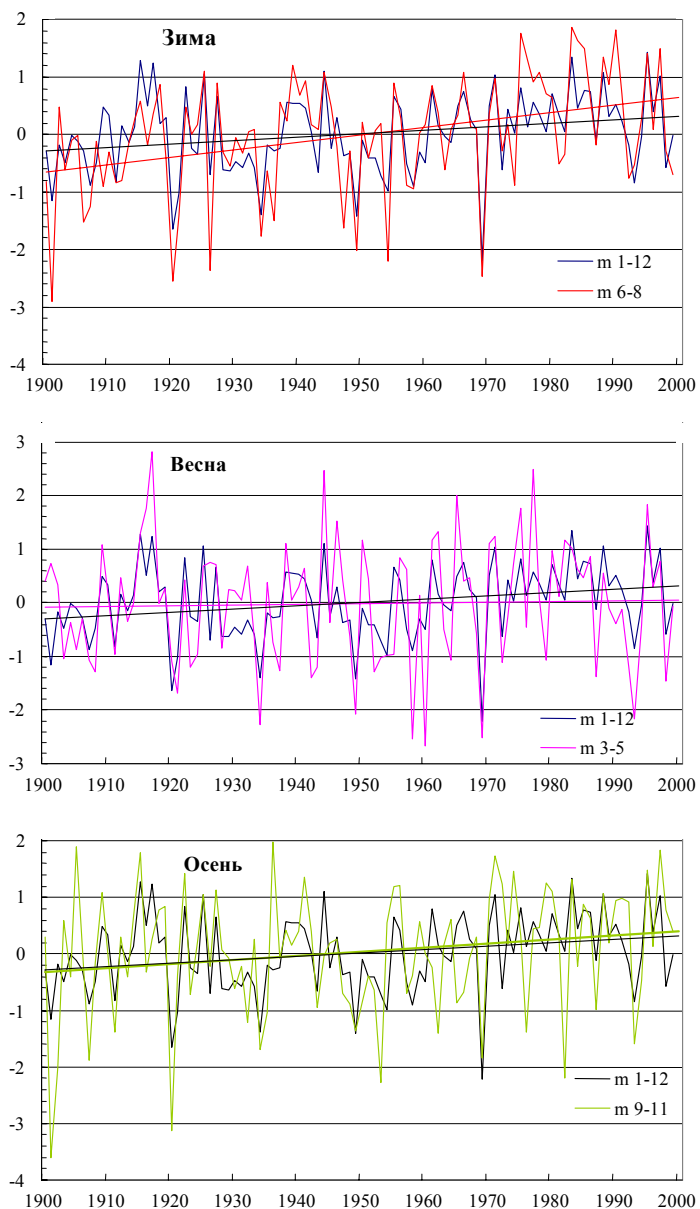


Рис. 2.36. Изменения сезонных значений индекса засушливости  $S$  для станции Ташкент.



Успешность подобного рода месячных и сезонных прогнозов температуры и осадков во всех регионах мира недостаточно высока, наиболее перспективным направлением является использование глобальных гидродинамических моделей общей циркуляции (атмосферы и океана).

Очевидно, что выбор и использование в прогностической практике *различных индексов засухи имеет большое значение для снижения неопределенности при решении задачи раннего предупреждения засухи*. Синхронность колебаний показателя засушливости отмечается и на станциях Чирчик-Ахангаранского района, расположенного в предгорной и горной зонах. Изменения сезонных значений индекса засушливости  $S$  для станции Ташкент представлены в сравнении с изменениями годовых значений (рис. 2.36). Прослеживаются более четкие тенденции к росту засушливости климата летом и осенью при сохранении высокой изменчивости во времени. Экстремально засушливые годы практически всегда в рассматриваемом районе фиксируются синхронно.

Расчет индекса осадков  $SPI$  в бассейнах рек Ахангаран и Пскем для зимних осадков (январь-март) (рис. 2.37) и индекса по снегозапасам (рис. 2.38) и их сравнение с рядами стока за вегетацию показали определенную синхронность колебания в рассматриваемых рядах.

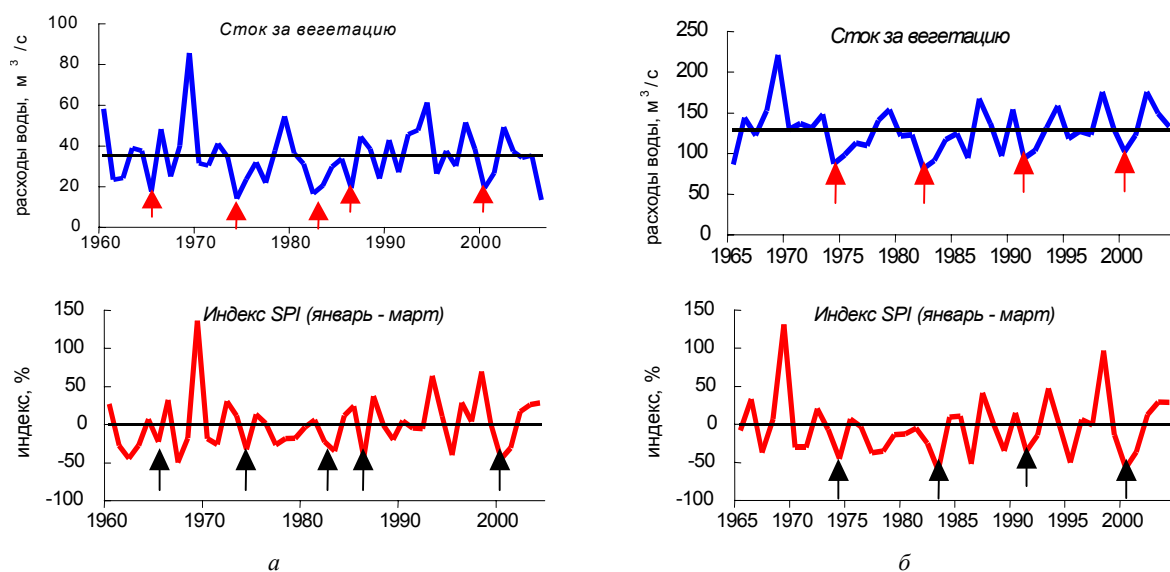


Рис. 2.37. Межгодовой ход вегетационных расходов воды и стандартизованного индекса осадков  $SPI$  для бассейнов р. Ахангаран (а) и р. Пскем (б).

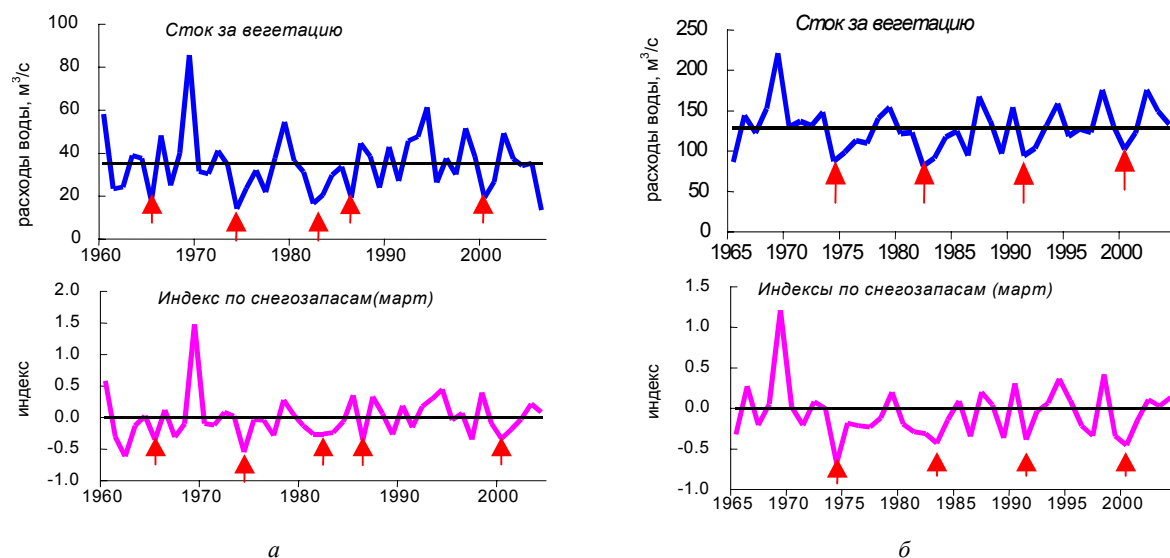


Рис. 2.38. Межгодовой ход вегетационных расходов воды и индекса засухи, основанного на оценке снегозапасов в бассейнах р. Ахангаран (а) и р. Пскем (б).

### 2.5.5. Развитие мониторинга засухи

Развитие мониторинга как системы регулярных или оперативных наблюдений, проводимых по определенной программе для оценки экстремальных гидрометеорологических ситуаций, анализа происходящих процессов и своевременного выявления тенденций их изменения, направлено, в конечном итоге, на предупреждение и подготовки к воздействию будущих засух, разработку мер по смягчению ее последствий в регионе, снижению ущерба для экономики и населения, обеспечения продовольственной безопасности.

Таким образом, **укрепление и развитие системы гидрометеорологического мониторинга и прогнозов** является одной из основных мер по адаптации, управлению и смягчению последствий засухи.

За период 1991-1998 годов наблюдательная сеть за элементами гидрометеорологического режима в бассейне Аральского моря несколько сократилась. Так, по сравнению с серединой 80-х годов XX века количество наблюдательных постов сократилось на 25-40 %, сеть метеорологических станций сократилась в среднем на 23%. Ухудшилось положение со снегомерными наблюдениями в горах, без которых не могут быть даны достаточно точные оценки водных ресурсов региона на данное время и на перспективу. Без этой информации существенно снижается качество гидрологических прогнозов и соответственно обслуживания потребителей.

Выходом из создавшегося положения может быть создание наблюдательной сети оптимальных размеров, способствующей улучшению обслуживания хозяйства страны гидрометеорологической информацией и особенно прогнозами погоды и стока рек в условиях засухи и маловодья.

В настоящее время в Узбекистане осуществляется гидрометеорологический и климатический мониторинг. Его компонентами являются: наблюдения за гидрологическим режимом рек, озер и водохранилищ, метеорологические наблюдения, климатическая информация и ее характеристики. Наблюдательная сеть Узгидромета состоит из: 78 – метеорологических, 129 гидрологических, 89 – агрометеорологических и 3-х снеговалинных станций и постов. Более ста пунктов ведут наблюдения за состоянием сельскохозяйственных культур и пастбищной растительности. Наблюдения за загрязнением воздуха выполняются в 38 населенных пунктах, они включают 68 пунктов мониторинга в 26 городах и одну станцию фонового мониторинга (Чаткальский заповедник). Наблюдения также ведутся на высотном метеорологическом комплексе (телебашня в г. Ташкенте).

Основой для подготовки информации о сложившихся и ожидаемых агрометеорологических условиях роста, развития, формирования урожайности сельхозкультур, их состоянии являются результаты агрометеорологических наблюдений.

Основным принципом агрометеорологических наблюдений является обязательное сопряженное (параллельное) во времени и пространстве производство наблюдений за состоянием и изменением агрометеорологических факторов и за изменениями в развитии, росте, состоянии сельскохозяйственных объектов, в формировании элементов их продуктивности и конечной продукции

В настоящее время в Узбекистане выполняются исследования по совершенствованию системы мониторинга климатических изменений, оценке современного и будущего состояния мониторинга гидрологической засухи, комплексной оценке состояния пустынных экосистем и другие. Вместе с тем существует ряд вопросов, направленных на развитие системы мониторинга засухи для решения практических задач, таких как оценка засушливых явлений и их последствий, предупреждение о засухе. Такими задачами являются:

- сбор, обобщение, анализ метеорологической, гидрологической и агрометеорологической информации с сети станций и постов;
- изучение засухи и засушливых явлений на единой научно-методической и информационной основе и их влияние на водное хозяйство и сельскохозяйственное производство;
- разработка методов оценки атмосферной, гидрологической и почвенной засухи (интенсивности, продолжительности), их раннего предупреждения, влияния засухи на состояние сельскохозяйственных культур по данным наземной и спутниковой информации;
- определение закономерностей развития засух в условиях глобального изменения климата;
- поиск и разработка критериев и путей раннего предупреждения наступления засушливых явлений и засухи.

В современных условиях борьба с засухой приобретает высокий приоритет. Всемирная Метеорологическая Организация призывает содействовать научным исследованиям в области борьбы с опустыниванием, засухой и способам ее раннего предупреждения. Как записано в Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием, «смягчение последствий засухи означает деятельность, связанную с прогнозированием засухи и направленную на снижение уязвимости общества и природных систем перед лицом засухи, поскольку это входит в рамки борьбы с опустыниванием».

## Список литературы

### К разделу 2.1

1. Иногамова С. И. Сильные осадки в Средней Азии. - Ташкент: САНИГМИ, 1999. - 258 с.
2. Чуб В. Е. Изменение климата и его влияние на природно-ресурсный потенциал Республики Узбекистан. - Ташкент: САНИГМИ, 2000. - 252 с.

### К разделу 2.2

1. Гулинова Н. В. Методы агроклиматической обработки наблюдений. - Л.: Гидрометеоздат, 1974.
2. Муминов Ф. А., Абдуллаев Х. М. Агроклиматические ресурсы Республики Узбекистан. - Ташкент, 1977. - 178 с.
3. Муминов Ф. А. Погода, климат, хлопчатник. - Л.: Гидрометеоздат, 1991. - 189 с.
4. Опасные гидрометеорологические явления в Средней Азии / Под ред. А. Д. Джураева, С. Г. Чанышаевой, О. И. Субботиной. - Л.: Гидрометеоздат, 1977. - 336 с.
5. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Часть II, выпуск 3. Средняя Азия / Под ред. С. И. Инагамовой, Т. А. Войновой, Э. С. Казарянц. - Л.: Гидрометеоздат, 1986.
6. Скрипникова Л. Е., Усманов В. О. Оценка дат наступления крайних заморозков по территории Узбекистана в связи с изменением климата // Климатические сценарии, оценка воздействий изменения климата. - Бюллетень № 6. - Ташкент: НИГМИ, 2007. - С. 58-65.
7. Спекторман Т. Ю., Петрова Е. В. Климатические сценарии для территории Узбекистана // Климатические сценарии, оценка воздействий изменения климата. - Бюллетень № 6. - Ташкент: НИГМИ, 2007. - С. 14-21.
8. Спекторман Т. Ю., Петрова Е. В. Оценка изменений агроклиматических показателей на основе данных статистической интерпретации результатов глобальных климатических моделей для территории Узбекистана // Климатические сценарии, оценка воздействий изменения климата. - Бюллетень № 6. - Ташкент: НИГМИ, 2007. - С. 28-37.

### К разделу 2.3

1. Лавины Узбекистана / Батыров Р. С., Какурина Е. Г., Перцигер Ф. И., Семакова Э. Р., Старыгин Г. Н., Яковлев А. В. / Под ред. Ю. Н. Иванова. - Ташкент: САНИГМИ, 2003. - 119 с.
2. Какурина Е. Г. Пространственно-временное распределение и режим снежных лавин по данным стандартных наблюдений: Автореф. дис. на соискание ученой степени канд. геогр. наук. - Ташкент, 2002. - 26 с.
3. Методика создания карт лавинной опасности на примере Ташкентской области / Семакова Э. Р., Батыров Р. С., Карандаев С. В., Старыгин Г. Н., Тарасов Ю. А., Тупаева Н. К., Фадейчева Л. В. // Труды НИГМИ. - 2005. - Вып. 5(250). - С. 86-95.
4. Рельеф, климат, снежный покров и лавинный режим в районе перевала Камчик / Батыров Р. С., Какурина Е. Г., Семакова Э. Р., Старыгин Г. Н. // Труды САНИГМИ. - 2001. - Вып. 161(242). - С. 132-144.
5. Семакова Э. Р. Влияние рельефа на распределение снежного покрова и снеголавинную деятельность (на примере бассейна р. Дукант, западный Тянь-Шань): Автореф. дис. на соискание ученой степени канд. геогр. наук. - Ташкент, 2004. - 23 с.
6. Семакова Э. Р. Многолетние изменения характеристик снежного покрова в бассейне р. Дукант (Западный Тянь-Шань) // Материалы гляциологических исследований. - 2004. - Вып. 97. - С. 148-150.
7. Семакова Э. Р., Трофимов Г. Н. Лавинный режим горной зоны Узбекистана в условиях потепления климата (на примере отдельных бассейнов Западного Тянь-Шаня) // Климатические сценарии, оценка воздействий изменения климата. - Бюллетень № 6. - Ташкент: НИГМИ, 2007. - С. 71-77.
8. Спекторман Т. Ю., Петрова Е. В. Климатические сценарии для территории Узбекистана // Климатические сценарии, оценка воздействий изменения климата. - Бюллетень № 6. - Ташкент: НИГМИ, 2007. - С. 14-21.
9. Спекторман Т. Ю. Выбор сценариев для проведения оценки уязвимости к изменению климата и разработки мер адаптации // Климатические сценарии, оценка воздействий изменения климата. - Бюллетень № 6. - Ташкент: НИГМИ, 2007. - С. 22-27.
10. Глазырин Г. Е. Фазовое состояние осадков в горах в зависимости от приземной температуры воздуха // Метеорология и гидрология. - Вып. 1. - 1970. - С. 30-34.
11. Царёв Б. К. Мониторинг снежного покрова горных территорий. - Ташкент: САНИГМИ, 1996. - 227 с.
12. Царёв Б. К., Пятова Р. Б., Абросимова Е. А. Продолжительность холодного периода в горах при возможном изменении климата // Труды САНИГМИ. - 1998. - Вып. 157(238). - С. 98-108.

### К разделу 2.4

1. Атлас Узбекской ССР. Ч. 1. - М. - Ташкент: ГУГК, 1982. - 124 с.
2. Виноградов Ю. Б. Вопросы гидрологии дождевых паводков на малых водосборах Средней Азии и Южного Казахстана. - Л.: Гидрометеоздат, 1967. - 262 с.
3. Глазырин Г. Е. Фазовое состояние осадков в горах в зависимости от приземной температуры воздуха // Метеорология и гидрология. - 1970. - № 1. - С. 30-34.
4. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. - М.: Высшая школа, 1977. - С. 68-75.
5. Денисов В. М. Расчет максимального стока с поверхности малых водосборов Средней Азии: Авт. дисс. канд. техн. наук. - Ташкент, Ин-т Водных проблем АН УзССР, 1970. - 22 с.

6. Каталог селеопасных рек Казахстана, Средней Азии и Восточной Сибири. - Т. III. - Алматы: КазНИГМИ, 1967. - С.111-235.
7. Спекторман Т. Ю., Петрова Е. В. Климатические сценарии для территории Узбекистана // Климатические сценарии, оценка воздействий изменения климата. - Бюллетень № 6. - Ташкент: НИГМИ, 2007. - С. 14-21.
8. Соколовский Д. Л. Речной сток. - Л.: Гидрометеиздат, 1968. - 538 с.
9. Трофимов Г. Н. К оценке вероятности выпадения жидких осадков на снежный покров в связи с проблемой селеобразования // Тезисы докл. ГО Узбекистана. - Ташкент, 1980. - С.47-50.
10. Чуб В. Е., Трофимов Г. Н. Изменение климата и опасные гидрологические явления (паводки, сели) // Оценка изменений климата по территории Республики Узбекистан, развитие методических положений оценки уязвимости природной среды. - Бюллетень № 5. - Ташкент: САНИГМИ, 2002. - С. 65-74.
11. Шахидов А. Ф. Расчет максимальных расходов дождевых паводков. - Ташкент: САНИГМИ, 1995. - 125 с.

## К разделу 2.5

1. Агальцева Н. А. Водные ресурсы и проблемы опустынивания и засухи // Комплексное рассмотрение проблем охраны окружающей среды при планировании и разработке программ развития в Узбекистане: Комплексный семинар по анализу ситуации в области охраны окружающей среды в Узбекистане, Ташкент, 9 июля 2004. - Ташкент, 2004. - С. 60-63.
2. Агальцева Н. А., Пак А. В. Проблема прогнозирования засухи в Центральной Азии // Международная научно-практическая конференция «Инновация-2005». - Сборник научных статей. - Ташкент: Янги аср авлоди, 2005. - С. 275-276.
3. Агальцева Н. А., Пак А. В. Аналитическая ГИС опасных гидрологических явлений: Подсистема «гидрологическая засуха» // Международная научно-практическая конференция «Инновация-2006», 27 октября 2006. - Ташкент, 2006. - С. 327-328.
4. Айзенштат Б. А. Исследование границ распространения урсатьевского ветра // Труды САНИГМИ. - 1959. - Вып. 2 (17). - С. 3 - 16.
5. Айзенштат Б. А. Радиационное влияние элементов окружающей среды на тепловой режим человека // Труды САНИГМИ. - 1971. - Вып. 53 (68). - С. 3 - 27.
6. Бабушкин Л. Н. О климатической характеристике летней воздушной засухи и суховеев в хлопковой зоне Узбекистан // Суховеи и их происхождение и борьба с ними. - 1974. - С. 59-64.
7. Боровикова Л. Н. Современные методы мониторинга и прогнозирования засухи // Проблемы опустынивания в Узбекистане. - Ташкент, 2001. - С. 16 - 18.
8. Вапник Т. В. О статистических закономерностях чередования засух // Метеорология и гидрология. - 1989. - № 1. - С. 103-104.
9. Инагамова С. И., Мухтаров Т. М., Мухтаров Ш. Т. Особенности синоптических процессов Средней Азии. - Ташкент: САНИГМИ, 2002. - С. 328-352.
10. Клещенко А. Д. Современные проблемы мониторинга засух // Труды ВНИИ Сельхоз. метеорологии. - 2000. - № 33. - С. 3-13.
11. Международный гидрологический словарь. - 2-е изд. - Женева: ВМО, 1992. - 414 с.
12. Опасные гидрометеорологические явления в Средней Азии / Под ред. А. Д. Джураева, С. Г. Чанышевой, О. И. Субботиной. - Л.: Гидрометеиздат, 1977. - 336 с.
13. Педь Д. А. О показателе засухи и избыточного увлажнения // Труды Гидрометцентра. - 1975. - Вып. 156. - С. 35-125.
14. Проблема раннего прогнозирования засух / Агальцева Н. А., Группер С. Р., Спекторман Т. Ю. и др. // Опустынивание в Узбекистане: Труды семинара «Дни национального осознания Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием в Республике Узбекистан», Ташкент, 24-25 марта 1997. - Ташкент, 1997. - С. 19-32.
15. Сазонов Г. Т. Суровые зимы и засухи. - Л.: Гидрометеиздат, 1991. - С. 35-125
16. Спекторман Т. Ю. Динамика показателей засушливости территории Узбекистана в связи с изменением климата // Оценка изменения климата по территории Республики Узбекистан, развитие методических положений оценки уязвимости природной среды. - Бюллетень № 5. - Ташкент: САНИГМИ, 2002. - С. 57-64.
17. Спекторман Т. Ю., Петрова Е. В. Климатические сценарии для территории Узбекистана // Климатические сценарии, оценка воздействий изменения климата. - Бюллетень № 6. - Ташкент: НИГМИ, 2007. - С. 14-21.
18. Чуб В. Е. Опустынивание в Узбекистане и основные направления смягчения его последствий // Проблемы опустынивания в Узбекистане. - Ташкент, 2001. - С. 9-12.
19. Чуб В. Е., Агальцева Н. А., Мягков С. В. Система раннего предупреждения засухи // Материалы научно-практической конференции «Создание систем рационального использования поверхностных и подземных вод бассейна Аральского моря». - Ташкент, 2003. - С.45-47.
20. Чуб В. Е., Агальцева Н. А., Пак А. В. Раннее предупреждение засухи: проблемы и решения // Труды Международной конференции по региональному сотрудничеству в бассейнах трансграничных рек. - Душанбе, 2005. - С. 21-22.

## ГЛАВА 3. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

### 3.1. Располагаемые водные ресурсы Республики Узбекистан

Поверхностные водные ресурсы Республики Узбекистан складываются из внешних водных ресурсов, поступающих по рекам из горных областей Таджикистана и Кыргызстана и внутренних водных ресурсов рек, формирующихся на территории республики. Кроме этого, часть речного стока поступает по каналам. К внутренним водным ресурсам относятся также воды озер на территории Узбекистана. К водным ресурсам не относятся запасы воды в водохранилищах на территории Узбекистана, поскольку из-за отсутствия водохранилищ с многолетним регулированием стока вода, находящаяся в них, это сток рек, перераспределенный внутри года. Внутренними водными ресурсами являются и запасы воды в ледниках.

Орографически территория Узбекистана расположена в пределах двух речных бассейнов Средней Азии – Амударьи и Сырдарьи, занимая их западные и северо-западные части, где горные системы Памиро-Алая и Тянь-Шаня переходят в равнины. Этим обусловлена сравнительно малая водоносность рек Узбекистана по сравнению с таковой в Таджикистане и Кыргызстане.

В бассейне Амударьи в пределах республики находятся речные бассейны рек Сурхандарья, Кашкадарья и частично р. Зеравшан, а также маловодные реки южного склона хребта Нуратау и северного склона западного отрога Зеравшанского хребта. В бассейне Сырдарьи в северной части Ферганской долины Узбекистану принадлежат реки Алмассай, Чадаксай и нижние части рек Падшаата, Кассансай, Сумсар и Гавасай, сток которых практически полностью поступает в Узбекистан с территории Кыргызстана. В южной части долины в Узбекистане поступает большая часть стока рек Аравансай, Исфайрамсай, Шахимирдан и весь сток р. Сох, незначительная часть стока р. Исфары. К западу от Ферганской долины в Узбекистане находятся маловодные реки, стекающие с северных склонов хребта Нуратау. К Узбекистану также относится весь бассейн р. Ахангаран, западная и северо-восточная части бассейна р. Чирчик. Сток, сформированный в восточной части бассейна (бассейн р. Чаткал) на территории Кыргызстана, полностью поступает в Узбекистан. В северо-восточной части бассейна р. Майдангал формируется на территории Казахстана и впадает в р. Пскем в Узбекистане. Также начинается в Казахстане р. Угам, лишь нижняя часть ее бассейна принадлежит Узбекистану.

Всего в республике насчитывается 17777 естественных водотоков. В бассейне Амударьи их 9930, в бассейне Сырдарьи – 4926 и в междуречье этих рек – 2921. Основная часть рек – водотоки длиной менее 10 км, особенно в междуречье рек Амударьи и Сырдарьи, где они представлены в основном пересыхающими почти круглый год реками, и где даже водотоки длиннее 10 км не каждый год имеют сток. Озер в Узбекистане сравнительно мало – всего около 505 и это, в основном, малые водоемы с площадью менее 1 км<sup>2</sup>.

В настоящее время в республике построено 53 водохранилища в основном ирригационного назначения. Их полный проектный объем составляет 18, 867 км<sup>3</sup>, полезный – 14, 855 км<sup>3</sup>.

На территории Узбекистана в верховьях ряда рек Сурхандарья, Кашкадарья, Пскем находятся горные ледники в количестве 525 единиц, общей площадью оледенения в 154,2 км<sup>2</sup>, то есть ледники, в основном, малых форм, средняя площадь одного ледника всего 0,293 км<sup>2</sup>.

Более подробные сведения о водных ресурсах Узбекистана даются далее по бассейнам рек.

#### 3.1.1. Водные ресурсы бассейна Сурхандарьи

В бассейн Сурхандарьи включены: непосредственно бассейн р. Сурхандарьи и бассейн р. Шерабад. Притоки Сурхандарьи реки Каратаг, Шеркент и левобережная часть р. Обизаранг относятся к Таджикистану.

В самом бассейне Сурхандарьи на территории Узбекистана насчитывается 4355 рек, из них длиной 10 км и более – 105 рек, а длиной более 20 км всего 33 водотока, не считая разветвленной сети оросительных каналов и коллекторов.

В различное время наблюдения за стоком проводились на 20 водотоках в 43 створах, для оценки естественного стока могут быть использованы данные 22 пунктов. В табл. 3.1 приведены результаты расчетов средних многолетних величин стока по этим пунктам с учетом восстановленных рядов наблюдений. В этой и всех последующих таблицах приняты следующие обозначения:  $F$  – площадь водосбора (км<sup>2</sup>),  $H$  – средняя взвешенная высота водосбора реки (км),  $T$  – период наблюдений (годы),  $N$  – количество лет наблюдений,  $W$  – объем стока за год (млн. м<sup>3</sup>),  $Q$  – средний годовой расход (м<sup>3</sup>/с),  $M$  – модуль стока водосбора реки (л/с·км<sup>2</sup>),  $h$  – слой стока с водосбора реки за год (мм),  $C_v$  – коэффициент вариации годового стока реки,  $\delta$  – параметр внутригодового распределения стока реки ( $W_{vii-ix} / W_{iii-v}$ ).

По результатам этих расчетов в бассейне Сурхандарьи выделяется три гидрологических района, различных по характеру зависимости модуля стока от средней высоты бассейна и водности рек. Это бассейн р. Шерабад, наиболее маловодная часть региона, бассейн р. Каратаг – наиболее многоводная, и вся остальная часть бассейна Сурхандарьи. Суммарные водные ресурсы бассейна оцениваются довольно полно по данным основных створов, замыкающих область формирования стока. Результаты расчетов естественных водных ресурсов района приведены в табл. 3.2.



Таблица 3.1

Средний многолетний сток в области его формирования в бассейне Сурхандарьи

Река – пост	$F$	$H$	Величина стока		$M$	$h$
			$W$	$Q$		
Тупаланг – кишл. Зарчуб	2200	2,57	1721	54,6	24,8	782
Гулиоб – кишл. Газарак	38,0	1,83	5,93	0,19	4,95	156
Шаргун – кишл. Чинар	59,2	2,06	25,8	0,82	13,8	436
Гуруфатьяма – кишл. Караны	103	2,08	52,8	1,68	16,3	513
Каратаг – кишл. Каратаг	684	2,65	723	23,0	33,0	1057
Шеркент – кишл. Дебивак	319	2,46	295	9,38	29,4	926
Сагардак – кишл. Кинг-Гузар	901	2,35	500	15,9	17,6	555
Халкаджар – кишл. Базар-Джой	577	2,13	184	6,35	11,0	347
Аксу – 1,1 км выше устья	49,1	1,90	14,3	0,45	9,23	291
Хангаронсай – кишл. Байсун	55,8	2,12	27,6	0,88	15,7	494
Шерабад – г. Шерабад	2950	1,44	196	6,07	2,06	65
Всего	7956,1		3692,63	119,32	15,0	463

Таблица 3.2

Характеристики изменчивости стока рек бассейна Сурхандарьи

Река – пост	$F$	$H$	$T$	$N$	$Q$	$\delta$	$C_v$
Тупаланг – кишл. Зарчуб	2200	2,570	1923-2000	70	54,6	0,467	0,193
Обизаранг – кишл. Дашнабад	330	2,100	1936-2000	64	4,69	0,114	0,388
Гулиоб – кишл. Газарак	38,0	1,830	1964-1987	49	0,188	0,050	0,596
Гуруфатьяма – кишл. Караны	103	2,080	1964-1991	69	1,68	0,230	0,286
Каратаг – кишл. Каратаг	684	2,650	1928-1986	60	23,0	0,575	0,188
Каратаг – устье	2340	-	1982-2000	17	26,8	0,223	0,343
Савургон – кишл. Пшти-Миона	134	2,230	1948-1987	41	3,25	0,289	0,261
Акджар – кишл. Кампар-Боло	32,8	1,910	1948-1964	43	0,635	0,091	0,360
Шеркент – кишл. Джаросурх	268	2,530	1956-1987	58	10,5	0,392	0,296
Шеркент – кишл. Дебивак	319	2,460	1928-1956	25	9,38	0,405	0,200
Сангардак – кишл. Кинг-Гузар	901	2,350	1928-2000	68	15,9	0,248	0,283
Халкаджар – кишл. Базар-Джой	577	2,130	1952-2000	47	6,35	0,117	0,373
Аксу – 1,1 км выше устья	49,1	1,900	1953-1987	44	0,453	0,106	0,652
Аккапчмигай – устье	583	-	1983-2000	16	0,504	0,276	0,531
Хангаронсай – кишл. Байсун	55,8	2,120	1971-2000	57	0,876	0,649	0,497
Шерабад – кишл. Комарчи	300	2,480	1951-1953, 1962-1986	40	2,54	0,225	0,372
Шерабад – кишл. Дербент	949	2,070	1957-2000	45	5,51	0,300	0,370
Шерабад – 0,1 км выше устья р. Майдан	2660	1,460	1960-2000	37	5,40	0,278	0,464
Шерабад – г. Шерабад	2950	1,440	1928-1960	44	6,07	0,278	0,361
Майдан – устье	312	1,110	1970-1991	17	0,099	0,025	0,771

Примечание:  $N$  – количество лет с учетом восстановленных данных.

В расчетах не учтены водные ресурсы небольших саев левобережья Сурхандарьи. Это пересыхающие саи Далансай, Акташсай, Тамчисай, Анарбулак, образуемые родниками на западном склоне хребта Бабатаг. Общее их количество превышает двадцать, так что они должны, видимо, давать расход не менее  $1 \text{ м}^3/\text{с}$ . Вода большинства этих родников соленая.

Не учтен также сток воды, поступающий в бассейн по Большому Гиссарскому каналу из бассейна р. Кафирниган в Каратаг, поскольку это неестественные водные ресурсы бассейна.

Общий сток рек бассейна составляет  $119 \text{ м}^3/\text{с}$  или  $3,692 \text{ км}^3/\text{год}$ .

Изменчивость стока в многолетнем разрезе определяется коэффициентом вариации, который изменяется от 0,19 до 0,77 в зависимости от средней взвешенной высоты бассейна. Значения коэффициентов вариации годового стока изученных рек приведены в табл. 3.2. Значения расходов воды различной обеспеченности, полученные на основании этих данных, представлены в табл. 3.3.

Внутригодовое распределение стока характеризуется параметром  $\delta$ , равным отношению стока воды за июль-сентябрь к стоку за март-май. По величине этого параметра реки бассейна Сурхандарьи относятся к рекам снегового-ледникового питания (реки Каратаг, Шеркент, Тупаланг), рекам снегового типа питания (реки Шерабад, Гуруфатьяма, Сангардак), и рекам снегово-дождевого типа (реки Обизаранг, Халкаджар, Аккапчмигай и другие). Характер внутригодового типа питания в целом определяется высотным положением бассейна. Однако в чистом виде рек какого-то одного типа питания в бассейне нет, поскольку на волны расходов за счет таяния снега и многочисленных ледников накладываются дождевые пики. Поэтому гидрографы стока получаются довольно сложные (рис. 3.1).

Таблица 3.3

Средние годовые расходы воды различной обеспеченности рек бассейна Сурхандарьи

Река – пункт	Расходы воды обеспеченностью, %							
	средний	5	10	25	50	75	90	95
Тупаланг – кишл. Зарчуб	54,6	73,5	65,0	61,4	54,5	46,9	42,5	38,7
Обизаранг – кишл. Дашнабад	4,69	7,50	7,13	6,23	4,78	32,2	2,24	1,48
Гулиоб – кишл. Газарак	0,188	0,402	0,370	0,230	0,170	0,265	0,060	0,047
Гуруфатъма – кишл. Караны	1,68	2,60	2,16	1,85	1,66	1,38	1,09	1,00
Каратаг – кишл. Каратаг	23,0	32,0	27,6	25,5	22,9	19,4	17,4	16,8
Каратаг – устье	26,8	45,2	41,5	33,6	23,6	21,2	16,0	12,5
Савургон – кишл. Пшти-Миона	3,25	5,12	4,58	3,60	3,07	2,51	2,40	2,15
Ақджар – кишл. Камбар-Боло	0,635	2,12	1,05	0,753	0,600	0,450	0,740	0,335
Шеркент – кишл. Джаросурх	10,5	17,0	14,2	12,9	9,89	8,44	6,70	6,05
Шеркент – кишл. Дебивак	9,38	16,8	11,6	10,8	9,02	7,80	7,38	6,60
Сангардак – кишл. Кинг-Гузар	15,9	23,8	21,4	17,5	15,4	17,9	11,3	9,80
Халкаджар – кишл. Базар-Джой	6,35	10,8	9,18	7,30	5,85	4,75	3,95	3,71
Аксу – устье	0,453	1,10	0,635	0,505	0,355	0,293	0,252	0,145
Хангаронсай - кишл. Байсун	0,876	1,65	1,57	1,18	0,820	0,500	0,330	0,270
Шерабад - кишл. Комарчи	2,54	5,38	3,14	2,81	2,45	1,98	1,69	1,47
Шерабад - кишл. Дербент	5,51	9,65	6,74	5,90	5,11	4,05	3,71	3,26
Шерабад - устье р. Майдан	5,40	9,75	7,13	6,34	5,34	4,21	3,31	2,84
Шерабад – г. Шерабад	6,07	9,90	9,10	7,76	5,65	4,48	3,23	2,71

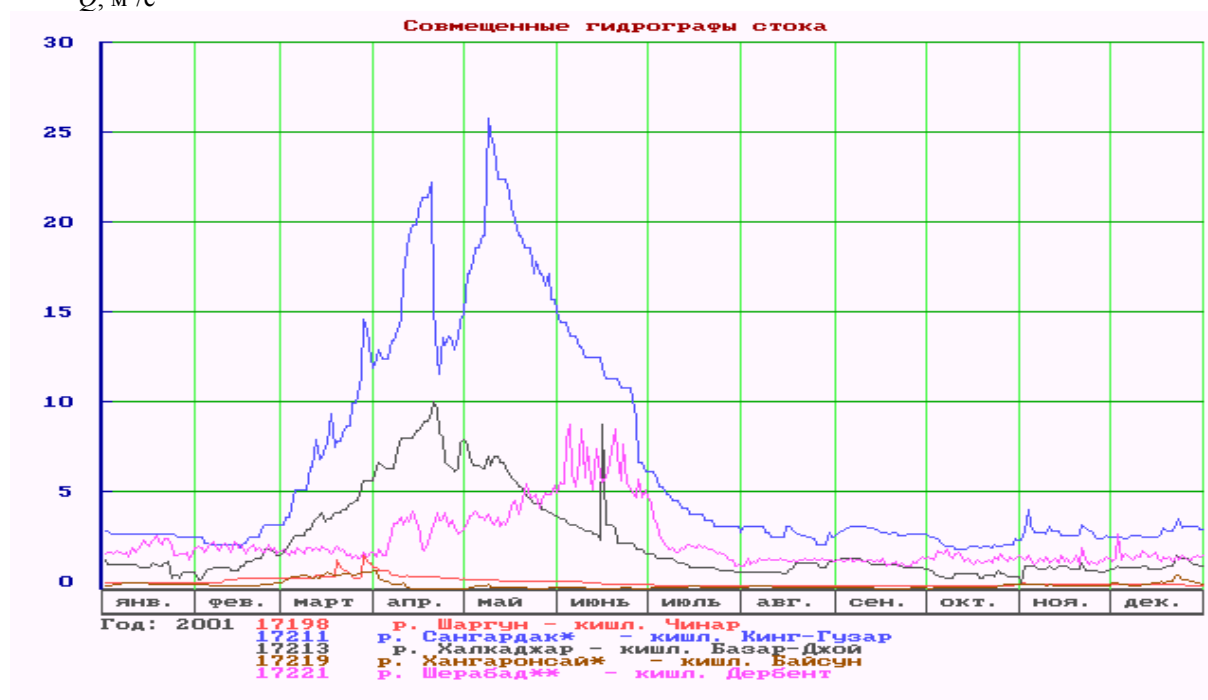
 $Q, \text{ м}^3/\text{с}$ 

Рис. 3.1. Ежедневные гидрографы стока по рекам бассейна Сурхандарьи.

### 3.1.2. Водные ресурсы бассейна Кашкадарьи

В бассейне развито интенсивное орошаемое земледелие, и поэтому как сама Кашкадарья, так и ее притоки практически полностью разбираются на орошение. Собственных водных ресурсов для этой цели в бассейне не хватает и оросительные системы подпитываются каналом из бассейна р. Зеравшан. Вся западная часть бассейна питается водами Амударьи, подаваемыми по Каршинскому магистральному каналу.

В бассейне Кашкадарьи насчитывается 3122 реки, из них всего 149 рек длиной более 10 км, 33 имеют длину 20 и более км. В различное время наблюдения за стоком воды проводились или проводятся на 18 реках в 51 створе, причем реки Карасу-нижняя, Гараучашма и Шурабсай не являются реками как таковыми, а так называемыми в Средней Азии “карасу”, то есть водными объектами, образовавшимися благодаря просачиванию оросительных вод в почвогрунты и выходу их на поверхность земли естественным путем ниже зон орошения и имеющими все признаки естественных рек.

Из 51 поста 25 расположены на участках рек с ненарушенным хозяйственной деятельностью режимом стока с учетом поста Акдарья – кишл. Хазарнау, который до создания водохранилища выше поста в 1984 году также находился на реке с неискаженным стоком. Следовательно, только данные этих 25 постов используются для оценки естественных водных ресурсов бассейна.

В бассейне Кашкадарья, как и во многих речных бассейнах Средней Азии, четко выделяются две области: область формирования стока и область его рассеивания. Границу между ними можно условно провести по изогипсе 600-700 м.

В соответствии с общим увеличением водности рек с запада на восток и с юга на северо-восток в бассейне Кашкадарья выделяется три района по зависимости средних многолетних модулей стока от средних высот бассейнов.

Первый район расположен в западной части южного склона Зеравшанского хребта и охватывает реки бассейна Кумдарья. Это относительно многоводный район, учитывая, что его бассейны расположены в низкорной зоне, средняя высота их не превышает 1,4 км.

Во второй район вошла сама Кашкадарья и ее самый многоводный приток Аксу.

Все остальные реки южнее и юго-западнее р. Аксу образуют маловодный третий район, к которому отнесены реки со средними высотами бассейнов от 1,4 км до 3,0 км. Зависимость  $M = f(H)$  этого района идет практически параллельно таковой для второго района, но со сдвигом по оси высот на 600-800 м.

Из общей площади бассейна Кашкадарья в 12000 км<sup>2</sup> непосредственно водосборной являются около 8000 км<sup>2</sup> или 67%. Из этой площади 6499 км<sup>2</sup> охвачены гидрометрическими наблюдениями и образуют непосредственно водосборную площадь, где можно пренебречь влиянием забора воды на орошение, поскольку в пределах горной области он весьма мал. Таким образом, не учитывается сток с 1501 км<sup>2</sup> водосборной площади бассейна. Из этой площади примерно 300 км<sup>2</sup> является водосборной площадью, не охваченной учетом стока, и представляют собою небольшие саи в пределах горной водосборной площади.

На остающихся 1200 км<sup>2</sup> происходит формирование стока, но в небольших размерах, и на них осуществляется значительный забор воды на орошение, поэтому сложно оценить величину стока, сформировавшегося на этой территории. Так, до створа Чиракчи на р. Кашкадарье по данным учета гидрометеослужбы поступает 30,3 м<sup>3</sup>/с. Это сток Кашкадарья у Варганзи в 5,22 м<sup>3</sup>/с, Джиндыдарья у Джауса в 1,56 м<sup>3</sup>/с, р. Карабулак у Карабулака в 1,19 м<sup>3</sup>/с, Акдарья у Хазарнау в 17,1 м<sup>3</sup>/с и Танхизыдарья у Нушкента в 5,21 м<sup>3</sup>/с. На участке от Варганзи до Чиракчей по данным официального учета Минсельводхоза из реки забирается всего 6,44 м<sup>3</sup>/с за вычетом сбросов по коллекторам. Следовательно, у поста Чиракчи должно бы проходить 23,8 м<sup>3</sup>/с. Фактически же сток у поста Чиракчи составляет всего 21,9 м<sup>3</sup>/с, то есть теряется почти 2 м<sup>3</sup>/с. Разница в стоке объясняется неучтенным водозабором. Если принять во внимание, что сток по коллекторам занижен за счет того, что большая часть возвратных вод поступает непосредственно в русла рек, и несмотря на это, сток на посту Чиракчи незначителен по сравнению с общим притоком, то можно сделать вывод, что в низкорной области площадью около 1200 км<sup>2</sup> вряд ли формируется существенный сток.

Таким образом, учтенные водные ресурсы бассейна можно оценить следующим образом (табл. 3.4).

Таблица 3.4

Средний многолетний сток в области его формирования в бассейне Кашкадарья

Река – пост	$F$	$H$	$W$	$Q$	$M$	$h$
Кашкадарья – кишл. Варганза	511,0	1,80	164,5	5,22	10,2	322
Джиндыдарья – кишл. Джауз	152,0	1,97	49,1	1,56	10,3	323
Карабулак – кишл. Карабулак	22,0	1,19	37,4	1,19	45,6	1438
Акдарья – кишл. Хисарак	755,0		406,0	12,9	17,1	537
Карасу-верхняя – кишл. Улян	139,0	1,83	49,4	1,57	11,3	357
Танхизыдарья – кишл. Касатараш	438,0	2,21	129,2	4,11	9,44	297
Яккабагдадарья – кишл. Татар	514,0	2,73	192,6	6,11	12,1	382
Тырна – кишл. Ишкент	151,0	2,34	43,4	1,38	9,11	287
Гульдара – кишл. Гульдара	24,4	2,34	5,7	0,18	7,36	238
Джар – кишл. Канжигалы	124,0	1,37	42,2	1,34	10,8	341
Лянгар – кишл. Калтатай	180,0	1,79	23,3	0,74	4,09	129
Кичикурядарья – кишл. Кулькишлак	2000,0	1,42	53,2	1,69	0,84	26,6
Урядарья – кишл. Базартепа	1250,0	1,85	151,8	4,81	3,85	121
Кумдарья – кишл. Чамбил	354,0	1,18	66,2	2,10	5,93	187
Всего	6614,4		1414,0	44,9	6,79	214

Изменчивость стока в многолетнем разрезе в бассейне довольно велика, коэффициенты вариации средних годовых расходов изменяются от 0,147 до 1,00 в зависимости от высотного положения бассейнов и уменьшаются с ростом высот последних.

Значения коэффициентов вариации изученных рек приведены в табл. 3.5, а годовые расходы различной обеспеченности в табл. 3.6.

Таблица 3.5

## Характеристики изменчивости стока рек бассейна Кашкадарьи

Река – пост	$F$	$H$	$T$	$N$	$Q$	$\delta$	$C_V$
Кашкадарья – кишл. Варганза	511	1,800	1926-2002	76	5,22	0,165	0,387
Кашкадарья – кишл. Чиракчи	1970	1,720	1944-2002	54	22,7	0,108	0,495
Джиндыдарья – кишл. Джауз	152	1,970	1941-1990	70	1,56	0,330	0,390
Аксу – 3,5 км к западу от перевала Макбель	64,1	3,500	1931-1974	34	2,02	1,346	0,146
Ақдарья – кишл. Хисарак	755	-	1984-2002	19	11,8	0,666	0,347
Аксу – кишл. Хазарнау	845	2,550	1927-2002	76	12,1	1,014	0,240
Карасу – кишл. Улян	139	1,830	1927-1987	43	1,31	0,287	0,386
Шурабсай – кишл. Кумыртепа	169	0,940	1936-1970	34	0,636	0,254	0,484
Танхизыдарья – кишл. Касатараш	222	2,970	1941-1970	11	3,47	0,449	0,304
Танхизыдарья – кишл. Атчиги	401	2,300	1926-1940	13	4,25	0,414	0,312
Танхизыдарья – кишл. Каттаган	425	2,210	1951-2002	46	4,11	0,288	0,368
Танхизыдарья – кишл. Нушкент	1910	1,880	1930-1974	35	5,46	0,102	0,563
Яккабагдарья – кишл. Татар	504	2,730	1930-2002	75	6,11	0,444	0,292
Тырна – кишл. Ишкент	151	2,340	1930-1984	72	1,38	0,168	0,410
Гульдара – кишл. Гульдара	24,4	2,340	1948-1966	33	0,180	0,435	0,338
Джар(Кичикджар) – кишл. Канжигалы	124	1,370	1941, 1946-1947, 1951-1991	69	1,34	0,009	0,510
Джар(Аякчиджар) – кишл. Чиракчи	348	0,910	1930-1974	38	1,16	0,049	0,825
Лянгар – кишл. Уртадара	59,9	2,270	1947-1972	39	0,508	0,258	0,490
Лянгар – кишл. Калтатай	180	1,706	1976-1987	10	0,558	0,223	0,437
Лянгар – кишл. Таль	236	1,560	1932-933, 1938-1974	31	0,712	0,358	0,609
Гузардарья – кишл. Яртепа	3170	1,520	1928-1965	35	5,95	0,232	0,384
Кичикурядарья – кишл. Дехканабад	1170	1,560	1959-1968	7	1,03	0,029	0,560
Кичикурядарья – кишл. Гумбулак	1570	-	1968-2002	37	1,29	0,134	1,03
Кичикурядарья – кишл. Кулькишлак		1,420	1928-1962	66	1,69	0,052	0,740
Урядарья – кишл. Базартепа	1250	-	1965-2002	71	4,81	0,248	0,476

Примечание:  $N$  – количество лет с учетом восстановлений.

Таблица 3.6

## Средние годовые расходы воды различной обеспеченности рек бассейна Кашкадарьи

Река – пункт	Расходы воды обеспеченностью, %							
	средний	5	10	25	50	75	90	95
Кашкадарья – кишл. Варганза	5,22	8,65	7,77	6,49	4,84	3,80	3,20	2,90
Кашкадарья – кишл. Чиракчи	22,7	45,8	40,5	28,36	18,5	14,6	11,3	10,0
Джиндыдарья – кишл. Джауз	1,56	2,86	2,65	1,95	1,41	1,08	0,883	0,860
Аксу – 3,5 км к западу от пер. Макбель	2,02	2,39	2,35	2,26	2,00	1,81	1,68	1,27
Ақдарья – кишл. Хисарак	11,8	15,6	14,9	13,2	11,0	9,96	8,72	8,21
Ақдарья – кишл. Хазарнау	12,1	16,6	15,6	13,6	11,7	10,2	8,64	8,01
Карасу (верхняя) – кишл. Улян	1,31	2,62	1,94	1,59	1,12	0,950	0,876	0,750
Шурабсай – кишл. Кумыртепа	0,636	1,46	0,930	0,800	0,605	0,430	0,320	0,280
Танхизыдарья – кишл. Касатараш	4,11	6,42	5,86	4,77	3,93	3,12	2,34	2,01
Танхизыдарья – кишл. Атчиги	4,25	6,52	6,01	5,13	4,09	3,40	2,60	2,31
Яккабагдарья – кишл. Татар	6,11	9,14	8,45	7,12	5,83	4,73	3,72	3,57
Тырна – кишл. Ишкент	1,38	2,38	2,15	1,68	1,27	1,04	0,700	0,610
Гульдара – кишл. Гульдара	0,180	0,283	0,267	0,222	0,160	0,130	0,110	0,099
Джар – кишл. Канжигалы	1,34	2,55	2,19	1,80	1,29	0,770	0,530	0,510
Лянгар – кишл. Уртадара	0,508	1,00	0,890	0,671	0,467	0,354	0,110	0,091
Гузардарья – кишл. Яртепа	5,95	11,0	9,63	7,17	5,41	3,99	3,91	2,63
Кичикурядарья – кишл. Кулькишлак	1,69	4,31	3,88	2,55	1,24	0,666	0,440	0,266
Урядарья – кишл. Базартепа	4,81	8,98	8,24	5,95	4,44	3,02	2,16	1,67
Кумдарья – кишл. Чамбил	2,10	3,90	3,68	2,83	1,65	1,46	0,860	0,577

По характеру питания реки бассейна Кашкадарьи принадлежат к рекам от ледниково-снегового типа питания (р. Аксу в верховьях), что весьма благоприятно для орошаемого земледелия, до рек снегово-дождевого типа (реки Кичикурядарья, Тырна, Джар). Реки Яккабагдарья, Лянгар, Танхизыдарья в верховьях принадлежат к типу рек снегово-ледникового типа питания за счет наличия снежников. Остальные реки бассейна и перечисленные выше в низовьях являются реками снегового типа питания.

Характер гидрографов рек бассейна хорошо иллюстрирует рис. 3.2.

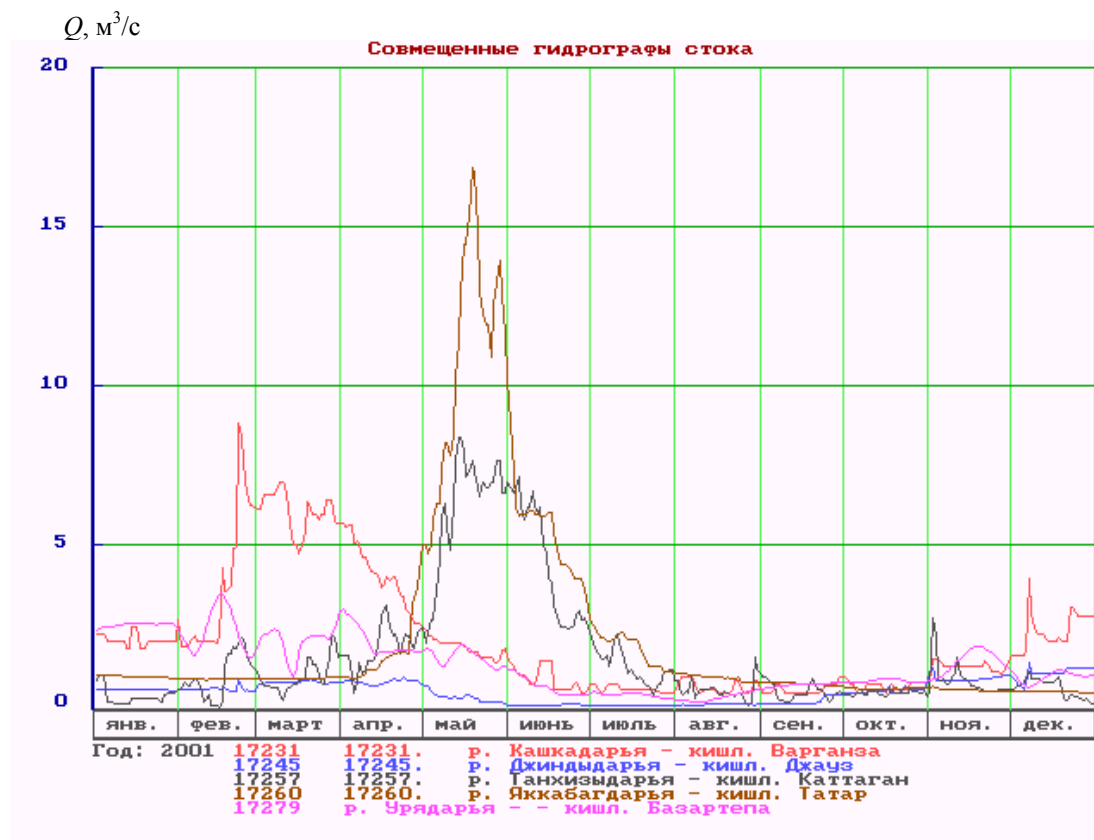


Рис. 3.2. Гидрографы ежедневных расходов воды рек бассейна Кашкадарьи за 2001 год.

### 3.1.3. Водные ресурсы бассейна р. Зеравшан

В пределах Республики Узбекистан находится западная часть бассейна р. Зеравшан, состоящая из двух частей: восточной, оконтоуренной невысокими горами, с которых стекают небольшие реки, разбираемые на орошение или пересыхающие, и западной равнинной, практически лишенной постоянных водотоков.

Восточная узбекская часть бассейна с востока ограничена государственной границей с Таджикистаном в районе Рават-Ходжинской плотины.

На территории Узбекистана, западнее указанной плотины, формируется лишь малая часть речного стока в небольших водотоках, стекающих с северных склонов западных отрогов Зеравшанского хребта и южных склонов хребтов Нуратау, Каратау и Актау. Основное питание этих рек складывается из таяния сезонного снега и дождей.

Всего в бассейне на узбекской территории находится 2353 естественных водотока, из них длиной более 10 км всего 137. Большинство малых рек в летнее время пересыхает.

В бассейне р. Зеравшан основной сток формируется на территории Таджикистана и практически полностью поступает в Узбекистан в районе Рават-Ходжинской плотины.

Наблюдения за стоком воды на территории Узбекистана проводилось в общей сложности на 13 реках (включая Зеравшан) в 38 пунктах. Однако для целей подсчета водных ресурсов бассейна в пределах Узбекистана можно воспользоваться данными лишь 15 постов на территории Узбекистана и двух постов на территории Таджикистана, так как 23 пункта находились или находятся на самой р. Зеравшан или ее протоках в зоне использования стока. Из 15 постов на территории Узбекистана 9 расположены на реках с водосборами менее 100 км<sup>2</sup>. На таких реках местные факторы, такие, как выходы родников, трещиноватые или скальные породы, ориентация бассейна и другие, могут оказывать большее влияние на сток, чем общие природные – высотное и географическое положение бассейна. По этим причинам в бассейне р. Зеравшан на территории республики выделяется два гидрологических района: сравнительно многоводный юго-восточный угол (северные склоны отрогов Зеравшанского хребта) и маловодные бассейны рек хребтов Нуратау, Актау и Каратау (реки правого берега Зеравшана). Зависимости модуля стока от средней высоты бассейнов для указанных районов носят ориентировочный характер. Погрешность определения модуля стока по ним может достигать 100%. Во втором районе заметна тенденция уменьшения стока на реках по мере движения в восточном направлении.

Суммарные водные ресурсы бассейна р. Зеравшан, формирующиеся на территории Республики Узбекистан, оцениваются не совсем точно, так как не на всех реках проводился учет стока, а районные зависимо-



сти модуля стока от высоты бассейнов построены с погрешностью до 100%. Однако неизученная в отношении стока воды часть бассейна примерно в 7 раз меньше изученной, а неучтенный сток в 25 раз меньше учтенного. Результаты расчетов суммарного местного стока даны в табл. 3.7.

Таблица 3.7

Средний многолетний сток в области его формирования в бассейне р. Зеравшан

Река – пост	$F$	$H$	$W$	$Q$	$M$	$h$
Изученные реки						
Ургут – пгт Ургут	25,1	1,710	12,7	0,402	16,0	504
Аманкутан – кишл. Аманкутан	57,8	1,601	30,0	0,951	16,5	518
Ақдарья – кишл. Агалык	70,9	1,384	33,7	1,07	15,1	475
Сазагансай – кишл. Сазаган	26,8	1,456	12,0	0,381	14,2	448
Карасу – кишл. Коса	120	1,040	7,25	0,230	1,92	60,4
Тегерман – кишл. Сагишман	39,3	1,143	8,77	0,278	7,08	223
Тусун – устье	1100	0,940	54,8	1,74	1,58	49,8
Актепасай – кишл. Оча	43,8	1,570	9,58	0,304	6,94	219
Карагач – кишл. Мавлян	34,7	1,257	7,13	0,227	6,53	206
Майдан – кишл. Алмаата	62,5	1,138	15,4	0,488	7,80	246
Коксарайсай – у выхода из гор	247	0,938	30,3	0,961	3,89	123
Бигляр – кишл. Янги-Ақчоб	180	-	22,5	0,714	3,97	125
Всего	2008		244,13	7,75	3,86	122
Неизученные реки						
Ақсай	30,1	1,200	4,46	0,142	4,70	148
Кудуксай	23,9	1,187	3,12	0,099	4,30	131
Лянгарсай	41,2	0,950	1,10	0,035	0,85	26,7
Каттасай	56,0	0,890	0,795	0,025	0,45	14,2
Сармич	133	0,730	0,410	0,013	0,10	3,1
Всего	284	-	9,885	0,214	0,75	34,0
Итого	2292		254	7,96	3,48	110

Всего на территории Узбекистана в бассейне р. Зеравшан формируется 7,96 м<sup>3</sup>/с или 254 млн. м<sup>3</sup>/год водных ресурсов, в то время как с территории Таджикистана поступает 163 м<sup>3</sup>/с или 5,139 км<sup>3</sup>/год или в 21 раз больше собственного стока.

Изменчивость годового стока рек бассейна Зеравшана в многолетнем разрезе, за исключением рек Зеравшан и Магиандарья, исключительно велика в силу особенностей их питания (табл. 3.8). Коэффициент вариации годовых расходов воды достигает величины 1,02 для р. Тусун в устье, где она разбирается на орошение. Исключительно велика изменчивость стока р. Тегерман у кишл. Сагишман, где река в некоторые годы пересыхает на 2-3 месяца. Наблюдается зависимость коэффициента вариации от высоты бассейна, с высотой величина  $C_v$  уменьшается.

Таблица 3.8

Характеристики изменчивости стока рек бассейна р. Зеравшан

Река – пост	$F$	$H$	$N$	$N_6$	$Q$	$\delta$	$C_v$
Зеравшан – мост Дупули	10200	3,100	1914-2000	87	155		0,133
Магиандарья – кишл. Суджина	1110	2,660	1914-1920, 1923-2000	76	4,98		0,338
Ургут – кишл. Ургут	25,1	1,710	1946-1989	52	0,402	0,181	0,531
Аманкутансай – кишл. Аманкутан	24,3	1,595	1958-1969	34	0,575	0,259	0,588
Аманкутансай – кишл. Аманкутан	57,8	1,601	1951-1959, 1969-2002	53	0,951	0,210	0,519
Кафлятунсай – кишл. Аманкутан	26,6	1,582	1958-1969	11	0,172	0,188	0,885
Ақдарья – кишл. Агалык	70,9	1,384	1985-2002	21	1,07	0,069	0,523
Сазагансай – кишл. Сазаган	26,8	1,456	1949-2002	49	0,381	0,057	0,459
Карасу – кишл. Коса	120	1,040	1959-1962	45	0,230	0,021	-
Тегерман – кишл. Сагишман	39,3	1,143	1959-1984	25	0,248	0,096	1,64
Тусун – кишл. Кара-Кия	893	1,110	1963-1991	58	1,36	0,417	0,810
Тусун – устье	1100	0,939	1938-1962, 1976-2002	57	1,74	0,312	1,02
Актепасай – кишл. Оча	43,8	1,570	1964-1987, 2000	53	0,304	0,056	0,797
Карагач – кишл. Мавлян	34,7	1,257	1978-2002	22	0,227		0,422
Майдан – кишл. Алмаата	62,5	1,138	1983-2002	33	0,488		0,746
Бигляр – кишл. Янги-Ақчоб	180	-	1964-2002	53	0,714		0,739

Примечание:  $N$  – количество лет с учетом восстановления.

В табл. 3.9 приведены величины годовых расходов воды различной обеспеченности, из которой видно, что колебания годовых расходов рек бассейна находятся в очень больших пределах. Отношения расходов 5% обеспеченности к расходам 95% обеспеченности достигают 11.

Таблица 3.9

Средние годовые расходы воды различной обеспеченности рек бассейна р. Зеравшан

Река – пункт	Расходы воды обеспеченностью, %							
	средний	5	10	25	50	75	90	95
Зеравшан – мост Дупули	155	191	182	170	154	142	131	124
Магиандарья – кишл. Суджина	7,95	12,2	11,2	9,60	7,72	6,13	4,64	3,98
Ургут – кишл – Ургут	0,402	0,769	0,665	0,480	0,350	0,252	0,210	0,189
Аманкутан – кишл. Аманкутан (1 км выше устья р. Кафлятунсай)	0,575	1,25	1,06	0,734	0,536	0,369	0,242	0,223
Аманкутан – кишл. Аманкутан (30 м ниже устья р. Кафлятунсай)	0,951	1,47	1,40	1,15	0,845	0,605	0,446	0,415
Ақдарья – кишл. Агалык	1,07	2,40	1,50	1,16	0,960	0,820	0,483	0,210
Сазагансай – кишл. Сазаган	0,381	0,790	0,659	0,472	0,350	0,260	0,182	0,148
Тегерман – кишл. Сагишман	0,278	1,75	0,370	0,230	0,140	0,90	0,046	0,26
Тусун – кишл. Кара-Кия	1,36	2,93	2,12	1,54	1,04	0,819	0,580	0,491
Тусун – устье	1,74	4,25	2,97	2,03	1,24	0,977	0,490	0,340
Актепасай – кишл. Оча	0,304	0,760	0,555	0,390	0,137	0,157	0,086	0,066
Карагач – кишл. Мавлян	0,227	0,420	0,345	0,290	0,230	0,160	0,100	0,065
Майдан – кишл. Алмаата	0,488	1,36	0,750	0,633	0,380	0,275	0,150	0,142
Бигляр – кишл. Янги-Ақчоб	0,714	2,09	1,55	0,842	0,543	0,338	0,182	0,140

По характеру внутригодового распределения стока все реки этого бассейна в Узбекской части относятся к рекам снегово-дождевого типа питания (табл. 3.8). Для рек этого типа отношение стока воды за июль-сентябрь к стоку за март-июнь (параметр  $\delta$ ) не должно превышать 0,17. Превышение этого значения для рек Аманкутан и Тусун объясняется значительной долей подземного питания их за счет родников. Для рек со средней высотой бассейна больше 2,2 км параметр  $\delta$  приближается к значениям, характерным для рек снегово-ледникового типа питания. Однако в бассейнах этих рек ледников нет, а увеличение параметра  $\delta$  объясняется наличием большого количества родников, образующихся в значительной части за счет таяния сезонных снежников. Все это вносит значительное разнообразие в характер внутригодового распределения стока.

Характерной особенностью рек бассейна является прохождение дождевых паводков в январе и декабре. Паводья от таяния снегов и выпадения дождей проходит в марте-мае, на фоне которых могут проходить сели. По этой причине суточные гидрографы стока году имеют многопиковый вид с периодом межени с июня по ноябрь (рис. 3.3).

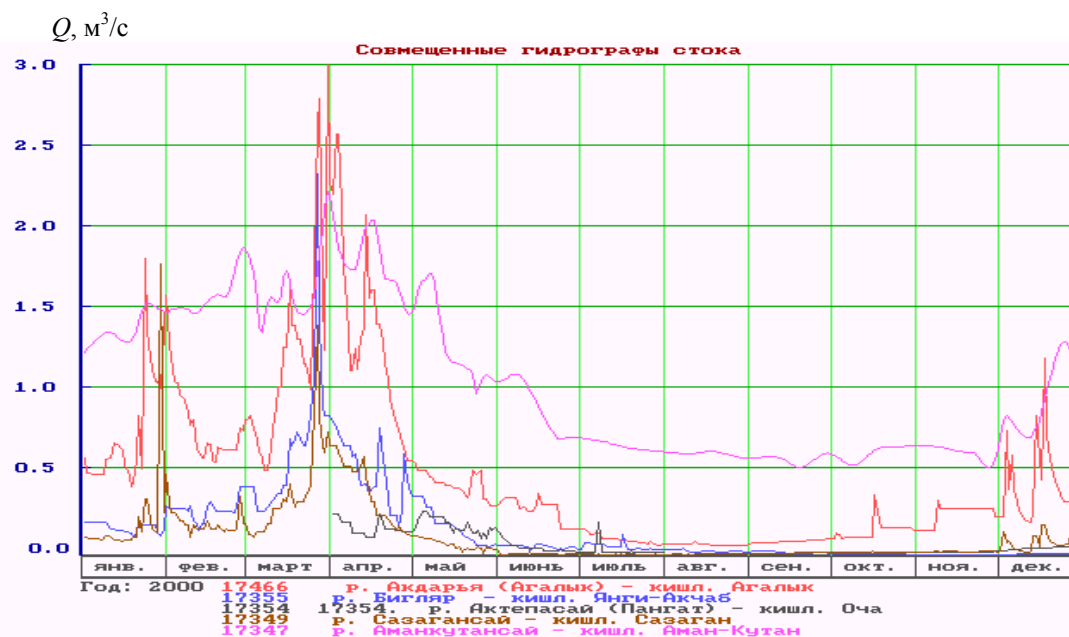


Рис. 3.3. Гидрографы стока ряда рек бассейна р. Зеравшан за 2000 год.

### 3.1.4. Водные ресурсы рек северных склонов Туркестанского хребта и хребта Нуратау

Данная территория ограничена с севера Арнасайскими озерами, на востоке примыкает к Голодной степи.

Реки, стекающие с Туркестанского хребта и хребта Каратау на север, относятся к бассейну Сырдарьи. В пределах Узбекистана это (с востока на запад) реки Зааминсу и Санзар с их притоками и малые реки хребта Нуратау. Все реки северного склона Нуратау обладают малой площадью бассейнов и низкой водностью, по-

сколькx расположены в низкогорье и среднегорье. Всего в бассейнах Зааминсу, Санзара и северных склонов хребта Нуратау насчитывается 938 водотока, из них 846 имеют длину менее 10 км, 34 – более 20 км и лишь две реки длиннее 50 км: Санзар и Зааминсу.

Учет стока воды проводился всего на 10 реках в 17 створах. Принимая во внимание, что эти 10 рек учитывают основной сток, за исключением очень маленьких водотоков, оценку водных ресурсов региона можно считать довольно достоверной.

Для оценки естественного стока рек района могут быть использованы данные 12 пунктов. По результатам анализа их данных на указанной территории выделяются два района: 1) р. Санзар, ее правобережные притоки и реки к востоку от р. Санзар, 2) левобережные притоки р. Санзар и реки северного склона хребта Нуратау. Первый район сравнительно маловодный, второй, к которому относятся реки с водосборными площадями менее 100 км<sup>2</sup>, более многоводный.

Практически на всех постоянных реках района велись стационарные наблюдения за стоком воды, что позволяет довольно достоверно определить собственные водные ресурсы территории в размере 4,49 м<sup>3</sup>/с или 142,4 млн. м<sup>3</sup>/год (табл. 3.10).

Таблица 3.10

Средний многолетний сток в области его формирования рек северных склонов Туркестанского хребта и хребта Нуратау

Река – пост	<i>F</i>	<i>H</i>	<i>W</i>	<i>Q</i>	<i>M</i>	<i>h</i>
Гальдраут – кишл. Гальдраут	61,6	1,863	3,43	0,109	1,77	55,6
Санзар – кишл. Кырк	570	2,024	61,1	1,91	3,55	105
Маджерумсай – кишл. Маджерум	45,7	1,446	8,64	0,274	6,00	189
Сентябсай – кишл. Юкарыкурган	59,8	1,509	9,06	0,288	4,81	151
Всего	1283	-	142,4	4,49	3,50	111

Диапазон изменения коэффициентов вариации для рек района весьма велик, так как его водотоки представлены реками снегово-ледникового типа питания (истоки рек Зааминсу и Санзар), снегового (эти же реки в средней части бассейнов) и снегово-дождевого типа питания (реки северного склона Нуратау), притом большинство рек относятся к малым рекам с площадями водосборов менее 100 км<sup>2</sup>. Коэффициент вариации годового стока изменяется в пределах 0,310-0,633, причем изменчивость стока малых рек превышает изменчивость стока рек с площадями водосборов более 100 км<sup>2</sup>. Как для рек малых, так и средних коэффициенты вариации зависят от средних высот бассейнов (табл. 3.11). В табл. 3.12 приведены средние годовые расходы воды различной обеспеченности.

Таблица 3.11

Характеристики изменчивости стока рек северных склонов Туркестанского хребта и хребта Нуратау

Река – пост	<i>F</i>	<i>H</i>	<i>N</i>	<i>N<sub>в</sub></i>	<i>Q</i>	<i>δ</i>	<i>C<sub>v</sub></i>
Зааминсу – кишл. Еттикичу	317,0	2,363	1958-1965, 1974-1990, 1997-2000	35	1,04	0,414	0,310
Зааминсу – с. Дуаба	546,0	2,247	1947-1953, 1955-2002	51	1,91	0,548	0,321
Урюклы – кишл. Тохтерак	123,0	2,225	1948-1952, 1955-1970	50	0,471	0,455	0,360
Урюклы – ниже устья р. Исмань	149,0	2,181	1971-1991, 1997-2000	52	0,808	0,421	0,390
Гальдраут – кишл. Гальдраут	61,6	1,863	1980-2000	52	0,109	0,600	0,604
Санзар – кордон	38,4	2,598	1984-1998	52	0,182	0,334	0,516
Санзар – кишл. Кырк	570,0	2,024	1948-2000	52	1,91	0,218	0,360
Джумджум – кишл. Джумджум	20,4	2,315	1981-1987, 1991, 1999-2000	10	0,204	0,239	0,494
Бахмазарсай – кишл. Бахмазар	44,6	2,255	1975-2000	24	0,514	0,333	0,364
Маджерумсай – кишл. Маджерум	45,7	1,446	1963-1999	36	0,274	0,115	0,633

Примечание: *N* – количество лет с учетом восстановлений.

Таблица 3.12

Средние годовые расходы воды различной обеспеченности

Река – пункт	Расходы воды обеспеченностью, %							
	средний	5	10	25	50	75	90	95
Зааминсу – кишл. Еттикичу	1,04	1,68	1,49	1,21	1,01	0,478	0,658	0,620
Зааминсу – кишл. Дуаба	1,91	3,44	2,71	2,26	1,33	1,70	1,27	1,120
Урюклы – кишл. Тохтерак	0,471	0,895	0,714	0,567	0,440	0,353	0,279	0,263
Урюклы – ниже устья р. Исмань	0,808	1,60	1,22	0,990	0,720	0,583	0,457	0,430
Гальдраут – кишл. Гальдраут	0,109	0,262	0,194	0,135	0,089	0,058	0,044	0,039
Санзар – кордон	0,182	0,335	0,299	2,50	0,172	0,099	0,074	0,059
Санзар – кишл. Кырк	1,91	2,90	2,73	2,45	1,87	1,29	1,11	0,860
Бахмазар – кишл. Бахмазар	0,514	0,880	0,750	0,605	0,485	0,395	0,285	0,225
Маджерумсай – кишл. Маджерум	0,274	0,830	0,500	0,300	0,235	0,172	0,110	0,072

В бассейнах рек данного района отсутствуют ледники и только в верховьях рек Зааминсу и Санзар имеются снежники, сохраняющиеся до конца теплого сезона. Поэтому эти реки относятся к рекам снегово-ледникового типа питания. Реки Санзар в среднем течении, Бахмазар, Джумджум являются реками снегового питания, а р. Маджерумсай и более мелкие реки низкогорной зоны питаются за счет сезонных снегов и дождей. Так как многие реки района имеют площадь менее 100 км<sup>2</sup>, за счет влияния местных разнообразных факторов зависимость характера внутригодового распределения стока от средних взвешенных высот бассейнов имеет большой разброс точек.

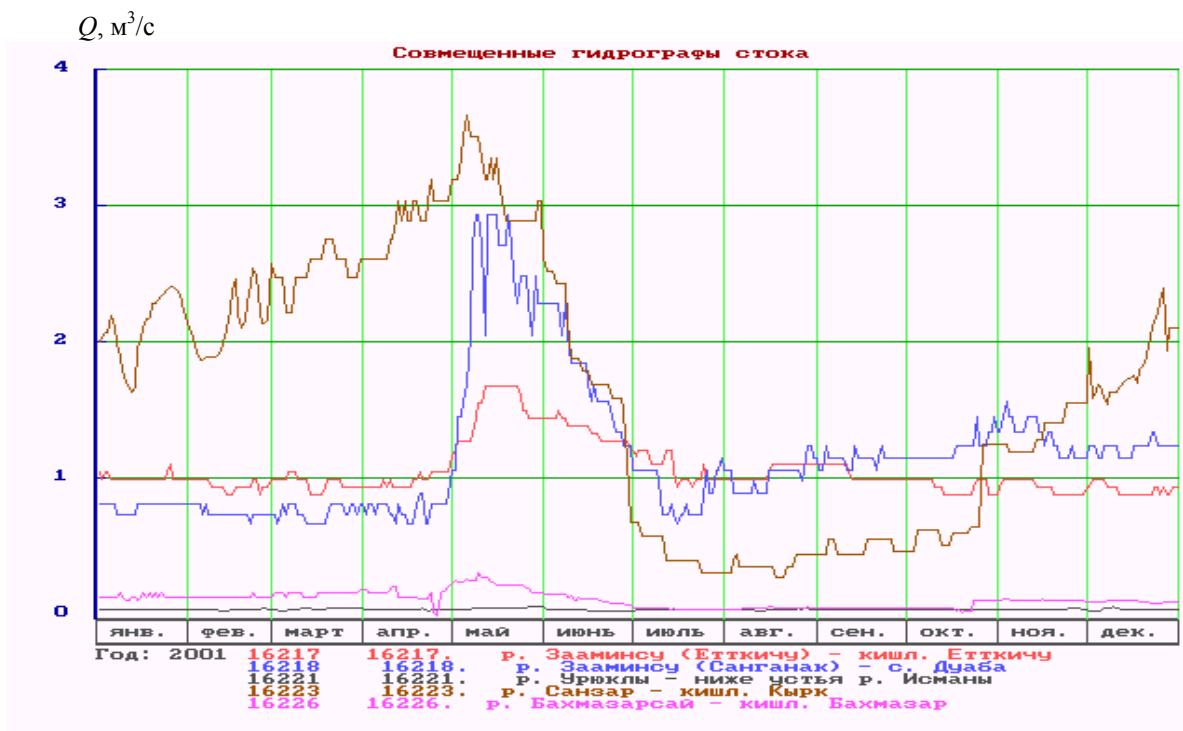


Рис. 3.4. Гидрографы стока рек бассейнов Зааминсу и Санзара за 2001 год.

На реках бассейнов Зааминсу и Санзар половодье обычно начинается в апреле и заканчивается в июле-августе. В низкогорной части этих рек в ноябре-декабре могут проходить дождевые паводки в сочетании с увеличением стока за счет таяния снега. На реках северных склонов Нуратау половодье проходит в марте-июне, в декабре также бывают дождевые паводки (рис. 3.4).

### 3.1.5. Водные ресурсы рек Ферганской долины

В пределах Ферганской долины Узбекистану принадлежит, в основном, центральная часть долины с отметками местности ниже 0,8 км н.у.м., где невозможно формирование рек. Практически все реки южной, восточной, северо-восточной частей долины формируются в Кыргызстане. Лишь в северо-западной части долины на территории Узбекистана на юго-восточном склоне Кураминского хребта образуются значительные реки Алмассай, Чадак, Резаксай, Сарваксай. В бассейнах этих рек на территории Узбекистана насчитывается 243 реки, из них длиной более 10 км всего 7, включая указанные выше. В то же время почти весь сток рек с горных хребтов, окружающих Ферганскую долину, поступает в Узбекистан.

В Кыргызстане на орошение забирается незначительная часть стока. Оценить точно эту величину невозможно из-за отсутствия данных о водозаборе в этой республике. Имеются лишь отрывочные данные за 1970-1975 годы. На основании их можно считать, что из рек северного обрамления долины заметный водозабор на территории Кыргызстана осуществляется в бассейне р. Сумсар и незначительный в бассейне р. Касансай.

Бассейны рек, стекающих с южных склонов Кураминского хребта и находящиеся западнее Сарваксай, полностью расположены на территории Таджикистана.

Учет стока рек Ферганской долины, за исключением рек Чадак, Гавасай, Карадарьи и Сох, также осуществляется в Кыргызстане и на р. Исфара – в Таджикистане. По первым четырем рекам учет ведется в Узбекистане.

Для оценки стока рек Алмассай, Чадак, Резаксай, Сарваксай необходимо привлечь данные учета по рекам Кураминского и Чаткальского хребтов, так как лишь на р. Чадак производятся измерения расходов воды.

Всего на реках севера Ферганской долины работало в различное время 44 гидрологических поста, измерявших сток 22 рек. Для расчетов водных ресурсов рек северного обрамления Ферганской долины можно использовать данные 23 постов. На основании этих наблюдений на южных склонах Кураминского и Чаткальского

хребтов выделяется четыре гидрологических района по характеру зависимости модуля стока от средней взвешенной высоты бассейна.

Первый район охватывает реки южного склона Кураминского хребта примерно от меридиана г. Худжанда на западе до западной границы бассейна р. Аштсай. Реки этого района полностью находятся в Таджикистане.

Второй район включает бассейны рек от Аштсай на западе до Чадака включительно – на востоке. В третий район входят бассейны рек Гавасая, Коксарексай, Сумсар и Кассансай (за исключением его притока р. Алабука), и в четвертый – реки Алабука, Чанач, Падшаата и Чартаксай. Районные зависимости довольно тесные. Погрешность определения по ним средних многолетних расходов не превышает 20%.

Все водные ресурсы рек Узбекистана на северном склоне Ферганской долины образуются реками Алмассай, Чадак и его притоками, не доходящими в настоящее время до основной реки: Резаксаем, Сарваксаем и Кудуксаем. Их средние многолетние рассчитанные величины приведены в табл. 3.13.

Величины стока, поступающего в Узбекистан с территории Кыргызстана, приведены в табл. 3.14. Всего в республику на севере Ферганской долины поступает в 4,5 раза больше водных ресурсов, чем образуется на ее территории.

Коэффициент вариации годового стока рек севера Ферганской долины изменяется в широких пределах от 0,180 для р. Чартаксай до 0,687 для р. Карахана у поста Мулламирский. Зависимость коэффициента вариации от средней взвешенной высоты выражена, но имеет большой разброс точек. Величина отклонений точек от кривой возрастает при движении с востока на запад, что объясняется как уменьшением площади водосборов рек при движении в этом направлении, так и уменьшением их водности (табл. 3.15). В табл. 3.16 приведены средние годовые расходы воды различной обеспеченности.

Таблица 3.13

Собственные водные ресурсы Узбекистана на севере Ферганской долины

Река – пост	$F$	$H$	$W$	$Q$	$M$	$h$
1. Изученная зона						
р. Алмассай – кишл. Алмас	-	-	38,1	1,21	-	-
р. Чадак – устье р. Джулайбулаксай	350,0	2,370	119	3,77	10,8	340
Всего		-	157,1	4,98		
2. Неизученная зона						
р. Резаксай	75,46	1,947	16,6	0,528	7,00	220
р. Сарваксай	100,2	1,854	19,2	0,611	6,10	190
Всего	175,7	-	34,8	1,139	6,47	198
Итого			201,9	6,12		

Таблица 3.14

Сток воды, поступающий в Республику Узбекистан по рекам севера Ферганской долины

Река – пункт	$W$	$Q$
р. Чартаксай – с. Пишкаран	56,3	1,79
р. Падшаата – 2,6 км выше устья р. Тосту	177	5,61
р. Чанач – пост Чаначский	54,5	1,73
р. Кассансай – кишл. Баймак	346	11,0
р. Сумсар – пост Сумсарский	27,5	0,873
р. Коксарек – пост Коксарекский	23,9	0,757
р. Гавасай – кишл. Гава	187	5,93
Всего	872,2	27,7

Таблица 3.15

Характеристики изменчивости стока рек севера Ферганской долины

Река – пост	$F$	$H$	$T$	$N$	$Q$	$\delta$	$C_v$
Чартаксай – с. Пишкаран	493	1,230	1931-1935, 1940-1944, 1947-1959, 1961-1962	22	1,79	0,688	0,187
Падшаата – 2,6 км ниже устья р. Тосту	366	2,830	1934-2002	63	5,61	0,630	0,223
Чаначсай – с. Чанач	133	2,630	1939, 1941, 1944, 1949-1950, 1952, 1955-1956, 1959-1967, 1969-1983, 1984-1988	31	1,73	0,383	0,218
Кассансай – кишл. Кзылтокай	1130	2,560	1967-1993	26	7,06	0,358	0,385
Кассансай – устье р. Урюкты	1240	2,480	1926, 1928-1929, 1931-1967	40	8,02	0,413	0,307
Кассансай – кишл. Баймак	1780	2,330	1925-1960, 1962	32	13,0	0,742	0,276
Урюктысай – Урюкты	86,5	2,180	1941, 1947-1948, 1950-1951, 1960, 1962-1968, 1970-1980	23	0,572	0,067	0,258

Река – пост	$F$	$H$	$T$	$N$	$Q$	$\delta$	$C_v$
Алабукасай – Алабука	208	2,630	1938, 1941, 1944-1952, 1955, 1957-1983, 12986-1988	38	2,51	0,520	0,191
Сумсар – пост Сумсарский	90,0	2,600	1941, 1945-1950, 1959-1983, 1985-1988	33	0,873	0,523	0,292
Коксарек – пост Коксарекский	96,2	2,510	1941, 1959-1983, 1986-1988	29	0,757	0,654	0,245
Гавасай – устье р. Терс	361	2,740	1932-1976, 1979-1996	52	5,03	0,231	0,301
Гавасай – кишл. Гава	657	2,460	1925-2002	73	5,93	0,251	0,372
Алмассай – кишл. Алмас	-	-	1933-1935, 1938-1943, 1945-1962	23	1,21	0,678	0,247
Чадак – устье р. Джулайбулаксай	350	2,370	1938-2002	61	3,77	0,184	0,461
Акташсай – выше устья р. Куруксай	217	1,790	1956-1970, 1976-1980	18	1,23	0,229	0,613
Аштсай – кишл. Ашт	81,9	1,960	1956-1980	24	0,595	0,570	0,565
Гудас – Гудасский	42,5	1,910	1956-1968, 1970-1980	22	0,133	0,600	0,510
Ашабасай – Ашабасайский	86,0	1,930	1956-1980	23	0,296	0,600	0,647
Шайдан – Пангазсайский	108	2,350	1956-1980	23	0,930	0,463	0,641
Карахана – Мулламирсайский	94,5	2,300	1956-1980	24	0,789	0,371	0,689

Таблица 3.16

Средние годовые расходы воды различной обеспеченности рек севера Ферганской долины

Река – пункт	Расходы воды обеспеченностью, %							
	средний	5	10	25	50	75	90	95
Чартаксай – с. Пишкаран	1,79	2,32	2,27	1,95	2,24	1,55	1,52	0,93
Падшаата – устье р. Тосту	5,61	7,89	7,61	6,50	5,50	4,70	4,254	3,74
Чаначсай – Чанач	1,73	2,38	2,33	1,93	1,67	1,38	1,26	1,22
Кассансай – кишл. Баймак	11,0	16,4	15,7	13,3	10,7	8,26	7,03	6,47
Сумсар – Сумсарский	0,873	1,41	1,19	0,980	0,830	0,680	0,575	0,550
Коксарек – Коксарексайский	0,757	1,08	1,02	0,900	0,750	0,640	0,500	0,490
Гавасай – кишл. Гава	5,93	98,77	8,44	7,17	5,75	4,36	3,36	3,02
Алмассай – кишл. Алмас	1,21	1,90	1,65	1,44	1,20	1,04	0,745	0,630
Чадак – устье р. Джулайбулаксай	3,77	6,75	5,83	4,66	3,56	2,63	1,84	1,71

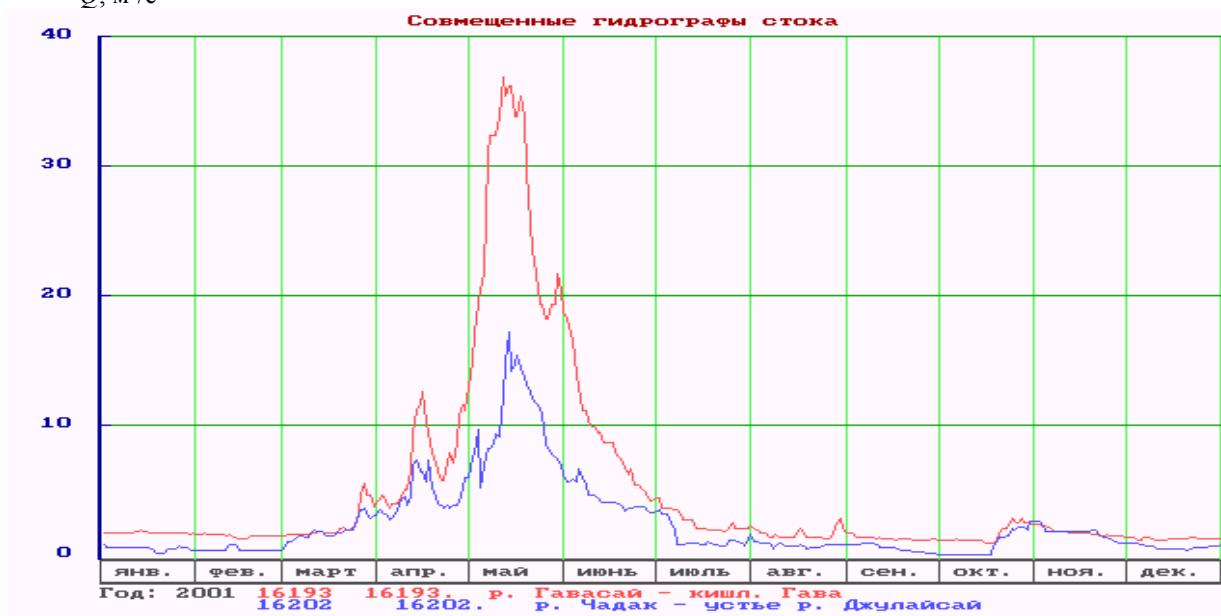
 $Q, \text{ м}^3/\text{с}$ 

Рис. 3.5. Гидрографы стока рек севера Ферганской долины за 2001 год.

По внутригодовому распределению стока реки севера Ферганской долины должны относиться к рекам снегового типа питания и лишь в восточной части Чаткальского хребта к рекам снегово-ледникового типа питания за счет наличия сезонных снежников. Однако в питании всех рек значительную роль играют родники. В силу этого характер внутригодового распределения стока имеет большое разнообразие и зависимость пара-



метра  $\delta$  от высоты бассейна отсутствует. На реках узбекской части долины весеннее половодье начинается в марте и заканчивается в июле, имея многопиковый вид. Летняя межень продолжается с начала или середины июля до середины или конца октября. Затем происходит повышение расходов до середины-конца ноября за счет осенних осадков (рис. 3.5).

В восточной и южной частях Ферганской долины на территории Узбекистана не образуется рек, а весь сток в нее поступает с территории Кыргызстана и отчасти Таджикистана. Это, прежде всего, крупные реки Нарын и Карадарья и ряд других более мелких, как реки Майлису, Исфайрамсай, Шахимардан, Сох, Исфара и другие. Сведения о пунктах наблюдений за стоком рек, по которым учитывается поступление воды в республику, приведены в табл. 3.17. Учет стока по рекам Карадарья и Сох проводится в Узбекистане, по остальным рекам – за пределами республики.

Таблица 3.17

Средние годовые величины стока воды за многолетний период, поступающие в Республику Узбекистан с рек восточного и южного обрамления Ферганской долины

Река – пост	L	F	H	T	N	Сток воды		C <sub>v</sub>
						W	Q	
1. р. Нарын – г. Учкурган	40,0	58400	-	1910-1918, 1925-2002	86	11814	375	0,225
2. р. Майлису – Маданиятский	-	692	-	1925-1935, 1944-1955, 1957-1962 1996-1998	28	273	8,68	0,332
3. р. Шайдансай – кишл. Шайдан	2,7	126	2,070	1936-1998	62	65,3	2,07	0,471
4. Тентяксай – кишл. Чабрак	80,0	1300	2,190	1925-1936, 1938-1996, 1998-2000	69	909	28,8	0,327
5. р. Чангет – кишл. Чангет	21,0	3891	1,640	1930-2000	68	75,6	2,40	0,504
6. р. Кугарт – с. Михайловское	50,0	1010	2,110	1925-2000	64	583	18,5	0,403
7. р. Карадарья – кишл. Карабагиш	135	12400	-	1969-2002	33	1006	31,9	0,945
7. Отводящий канал Андижанского вдхр. – с. Тополино	-	-	-	1976-2002	27	2556	81,1	0,121
8. р. Акбура – г. Ош	23,0	2540	-	1951-1958, 1960-1962	8	332	10,5	0,346
9. р. Аравансай – устье р. Каракол	43,0	1680	-	1925-1999	71	293	9,29	0,252
10. р. Исфайрамсай – кишл. Пальман	28,0	-	-	1930-1939, 1945-1962	23	615	19,5	0,174
11. р. Шахимардан – кишл. Паульган	49,0	1300	2,620	1910-1911, 1913-1916, 1925-1975	53	308	9,77	0,110
12. р. Коксу – устье	0,90	174	3,030	1947-2002	54	76,6	2,43	0,137
13. р. Сох – кишл. Сарыканда	44,0	2480	3,480	1911, 1913-1915, 1926-2002	76	1368	43,4	0,133
14. р. Исфара – кишл. Рават	1,3	3240	-	1910, 1914-1917, 1927-1929, 1931, 1935, 1937-1961, 1963-1976, 1978, 1980	38	351	11,1	0,255
Всего	-	-	-	-	-	20626	654	-

По восточной и южной периферии Ферганской долины в Узбекистан поступает 654 м<sup>3</sup>/с или 20,626 км<sup>3</sup>/год водных ресурсов. Всего же в пределах Ферганской долины в Узбекистане формируется сток в размере 6,14 м<sup>3</sup>/с или 194,4 млн.<sup>3</sup>/год, а поступает с сопредельной территории 681,7 м<sup>3</sup>/с или 21,498 км<sup>3</sup>/год. Из общего поступающего стока 57% приходится на р. Нарын, 17 – на р. Карадарья и всего 26% на остальные реки (табл. 3.18).

Характер распределения стока внутри года на реках восточной и южной частей долины очень разнообразен. Начиная с 1993 года, Токтогульская ГЭС работает в энергетическом режиме, поэтому в вегетационный период по р. Нарын ниже нее проходят минимальные расходы, а зимой с ноября по апрель – максимальные. Если учесть, что сток р. Нарын составляет 57% всего поступающего стока в Ферганскую часть Узбекистана, то для орошаемого земледелия складывается тяжелая обстановка из-за недостатка оросительной воды летом в вегетационный период.

Таблица 3.18

Средние годовые расходы воды различной обеспеченности рек восточного и южного обрамлений Ферганской долины

Река – пункт	Расходы воды обеспеченностью, %							
	средний	5	10	25	50	75	90	95
Нарын – г. Учкурган	375	523	482	429	371	321	270	211
Майлису – кишл. Маданият	8,68	14,0	12,9	10,7	8,16	6,66	5,60	5,00
Шайдансай – кишл. Шайдан	2,07	4,48	3,52	2,28	1,84	1,46	1,21	0,980
Тентяксай – кишл. Чарвак	28,8	47,2	39,7	33,4	29,2	21,0	17,0	16,5
Чангет – кишл. Чангет	2,40	4,63	4,12	3,35	2,18	1,48	0,970	0,890
Кугарт – с. Михайловское	18,5	33,0	28,3	23,7	17,8	12,7	9,67	9,14
Карадарья – кишл. Карабагиш	31,9	92,7	81,5	47,6	22,0	9,06	7,50	3,03
Отводящий канал – пос. Тополино	81,1	99,0	92,5	87,0	81,4	74,0	65,8	64,5
Акбура – г. Ош	10,5	18,0	14,0	13,0	12,4	7,58	4,55	4,00
Аравансай – устье р. Каракол	9,29	13,4	13,3	10,4	9,21	7,81	6,26	5,32
Исфайрам – кишл. Пальман	19,5	25,5	24,6	22,1	19,0	17,1	15,5	14,2
Шахимардан – кишл. Паульган	9,77	11,7	11,1	10,5	9,71	8,93	8,48	8,02
Коксу – устье	2,43	2,98	2,88	2,66	2,37	2,20	2,01	1,90
Сох – кишл. Сарыканда	43,4	53,4	50,6	47,2	43,5	39,5	37,1	33,4
Исфара – кишл. Рават	11,1	15,5	14,3	13,3	11,5	9,21	6,32	6,01

Основная часть стока из Андижанского водохранилища проходит через Отводящий канал и поступает в другие каналы для орошения. Поэтому в меженный период с середины сентября до середины апреля сток по каналу минимальный и может отсутствовать вовсе. С середины апреля до середины сентября он наибольший и примерно одинаков за весь вегетационный период (рис. 3.6 и 3.7).

Сток по самой р. Карадарья непосредственно ниже водохранилища может в маловодные годы полностью отсутствовать и лишь в многоводные в мае-сентябре из водохранилища осуществляется сброс воды в реку. К устью р. Карадарья за счет сбросов с полей орошения, притока подземных вод и стока правобережных притоков река вновь становится полноводной весь год (рис. 3.6).

$Q, \text{ м}^3/\text{с}$

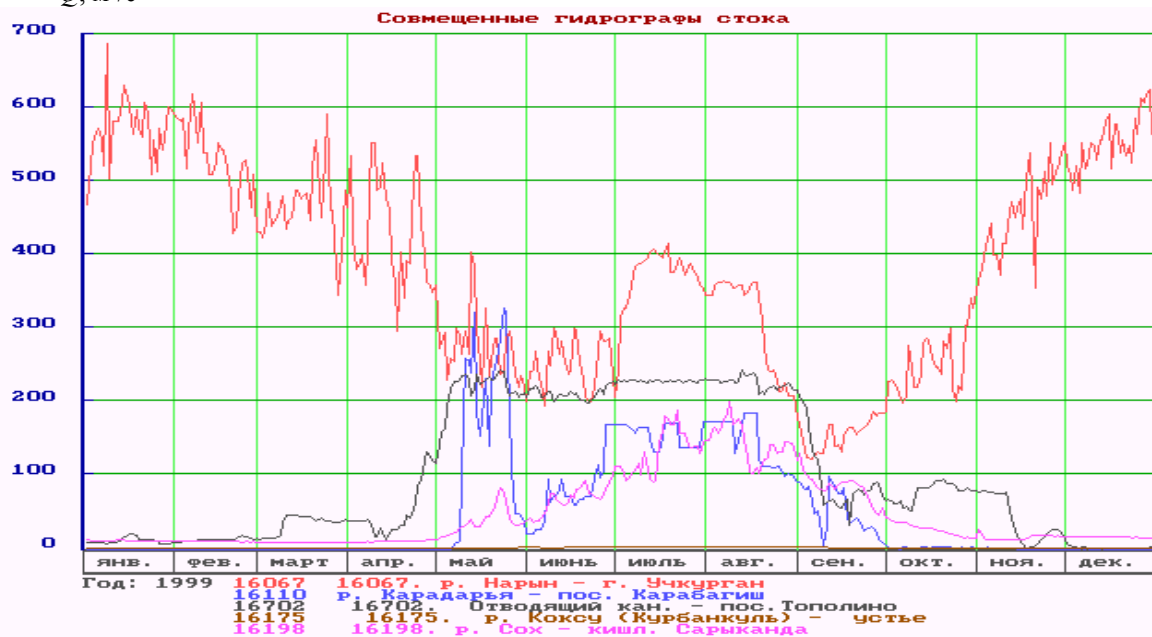


Рис. 3.6. Совмещенные графики ежедневных расходов воды по рекам восточной и южной частей Ферганской долины.

Однако влияние работы Токтогульской ГЭС в энергетическом режиме настолько велико, что после слияния рек Карадарья и Нарына характер гидрографа стока Сырдарьи остается подобным гидрографу стока р. Нарын в Учкургане (рис. 3.7).

На реках с естественным режимом стока с середины апреля-начала мая начинается рост расходов за счет таяния снега в среднегорной части бассейнов и продолжается до конца июля, середины августа. К этому моменту снег в высокогорной области стаивает и реки питаются за счет таяния ледников и снежников. С середины августа и до конца года происходит спад расходов воды (рис. 3.6).

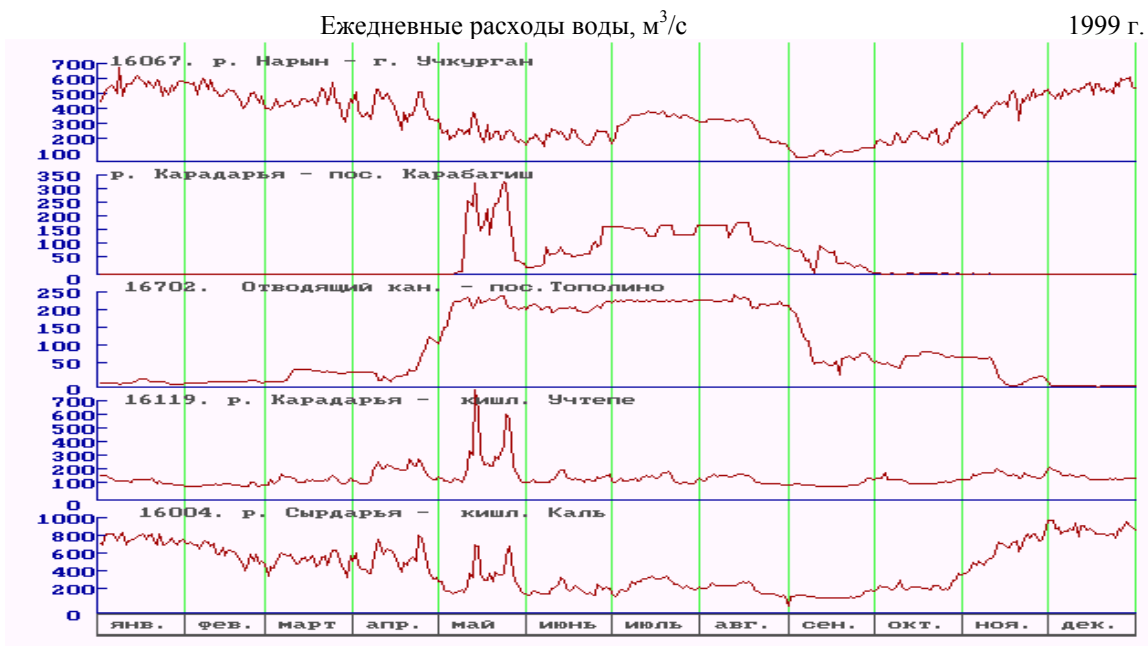


Рис. 3.7. Гидрографы стока рек Нарына, Карадарьи и Сырдарьи за 1999 год.

### 3.1.6. Водные ресурсы бассейна р. Ахангаран

Истоками р. Ахангаран являются небольшие речки, стекающие со склонов Чаткальского и Кураминского хребтов. Река Ахангаран принимает большое количество притоков, из которых крупнейшими являются реки Арасай, Ташсай, Иерташ, Дукантсай, Карабаусай, Акчасай, Шавазсай, Низбашсай и Гушсай. Все притоки р. Ахангаран ниже г. Ангрэн (последние шесть из перечисленных выше), за исключением Дукантсая и Карабаусая, разбираются на орошение и теряют воду на своих конусах выноса. В течение продолжительного периода времени они пересыхают и до р. Ахангаран не доходят, питают однако многочисленные карасу. Расходы рек Дукантсай и Карабаусай во второй половине лета исчисляются литрами.

Общая водосборная площадь р. Ахангаран – 7710 км<sup>2</sup>, из них около 50% приходится на горную область. Весь бассейн расположен в пределах Республики Узбекистан. В бассейне имеется 1730 рек, из них длиной менее 10 км – 1671, длиной более 25 км – 10.

В бассейне р. Ахангаран в различное время функционировало 38 пунктов наблюдений за стоком воды. Площади бассейнов колеблются в пределах от 3,3 км<sup>2</sup> до 5220 км<sup>2</sup>. 18 створов из общего числа относятся к водосбору с площадью менее 100 км<sup>2</sup>. Таким образом, на один пост в среднем приходится 203 км<sup>2</sup> площади бассейна.

Суммарная продолжительность наблюдений в бассейне за стоком воды достигает 672 года, из них полных 602, что составляет 90,2% от общей продолжительности наблюдений. На равнинной территории сток полностью зарегулирован Ахангаранским и Тьюябугузским водохранилищами. Характеристика стока рек бассейна р. Ахангаран приводится по работе [1]. На основании анализа нормы годового стока, вычисленной по данным многолетних наблюдений по 21 посту, выявляются зависимости  $M_o = f(H_{cp})$  для трех районов..

В высокогорной области формирования стока выделяются два района – правобережный и левобережный. Первый характеризуется высотами в пределах 1000-4000 м с преобладанием небольших саев. Этот район находится зимой под ослабленным влиянием сибирского антициклона и под воздействием циклонов с юго-запада. Это обуславливает достаточную увлажненность горных склонов осадками, достигающими в более высокогорной части 1500 мм и выше, причем выпадают они преимущественно в холодный период года. Этим определяется питание рек (саев) преимущественно тальми водами сезонных снегов, широко развитых в высокогорной области бассейна.

Второй район – верховье реки и левобережье р. Ахангаран, граница которого приблизительно проходит через створ ниже Ахангаранской плотины. По своим климатическим и другим природным условиям близок к вышеописанному району

Наибольшую территорию занимает третий район, выделяемый в юго-западной части бассейна. К нему приурочена практически вся среднегорная область. По сравнению с высокогорной частью бассейна в этом районе в большинстве случаев происходит перераспределение осадков между сезонами. Наибольшие месячные суммы осадков отмечаются в марте-апреле, иногда в мае, минимум приходится преимущественно на август-сентябрь.

Пределы значений  $H_{cp}$  по бассейну, для которых применимы зависимости модулей стока от высоты бассейна, 0,8-3,0 км.

С помощью указанных зависимостей рассчитан сток с неизученной в гидрологическом отношении территории бассейна.

Общий многолетний сток в области формирования стока равен 1217,5 млн. м<sup>3</sup> в год, из которых 1110,3 млн. м<sup>3</sup> приходится на изученную зону бассейна. Сток с неизученной в гидрологическом отношении площади области формирования оценен в 107,2 млн. м<sup>3</sup> и составляет – 8,80 % общего стока.

Бассейны рек этой зоны отличаются сравнительно низкой удельной водоносностью и средний многолетний модуль стока неизученной зоны определен в 4,79 л/с·км<sup>2</sup>.

Приведенные в табл. 3.19 данные о поверхностном стоке представляют собою среднюю многолетнюю величину постоянно возобновляемых ресурсов поверхностных водных ресурсов.

Таблица 3.19

Средний многолетний годовой сток в области формирования и транзита стока рек бассейна р. Ахангаран

Река – пост	F, км <sup>2</sup>	H, км	Сток воды		M, л/с·км <sup>2</sup>	h, см
			W, млн. м <sup>3</sup>	Q, м <sup>3</sup> /с		
Изученная зона						
Ахангаран – ниже Ахангаранской плотины	1397	2,31	713	22,5	16,0	510
Нишбаш – кишл. Нишбаш	141	2,05	80,1	2,54	18,0	568
Дукантсай – пос. Дукант	201	2,21	113	3,58	17,8	562
Карабау – кишл. Самарчук	161	2,03	95,0	3,01	18,1	590
Абджазсай – кишл. Абджаз	70,5	1,59	14,2	0,45	6,38	201
Акча – кишл. Акча	125	1,56	23,7	0,75	6,00	190
Шаугаз – уроч. Карагаш	65,8	1,66	12,9	0,41	6,23	196
Шавазсай – кишл. Джувасхана	161	1,62	34,1	1,08	6,71	212
Алмалыксай – кишл. Карамазар	56,5	1,45	24,3	0,77	13,6	430
Итого	2378,8	-	1110,3	35,09	14,75	467
Неизученная зона						
Гошсай – устье	38,0	1,55	6,24	0,198	5,20	164
Гушсай – устье	121	1,88	58,0	1,84	15,2	479
Сегенек – устье	45,0	1,44	4,83	0,153	3,40	107
Кандыр – устье	87,2	1,52	12,1	0,384	4,40	139
Ургаз – устье	64,0	1,51	8,48	0,269	4,20	133
Безымянный I – устье	32,0	1,40	3,22	0,102	3,20	101
Безымянный II – устье	70,0	1,36	6,18	0,196	2,80	88,3
Каракыясай – устье	140	1,21	7,47	0,237	1,70	53,4
Карабашсай – устье	113	0,864	0,73	0,023	0,20	6,4
Итого	710,2	-	107,2	3,40	4,79	151
Всего по бассейну	3089,0	-	1217,5	38,5	12,5	394

Установлено, что колебания годового стока по характеру хронологической последовательности его отклонений от нормы и по величине этих отклонений зависят от типа питания рек, определяемого относительным участием в стоке половодья талых вод, приближенно характеризуемым показателем внутригодового распределения стока  $\delta$ . Диапазон изменений параметра  $\delta$  (табл. 3.20) находится в пределах 0,005-0,460. Чем больше показатель  $\delta$ , тем меньше колебания стока в многолетнем разрезе. Величина их характеризуется коэффициентом вариации годовых расходов воды  $C_v$ .

Таблица 3.20

Характеристики изменчивости стока рек бассейна Ахангарана

Река – пост	F	H	T	N	Q	$\delta$	$C_v$
Ахангаран – устье р. Якаарча	638	2,760	1949-1968	18	14,0	0,140	0,284
Ахангаран – устье р. Иерташ	1110	2,500	1971-2002	29	20,2	0,140	0,317
Ахангаран – с.Турк и в 3 км выше плотины	1290	2,370	1927-1974	42	23,9	0,170	0,339
Ахангаран – ниже Ахангаранской плотины	1490	2,310	1951-2002	54	23,6	0,410	0,371
Кызылча – кишл. Ирташ	51,6	2,340	1951-1999	49	1,00	0,460	0,377
Головная – устье	10,3	2,370	1959-1970	12	0,235	0,320	0,359
Давансай – устье	10,6	2,930	1959-1970	11	0,309	0,450	0,387
Безымянная – устье	3,3	2,410	1959-1970	11	0,070	0,200	0,452
Четыксай – устье	8,7	1,880	1959-1969	10	0,095	0,070	0,714
Джиблан – кишл. Жиблан	19,0	-	1981-1999	19	0,475	-	0,404
Нишбаш – кишл. Нишбаш	141	2,050	1951-1996	45	2,58	0,140	0,460
Дукантсай – п. Дукант	201	2,210	1971-1999	29	4,14	0,140	0,379
Карабау – с. Самарчук	166	2,030	1948-1999	50	3,06	0,140	0,362
Абджазсай – кишл. Абджаз	70,5	2,030	1979-1999	21	0,621	0,140	0,412
Шаугаз – уроч. Караташ	65,8	1,660	1951-1999	46	0,441	0,190	0,457
Шавазсай – кишл. Джувасхана	161	1,620	1954-1965	10	1,72	0,130	0,433

Для рек с площадью бассейна более 50 км<sup>2</sup> имеется четкая зависимость коэффициентов вариации годового стока от средних взвешенных высот бассейнов, которая может быть выражена уравнением

$$C_v = 1,19 / H_{cp}^{1,425} \quad (3.1)$$

Средние годовые расходы воды различной обеспеченности даны в табл. 3.21.

Таблица 3.21

Средние годовые расходы воды различной обеспеченности для рек бассейна Ахангаран

Река – пункт	Расходы воды обеспеченностью, %							
	средний	5	10	25	50	75	90	95
Ахангаран – устье р. Якаарча	14,0	19,0	18,7	17,9	14,9	10,6	8,57	6,64
Ахангаран – устье р. Иерташ	20,2	31,1	29,0	24,8	20,0	16,0	11,9	10,7
Аханагаран – 3 км выше плотины	23,9	36,0	33,8	27,7	23,2	18,0	15,0	13,2
Кызылча – кишл. Ирташ	1,00	1,75	1,61	1,22	0,930	0,720	0,590	0,530
Джиблан – кишл. Жиблан	0,475	0,840	0,800	0,570	0,480	0,360	0,230	0,150
Нишбаш – кишл. Нишбаш	0,460	4,45	3,56	3,13	2,48	1,63	1,44	1,19
Дукантсай – пос. Дукант	4,14	7,17	6,65	5,10	3,81	2,82	2,43	2,20
Карабау – с. Самарчук	3,06	4,36	4,34	3,56	3,08	2,20	1,82	1,58
Абджазсай – кишл. Абджаз	0,621	1,06	1,00	0,860	0,590	0,450	0,300	0,215
Шаугаз – уроч. Караташ	0,441	0,850	0,700	0,610	0,410	0,280	0,190	0,145

Зависимость характера внутригодового распределения стока от средней высоты водосбора в бассейне р. Ахангаран практически отсутствует. Для самой р. Ахангаран при изменении площади водосбора в два раза средняя высота водосбора практически не изменилась. Многочисленные ее притоки имеют малые водосборные площади, на которых влияние местных факторов очень велико. Сами бассейны имеют различную ориентацию к странам света, что приводит к неодновременному и различному по интенсивности таянию снега на них.

Внутригодовое распределение стока р. Ахангаран претерпевает существенное изменение по ее длине от верховьев к устью. В зоне формирования стока после зимней межени в марте обычно начинается половодье, которое заканчивается в июне-июле, после стаивания сезонного снега и снежников. В октябре-ноябре могут проходить дождевые пики. На выходе из гор на р. Ахангаран построено Ахангаранское водохранилище, существенно перераспределяющее сток реки внутри года (рис. 3.8). Сток начала половодья аккумулируется в водохранилище, а в мае-августе осуществляется равномерный сброс воды для орошения. За счет заборов воды на поливы сток реки резко сокращается.

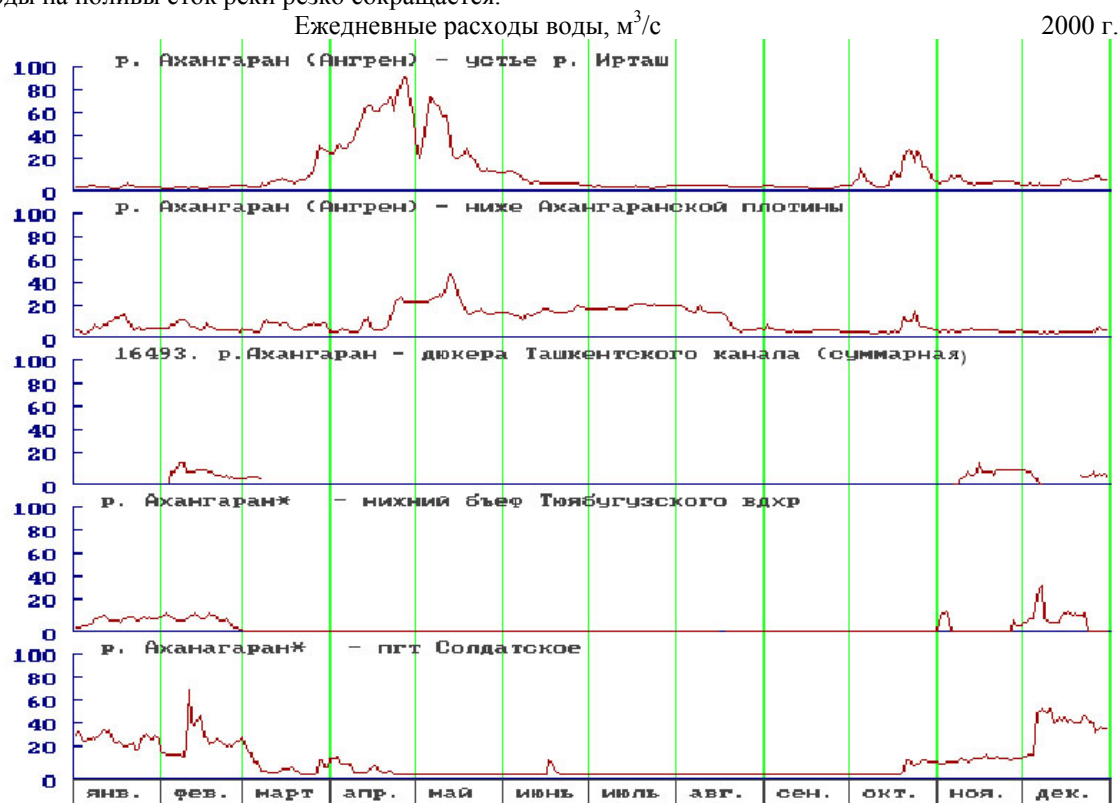


Рис. 3.8. Типичный внутригодовой ход расходов воды в р. Ахангаран.

Ниже водохранилища р. Ахангаран протекает в галечных грунтах и остатки стока уходят в подрусловый поток. По этой причине непосредственно перед Ташкентским водохранилищем в районе дюкеров Ташкентского канала поверхностного стока в реке может не быть практически весь вегетационный период. Наполнение Ташкентского водохранилища осуществляется за счет подземного стока. В нижнем бьефе этого водохранилища сток большую часть вегетационного периода также отсутствует, поскольку вода забирается Правобережным

и Левобережным каналами на орошение сельскохозяйственных полей. В устье реки (пос. Солдатское) сток наблюдается весь год за счет подземного притока с полей орошения и сброса коллекторной воды.

$Q, \text{ м}^3/\text{с}$

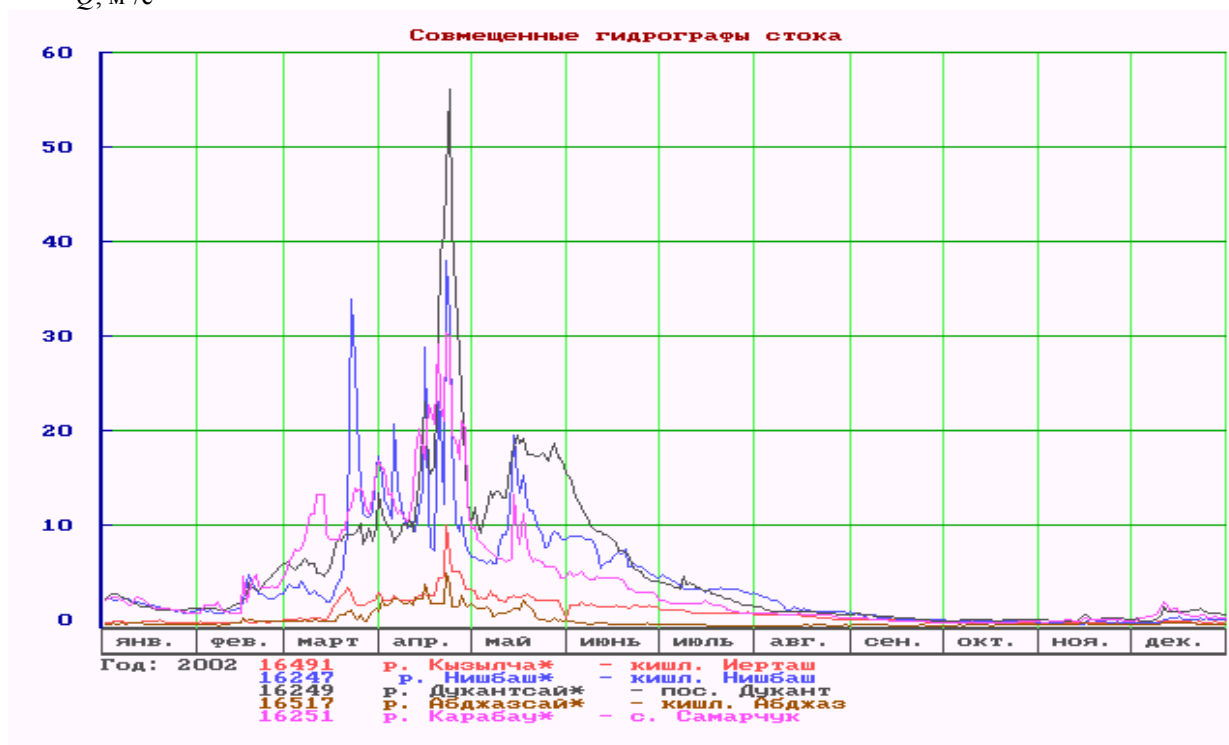


Рис. 3.9. Гидрографы стока малых рек бассейна р. Ахангаран за 2002 год.

Внутригодовое распределение стока притоков р. Ахангаран примерно одинаково. На реках, расположенных западнее меридиана Ахангаранской плотины (низкогорная зона бассейна) половодье обычно начинается в феврале, достигает своего пика в апреле, далее начинается спад половодья, который может продолжаться до августа. На притоках высокогорной области половодье обычно начинается в марте. В дальнейшем ход расходов такой же, как и на реках низкогорной области (рис. 3.9).

### 3.1.7. Водные ресурсы бассейна р. Чирчик

Бассейн р. Чирчик располагается к северо-востоку от г. Ташкента и простирается с северо-востока на юго-запад. Река Чирчик образовывалась слиянием рек Чаткал и Пскем. В настоящее время в этом месте создано Чарвакское водохранилище, в которое впадают бывшие ее составляющие и ряд бывших мелких притоков: Чаткал, Коксу, Пскем, Янгикурган и Чимгансай.

Из-за сравнительно высокого положения снеговой границы (3300-4000 м) оледенение в бассейне имеет небольшое распространение, в бассейне р. Пскем имеется 251 ледник с общей площадью 121,2 км<sup>2</sup>. В бассейне широко распространены преимущественно сезонные снежники.

Основной рекой бассейна является Чирчик, получающей свое название ниже Чарвакского водохранилища. На всем протяжении до впадения в Сырдарью река принимает только два сравнительно крупных притока: справа р. Угам и слева р. Аксакатасай. Остальные притоки либо не доходят до р. Чирчик, либо впадают в нее только в половодье, или при прохождении значительных паводков. Наиболее крупные из них с правого берега реки Акташ, Шурабсай, Таваксай и Азатбаш и с левой стороны реки Каранкульсай, Гальвасай, Галибасай, Паркентсай и Башкызылсай.

В равнинной части р. Чирчик интенсивно разбирается на орошение сетью каналов. Гидрологическая характеристика бассейна приводится по работе [3].

Всего в бассейне Чирчика на территории Узбекистана насчитывается 2015 рек, из них длиной более 10 км всего 166, не считая густой сети оросительных и дренажных каналов. В различное время наблюдения за стоком воды проводились на 25 реках в 55 пунктах.

Некоторые посты имеют довольно длительные ряды наблюдений, достигающие 60 и более лет. Однако на многих из них имеются перерывы в наблюдениях, а ряд районов до настоящего времени не освящен наблюдениями, хотя на основных реках бассейна имелись или имеются гидрологические посты.

Общая продолжительность наблюдений на всех 55 постах составила 1475 лет, из них полных календарных лет – 1267 или 86% от общего количества лет.



Как и во многих бассейнах рек Средней Азии в бассейне р. Чирчик выделяется две различные гидрологические области – область формирования и область рассеивания стока. Границу между ними возможно условно провести по горизонтали 600 м над уровнем моря.

На основе анализа средних многолетних величин годового стока 28 постов, которые расположены в зоне его формирования, в бассейне выделяется 6 гидрологических районов, различных по виду зависимости модуля стока от средней взвешенной высоты бассейна.

Первый район охватывает бассейны правого берега р. Чирчик от Акташсая на восток и правобережные притоки р. Пскем до р. Майдантал, включительно. Этот район отличается наибольшей многоводностью, причем в нем малые притоки р. Пскем от Наувалысая до устья р. Майдантал с площадями водосборов менее 100 км<sup>2</sup> образуют еще более многоводный подрайон, хотя он и обоснован данными всего по двум бассейнам.

При вторжениях в бассейн р. Чирчик происходит заток влажных масс в эти бассейны, поэтому они при относительно небольших высотах водосборов отличаются повышенной водностью, в то время как левобережные притоки р. Пскем имеют относительно невысокую водность при довольно значительных высотах водосборов. Эти реки и сам бассейн р. Пскем выше устья р. Ойгаинг выделены во второй район.

Еще меньшей водностью обладают реки, стекающие с юго-восточных склонов Пскемского хребта, северных склонов Чаткальского ниже устья р. Терс. Они выделены в третий район. Это р. Чаткал ниже устья р. Терс, его правобережные притоки ниже устья р. Санадалаш, Сандаалаш и бассейн р. Акбулак.

Очень маловодным является четвертый район, закрытый юго-восточными склонами Санадалашского хребта и северными Чаткальского. Это бассейны рек Чаткала до устья рек Сандаалаш и Терса на территории Кыргызстана.

Пятый район, включающий реки Коксу (впадает в Чарвакское водохранилище) и левобережные малые притоки в водохранилище, по водности практически равен первому району, но имеет более крутой вид зависимости модуля стока от высоты.

В шестой район включены все притоки р. Чирчик, впадающие в нее с левого берега, расположенные западнее бассейна р. Акбулак и Чарвакского водохранилища

Практически во всех районах точки, соответствующие рекам с водосборными площадями менее 100 км<sup>2</sup>, ложатся на общие районные зависимости, а в некоторых районах именно они образуют неплохие зависимости модулей стока от высоты.

Общие водные ресурсы бассейна оцениваются довольно точно, так как практически в устьях всех основных рек существуют или существовали стоковые посты, наблюдения на которых проводились довольно длительное время. Практически лишь на нескольких небольших водотоках правого берега и одного-двух левого ниже Чарвакского водохранилища нет наблюдений, но сток этих пересыхающих водотоков крайне мал и не влияет на оценку общих ресурсов бассейна.

Водные ресурсы изученной части бассейна представлены в табл. 3.22 и составляют 7,478 км<sup>3</sup>/год или 237,8 м<sup>3</sup>/с при среднем модуле стока 20,4 л/с·км<sup>2</sup> или 642 мм/год при выражении объема стока в слое воды, из них непосредственно сток р. Чирчик составляет 96% и только 4% сток его притоков ниже Ходжикента.

Таблица 3.22

Средний многолетний годовой сток в области его формирования рек бассейна Чирчика

Река – пост	<i>F</i>	<i>H</i>	<i>W</i>	<i>Q</i>	<i>M</i>	<i>h</i>
Чирчик – с. Ходжикент	10900,0	2,57	7176	228	20,9	658
Каранкульсай – ур. Каранкуль	15,6	1,38	4,28	0,134	8,57	275
Гальвасай – кишл. Гальвасай	56,7	1,26	10,5	0,334	5,89	186
Акташсай – курорт Акташ	19,3	1,67	12,2	0,388	20,1	633
Аксакатасай – с. Карамазар	456,0	1,84	193	6,14	13,6	427
Паркентсай – кишл. Киргиз	39,7	1,98	21,1	0,669	16,8	531
Башкызылсай – с. Невич	123,0	1,94	46,1	1,46	11,9	375
Алтынбельсай – кишл. Киргиз	39,1	1,66	12,2	0,387	9,89	312
Заркентсай – кишл. Заркент	18,6	1,80	2,21	0,070	3,76	119
Всего по изученной зоне	11666,0	-	7478	237,6	20,4	642

Бассейн р. Чирчик располагается на территории трех государств Казахстана, Кыргызстана и Узбекистана, поэтому необходимо оценить водные ресурсы, формирующиеся в каждой республике. Весь бассейн р. Чаткал до створа “устье р. Худайдотсай”, за исключением р. Акбулак, расположен на территории Кыргызстана. Бассейн р. Майдантал вплоть до устьевоего створа находится на территории Казахстана. Вся остальная площадь бассейна р. Пскем относится к территории Узбекистана, равно, как и площади всех притоков в Чарвакское водохранилище и притоков р. Чирчик ниже устья р. Угам. Из общей площади бассейна р. Угам 869 км<sup>2</sup> большая часть (733 км<sup>2</sup>) находится на территории Казахстана. Получив среднюю взвешенную высоту этой площади, равной 2,128 км, определяем модуль стока с нее в 25,5 л/с·км<sup>2</sup>.

Дальнейшие расчеты сведены в табл. 3.23. Из нее следует, что по величине водных ресурсов страны распределились следующим образом: Узбекистан – 2,528 км<sup>3</sup>/год, Кыргызстан – 2,824, и Казахстан – 1,125.

Однако по водности распределение несколько иное. На первом месте Казахстан – слой стока 954 мм/год, на втором Узбекистан – 741 мм/год и на третьем Кыргызстан – 496 мм/год.

Таблица 3.23

Определение водных ресурсов государств Чирчикского бассейна

Расчетный створ	$F$	Средние многолетние значения			
		$Q$	$W$	$M$	$h$
1. Весь бассейн Чирчика	11666	237,6	7478	20,4	642
2. р. Чаткал – устье р. Худайдотсай	6580	107	3363	16,2	551
3. р. Акбулак – устье	886	17,1	539	19,3	608
4. Территория Кыргызстана (2 - 3)	5694	89,9	2824	15,7	496
5. р. Майдантал – устье	471	17,0	536	36,2	1139
6. р. Угам – устье	869	22,1	695	25,4	800
7. р. Угам – (территория Казахстана)	733	18,7	589	25,5	840
8. Вся территория Казахстана (5 + 7)	1204	35,7	1125	15,7	934
9. Территория Узбекистана (1 - 4 - 8)	4768	112	3528	23,5	741

Изменчивость стока рек Чирчикского бассейна в многолетнем разрезе весьма различна, поскольку в бассейне имеются как реки ледниково-снегового типа питания так и реки снегово-дождевого типа питания. По величине площадей бассейнов реки также значительно различаются (табл. 3.24).

Таблица 3.24

Характеристики изменчивости стока рек бассейна Чирчика

Река – пост	$F$	$H$	$T$	$N$	$Q$	$\delta$	$C_v$
Чаткал – выше устья р. Худайдотсай	6580	2,638		100	106	0,518	0,274
Акбулак – устье	886	2,400	1975-2002	21	17,1	0,310	0,286
Янгикурган – кишл. Янгикурган	14,3	2,200	1946-1964	17	0,359	0,399	0,367
Янгикурган – кишл. Янгикурган	33,7	1,790	1965-1968, 1970-2002	35	0,681	0,320	0,342
Коксу – кишл. Бурчмулла	372	2,480	1931-1944, 1949-1978	39	11,9	0,431	0,291
Пскем – кишл. Муллала	2540	2,740	1975-2002	64	79,1	0,814	0,238
Пскем – устье	2830	2,690	1932-1975	49	52,4	0,804	0,221
Ойгаинг – выше устья р. Коксу	466	3,350	1963-2000	29	12,7	1,431	0,167
Ойгаинг – устье	1010	3,010	1932-2002	66	28,2	1,098	0,207
Чиралма – устье	103	2,700	1934-1999	56	2,62	0,470	0,258
Коксу – устье	188	3,140	1934-2002	29	4,92	1,306	0,210
Майдантал – устье	471	3,130	1933-2002	65	17,0	1,000	0,211
Наувальсай – кишл. Сиджак	98,0	1,650	1964-1968, 1971, 1973-2000	25	2,99	0,368	0,258
Чимгансай – курорт Чимган	23,3	1,530	1967-2002	25	0,293	0,383	0,409
Угам – с. Ходжикент	869	1,946	1934-2000	65	22,1	0,337	0,267
Каранкульсай – урочище Каранкуль	15,6	1,380	1947-1987	39	0,134	0,316	0,647
Гальвасай – кишл. Гальвасай	56,7		1980-1999	13	0,380		0,522
Акташсай – кишл. Акташ	19,3	1,670	1947-2002	50	0,388	0,166	0,378
Аксаката – с. Карамазар	463	1,840	1941-1987	18	6,14	0,152	0,380
Паркентсай – кишл. Киргиз	39,7	1,980	1950-1988	27	0,669	0,067	0,391
Алтынбельсай – кишл. Киргиз	39,1	1,660	1950-1987	31	0,387	0,108	0,384
Башкызылсай – кишл. Невич	123		1977-1991	11	1,46	0,071	0,398

Примечание:  $N$  – количество лет с учетом восстановлений.

Тем не менее, имеется общая для всех рек зависимость коэффициента вариации годового стока от средних взвешенных высот бассейнов, которая позволяет рассчитывать расходы воды различной обеспеченности для неизученных рек. Средние годовые расходы воды различной обеспеченности для рек, на которых проводился учет стока воды, приведены в табл. 3.25.

Параметр внутригодового распределения стока для рек бассейна Чирчика имеет ясно выраженную зависимость от средних взвешенных высот бассейнов рек, особенно для высокогорных рек. На этих реках зимняя межень заканчивается в конце марта - начале апреля, когда начинается таяние сезонного снега в среднегорном поясе водосборов, и в апреле - начале мая проходит пик половодья от его таяния. После этого происходит спад расходов, сменяющийся увеличением стока к началу или середине мая за счет таяния снега в верхнем поясе гор и началу стаивания льда с ледников. Пик ледникового стока проходит в июле и затем до конца ноября происходит спад расходов (рис. 3.10).

Таблица 3.25

Средние годовые расходы воды различной обеспеченности для рек бассейна Чирчика

Река – пункт	Расходы воды обеспеченностью, %							
	средний	5	10	25	50	75	90	95
Чаткал – выше устья р. Худайдотсай	106	157	148	122	103	86,6	73,3	63,6
Акбулак – устье	17,1	25,8	25,0	19,5	15,6	14,1	11,6	9,55
Янгикурган – кишл. Янгикурган	0,681	1,13	1,06	0,820	0,680	0,500	0,430	0,370
Пскем – кишл. Муллала	79,1	109	100	88,2	77,2	64,6	58,3	55,3
Ойгаинг – выше устья р. Коксу	12,7	16,0	15,6	14,7	12,4	11,0	10,1	9,36
Ойгаинг – устье	28,2	36,9	35,3	31,3	27,6	23,4	21,5	20,3
Чиралма – устье	2,62	3,74	3,63	3,16	2,52	2,15	1,72	1,53
Коксу – устье	4,92	6,72	6,60	5,75	4,71	4,00	4,17	3,42
Майдантал – устье	17,0	24,2	22,2	18,9	16,7	14,5	12,7	11,9
Наувальсай – кишл. Гиджак	2,99	4,45	3,97	3,75	2,88	2,20	2,04	1,88
Чимгансай – курорт Чимган	0,293	0,570	0,510	0,360	0,280	0,208	0,170	0,120
Угам – с. Ходжикент	22,1	31,7	30,2	25,7	21,2	17,9	15,0	25,4
Каранкульсай – урочище Каранкуль	0,134	0,330	0,240	0,180	0,110	0,095	0,043	0,038
Гальвасай – кишл. Гальвасай	0,380	0,870	0,650	0,472	0,320	0,250	0,200	0,160
Акташсай – кишл. Акташ	0,388	0,610	0,600	0,500	0,380	0,270	0,210	0,170
Аксаката – с. Карамазар	6,14	9,50	9,38	8,40	5,62	3,82	3,26	3,08
Паркентсай – кишл. Киргиз	0,669	1,13	1,07	0,840	0,620	0,450	0,350	0,300
Алтынбельсай – кишл. Киргиз	0,387	0,640	0,621	0,490	0,360	0,260	0,200	0,170

На малых реках среднегорной и низкогорной зоны половодье начинается в феврале-марте.

Пик расходов приходится на апрель-май. Спад половодья продолжается обычно до конца июля. К этому времени весь сезонный снег в бассейнах этих рек стает и реки переходят на грунтовое питание.

$Q, \text{ м}^3/\text{с}$

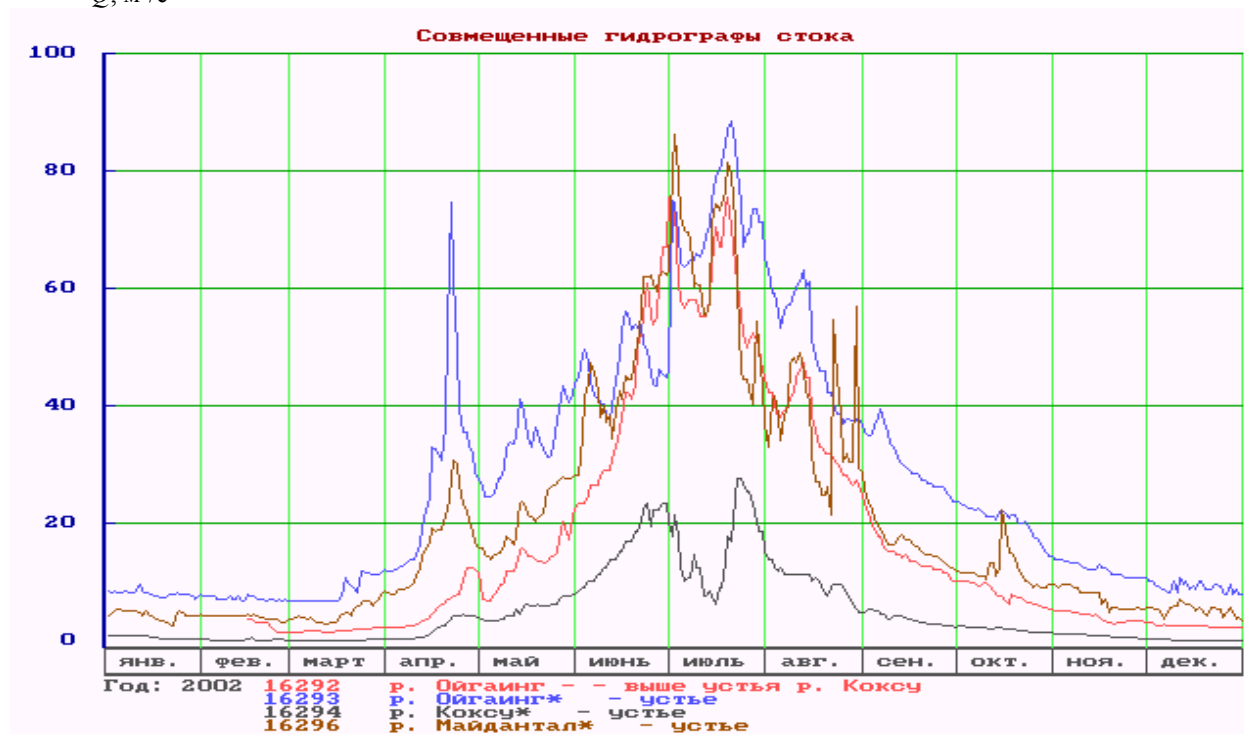


Рис. 3.10. Типичные гидрографы высокогорных рек бассейна Чирчика.

На основных реках бассейна Чаткал и Пскем характер внутригодового распределения стока несколько отличается от распределения на остальных реках. Половодье на них начинается практически одновременно, обычно в марте. Первый весенний пик расходов от таяния сезонного снега в низкогорной области проходит в апреле. Но на р. Пскем весенний пик ниже основного летнего, который формируется от таяния высокогорных снегов и ледников, а на р. Чаткал, где практически отсутствуют ледники, этот пик значительно превышает летний. На обеих реках летний пик проходит в конце июня начале июля. Далее происходит спад расходов практически до конца ноября (рис. 3.11 и 3.12).

Сток обеих рек аккумулируется Чарвакским водохранилищем, которое в основном работает в ирригационном режиме. Благодаря этому, гидрограф стока из водохранилища практически повторяет суммарный гидрограф рек Чаткал и Пскем.

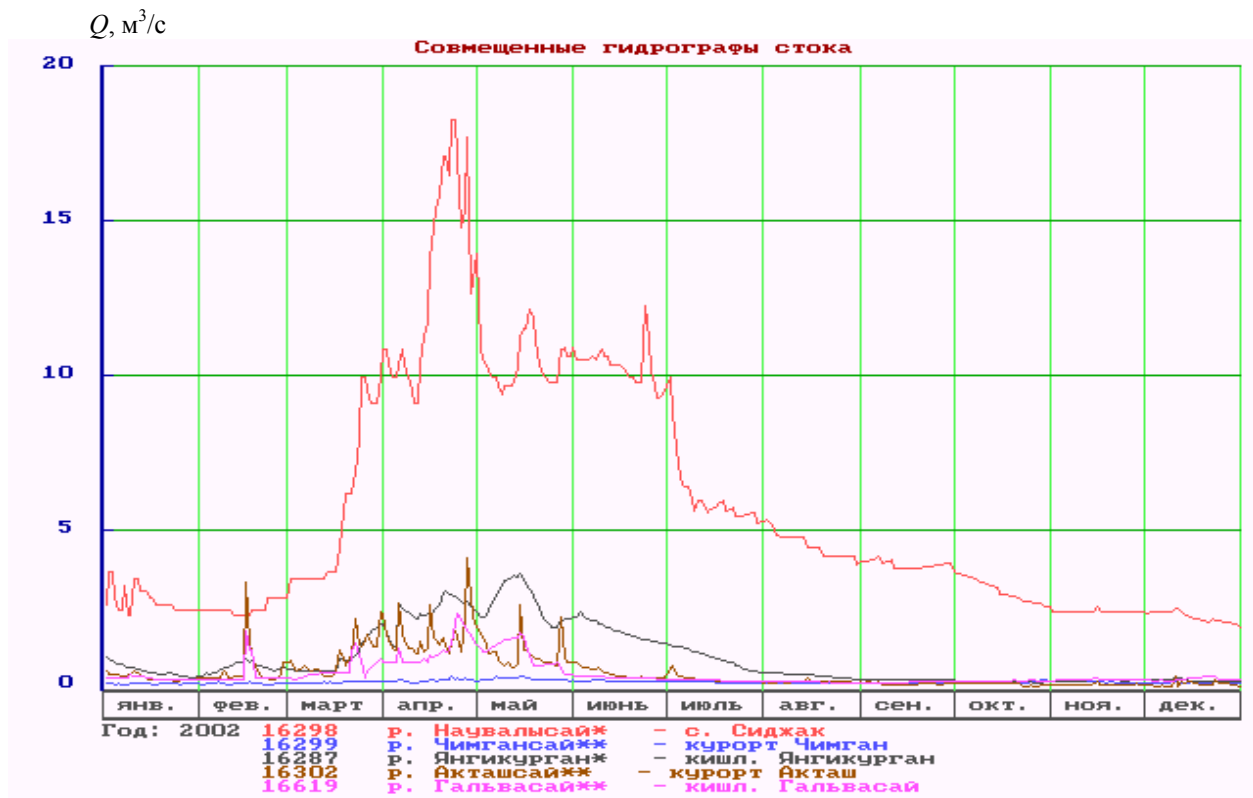


Рис. 3.11. Типичные гидрографы рек среднегорной и низкогорной зон бассейна Чирчика.

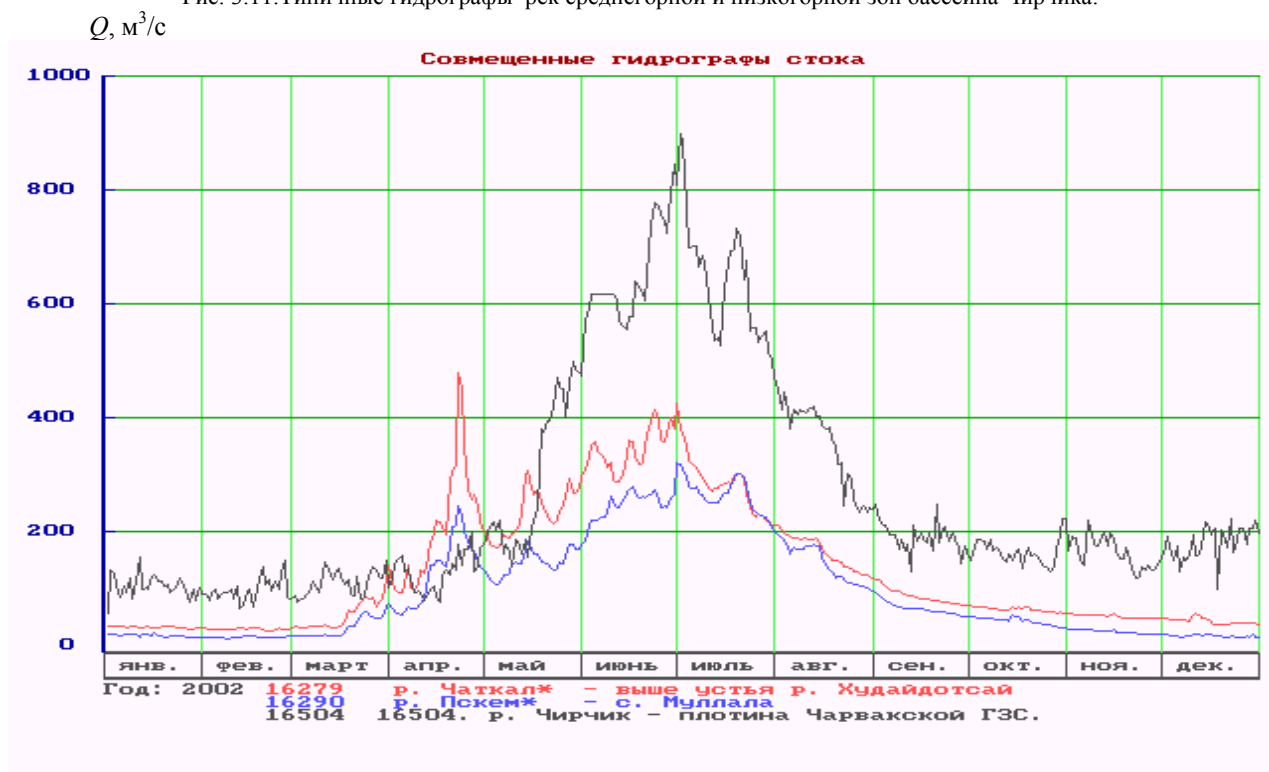


Рис. 3.12. Гидрографы рек Чаткал и Пскем в устьях. Сток через плотину Чарвакской ГЭС.

### 3.1.8. Общие располагаемые водные ресурсы Узбекистана

Из приведенных выше расчетов можно подсчитать собственные водные ресурсы Узбекистана (табл. 3.26).

Таблица 3.26

Собственные водные ресурсы речного стока Республики Узбекистан

Район или бассейн	$Q$ , м <sup>3</sup> /с	$W$ , км <sup>3</sup> /год
Бассейн Сурхандарьи (Сурхандарьинский вилоят)	96,2	3,033
Бассейн Кашкадарьи (Кашкадарьинский вилоят)	42,4	1,336
Бассейн р. Зеравшан (Самаркандский вилоят)	7,96	0,251
<b>Всего в бассейне Амударьи</b>	<b>146,6</b>	<b>4,620</b>
Ферганская долина (Андижанский, Ферганский, Наманганский вилояты)	6,12	0,193
Реки северных склонов Туркестанского хребта и хребта Нуратау (Джизакский, Навоийский вилояты)	4,49	0,142
Бассейн р. Ахангаран (Ташкентский вилоят)	38,5	1,214
Бассейн р. Чирчик (Ташкентский вилоят)	112,0	3,532
<b>Всего в бассейне Сырдарьи</b>	<b>161,1</b>	<b>5,081</b>
<b>В целом по Узбекистану</b>	<b>307,5</b>	<b>9,701</b>

Для расчета притока в Узбекистан и стока из него использованы следующие данные.

По Амударье учет общего притока из области формирования стока в настоящее время не проводится, но для расчета притока в Узбекистан без этих данных можно обойтись.

Фактически в бассейне Амударьи вода в республику поступает по каналу Аму-Занг в Сурхандарьинском вилояте, каналам Каршинский, Аму-Бухарский в Кашкадарьинский и Бухарский вилояты, каналам Левобережный, Правобережный и Питнякарна ниже Тюямуюнского водохранилища и по посту Тюямуюн на Амударье в Хорезмский вилоят и Каракалпакстан.

Из Сурхандарьинского вилоята существует незначительный сток в Амударью по Сурхандарье. Из остальных вилоятов стока речных вод нет. Только из Каракалпакстана по Амударье вода поступает в Аральское море и передается по каналам из Хорезмского вилоята и Каракалпакстана в Туркменистан.

Таблица 3.27

Приток речных вод в Республику Узбекистан и отток их из нее

Откуда поступает приток	$Q$ , м <sup>3</sup> /с	$W$ , км <sup>3</sup> /год
<b>Поступление в бассейн Амударьи</b>		
Приток в бассейне Сурхандарьи	23,0	0,724
Приток по каналу Аму-Занг	15,5	0,489
Приток по Кашкадарье	2,5	0,078
Приток по каналам Каршинский, Аму-Бухарский	267,0	8,421
Приток в бассейне р. Зеравшан	163,0	5,141
Приток по каналам Левобережный, Тюямуюн, Питнякарна	136,0	4,289
Поступление по Амударье у Тюямуюна	1051,0	33,149
Общий приток в бассейне Амударьи	1658,1	52,291
<b>Сток из Узбекистана в бассейне Амударьи</b>		
Сток по Сурхандарье	15,5	0,489
Передача в Туркменистан	454,0	14,319
Сток в Аральское море	20,0	0,631
Общий отток в бассейне Амударьи	489,5	15,439
<b>Итого по бассейну Амударьи</b>	<b>1168,6</b>	<b>36,852</b>
<b>Поступление в бассейн Сырдарьи</b>		
р. Нарын	374,6	11,812
Каналы БФК, БНК, Левобережный, Учкурган	53,3	1,681
Реки бассейна Карадарьи	168,8	5,324
Реки южного обрамления Ферганской долины	85,0	2,681
Реки северного обрамления Ферганской долины	29,1	0,917
Всего по рекам в Ферганской долине	710,8	22,415
Реки бассейна р. Чирчик	143,8	4,536
Сырдарья в Ташкентскую, Джизакскую области	520,1	16,400
Общий приток в бассейне Сырдарьи	1374,7	43,351
<b>Сток из Узбекистана в бассейне Сырдарьи</b>		
Сырдарья в Ферганской долине в Таджикистан	501,0	15,801
Переброска по каналам Зах и Ханым в Казахстан	12,5	0,394
Сырдарья в Казахстан	505,0	15,928
Общий сток из Узбекистана	1018,6	32,123
<b>Итого по бассейну Сырдарьи</b>	<b>356,0</b>	<b>11,228</b>
Общий приток в Узбекистан	3032,8	95,642
Общий сток из Узбекистана	1508,2	47,562
<b>Итого по Узбекистану</b>	<b>1524,6</b>	<b>48,080</b>

Учет стока по вышеуказанным каналам ведется органами Министерства водного и сельского хозяйства Узбекистана, на реках Сурхандарья и Амударья станциями Узгидромета. В целом за многолетний период данные этого учета можно считать надежными.

В настоящее время крайне трудно оценить сток в Аральское море по Амударье. В дельтовой части реки находятся два поста Кызылджар и Парлытау. Расстояние между ними 73 км. За последние 5 лет в Кызылджаре все годы фиксируется значительный сток, превышающий 100 м<sup>3</sup>/с. В Парлытау только в 1992 и 1993 годах отмечен сток с расходами в 234 и 59,3 м<sup>3</sup>/с. Следовательно, в среднем в год за период 1992-2005 годов через створ прошло 20 м<sup>3</sup>/с и можно считать это стоком речных вод из Каракалпакстана в Аральское море.

Приток по бассейну Сырдарьи принят по данным постов р. Нарын – г. Учкурган, каналам Большой Ферганский, Большой Наманганский, Учкурган и Левобережный из р. Нарын, Карадарья – кишл. Карабагиш, Отводящий канал Андижанского водохранилища – пос. Тополино, р. Майлисай – устье р. Кайрагач, р. Тентяксай – кишл. Чабрак, р. Аравансай – устье р. Каракол, р. Исфайрамсай – кишл. Учкоргон, Шахимардан – кишл. Паульган, р. Сох – кишл. Сарыканда, р. Кавсансай – кишл. Баймак, р. Падшаата – 6 км ниже устье р. Тосту, р. Чанач – кишл. Чанач, р. Алмассай – кишл. Алмас, р. Гавасай – кишл. Гава, р. Чаткал – устье р. Худайдотсай, р. Майдантал – устье и р. Угам – с. Ходжикент, Сырдарья – кишл. Кзылкишлак.

Сток за пределы Узбекистана учитывается в бассейне Сырдарьи постами Акджар в Ферганской долине и Кокбулак выше Чардаринского водохранилища, итоговые данные расчетов сведены в табл. 3.27.

Таким образом, структура естественных водных ресурсов Республики Узбекистан представляется в следующем виде: собственные водные ресурсы 307,5 м<sup>3</sup>/с или 9,701 км<sup>3</sup>/год. В республику поступает 3032,8 м<sup>3</sup>/с или 95,642 км<sup>3</sup>/год (табл. 3.26). За пределы республики уходит 1508,2 м<sup>3</sup>/с или 47,562 км<sup>3</sup>/год (табл. 3.27), фактически использованные за многолетний период ресурсы поверхностных вод Узбекистана сведены в табл. 3.28.

Таблица 3.28

Фактически располагаемые поверхностные водные ресурсы в Узбекистане за многолетний период

Бассейны рек	Q, м <sup>3</sup> /с	W, км <sup>3</sup> /год
<b>Бассейн Амударья</b>		
Собственный речной сток	146,6	4,620
Использованный сток, сформировавшийся за пределами бассейна	1168,6	36,852
Всего по бассейну	1315,2	41,472
<b>Бассейн Сырдарья</b>		
Собственный речной сток	161,1	5,081
Использованный сток, сформировавшийся за пределами бассейна	356,0	11,228
Всего по бассейну	517,1	16,309
Всего по Узбекистану	1832,3	57,781

### 3.2. Оценка влияния климатических изменений на водные ресурсы Республики Узбекистан

Проблемы, связанные с изменениями водных ресурсов и гидрологического режима водных объектов, оказывают негативное влияние на темпы экономического развития, обеспечения жизненных потребностей, рациональное природопользование. Сегодня Узбекистан, как и другие страны среднеазиатского региона, сталкивается с необходимостью поиска путей решения минимизации и, по возможности, предотвращения водных проблем и, прежде всего, смягчения водного дефицита.

Изменения водных ресурсов и гидрологических характеристик определяются двумя основными факторами – изменениями климата и хозяйственной деятельностью человека.

Данные длиннопериодных наблюдений в регионе показывают, что происходящее глобальное потепление проявляется в среднеазиатском регионе в виде трендов некоторых компонентов гидрологического цикла: происходит увеличение слоя испарения, уменьшение снегонакопления и сокращение оледенения горных территорий. Наблюдается рост изменчивости гидрометеорологических рядов.

В качестве климатической информационной базы для оценки возможных изменений стока рек бассейна Аральского моря использованы климатические сценарии – будущее состояние климатической системы, рассчитанное на основе возможных выбросов парниковых газов с использованием глобальных циркуляционных моделей.

#### 3.2.1. Будущие климатические изменения и их влияние на сток рек

Результаты исследований [1-3] показали, что в рассмотренном диапазоне изменений климатических параметров на базе региональных климатических сценариев на ближайшие 20-30 лет не следует ожидать существенного изменения водных ресурсов. Однако при потеплении климата произойдет снижение средних за вегетационный период расходов воды. Возможные изменения стока этого периода оценивались в пределах естественной изменчивости: от +3...10 до 2...7% .



Изменение годового стока основных рек Средней Азии – Амударьи и Сырдарьи при реализации различных сценариев изменения климата (на время удвоения концентрации углекислого газа в атмосфере) предполагает сокращение водных ресурсов. По оценкам, полученным на базе отдельных «жестких» климатических сценариев, ожидается сокращение водных ресурсов Сырдарьи на 30%, а Амударьи – на 40%. Другие модели не предсказывают столь значительного изменения стока, однако ни один из сценариев не предполагает его увеличение [1-3].

В Обобщенном докладе МГЭИК 2001 года [4] отмечается, что перспективная оценка на основе большинства климатических сценариев показывает уменьшение ежегодного среднего стока в Средней Азии. В качестве примера приводятся прогнозируемые изменения среднегодового стока к 2050 году, которые показывают в одном случае уменьшение стока в Средней Азии и в другом – некоторое увеличение его в отдельных районах. Таким образом, совершенно очевидно, что оцениваемые *объемы стока и осадков зависят от моделей, сценариев и методики*, а оценки воздействия изменения климата на водные ресурсы рек для разных сценариев температуры и осадков колеблются в широких пределах.

Для современной оценки воздействия изменения климата на водные ресурсы рек среднеазиатского региона были рассмотрены региональные климатические сценарии на основе выходных результатов шести моделей общей циркуляции атмосферы и океана в соответствии со сценариями эмиссии A1B, A2, B1, B2 для трех временных интервалов (к 2030, 2050 и 2080 годам).

Анализ неопределенности разработанных региональных климатических сценариев показывает, что различия в ожидаемых изменениях по сценариям B1 и B2 к 2030, 2050 и 2080 годам сравнимы с ошибкой вычисления средних значений по данным наблюдений. Следовательно, можно объединить сценарии B1 и B2 и рассматривать только один вариант. Такой же вывод можно сделать относительно сценариев A1 и A2 2080 года. Поэтому для проведения оценки воздействий изменения климата и разработки мер адаптации были выбраны региональные климатические сценарии A2 (неблагоприятный) и B2 (умеренный).

Воздействие изменений климата на сток меняется в зависимости от сценария и в значительной мере обусловлено различиями в ожидаемых по сценариям осадках. Учитывая высокую естественную изменчивость наблюдаемых осадков по станциям региона и отсутствие четких тенденций их изменения, а также некоторую сценарную неопределенность, *оценочные расчеты стока проводились в трех вариантах:*

- при условиях изменения осадков и температур согласно сценарию B2 (более влажный вариант);
- при условиях изменения осадков и температур согласно сценарию A2 (более сухой вариант);
- при условиях сценарного изменения температур и современных базовых норм осадков.

В качестве методического подхода для оценки влияния климатических изменений на сток использовалась математическая модель формирования стока горных рек [6], практически реализованная в виде автоматизированной информационной системы гидрологических прогнозов и расчетов. Адаптация и параметризация модельного комплекса к условиям современного информационного дефицита и климатической ситуации позволяет использовать его для оценки изменения имеющихся водных ресурсов рек при реализации новых климатических сценариев на ближайшую и отдаленную перспективы [6].

Для оценки изменения стока рек в бассейне Аральского моря проведена серия модельных расчетов для рек – индикаторов с разным типом питания и расположенных в различных гидрологических районах, схема которых приводится на рис. 3.13.

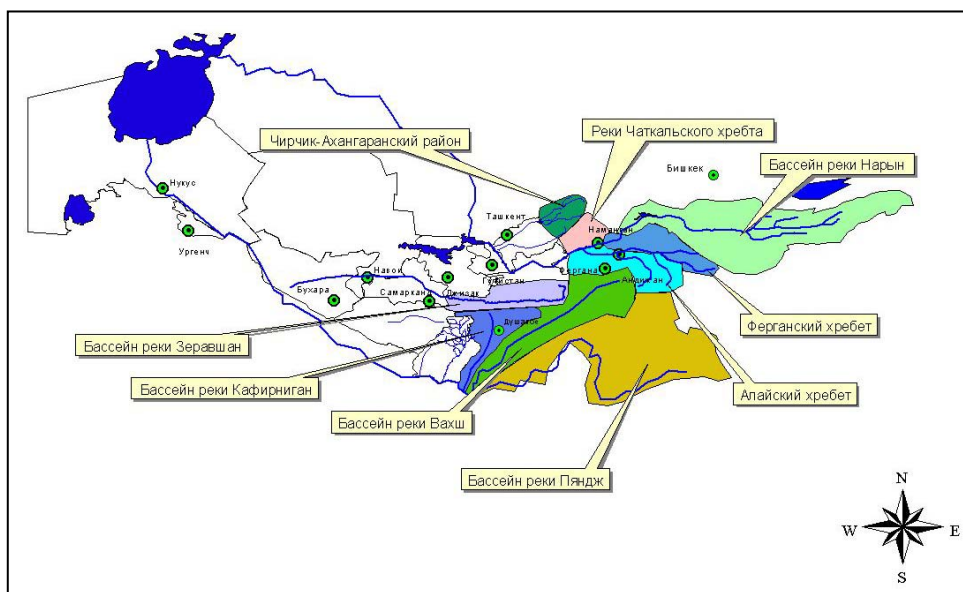


Рис. 3.13. Схема гидрологических районов зоны формирования стока Амударьи и Сырдарьи.

Расчеты, выполненные по математической модели формирования для некоторых рек-индикаторов в зоне формирования стока Амударьи и Сырдарьи, проводились в различных вариантах. Результаты двух вариантов и представлены в табл. 3.29 и 3.30.

Таблица 3.29

Оценки вегетационного стока рек-индикаторов в соответствии со сценарными изменениями температуры воздуха и осадков

Река, пост	Норма $Q_{\text{вег}}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{\text{вег}}$ , % от нормы для различных климатических сценариев					
		B2			A2		
		2030 г.	2050 г.	2080 г.	2030 г.	2050 г.	2080 г.
Пскем – Муллала	128	95	91	91	96	96	90
Чаткал – Чарвак	195	95	94	92	98	97	92
Приток в Чарвакское вдхр.	323	95	93	92	97	97	91
Ахангаран – Ирташ	36	98	96	95	103	101	91
Падшаата – Тосту	9	74	75	74	78	80	77
Чадак Джулайсай	10	58	58	56	62	62	57
Гавасай – Гава	6	57	56	55	61	61	56
Каракульджа – Акташ	38	96	97	98	99	101	101
Яссы – Саламалик	37	101	100	97	107	105	96
Тар-Чалма	82	96	98	95	106	108	101
Куршаб-Гульча	25	88	86	84	96	96	87
Зеравшан – Дупули	256	104	103	102	98	84	88
Кафирниган – Тартки	255	99	100	99	99	93	79
Вахш – Комсомолабад	988	75	72	70	73	69	72
Обихингоу – Тавильдара	266	80	75	62	71	67	62
Кызылсу – Саманчи	97	91	90	87	94	89	77

Таблица 3.30

Оценки вегетационного стока рек-индикаторов в соответствии со сценарными изменениями температуры воздуха и базовой нормы осадков (1961-1990 годы)

Река, пост	Норма $Q_{\text{вег}}$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{\text{вег}}$ , % от нормы для различных климатических сценариев					
		B2			A2		
		2030 г.	2050 г.	2080 г.	2030 г.	2050 г.	2080 г.
Пскем – Муллала	128	84	82	78	85	82	75
Чаткал – Чарвак	195	86	83	79	87	83	75
Приток в Чарвакское вдхр	323	85	82	78	86	83	75
Ахангаран – Ирташ	36	86	82	77	88	82	72
Падшаата – Тосту	9	72	72	72	72	71	70
Чадак – Джулайсай	10	56	54	53	56	54	51
Гавасай – Гава	6	55	53	52	55	53	50
Каракульджа – Акташ	38	93	93	94	92	93	93
Яссы – Саламалик	37	99	95	91	98	94	88
Тар – Чалма	82	93	95	92	93	94	92
Куршаб – Гульча	25	85	83	80	85	83	77
Зеравшан – Дупули	256	96	89	85	90	86	81
Кафирниган – Тартки	255	96	95	94	96	95	92
Вахш – Комсомолабад	988	74	70	69	70	68	67
Обихингоу – Тавильдара	266	79	74	61	75	72	64
Кызылсу – Саманчи	97	88	86	83	89	86	81

Показанные в таблицах результаты расчетов позволяют предположить, что в случае реализации климатических сценариев (B2 и A2), описывающих изменение осадков и температуры, в бассейне Сырдарьи к 2030 году существенных изменений ресурсов не произойдет, все отклонения будут лежать в пределах естественной изменчивости стока.

На рис. 3.14 и 3.15 показано, какие изменения стока рек можно ожидать при реализации вышеупомянутых сценариев по температуре воздуха и нормах осадков современного периода.

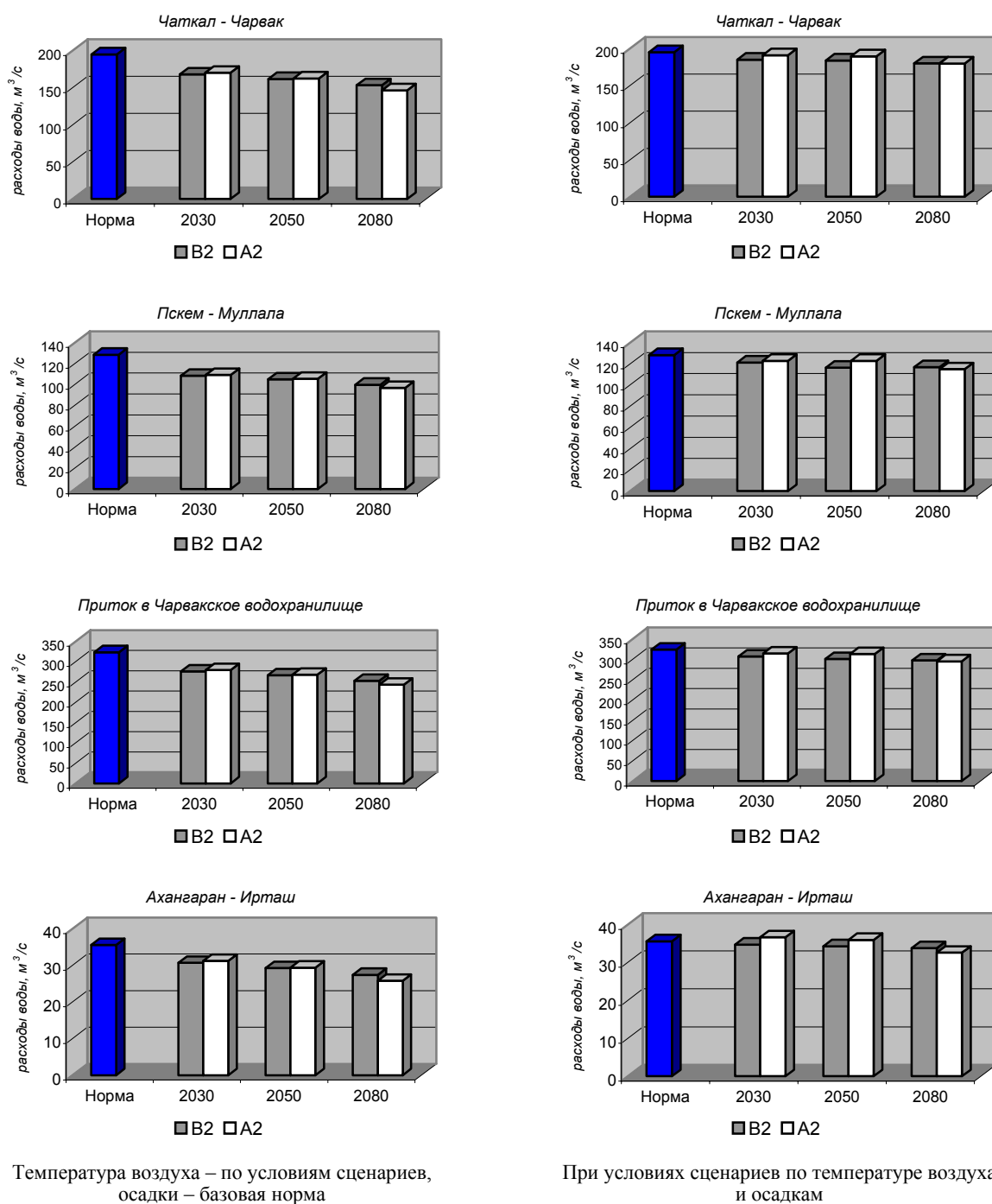
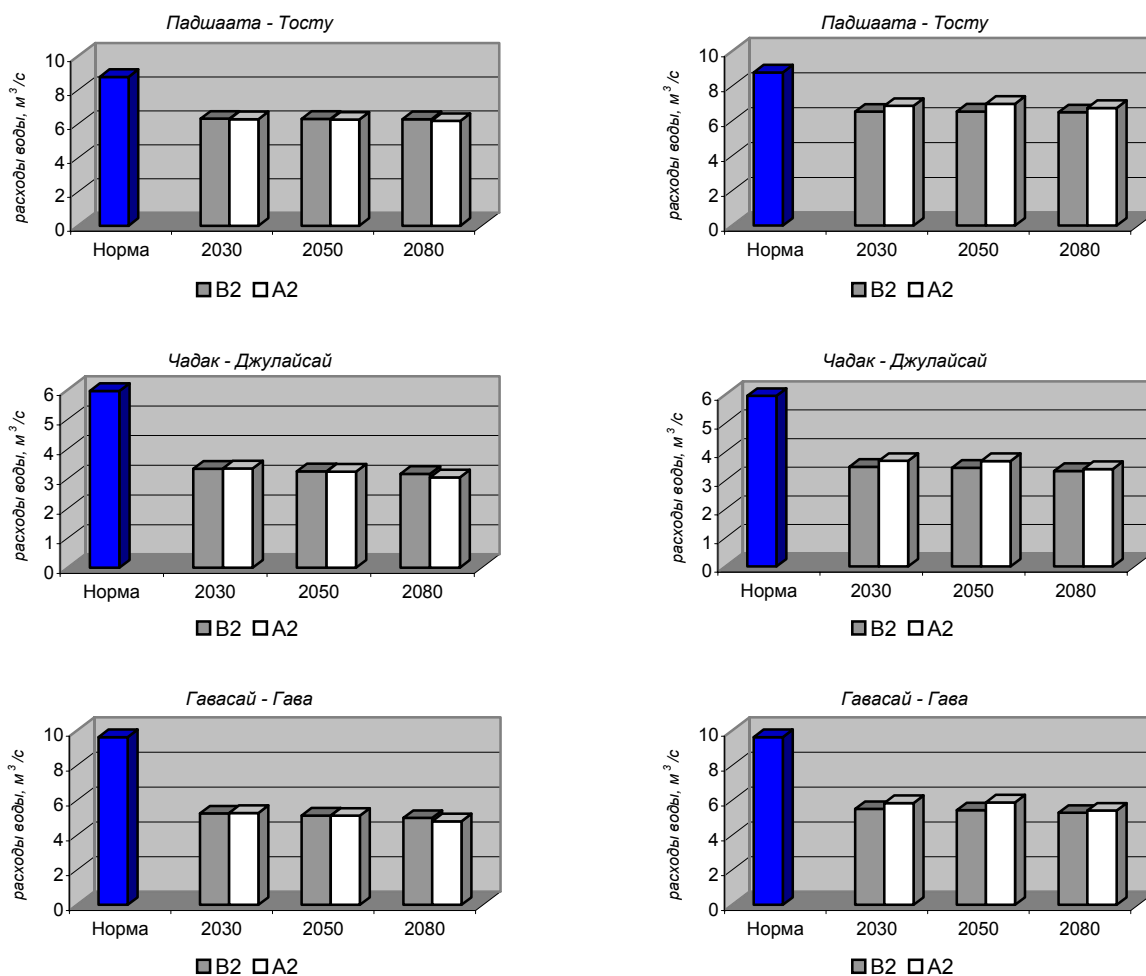


Рис. 3.14. Изменения стока рек Чирчик-Ахангаранского гидрологического района и притока в Чарвакское водохранилище в вегетационный период при реализации климатических сценариев А2 и В2.

Для рек бассейна Амударьи, имеющих более южную ориентацию водосборов и соответственно более чувствительных к изменениям климатических параметров, уже к 2030 году может наблюдаться сокращение водных ресурсов на 5-8% от базовой нормы современного периода. Расчеты без сценарного задания осадков показали, что при изменении температуры воздуха, согласно заданным сценариям, сток рек в бассейне Сырдарьи может сократиться на 2-6%, а в бассейне Амударьи – на 8-12%.

Ожидаемое изменение климата определяется заданными сценариями и моделями и в соответствии с ними нужно рассматривать полученный результат, а именно, перспективную оценку стока.



Температура воздуха – по условиям сценариев,  
осадки – базовая норма

При условиях сценариев по температуре воздуха  
и осадкам

Рис. 3.15. Изменения стока малых рек Падшаата, Чадак, Гавасай в вегетационный период при реализации климатических сценариях А2 и В2.

Осредненные по гидрологическим районам фоновые оценки результатов расчетов стока, выполненные по математической модели формирования стока горных рек при различных сценариях изменения температуры воздуха и базовых нормах осадков современного периода, представлены на картах-схемах на рис. 3.16 и 3.17.

Полученные оценки позволяют предположить, что изменение только температуры воздуха на долгосрочную перспективу (2050 год), возможно, приведет к сокращению стока рек Сырдарьи и Амударьи. Предполагаемые изменения стока этого периода для Сырдарьи будут лежать в пределах 6-10%, а для Амударьи – 10-15% от нормы.

На рис. 3.16 приводятся результаты оценки вегетационного стока рек с учетом сценарного изменения осадков на перспективу. По условиям сценария В2 по ряду гидрометеорологических станций к 2030, 2050 годам ожидается рост осадков на 5-15% от нормы и 2080 году – на 10-25%. С учетом высотной зональности в процессе осадкоформирования это может привести к сохранению современного стока рек или даже к его увеличению в бассейнах отдельных рек. Картирование результатов расчета стока по сценарию А2 представлено на рис. 3.17, согласно которому увеличение стока ни в одном из бассейнов не предполагается.

Представленные результаты модельных расчетов оценивают изменение стока рек при реализации заданных климатических сценариев (ситуаций в будущем), которые постоянно продолжают разрабатываться климатологами в новых усовершенствованных вариантах.

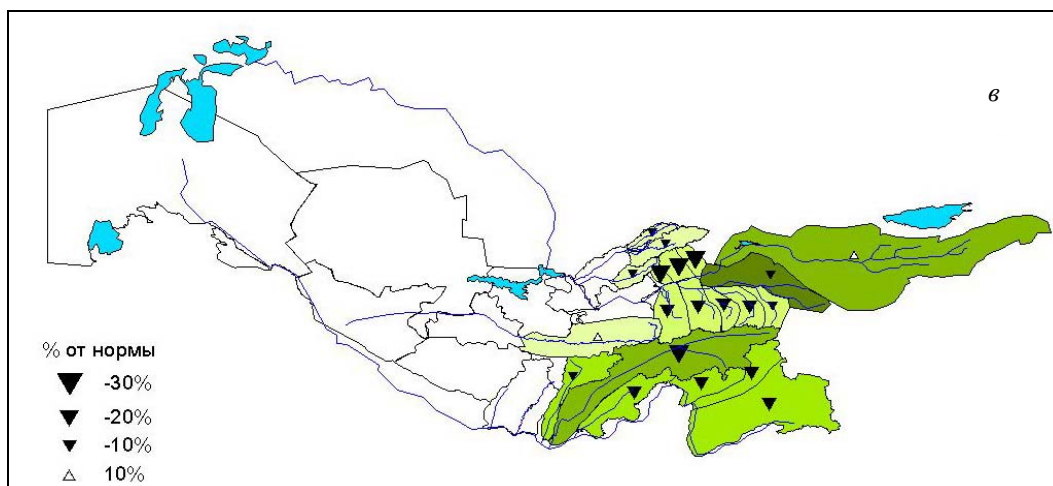
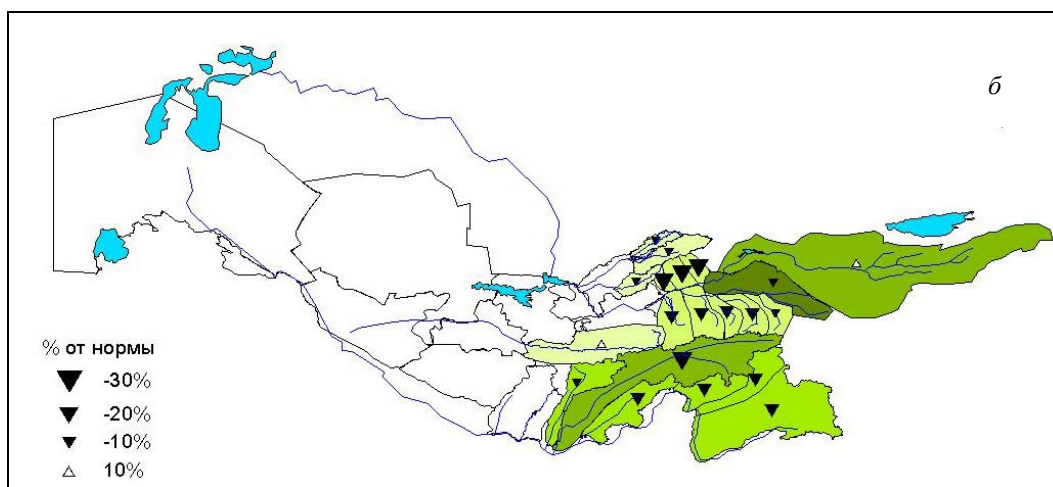
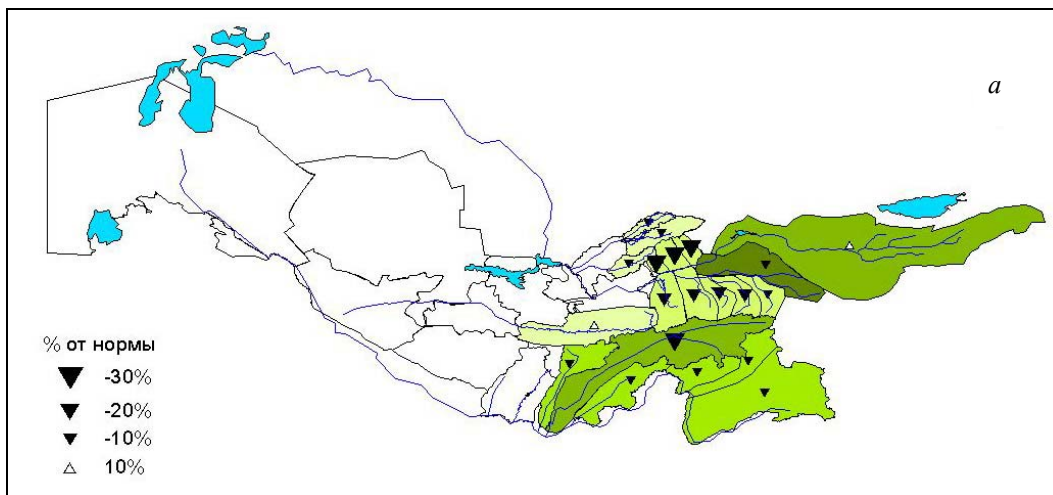


Рис. 3.16. Карта-схема аномалий вегетационного стока, в % от нормы современного периода, при реализации сценария В2

а) 2030 год, б) 2050 год, в) 2080 год.

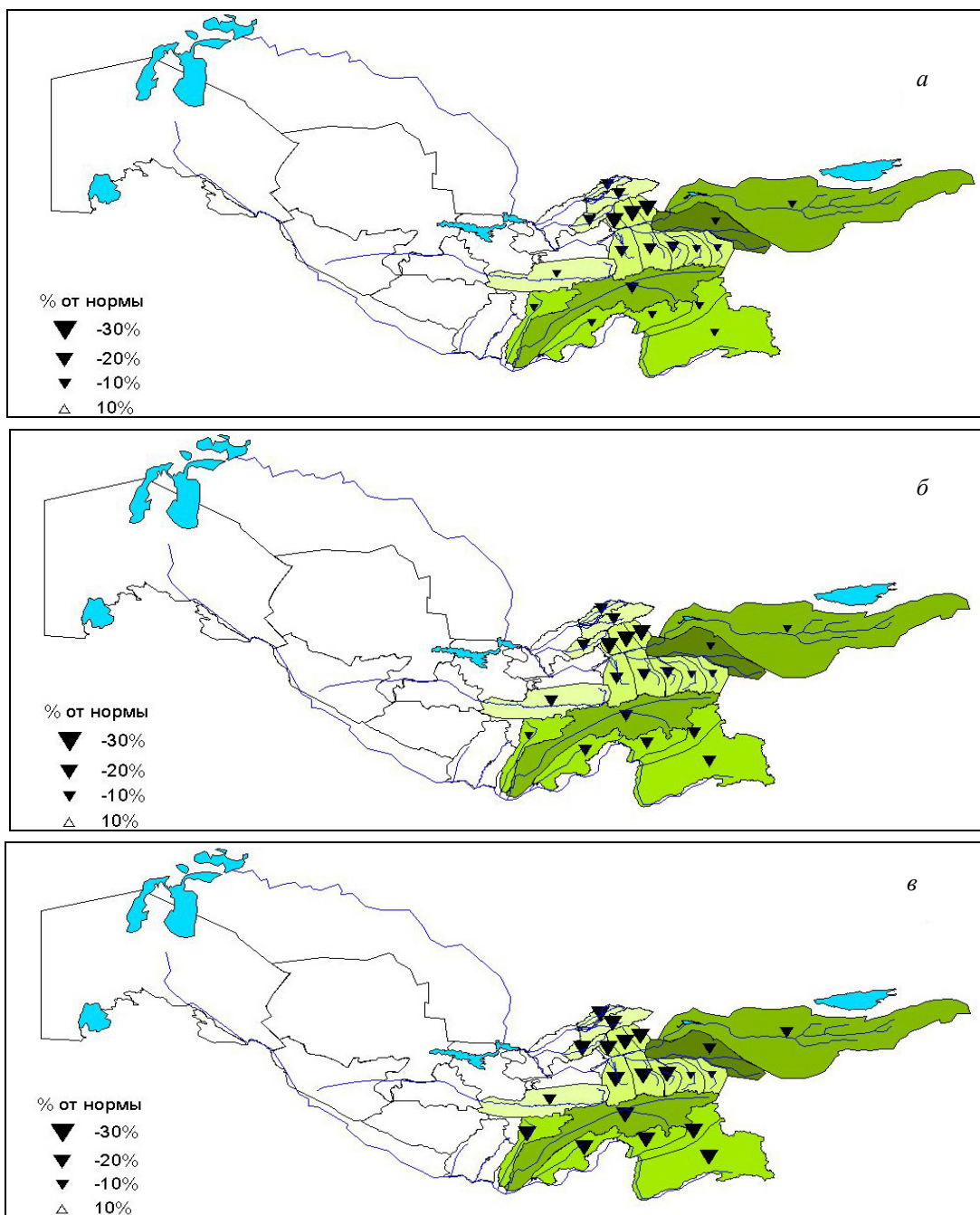


Рис. 3.17. Карта-схема аномалий вегетационного стока, в % от нормы современного периода, при реализации сценария А2  
а) 2030 год, б) 2050 год, в) 2080 год.

### 3.2.2. Климатические изменения и ожидаемые последствия и риски для водных ресурсов

Снегонакопление в холодный период года в значительной степени определяет величину весенне-летнего стока, а именно, снеготопления определяют основной вклад в стокообразование в виде поступления талой воды на водосбор и талой составляющей вегетационного стока. В бассейнах многих рек региона наблюдается тенденция к сокращению снеготопления, что соответствует тенденциям роста температуры воздуха, наблюдаемым по метеостанциям региона. С повышением температуры воздуха ухудшаются условия для формирования снеготопления в горах, происходит их сокращение и в некоторых бассейнах это находит свое отражение в убыли стока.

Ледниковые запасы, являющиеся важнейшим источником и многолетним резервом чистой пресной воды, не являются стабильными. Оценивая будущее изменение оледенения в условиях потепления и при сохранении современных норм осадков, можно предположить, что темпы его сокращения будут такими же, как в последние годы, с высокой региональной изменчивостью от 0,2% до 1% в год.



Сокращение оледенения приведет к образованию многочисленных моренных озер, повысится вероятность образования прорывных паводков и усиления селевой активности от прорыва высокогорных озер.

При реализации сценариев, прогнозирующих увеличение осадков на перспективу, по ряду районов возможна стабилизация процесса деградации оледенения и даже увеличение ледниковых запасов вследствие благоприятных условий для аккумуляции ледниковых масс.

Модельные расчеты снеготазов в горах при различных климатических сценариях показали их общее уменьшение в связи с потеплением климата. Для рек преимущественно снегового питания ожидается некоторое (5-10%) уменьшение вклада снегового поступления и увеличение дождевой составляющей. Для отдельных рек с существенным вкладом ледникового питания возможно сокращение ледникового стока и увеличение вклада дождевого поступления. В качестве примера на рис. 3.18 приводится соотношение вкладов снеговой, ледниковой и дождевой составляющей в сток для базового периода и при реализации климатических сценариев А2 и В2 к 2030, 2050.

Согласно оценкам будущих климатических изменений наряду с повышением температуры, ожидается повышение уровня осадков (особенно в жидком виде), увеличение частоты и интенсивности экстремальных погодных явлений, что усилит изменчивость стока. Среди прочих возможны следующие наиболее неблагоприятные последствия изменения глобального климата в будущем:

- увеличение риска наводнений;
- увеличение масштабов наводнений и засух;
- увеличение ущерба в результате наводнений, оползней, снежных обвалов и селевых потоков.

Так как разрабатываемые в настоящее время климатические сценарии на фоне повышения температуры воздуха также дают увеличение количества осадков на 6-15%, а рост температур воздуха обуславливает большую долю жидких осадков в годовой их сумме, то основная селевая активность на территории Узбекистана связана именно с выпадением жидких осадков. Следует ожидать усиления угрозы со стороны селепаводковых проявлений дождевого происхождения в Узбекистане и соответственно увеличится вероятность формирования селевых паводков.

Известно, что практически все водные ресурсы региона обеспечиваются за счет снегов и ледников, расположенных на территории Кыргызстана и Таджикистана. Орошаемое земледелие сосредоточено в густонаселенных долинах Амударьи и Сырдарьи, несущих свои воды в Узбекистан, Казахстан и Туркменистан. Вот уже два десятилетия страны, живущие в низовьях Сырдарьи и Амударьи, страдают от недостатка воды и его социально-экономических последствий. Из всех стран среднеазиатского региона наиболее уязвим Узбекистан, поскольку располагает наибольшей площадью орошения (4,3 млн. га), высокой численностью сельского населения (более 16 млн. человек) и самой высокой плотностью населения (49,6 с максимумом 498,5 в Андижанской области).

Полученное по одному из вариантов расчета предполагаемое уменьшение стока (в условиях уже современного дефицита водных ресурсов) представляет для Узбекистана серьезную проблему.

В случаях реализации экстремальных сценариев потепления следует ожидать возрастания вероятности экстремальных явлений, годов с отдельными интенсивными паводками и периодов значительного дефицита. Также вероятны изменения внутригодового распределения стока, как, например, сдвиг гидрографа стока в сторону, менее благоприятную для орошаемого земледелия (рис. 3.19).

Водные ресурсы рек все в большей степени являются ограничивающим фактором при производстве продовольствия, эквивалентным, если не более значимым, чем дефицит земельных ресурсов. Орошаемое земледелие уже потребляет более 93% всего водозабора, и спрос на воду будет возрастать для обеспечения продовольственной безопасности быстро растущего населения. Поэтому на среднесрочную перспективу серьезные конфликты интересов будут возникать при распределении воды между орошаемым земледелием и другими секторами экономики, а также на местном уровне, особенно, в связи с потеплением климата.

Повышение эффективности водопользования, водосбережение и управление спросом на воду, основанное на справедливом ее распределении, достижение компромиссов между верхним и нижним течением рек, потребностями водопотребителей и экосистем является жизненно важной проблемой для Узбекистана и других государств Аральского бассейна и может быть достигнуто с учетом ожидаемого воздействия изменения климата на водные ресурсы.

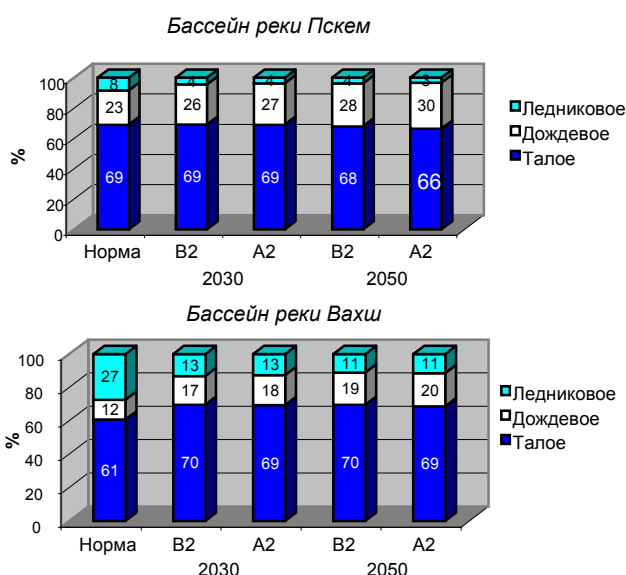


Рис. 3.18. Соотношение (%) снеговой, дождевой и ледниковой составляющих в общем за год поступлении воды на водосбор горного бассейна для базового периода (1961-1990 годы) и при различных климатических сценариях.

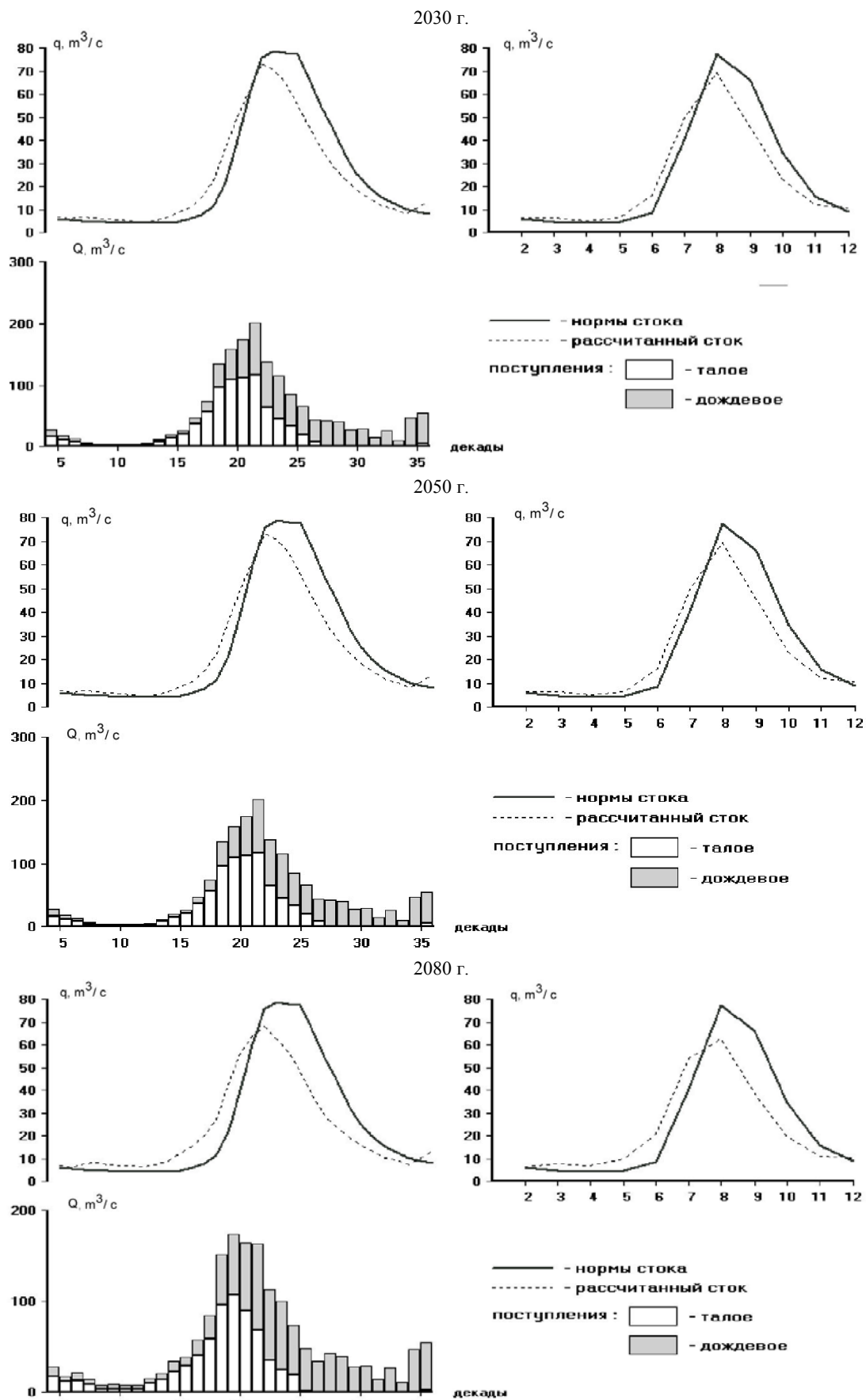


Рис. 3.19. Гидрографы стока р. Ясны – п. Саламалик при климатическом сценарии А2 на 2030, 2050 и 2080 годы.

Общая зависимость людей и экосистем от водных ресурсов, особенно *в условиях их возможного сокращения*, требует компромиссов между различными водными функциями – задача еще более сложная, чем обычные усилия по снабжению водой населения, промышленности и ирригации. Проблема усугубляется несогласованностью и противоречивостью приоритетов в использовании воды и соблюдении соглашений, что обостряет напряженность и риски конфликтов на местах, особенно в остро засушливые годы. В связи с этим представляет большой интерес оценка возможных изменений стока в будущем, которые могут произойти при определенных климатических изменениях.

Полученные оценки стока рек бассейна Аральского моря на базе новых сценариев климатических изменений показали:

- В случае реализации климатических сценариев, описывающих изменение осадков и температуры, в бассейне Сырдарьи к 2030 году существенных изменений ресурсов не произойдет. При реализации сценария В2 возможно некоторое увеличение стока в верховьях, а в целом, все отклонения будут лежать в пределах естественной изменчивости стока. В бассейне Амударьи отмечается некоторая тенденция к сокращению стока.
- При реализации сценария повышения температуры воздуха при неизменном уровне осадков в бассейне Амударьи уже к 2030 году может наблюдаться сокращение водных ресурсов на 5-8% от базовой нормы современного периода (1961-1990 годы), а в бассейне Сырдарьи существенных изменений ресурсов не произойдет, все отклонения будут лежать в пределах естественной изменчивости стока.
- Без сценарного учета осадков изменение только температуры воздуха на долгосрочную перспективу (2050 год), вероятно, приведет к сокращению стока Сырдарьи и Амударьи. Возможные изменения стока этого периода для Сырдарьи будут лежать в пределах 6-10% от нормы, а для Амударьи в пределах 10-15%.
- Аналогичная картина будет наблюдаться к 2050 году в бассейне Амударьи при условиях сценария А2, а в бассейне Сырдарьи возможно сокращение стока на 2-5% от базовой нормы современного периода.
- Когда по условиям сценария В2 по ряду гидрометеорологических станций к 2030, 2050 годам ожидается рост осадков на 5-15% от нормы и к 2080 году на 10-25%, то это может привести к сохранению современного стока рек или даже к его увеличению в бассейнах отдельных рек.

Недостаточная определенность вышеупомянутых оценок стока, связанная с высокой изменчивостью режима осадков и его ожидаемых изменений в соответствии со сценариями, показывает необходимость учета всех возможных вариантов. Тем не менее, можно заключить, что на ближайшую перспективу на фоне высокой естественной изменчивости увеличения стока не ожидается даже в случае увеличения осадков. Для безопасности и будущего развития страны очевидна серьезность возможных последствий стихийных бедствий, связанных с водным фактором. Адаптация к последствиям изменения климата (вследствие как деятельности человека, так и природных факторов) является одной из важнейших задач.

Все это обуславливает необходимость регулярного обновления и углубления знаний в области изучения будущих климатических изменений и их влияния на сток рек, проведения интегральной оценки и развития регионального мониторинга водных ресурсов.

### Список литературы

#### К разделу 3.1

1. Антонов В. И. Водные ресурсы Узбекистана как часть общих водных ресурсов Аральского моря и их использование в современных условиях и в перспективе // Водные ресурсы, проблемы Арала и окружающая среда. - Ташкент: Университет, 2000. - С. 19-39
2. Иванов Ю. Н., Чулпанова И. А. Водные ресурсы бассейна р. Ахангаран // Труды САНИГМИ. - 2000. - Вып. 153(234). - С. 57-88.
3. Иванов Ю. Н. Водные ресурсы бассейна р. Чирчик // Труды НИГМИ. - 2007. - Вып. 4(249). - С. 60-88.

#### К разделу 3.2

1. Агальцева Н. А., Боровикова Л. Н. Оценка уязвимости стока рек бассейна Аральского моря от возможных воздействий изменения климата // Оценка уязвимости водных ресурсов от изменения климата. - Бюллетень № 3. - Ташкент: САНИГМИ, 1999. - С. 36-45.
2. Агальцева Н. А., Боровикова Л. Н. Комплексный подход к оценке уязвимости водных ресурсов в условиях изменения климата // Оценка изменений климата по территории Республики Узбекистан, развитие методических положений оценки уязвимости природной среды. - Бюллетень № 5. - Ташкент: САНИГМИ, 2002. - С. 26-35.
3. Агальцева Н. А., Пак А. В. Адаптация модели формирования стока в условиях информационного дефицита для будущей оценки климатических влияний на водные ресурсы // Климатические сценарии, оценка воздействий изменения климата. - Бюллетень № 6. - Ташкент: НИГМИ, 2007. - С. 38-43.
4. Агальцева Н. А., Пак А. В. Оценка влияния климатических изменений на водные ресурсы рек бассейна Аральского моря // Климатические сценарии, оценка воздействий изменения климата. - Бюллетень № 6. - Ташкент: НИГМИ, 2007. - С. 44-51.
5. Денисов Ю. М., Агальцева Н. А., Пак А. В. Автоматизированные методы прогнозов стока горных рек Средней Азии. - Ташкент: САНИГМИ, 2000. - 160 с.
6. Чуб В. Е. Изменение климата и его влияние на природно-ресурсный потенциал Республики Узбекистан. - Ташкент: САНИГМИ, 2000. - 251 с.
7. Обобщенный доклад МГЭИК об изменении климата. - Женева, 2001. - 220 с.

## ГЛАВА 4. АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

Агроклиматические условия в республике благоприятны для возделывания культур умеренного пояса и тропической группы, в частности, хлопчатника. Однако для нормального созревания урожая в северных районах тепла не всегда достаточно. Неблагоприятные погодные условия (поздние весенние и ранние осенние заморозки, высокие температуры и др.), загрязнение окружающей среды и мелиоративная обстановка в ряде районов являются факторами, ограничивающими полное использование агроклиматических и земельных ресурсов.

Агроклиматические ресурсы территории оцениваются, исходя из потребностей возделываемых сельскохозяйственных культур в основных факторах жизнедеятельности: тепло и влага.

При оценке агроклиматического потенциала территории для поливной зоны используются показатели тепловых ресурсов, поскольку оптимальная влагообеспеченность посевов обеспечивается за счет поливов.

При оценке термических ресурсов территории используются даты перехода средней суточной температуры воздуха через определенные пределы (обычно это 5°, 10°, 12° и 15°C), суммы положительных или эффективных температур выше этих пределов. Выбор этих значений температур связан с активной вегетацией естественной пастбищной растительности и возделываемых на полях республики сельскохозяйственных культур.

Эфемеры и эфемероиды на пастбищах пустынной и полупустынной зоны начинают вегетацию при переходе средней суточной температуры воздуха через +5°C весной в сторону повышения. В этот же период начинается активная вегетация зерновых, люцерны, а также большинства плодовых культур. Более теплолюбивые полукустарники в естественных фитоценозах начинают вегетацию при переходе средней суточной температуры воздуха через +10° весной, что совпадает с началом сева хлопчатника и кукурузы. Наиболее теплолюбивые культуры – бахчевые – сеют в более поздние сроки при устойчивом переходе температуры воздуха через 12° и 15°C. Обычно в поливной зоне продолжительность периода между датами устойчивого перехода средних суточных температур воздуха через определенные пределы свидетельствует о продолжительности периода вегетации для данной культуры.

Установлено, что прохождение растениями фенологических фаз развития и всего периода вегетации может характеризоваться суммами эффективных температур выше биологического минимума. Для хлопчатника этот минимум составляет 10-12°C. Суммы эффективных температур для орошаемой зоны республики значительны (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Суммы эффективных температур воздуха за период со средней суточной температурой воздуха выше 5°, 10°, 12° и 15°C

Станция	$\Sigma t_{эфф}$ выше				Станция	$\Sigma t_{эфф}$ выше			
	5°C	10°C	12°C	15°C		5°C	10°C	12°C	15°C
Республика Каракалпакстан					Джизакский вилоят				
Кунград	3090	2050	1685	1190	Джизак	3725	2505	2080	1490
Нукус	3190	2305	1925	1400	Галляарал	3215	2075	1685	1165
Навоийский вилоят					Сырдарьинский вилоят				
Нурата	3535	2355	1945	1405	Сырдарья	3370	2190	1770	1215
Навои	3735	2505	2075	1500	Янгиер	3885	2640	2200	1605
Ташкентский вилоят					Ферганский вилоят				
Каунчи	3490	2290	2070	1310	Федченко	3560	2405	1935	1355
Дальверзин	3630	2400	1960	1380	Фергана	3590	2345	1905	1345
Хорезмский вилоят					Самаркандский вилоят				
Ургенч	3505	2385	1990	1455	Каттакурган	3705	2490	2085	1500
Хива	3450	2320	1920	1410	Самарканд	3325	2125	1715	1175
Наманганский вилоят					Кашкадарьинский вилоят				
Наманган	3695	2490	2045	1470	Шахрисабз	3990	2030	2205	1590
Пап	3685	2445	2045	1415	Карши	4175	2880	2430	1820
Андижанский вилоят					Сурхандарьинский вилоят				
Андижан	3625	2420	2095	1420	Шерабад	4840	3375	2870	2290
Савай	3220	2080	1665	1205	Термез	4380	3045	2560	1905
Бухарский вилоят									
Бухара	3655	2550	2110	1560					
Каракуль	3955	2720	2280	1690					

Величины сумм эффективных температур выше 5°C изменяются от 3090°C на севере до 4840°C на юге, вариабельность сумм эффективных температур выше 10°, 12° и 15°C также достаточно высока и составляет соответственно 2050-3375°, 1685-2870°, 1190-2290°C.

В условиях орошаемого земледелия, когда оптимальная влагообеспеченность поддерживается поливами, тепловые ресурсы определяют зоны возделывания каждой культуры, исходя из ее потребностей. Риск возделывания сельскохозяйственной культуры тем ниже, чем выше обеспеченность необходимой для полного

вызревания растений суммы эффективных температур (табл. 4.2). При 100% обеспеченности вызревание отмечается ежегодно, при 10% – 1 раз в 10 лет. Знание потребностей возделываемой культуры в тепле и обеспеченности данной местности этим агроклиматическим ресурсом позволяет наиболее полно их использовать и выращивать наиболее продуктивный по скороспелости сорт.

Таблица 4.2

Обеспеченность сумм эффективных температур воздуха выше 5°, 10°, 12° и 15 °С в зависимости от многолетней средней

Средняя многолетняя $\Sigma_{эфф}$ , °С	$\Sigma_{эфф}$ с обеспеченностью, %										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	выше 5°С										
3300	3580	3480	3420	3375	3335	3300	3270	3235	3185	3130	3000
3500	3740	3650	3595	3555	3530	3500	3485	3465	3430	3325	3200
3600	3935	3775	3695	3665	3635	3600	3580	3550	3515	3425	3250
3700	3975	3870	3790	3755	3735	3700	3685	3660	3610	3500	3340
3800	4035	3965	3915	3875	3840	3800	3785	3750	3675	3570	3465
3900	4150	4075	4020	3970	3935	3900	3870	3825	3775	3720	3630
4100	4370	4280	4220	4180	4145	4100	4075	4040	4000	3900	3735
4200	4500	4390	4320	4270	4230	4200	4170	4130	4080	4025	3840
4400	4700	4615	4535	4460	4420	4400	4365	4335	4290	4205	4050
4600	4900	4840	4750	4650	4610	4600	4560	4535	4500	4405	4295
	выше 10°С										
2200	2535	2360	2315	2280	2240	2200	2165	2125	2075	2000	1850
2400	2600	2525	2475	2450	2425	2400	2380	2355	2310	2225	2135
2500	2775	2640	2595	2565	2535	2500	2480	2450	2400	2295	2165
2700	2925	2865	2820	2780	2745	2700	2665	2620	2570	2510	2450
2900	3150	3100	3050	2990	2935	2900	2870	2835	2865	2675	2575
3100	3375	3250	3205	3165	3130	3100	3075	3040	3000	2900	2850
3400	3700	3615	3510	3435	3410	3400	3370	3345	3300	3210	3120
	выше 12°С										
1800	2080	1950	1890	1860	1830	1800	1775	1740	1690	1625	1520
1900	2190	2025	1990	1960	1935	1900	1880	1855	1820	1725	1640
2000	2300	2140	2090	2065	2040	2000	1975	1950	1910	1820	1700
2100	2300	2250	2220	2180	2145	2100	2080	2050	1990	1900	1800
2400	2625	2580	2545	2500	2450	2400	2370	2330	2265	2180	2100
2500	2760	2625	2580	2550	2525	2500	2480	2450	2420	2370	2160
	выше 15°С										
1300	1485	1430	1390	1355	1330	1300	1270	1240	1205	1160	1040
1400	1550	1520	1485	1460	1430	1400	1385	1355	1310	1250	1170
1500	1745	1630	1585	1560	1530	1500	1480	1450	1415	1330	1195
1700	1885	1845	1815	1780	1750	1700	1675	1635	1585	1500	1400
1900	2130	2070	2015	1975	1940	1900	1880	1840	1790	1710	1590
2000	2230	2170	2115	2080	2045	2000	1980	1945	1900	1820	1720

#### 4.1. Оценка текущих изменений агроклиматических показателей

В связи с изменением климата резервом повышения продуктивности земледелия и отгонно-пастбищного животноводства является рациональное использование климатических ресурсов территории. Потепление климата в Узбекистане происходит быстрыми темпами, что, естественно, вызывает изменение агроклиматических ресурсов, особенно теплообеспеченности. Показатели теплообеспеченности, рассчитанные за последние 30 лет, отличаются от значений, приведенных в справочниках и работах по агроклиматическим ресурсам [1, 2, 4 и др.].

В настоящее время встает вопрос об оценке изменений агроклиматических показателей на будущее. Объективные оценки ожидаемых изменений по территории позволят выполнить анализ уязвимости сельскохозяйственного производства и определить адаптационные мероприятия для каждого вилоята республики, опираясь на данные климатических сценариев.

В Узбекистане за начало и конец вегетационного периода для многих культур принимается устойчивый переход среднесуточной температуры через 5°С весной и осенью. За дату устойчивого перехода температуры воздуха (через 0°, 5°, 10°, 15°, 17°С), например, осенью принимается первый день периода, сумма отрицательных отклонений которого по абсолютной величине превышает сумму положительных отклонений любого из последующих периодов с такими отклонениями [3]. Определение дат устойчивого перехода производится вручную, что не исключает субъективного подхода.

В работе [7] предлагается для анализа климатических изменений вычислять агроклиматические показатели с применением автоматизированного способа с использованием данных наблюдений о среднемесячной температуре воздуха метеорологических станций. Другой важной задачей работы [7] была оценка изменений агроклиматических условий с использованием международных индексов, которые рекомендуются в [10], чтобы обеспечить сравнение изменений различных климатических показателей по регионам мира. На-

пример, индекс  $GD4$  – это сумма температур вегетационного периода (*Growing degree days*), вычисляется как сумма среднесуточных температур за дни, когда она была выше  $4^{\circ}\text{C}$ . Если  $TG_{ij}$  – среднесуточная температура воздуха  $i$ -того дня  $j$ -того периода, тогда сумма среднесуточных температур за дни, в которые она была выше  $4^{\circ}\text{C}$ , будет:

$$GD4_j = \sum_{i=1}^I (TG_{ij} | TG_{ij} > 4^{\circ}\text{C}). \quad (4.1)$$

Этот индекс является аналогом используемого в Узбекистане показателя сумм эффективных температур за период между устойчивыми переходами среднесуточной температуры воздуха через заданные пределы (выше 4, 5,  $10^{\circ}\text{C}$  и др.).

В качестве международного индекса, характеризующего продолжительность вегетационного периода (*GSL – Growing season length*) используют число дней в году, когда среднесуточная температура воздуха отвечала следующим условиям. Если  $TG_{ij}$  – среднесуточная температура воздуха  $i$ -того дня  $j$ -того периода, тогда вычисленное значение – это число дней между первым переходом среднесуточной температуры через  $5^{\circ}\text{C}$  в течение 6 последовательных дней до 1 июля ( $TG_{ij} > 5^{\circ}\text{C}$ ) и первым появлением  $TG_{ij} < 5^{\circ}\text{C}$  в течение 6 последовательных дней во второй половине года.

В работе [7] было оценено качество автоматизированной методики расчета, сопоставлены тенденции изменений отдельных агроклиматических показателей, вычисленных по разным методикам, включая сравнение с аналогичными международными индексами, вычисленными по ежедневным данным за период с 1961 по 2002 год и рассчитаны коэффициенты корреляции, анализ которых показывает достаточно хорошие связи вычисленных и наблюдаемых (Агрометеорологический ежегодник) величин.

Например, наилучшее соответствие между вычисленными и наблюдаемыми величинами отмечается для сумм эффективных температур, значения коэффициентов корреляции для большинства станций близки к 0,9, а кривые вычисленных и наблюдаемых значений практически совпадают (рис. 4.1-4.2), при этом оценки показывают тенденцию к увеличению сумм эффективных температур по абсолютному большинству станций Узбекистана.

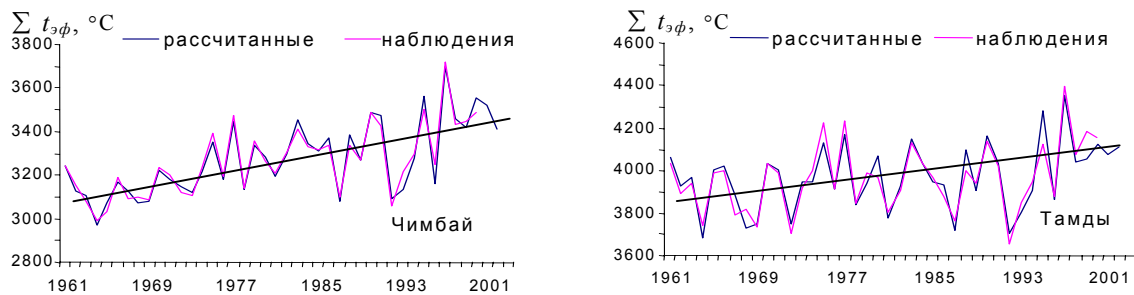


Рис. 4.1. Рассчитанные и наблюдаемые значения сумм эффективных температур ( $\sum t_{эф}$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ) выше  $5^{\circ}\text{C}$  для отдельных станций Узбекистана.

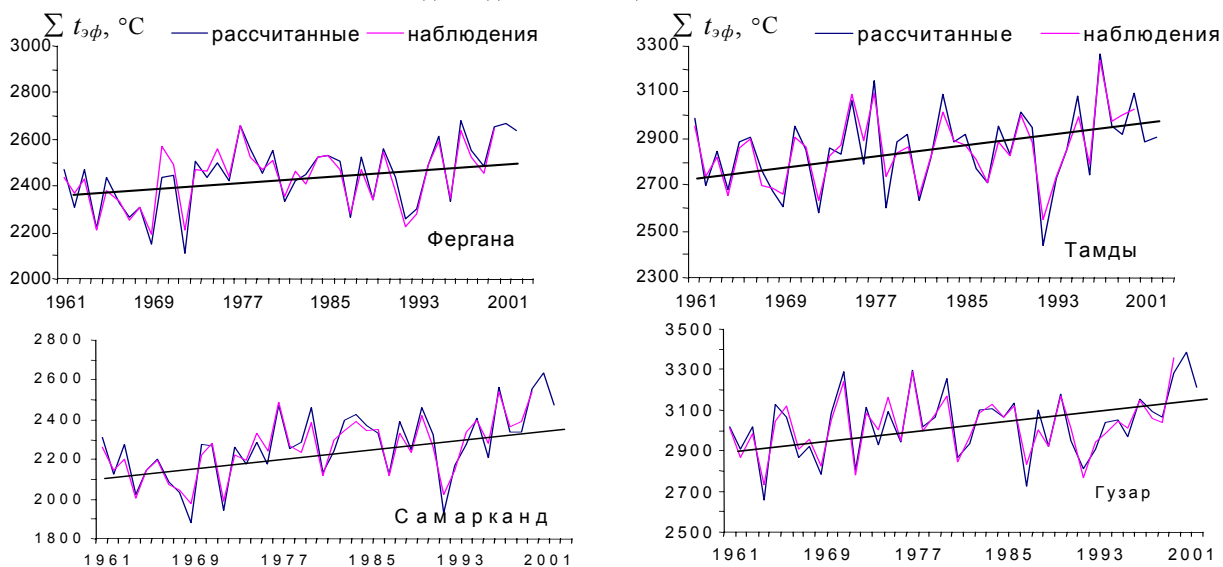


Рис. 4.2. Вычисленные и наблюдаемые значения сумм эффективных температур ( $\sum t_{эф}$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ) выше  $10^{\circ}\text{C}$  для отдельных станций Узбекистана.

Таким образом, используя предложенный в работе [7] автоматизированный способ расчета, можно достаточно точно вычислить агрометеорологические характеристики теплообеспеченности сельскохозяйст-



венных культур – суммы эффективных температур воздуха, с несколько меньшей точностью – даты устойчивых переходов и соответствующие продолжительности периодов между ними, как для текущего периода, так и для условий климатических сценариев.

В работе [7] было выполнено сравнение рассчитанных и наблюдаемых агроклиматических показателей с международными индексами (*GD4* и *GSL*), вычисленными по ежедневным данным на примере отдельных станций. Для всех рассмотренных станций, расположенных в различных районах республики (Чимбай, Кунград, Тамды, Бухара, Термез, Фергана, Ташкент, Пскем), прослеживается синхронность колебаний индекса *GSL* и продолжительности периода между датами устойчивого перехода через 5°C. На всех станциях отмечены положительные тренды.

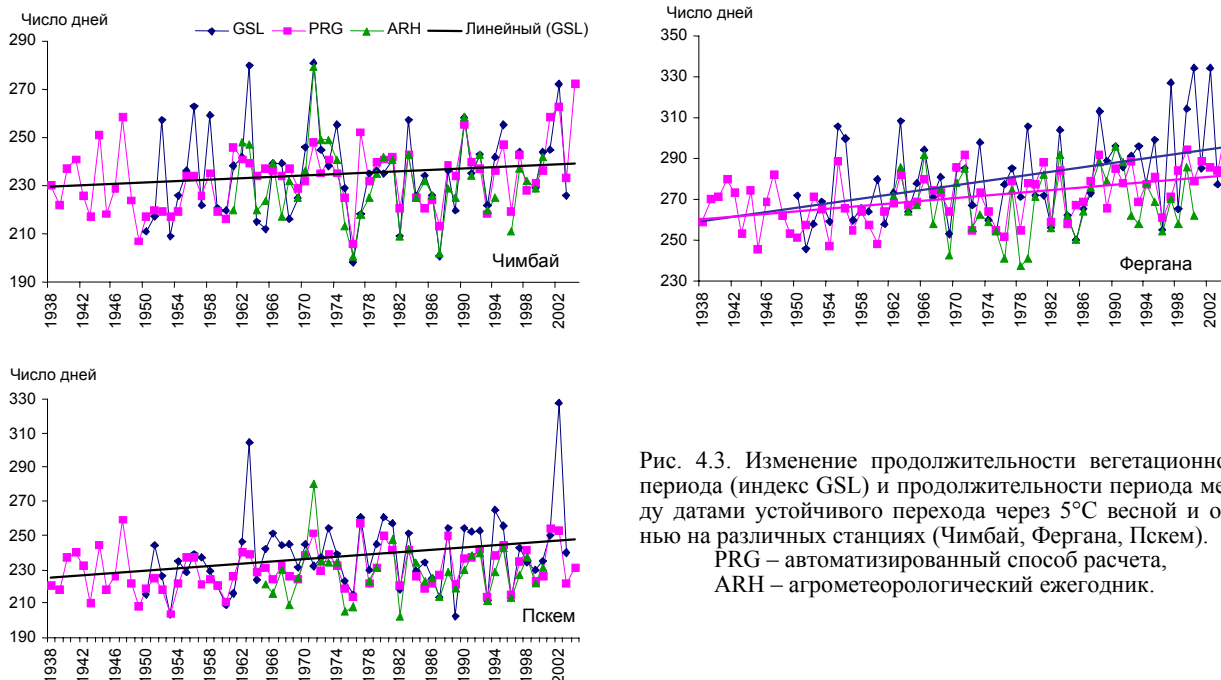


Рис. 4.3. Изменение продолжительности вегетационного периода (индекс *GSL*) и продолжительности периода между датами устойчивого перехода через 5°C весной и осенью на различных станциях (Чимбай, Фергана, Пскем). PRG – автоматизированный способ расчета, ARH – агрометеорологический ежегодник.

Анализ рис. 4.3 показывает высокую синхронность изменений продолжительности вегетационного периода, определенного разными способами. Однако следует отметить следующую особенность. Индекс *GSL* показывает больший размах колебаний и иногда более сильные тенденции изменений. Особенно это заметно для станции Фергана.

Показатели, характеризующие продолжительность вегетационного периода, имеют большую дисперсию. Большая дисперсия определяется изменчивостью дат устойчивых переходов весной и осенью через 5°C, а для индекса *GSL* – изменчивостью первой даты, когда в течение 6 последовательных дней среднесуточная температура была выше или ниже 5°C. В этом случае за начало или конец вегетационного периода может быть принято отдельное потепление или холодное вторжение, длительностью 6 дней и более.

Анализ изменений дат устойчивых переходов среднесуточной температуры воздуха через 0° и 5°C *весной*, проведенный в работе [7] показал, что по всей территории Узбекистана существенных изменений не наблюдается, на отдельных станциях отмечаются небольшие разнонаправленные тенденции, такие как смещение средних дат перехода в сторону зимы, так и в сторону лета.

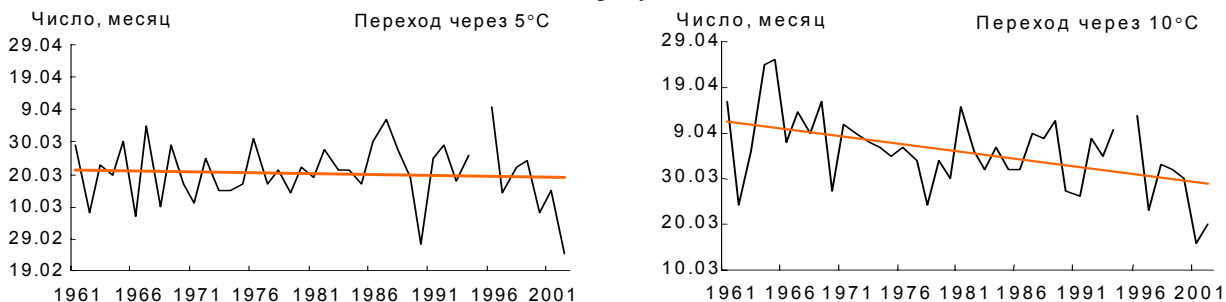


Рис. 4.4. Изменение дат устойчивых переходов через 5° и 10°C на станции Чимбай.

Весенние даты устойчивых переходов среднесуточной температуры воздуха через 10° и 15°C на станциях, расположенных на севере Узбекистана, начинают реагировать на потепление: наблюдается смещение

дат устойчивых переходов в сторону зимы (рис. 4.4). Определенный вклад в изменение дат устойчивых переходов на станциях Приаралья может вносить сокращение площади водной поверхности Аральского моря за счет уменьшения охлаждающего влияния в весенний период и тепляющего в осенний период.

Сравнение трендов дат устойчивых переходов весной с трендами среднемесячных температур воздуха показало, что в тех районах республики, где средние даты перехода через 10° и 15°C отмечаются в марте (тенденции к потеплению в этом месяце практически отсутствуют), наблюдаются разнонаправленные, незначительные трендовые изменения в датах устойчивых переходов, то есть на некоторых станциях даты переходов среднесуточной температуры воздуха через 10° и 15°C незначительно смещаются в сторону зимы, на других станциях – в сторону лета.

Такую особенность, как отсутствие тенденций к потеплению в ранние весенние месяцы и в наблюдаемых изменениях дат устойчивых переходов, можно объяснить следующим. Согласно имеющимся публикациям потепление увеличивает энергоемкость и влагоемкость атмосферы и, следовательно, может влиять на атмосферную циркуляцию. Более теплыми становятся осень и начало зимы, а весна сдвигается и остается относительно холодной, то есть наблюдается сдвигка сезонов по типу морского климата, что подтверждается данными работы [6] о смягчении континентальности климата в Узбекистане.

В соответствии с тенденциями потепления даты устойчивых переходов среднесуточной температуры через 0°, 5°, 10°, 15°C *осенью* практически на всех станциях смещаются в сторону зимы, что согласуется с выводами о наиболее значимых величинах потепления в осенний сезон по всей территории Узбекистана [5].

Рассмотрим изменение теплообеспеченности территории республики с использованием более объективного критерия – климатического индекса  $GD4$  [7]. Результаты оценки изменений расчета индекса  $GD4$  представлены в виде графиков на рис. 4.5-4.6. Анализ трендов рассчитанного индекса показывает, что на всех рассмотренных станциях прослеживается четкая тенденция к увеличению сумм среднесуточных температур выше 4°C и высокая синхронность межгодовых колебаний рассчитанного индекса.

На плато Устюрт (станции Каракалпакия и Жаслык) и в центральных районах пустыни Кызылкум, где отсутствуют локальные влияния на климат, тренды практически параллельны. В низовьях Амударьи на отдельных станциях вследствие отступления Аральского моря и влияния орошаемых массивов тренды несколько отличаются. Возможно, более интенсивное увеличение рассчитанного индекса объясняется влиянием локальных антропогенных факторов на температуру окружающей среды.

Наименьшие изменения отмечаются на горных и отдельных предгорных станциях (Джизак, Богарное), наибольшие – на станциях Ферганской долины, а также в Ташкенте, Сырдарье, Самарканде и Навои.

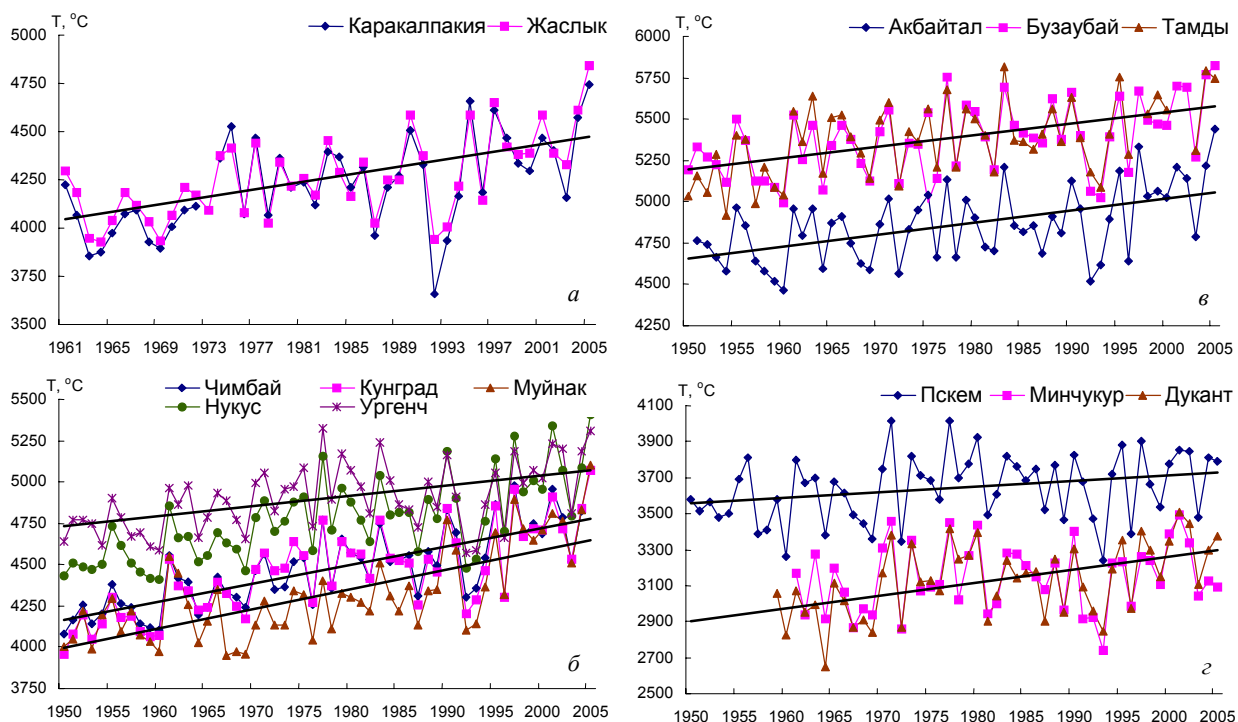


Рис. 4.5. Изменение сумм среднесуточных температур выше 4°C (индекс  $GD4$ ) для различных станций Узбекистана.

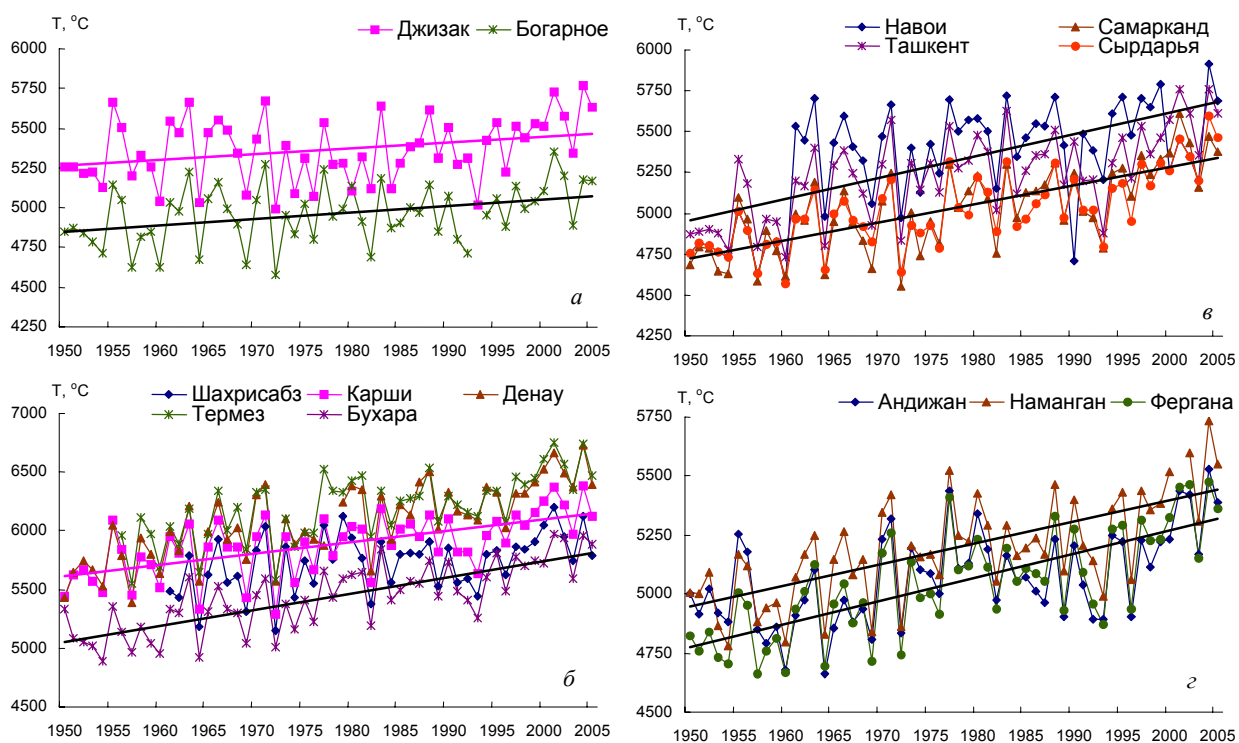


Рис. 4.6. Изменение сумм среднесуточных температур выше 4°C (индекс *GD4*) для различных станций Узбекистана.

#### Оценка основных агроклиматических показателей в соответствии с климатическими сценариями

Оценка основных агроклиматических показателей на будущие периоды в соответствии с климатическими сценариями [8] будет полезна для планирования размещения сельскохозяйственных культур с учетом изменения климата. Для этих целей необходимо рассчитать основные агроклиматические показатели для базового климатического периода и для периодов, на которые построены сценарии климатических изменений. Отдельной задачей является отображение по территории текущего состояния основных агрометеорологических показателей и их ожидаемых изменений, то есть построение карт по территории Узбекистана. Для выполнения поставленных задач в работах [7, 9] выполнено следующее:

- вычислены значения агроклиматических показателей на основе данных статистической интерпретации результатов глобальных климатических моделей для территории Узбекистана (см. раздел 1.3);
- построены карты вычисленных агроклиматических показателей для условий сценариев.

Для оценки были выбраны основные агроклиматические показатели, которые используются в Узбекистане и которые представляется возможным рассчитать по данным климатических сценариев. В республике проведено много исследований по оценке агроклиматических ресурсов [1-4 и др.]. Оценка агроклиматических ресурсов территории складывается, в основном, из оценки ресурсов тепла и влаги. Начало вегетации и развитие сельскохозяйственных культур связывают с датами устойчивых переходов среднесуточных температур воздуха через определенные пределы. Например, весенний прирост пастбищных трав, возобновление вегетации люцерны, ранних зерновых и большинства плодовых и ряда других культур начинается с устойчивым переходом температуры воздуха через 5°C. После устойчивого перехода через 10-12°C создаются условия, благоприятные для посевов теплолюбивых культур (хлопчатника, риса и других культур). От продолжительности вегетационного периода и сумм эффективных температур выше определенных пределов зависит рост и развитие всех сельскохозяйственных культур, степень их вызревания и урожайность, а также возможность повторных посевов. Для каждой культуры имеются свои биологические минимумы по условиям тепло- и влагообеспеченности. Эти условия характеризуются как средними значениями агроклиматических показателей, так и данными об их вероятностной структуре, и информацией о неблагоприятных для сельскохозяйственных культур метеорологических явлениях (глава 2).

Для характеристики увлажнения территории можно использовать гидротермический коэффициент (ГТК) Селянова – отношение суммы осадков за период с температурой выше 10°C к испарению за этот же период года (предполагается, что расход влаги на испарение в теплые месяцы года приблизительно равен сумме положительных температур с коэффициентом 0,1). Например, были установлены связи между ГТК и влагообеспеченностью богарных посевов, урожайностью естественных пастбищ [1-2 и др.].

Оценка изменений агроклиматических показателей в работе [9] выполнена для 50 станций Узбекистана по климатическим сценариям к 2030, 2050 и 2080 годам в соответствии со сценариями выбросов парниковых газов А2 и В2 [8].

**Даты устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 5°, 10° и 15°C весной и осенью.** Ожидаемые изменения (смещение в сторону зимы относительно базовой нормы 1961-1990 годы) дат устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 5°C весной для сценариев А2 и В2 представлены в табл. 4.3. Следует отметить низкую межсценарную изменчивость вычисленных изменений на ближнесрочную перспективу (к 2030 году) как весной, так и осенью. Более существенные различия между сценариями А2 и В2 возможны только к 2080 году.

Таблица 4.3

Ожидаемые изменения (смещение в сторону зимы относительно базовой нормы, дни) дат устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха весной через 5° и 10°C для станций Узбекистана

Станция	5°C						10°C					
	изменения к 2030 году		изменения к 2050 году		изменения к 2080 году		изменения к 2030 году		изменения к 2050 году		изменения к 2080 году	
	A2	B2	A2	B2	A2	B2	A2	B2	A2	B2	A2	B2
Жаслык	4	4	7	6	12	9	4	4	8	7	14	11
Каракалпакия	4	4	6	5	10	8	5	5	8	6	14	11
Чимбай	4	4	11	6	16	12	7	8	10	11	17	14
Ургенч	5	5	9	7	15	11	6	7	9	10	16	14
Акбайтал	8	8	12	10	18	13	6	7	9	9	16	13
Тамды	6	6	10	9	19	13	5	6	8	9	16	13
Самарканд	12	12	22	18	53	38	5	7	10	11	22	16
Бухара	9	10	17	15	48	28	4	6	8	10	19	14
Карши	14	17	28	28	43	41	4	6	9	11	23	18
Термез	18	22	34	34	-	-	5	7	10	11	19	16
Ташкент	10	11	21	21	42	40	5	9	12	14	28	22
Фергана	7	8	13	12	37	23	4	6	7	9	15	13

Анализ полученных результатов показал, что в ближнесрочной перспективе в северных и центральных равнинных районах Узбекистана смещение дат устойчивых переходов осенью происходит более интенсивно, чем весной, что соответствует происходящим в настоящее время темпам потепления в различных сезонах года. Однако, несмотря на интенсивное потепление, ожидаемое по всем сценариям, весенний и осенний режимы погоды в этих районах меняются слабо – даже к 2050 году возможна сдвигка устойчивых переходов через 5°C не более чем на 10-12 дней.

В южных и отдельных центральных районах смещение дат устойчивого перехода происходит более интенсивно (на 20 и более дней), но лимитируется концом или началом года, поэтому дальнейшего смещения дат не наблюдается. Например, весной для Термеза смещение дат в сторону зимы более чем на 34 дня уже невозможно. Для многих южных станций Узбекистана уже к 2050 году возможно отсутствие устойчивого перехода через 5°C (устойчивый переход будет отмечаться менее чем в 50% случаев).

Аналогично происходит смещение дат устойчивого перехода через 10° и 15°C в весенний период: менее интенсивно в северных и центральных районах, более интенсивно в южных районах. Это указывает на то, что по условиям весеннего периода северная и центральная части Узбекистана остаются зоной рискованного земледелия. Смещение осенних дат устойчивых переходов среднесуточных температур воздуха через 10° и 15°C в сторону зимы в ближнесрочной перспективе будет происходить более равномерно по территории республики (табл. 4.3).

**Продолжительности периодов с температурами выше 5°, 10° и 15°C.** В соответствии с изменением дат устойчивых переходов ожидается соответствующее изменение продолжительностей периодов между ними. Для станций Узбекистана, характеризующих различные его территории, в табл. 4.4 представлены изменения продолжительностей периодов между устойчивым переходом через 10°C, рассчитанные в соответствии с различными климатическими сценариями. Анализ данных, представленных в таблице, показывает, что различия в ожидаемых изменениях на ближнесрочную и среднесрочную перспективы незначительны для всех сценариев, но к 2080 году сценарии А2 и В2 имеют четкие различия.

Увеличение продолжительности периодов между датами устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 5°, 10° и 15°C происходит по территории неравномерно. В северных и центральных равнинных районах Узбекистана увеличение периода между устойчивыми переходами через 5°C происходит менее интенсивно (на 10-14 дней), а в южных районах более интенсивно (более чем на 20 дней, в отдельных районах более чем на 30) даже на ближайшую перспективу (к 2030 году). Такая особенность объясняется тем, что даты переходов через 5°C весной и осенью выпадают на месяцы с сильными темпами потепления, а период с температурой выше 5°C на таких станциях около 300 дней, что соответствует ожидаемым по сценариям изменениям всего на 9-13%. Ожидаемые изменения по остальной территории в основном будут составлять 4-8% по всему диапазону сценариев.

Таблица 4.4

Ожидаемые изменения (отклонения от базовой нормы 1961-1990 годов, дни) продолжительности периода между устойчивыми датами перехода температуры воздуха через 10°C для станций Узбекистана

Станция	Изменения к 2030 году		Изменения к 2050 году		Изменения к 2080 году	
	A2	B2	A2	B2	A2	B2
Жаслык	7	7	13	12	24	19
Каракалпакия	7	8	12	10	23	18
Чимбай	10	12	16	16	28	22
Ургенч	10	11	16	16	28	23
Акбайтал	11	11	17	15	29	22
Тамды	10	11	16	16	33	22
Самарканд	10	13	19	20	46	33
Бухара	13	15	22	23	43	32
Карши	13	16	25	26	50	38
Термез	12	15	23	23	39	33
Ташкент	11	15	27	27	55	41
Фергана	9	12	20	21	38	29

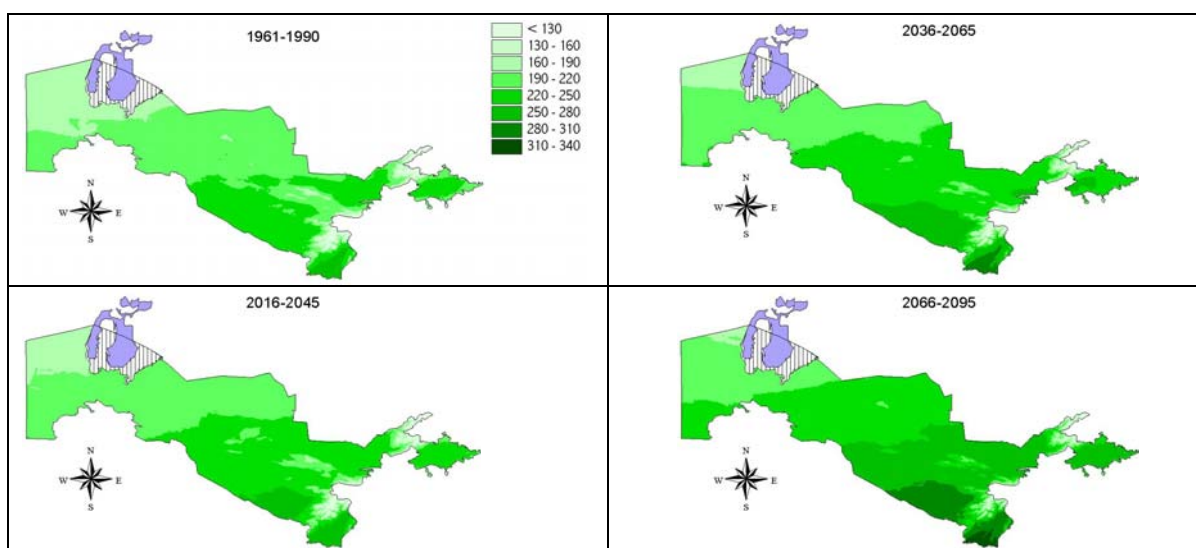


Рис. 4.7. Продолжительность периода (дни) между датами устойчивого перехода температуры воздуха через 10°C по территории Узбекистана в различные временные периоды в соответствии со сценарием A2.

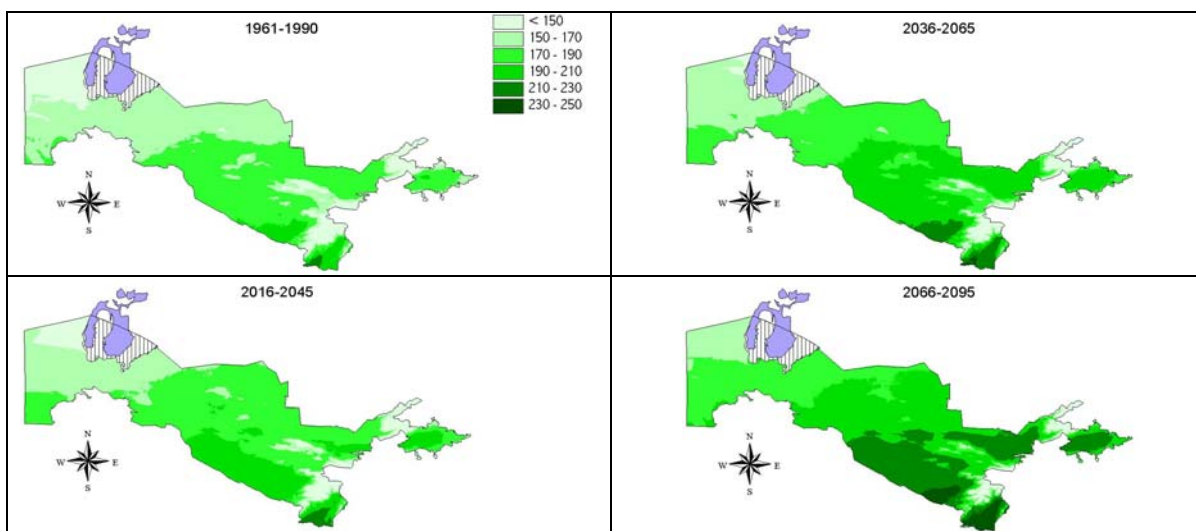


Рис. 4.8. Продолжительность периода (дни) между датами устойчивого перехода температуры воздуха через 15°C по территории Узбекистана в различные временные периоды в соответствии со сценарием A2.

К 2050 году увеличение периода с температурой выше 5°C составляет 13-18% относительно базовой нормы по южным и центральным районам и на 7-12% по северным районам Узбекистана. На долгосрочную перспективу (к 2080 году) по сценарию A2 ожидается увеличение на 11-15% по северным районам и на



26-31% по южным и центральным районам Узбекистана. По сценарию В2 возможно увеличение на 9-13% по северным районам и на 21-26% по южным и центральным районам. Увеличение продолжительности периода с температурой выше 10° и 15°С происходит аналогично, однако имеет следующую особенность. Отмечается резкое относительное увеличение периода с температурой выше 10° и 15°С на горных станциях по всем сценариям, поскольку эти станции характеризуются низкими значениями рассматриваемых показателей за базовый климатический период.

Ожидаемые продолжительности периодов между датами перехода через 10° и 15°С для сценариев эмиссии А2 представлены в виде карт на рис. 4.7-4.8.

Опираясь на проведенный анализ, можно заключить, что на ближнесрочную и среднесрочную перспективу различия в рассчитанных показателях для различных сценариев невелики, поэтому для практических целей можно рассматривать один сценарий, а на долгосрочную перспективу (к 2080 году) желательно рассматривать изменения по двум сценариям, например, А2 и В2 [8].

**Суммы эффективных температур (температуры выше 5°, 10° и 15°С).** Увеличение сумм температур воздуха выше 5°, 10° и 15°С происходит более равномерно по территории, чем изменение отдельных дат устойчивого перехода.

По всей территории Узбекистана (за исключением горных районов) к 2030 году ожидается увеличение сумм температур воздуха выше 5°С по сценарию А2 на 7-10%, по сценарию В2 на 10-15% относительно значений за базовый период. В горных районах в зависимости от высоты места ожидаемое увеличение может достигать 23% по сценарию А2 и 25% и более по сценарию В2. К 2050 году диапазон различий между сценариями уменьшается – наблюдается эффект пересечения сценариев. Практически по всей территории ожидаемое увеличение сумм температур воздуха выше 5°С согласно всему диапазону сценариев эмиссии составит 14-19% относительно базовой нормы. В горных районах, в зависимости от высоты места, ожидаемое увеличение может превышать 25-30%.

К 2080 году диапазон различий между сценариями снова увеличивается. Практически по всей территории ожидаемое увеличение сумм температур воздуха выше 5°С по сценариям группы В ожидается на 21-27% относительно базовой нормы, а в горных районах ожидаемое увеличение может превышать 35-40%. По сценариям группы А по равнинной территории ожидаемое повышение сумм температур выше 5°С составляет 24-30%, по горной территории максимальное расчетное превышение превышает 70% от базовой нормы. В высокогорной зоне Узбекистана ожидаемое увеличение, выраженное в процентах (%), является не показательным, так как период с устойчивым переходом выше 5°С в этой зоне является очень коротким, а на отдельных станциях практически отсутствуют.

Практически по всей территории к 2030 году ожидаемое увеличение сумм эффективных температур воздуха выше 10° согласно диапазону сценариев составит 7-13% относительно базовой нормы, в горных районах в зависимости от высоты места ожидаемое увеличение может превышать 20-30%. К 2050 году (за исключением горных районов) по всей территории Узбекистана ожидается увеличение сумм температур воздуха выше 10°С на 15-20%. К 2030 и к 2050 годам диапазон различий между сценарием А2 и В2 небольшой. К 2080 году диапазон различий между сценариями увеличивается. Практически по всей территории ожидаемое увеличение сумм температур воздуха выше 10°С по сценарию В2 ожидается на 24-29% относительно базовой нормы, по сценарию А2 – на 30-35%. Поскольку характер изменений зависит от географических особенностей, более удобно будет использовать карты ожидаемых по сценариям изменений (рис. 4.9-4.10).

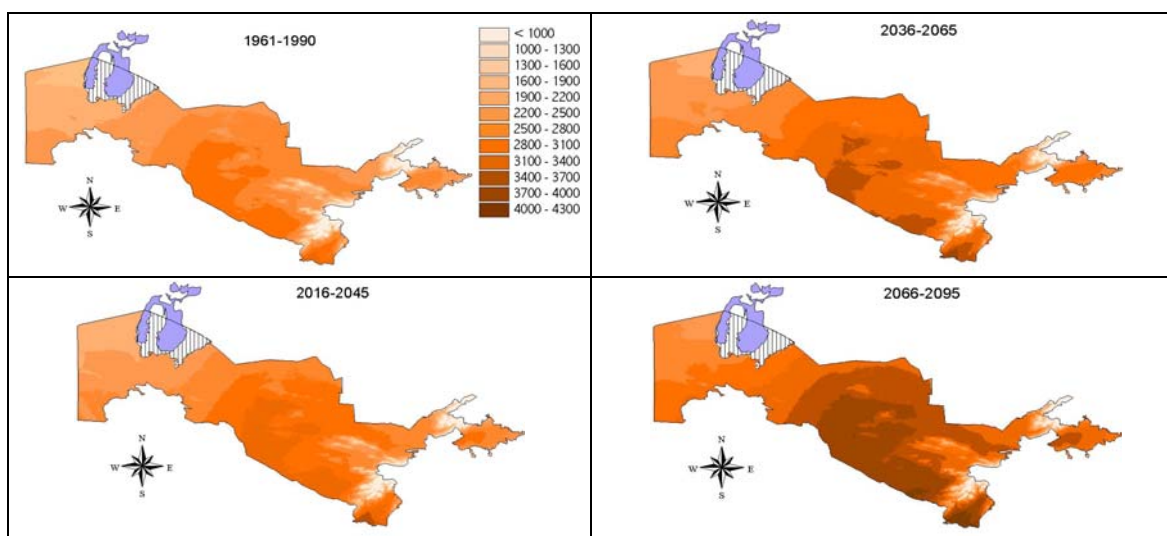


Рис. 4.9. Суммы эффективных температур воздуха выше 10°С по территории Узбекистана за базовый период (1961-1990 годы) и в различные временные периоды в соответствии со сценарием А2.



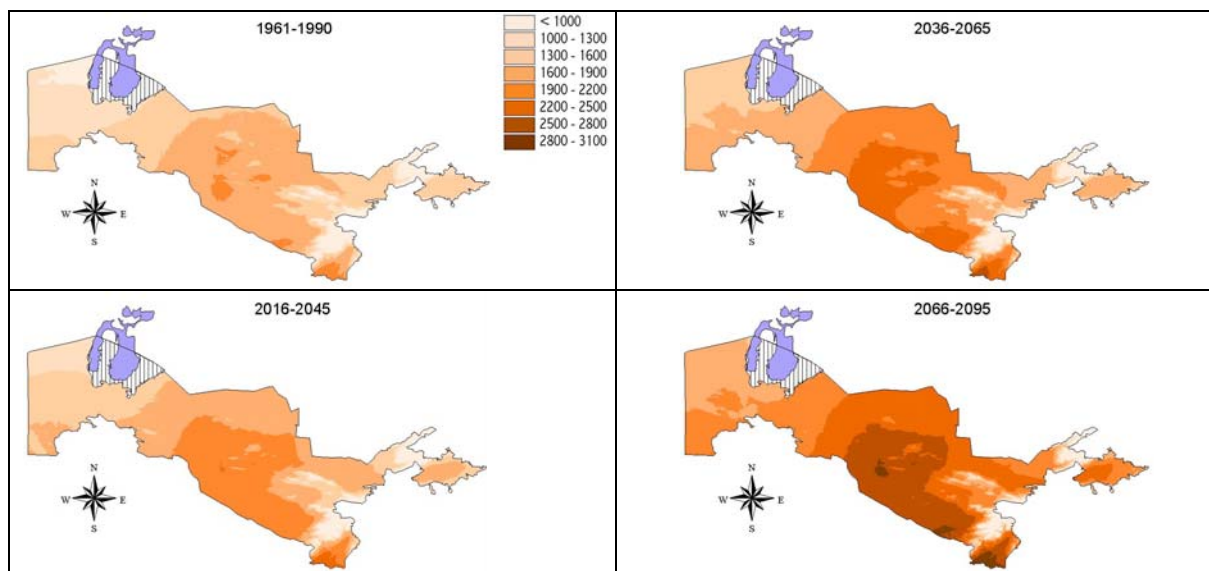


Рис. 4.10. Суммы эффективных температур воздуха выше 15°C по территории Узбекистана за базовый период (1961-1990 годы) и в различные временные периоды в соответствии со сценарием А2.

Относительное увеличение сумм температур выше 15°C в основном превышает относительное увеличение сумм температур выше 10°C (что является следствием разного климатического базиса, который также зависит от широты и высоты места над уровнем моря). На севере республики (станции Жаслык и Каракалпакия) относительное увеличение сумм температур выше 15°C уже к 2030 году составляет 24-33% по всем сценариям. Большое относительное увеличение наблюдается на всех горных станциях. По остальной территории республики диапазон увеличения составляет 10-15%, к 2050 годам диапазон увеличения составляет от 20-30%, а к 2080 году от 30 до 50% и более согласно всем сценариям. Характер изменений в зависимости от географических особенностей хорошо прослеживается на рис. 4.10.

Интенсивность нарастания эффективных температур воздуха влияет на время прохождения фаз развития растений. Для характеристики динамики развития растений в практике агрометеорологии используют суммы эффективных температур с нарастающим итогом.

В работе [9] были рассчитаны суммы эффективных температур выше 10° и 15°C с нарастающим итогом для 50 станций Узбекистана как для базового климатического периода, так и для условий климатических сценариев к 2030, 2050 и 2080 годам для сценариев эмиссии А2 и В2 с использованием кривой годового хода температуры, построенной по месячным данным [4]. На рис. 4.11 представлено изменение во времени сумм эффективных температур для станций Шерабад (юг) и Нукус (север) для различных климатических сценариев.

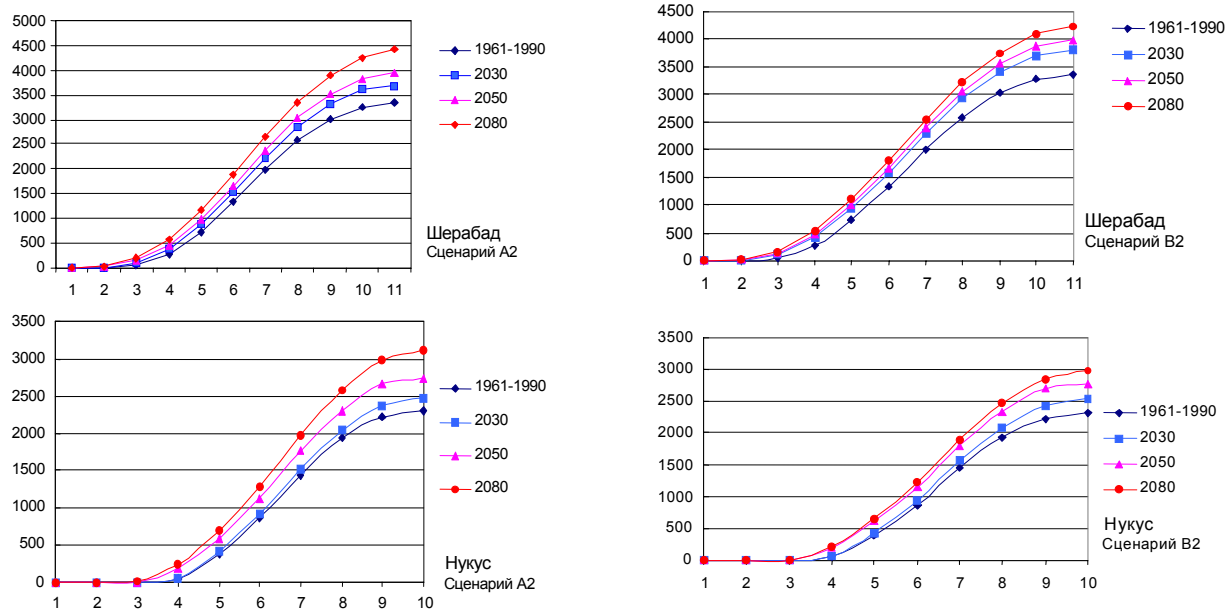


Рис. 4.11. Суммы эффективных температур выше 10°C с нарастающим итогом для станций Шерабад и Нукус.

**Годовые и сезонные суммы осадков.** В работах [8, 9] приводятся сценарии годовых сумм осадков (рис. 4.12), показано некоторое увеличение осадков, а именно, сокращение площади, где будут наблюдаться осадки менее 100 мм в год и увеличение площади территории, где годовая сумма осадков будет составлять 100-200 мм.

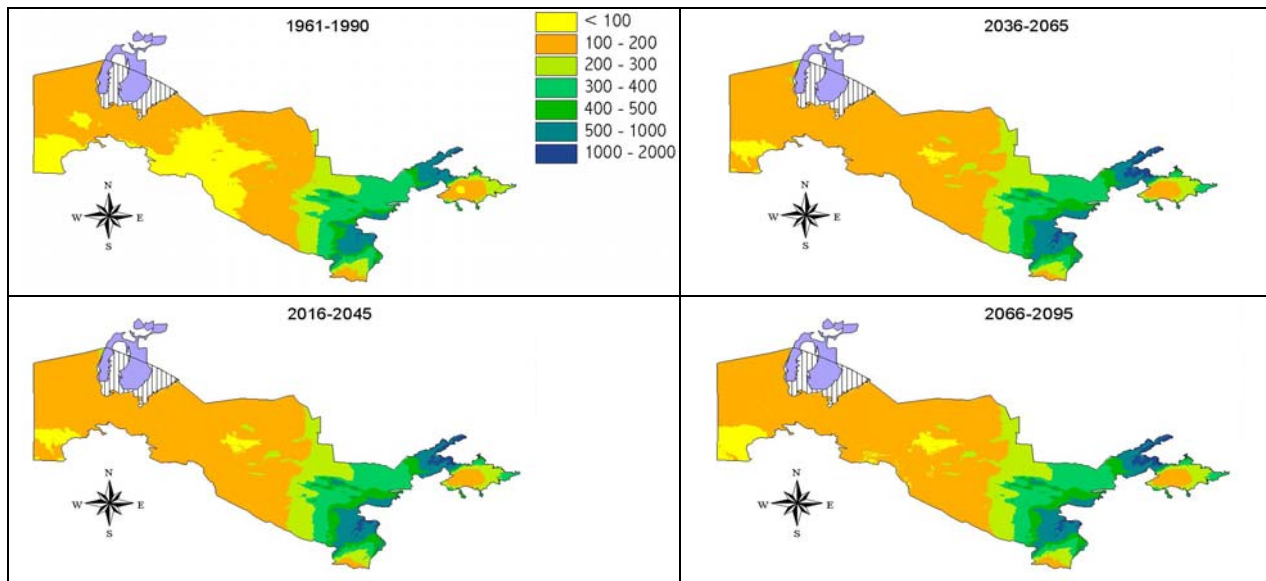


Рис. 4.12. Годовые суммы осадков за базовый период (1961-1990 годы) и в различные временные периоды в соответствии со сценарием А2.

Площадь, занятая градацией 200-300 мм, которая опоясывает зону предгорий, практически не меняется. Таким образом, вся равнинная часть Узбекистана, включая низкие предгорья, остается крайне засушливой территорией даже в случае увеличения осадков на 10-15% (ожидаемое в среднем по сценариям А2 и В2), поскольку текущий уровень увлажнения равнинной и предгорной части территории очень низкий (100-200 мм в год), то и в будущем его увеличение на 10-20 мм в год практического значения иметь не будет.

Наиболее интересна оценка изменений режима естественного увлажнения богарной зоны за различные периоды вегетации (периоды с температурой выше 5° и 10°С и др.). В качестве примера из работы [8] приводятся рассчитанные по климатическим сценариям ожидаемые изменения сумм осадков по предгорным и горным районам Ташкентского (рис. 4.13) и Сурхандарьинского (рис. 4.14) вилоятов. По всем сценариям ожидается увеличение осадков, что является положительным фактором, так как в принципе увеличивает увлажнение рассматриваемой территории.

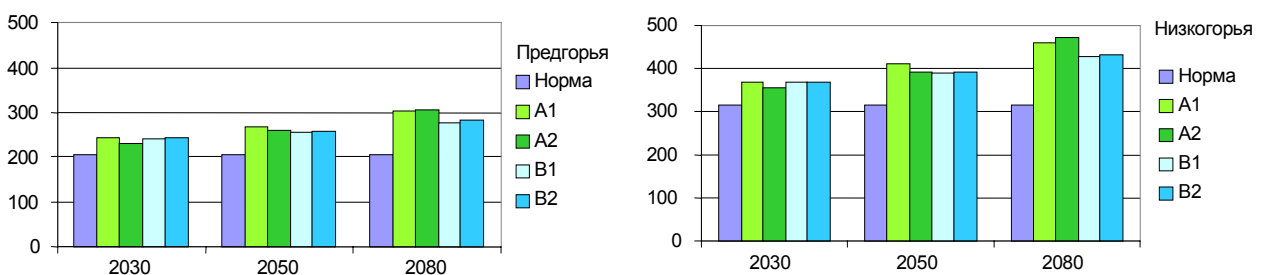


Рис. 4.13. Суммы осадков (мм) за период с температурой выше 5°С за базовый период (норма) и рассчитанные значения для условий климатических сценариев (Ташкентский вилоят).

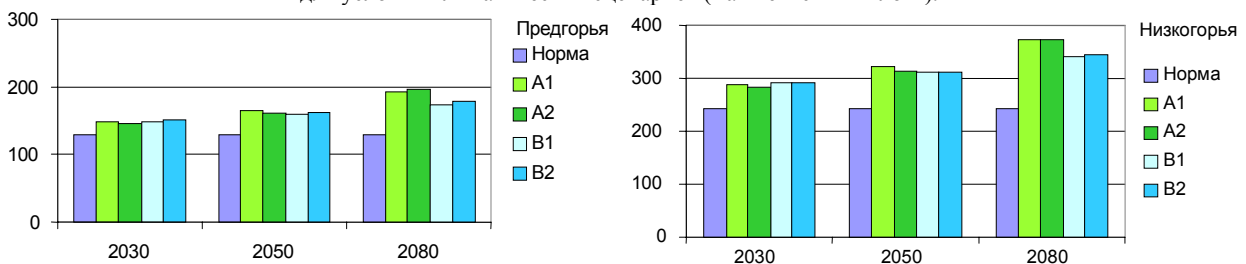


Рис. 4.14. Сумма осадков за период с температурой выше 10°С за базовый период (норма) и рассчитанные значения для условий климатических сценариев (Сурхандарьинский вилоят).

Однако, чтобы объективно оценить изменение влагообеспеченности в связи с изменением климата, необходимо рассмотреть изменение гидротермического коэффициента (ГТК), который является комплексным показателем и характеризует отношение суммы осадков к испарению за период со среднесуточной температурой выше 10°C.

Для проведения такой оценки в работе [8] по данным климатических сценариев были оценены гидротермические коэффициенты Селянинова по 50 станциям Узбекистана, которые представлены в табл. 4.5. Согласно имеющимся оценкам [1-2 и др.] богарные посевы зерновых колосовых культур обеспечены влагой менее чем в 50% случаях при ГТК < 0,25, а при ГТК > 0,50 – в 95% случаев и более, поэтому представленные в табл. 4.5 рассчитанные значения ГТК будут полезны для практических целей.

Таблица 4.5

Гидротермические коэффициенты Селянинова, рассчитанные для базового климатического периода и для условий климатических сценариев

Станции	Норма 1961-1990	Сценарий А2			Сценарий В2		
		2030	2050	2080	2030	2050	2080
Жаслык	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Каракалпакия	0,18	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Чимбай	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Ургенч	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08
Акбайтал	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Тамды	0,10	0,10	0,10	0,11	0,10	0,10	0,10
Самарканд	0,33	0,34	0,34	0,38	0,34	0,34	0,36
Бухара	0,11	0,12	0,12	0,13	0,12	0,12	0,13
Карши	0,19	0,21	0,23	0,24	0,21	0,23	0,23
Термез	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Ташкент	0,37	0,39	0,42	0,45	0,39	0,41	0,43
Фергана	0,19	0,19	0,19	0,20	0,19	0,19	0,19

Анализ полученных данных, позволяет сделать очень важный вывод: **режим увлажнения по равнинной территории Узбекистана в течение периода с температурой воздуха выше 10°C за счет атмосферных осадков в связи с изменением климата практически не меняется**, так как рассчитанные значения гидротермических коэффициентов стабильны во времени, независимо от варианта климатического сценария. Увеличение сумм осадков, ожидаемое в соответствии со сценариями, полностью компенсируется увеличением испарения.

Для станций, расположенных в предгорьях, прослеживается очень слабое увеличение гидротермического коэффициента. Следовательно, условия для богарного земледелия согласно всем сценариям не ухудшатся.

Таким образом, в связи с изменением климата, резервом повышения продуктивности земледелия и отгонно-пастбищного животноводства является рациональное использование климатических ресурсов территории. Потепление климата в Узбекистане происходит быстрыми темпами, что, естественно, вызывает изменение агроклиматических ресурсов. Быстрое изменение показателей теплообеспеченности сельскохозяйственных культур показало необходимость выполнения их оценки на будущее.

Оценка изменений показателей теплообеспеченности на будущее выполнена для 50 станций Узбекистана, что позволило выполнить оценку изменений агроклиматических показателей для различных районов республики и построить карты в соответствии со сценариями.

Режим увлажнения за счет атмосферных осадков по равнинной территории в теплый период года, в соответствии с принятыми сценариями, практически не меняется. Увеличение сумм осадков, ожидаемое в связи с повышением температур воздуха, полностью компенсируется увеличением испарения.

В связи с потеплением по всей территории Узбекистана возможно значительное увеличение термических ресурсов, например, сумм эффективных температур, что выражается в смещении современных климатических зон на север и появление на юге республики территорий с новыми климатическими условиями.

#### 4.2. Воздействие изменения климата на продуктивность основных сельскохозяйственных культур

На сельскохозяйственное производство и продуктивность посевов оказывают воздействие многочисленные факторы, среди которых основными являются: располагаемые водные ресурсы, режим орошения, мелиоративное состояние земель, агротехника возделывания и влияние метеорологических условий. Изменение / изменчивость климата, засухи и другие показатели, связанные с климатом экстремальные явления, оказывают прямое влияние на количество и качество сельскохозяйственной продукции и в ряде случаев влияют на них неблагоприятно, особенно в случаях, когда создание новых технологий, внедрение инноваций и их адаптация являются недостаточными для противодействия неблагоприятным влияниям изменяющихся условий окружающей среды.

Погода и климат являются одними из самых крупных факторов риска, воздействующих на продуктивность сельского хозяйства и управление им. Перспективным или оперативным решениям, которые принимаются в области управления сельским хозяйством, могут содействовать специализированные системы клима-

тических прогнозов или сценариев изменения климата, включая тематические варианты управления производством сельскохозяйственных культур, а также решения по поводу будущего использования сельскохозяйственных земель.

Известно, что Узбекистан является самой северной зоной возделывания хлопчатника в мире. Установлено, что даже в районах Узбекистана со 100% обеспеченностью необходимыми суммами эффективных температур отмечаются годы, когда ресурсов тепла не хватает для ежегодного созревания урожая хлопчатника, что вызвано неблагоприятными погодными условиями, ограничивающими использование имеющихся ресурсов тепла. Интенсивные осадки, выпадающие весной, часто носят ливневой характер, затрудняют проведение полевых работ и способствуют образованию почвенной корки. Появление всходов в этих случаях запаздывает, посеы иногда изреживаются, причем тем больше, чем интенсивнее осадки и чем плотнее и толще корка. Ее разрушение требует дополнительных затрат и повышает себестоимость получаемой продукции. В среднем многолетнем потери тепла из-за пересевов мало различаются по вилоятам и составляют 0,6-4,0%, в максимально неблагоприятные годы потери возрастают до 3,2-13,4%.

Максимальные потери тепловых ресурсов за счет внесения высоких доз удобрений сравнительно невысоки: от 2,9 до 6,2% от общих значений.

Отрицательное воздействие на рост и развитие хлопчатника оказывают температуры воздуха выше 39°C, так называемые «балластные». Они приводят к опадению плодовых элементов хлопчатника. Потери тепла из-за действия балластных температур особенно велики в южных районах зоны возделывания хлопчатника, где они составляют в среднем многолетнем 17,7-18,6%, максимальные потери достигают 26,7-35,4%.

Общие потери тепловых ресурсов при выращивании хлопчатника в течение вегетационного периода из-за неблагоприятных погодных условий и производственных факторов, связанных с технологией возделывания, представлены в табл. 4.6. До четверти имеющихся ресурсов тепла теряются в Кашкадарьинском вилояте, наименьшие потери тепла отмечаются в Андижанском и Самаркандском вилоятах – 8,7-9,5% [2, 6]

Таблица 4.6

Потери ресурсов тепла за счет неблагоприятных погодных условий и высоких доз азотных удобрений [2]

Республика, вилоят	Потери от имеющихся ресурсов, %	Республика, вилоят	Потери от имеющихся ресурсов, %
Каракалпакстан	16,2	Сырдарьинский	10,5
Хорезмский	13,6	Джизакский	10,5
Наманганский	10,5	Самаркандский	9,5
Андижанский	8,7	Бухарский	13,1
Ферганский	10,1	Кашкадарьинский	24,4
Ташкентский	12,3	Сурхандарьинский	22,8

Оценивая степень благоприятности тепловых ресурсов для возделывания хлопчатника, необходимо рассматривать все периоды вегетации. Очень важен период от раскрытия первых коробочек до осенних заморозков, его продолжительность и обеспеченность тепловыми ресурсами, которые способствуют вызреванию сформированного урожая, получению высококачественного хлопкового волокна. Для раннего срока посева хлопчатника (1 апреля) рассчитаны значения коэффициента использования термических ресурсов периода созревания урожая, а именно, отношение имеющихся ресурсов тепла к необходимым для вызревания сформированного количества коробочек (КИТР) [4, 6]. Значения КИТР для среднеспелых сортов хлопчатника представлены в табл. 4.7.

Таблица 4.7

Средние, максимальные и минимальные значения КИТР, обеспечивающие раскрытие 50, 75, 90% коробочек среднеспелых сортов хлопчатника [2]

Станция	Значения КИТР, обеспечивающие раскрытие коробочек								
	50%			75%			90%		
	среднее	максимум	минимум	среднее	максимум	минимум	среднее	максимум	минимум
Нукус	1,18	1,24	0,99	1,13	1,24	0,99	1,07	1,18	0,94
Ургенч	1,19	1,35	1,03	1,14	1,29	0,98	1,08	1,23	0,94
Каунчи	1,14	1,24	0,98	1,09	1,19	0,93	1,04	1,13	0,89
Сырдарья	1,13	1,22	1,03	1,08	1,17	0,99	1,03	1,11	0,94
Джизак	1,21	1,37	1,10	1,15	1,31	1,05	1,10	1,28	1,00
Наманган	1,22	1,31	1,11	1,16	1,25	1,06	1,10	1,19	1,01
Андижан	1,18	1,29	1,05	1,14	1,23	1,01	1,08	1,17	0,96
Фергана	1,16	1,26	1,05	1,11	1,21	1,00	1,06	1,15	0,95
Каттакуртан	1,25	1,44	1,05	1,19	1,38	1,00	1,13	1,31	0,95
Бухара	1,28	1,37	1,16	1,22	1,31	1,11	1,16	1,25	1,06
Карши	1,89	1,64	1,25	1,33	1,57	1,19	1,26	1,49	1,14
Термез	1,46	1,87	1,29	1,39	1,78	1,33	1,32	1,70	1,17

При значениях КИТР, равных 1 и более, создаются благоприятные условия для созревания сформированного урожая. Анализируя обеспеченность теплом этого периода, следует отметить, что при посеве 1 ап-

реля в среднем многолетнем во всех хлопкосеющих районах Узбекистана создаются благоприятные условия для получения высококачественного хлопкового волокна: КИТР > 1,0.

В годы, когда тепловые ресурсы ниже средних многолетних, в северных районах хлопкосеяния при этом раннем сроке посева полного вызревания сформировавшегося урожая не достигается (табл. 4.7).

На посевах хлопчатника, проведенных 11 апреля, вызревание отмечается в 9 годах из 10 только у 50% сформировавшихся коробочек среднеспелых сортов хлопчатника (табл. 4.8). Созревание всех сформировавшихся коробочек хлопчатника отмечается в 6 годах из 10 лет в районе ГМС Каунчи, в 7 годах из 10 лет в районе ГМС Андижан и в 4 годах из 10 лет в районе ГМС Сырдарья.

Таблица 4.8

Обеспеченность (%) КИТР для раскрытия 50, 75 и 95% сформировавшихся коробочек среднеспелых сортов хлопчатника (срок сева 11 апреля) [2]

Станция	Раскрытие коробочек, %	Обеспеченность, %									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Каунчи	50	1,17	1,16	1,14	1,13	1,11	1,09	1,07	1,05	1,02	0,90
	75	1,12	1,11	1,09	1,08	1,06	1,04	1,03	1,00	0,98	0,82
	90	1,07	1,06	1,05	1,04	1,01	1,00	0,98	0,96	0,94	0,74
Андижан	50	1,23	1,21	1,20	1,19	1,17	1,15	1,12	1,08	1,04	0,88
	75	1,16	1,15	1,13	1,12	1,11	1,09	1,06	1,03	0,98	0,72
	90	1,11	1,10	1,08	1,07	1,06	1,04	1,01	0,98	0,94	0,66
Сырдарья	50	1,16	1,14	1,12	1,11	1,09	1,08	1,07	1,05	1,02	0,95
	75	1,11	1,09	1,08	1,06	1,05	1,03	1,02	1,00	0,98	0,90
	90	1,05	1,04	1,02	1,01	0,99	0,98	0,97	0,95	0,92	0,85

При посевах в оптимальные сроки и соблюдении агротехники возделывания при благоприятных погодных условиях можно получать высококачественное хлопковое волокно. В неблагоприятные по погодным условиям годы возможны значительные потери тепловых ресурсов, и в эти годы крайне важно соблюдение всех агротехнических мероприятий возделывания хлопчатника.

Семеноводческие хозяйства следует создавать в районах, где термические ресурсы способствуют ежегодному полному вызреванию посевов хлопчатника.

**Зерновые колосовые.** Богарные земли, на которых в основном сосредоточены посевы зерновых колосовых культур, относятся к районам с недостаточным и неустойчивым увлажнением (годовая сумма осадков 250-600 мм). Характер выпадения осадков таков, что наибольшая доля их приходится на осенне-зимне-весенний период. В большинстве лет годовое количество осадков не обеспечивает потребностей зерновых во влаге. Осадки, определяя приходную часть влаги, не могут в полной мере охарактеризовать влагообеспеченность зоны зерносеяния. Необходимо оценить и расходную часть, то есть потребности зерновых во влаге.

Для характеристики влагообеспеченности используется показатель увлажнения – отношение фактических влагозапасов в метровом слое почвы к оптимальным за период вегетации [1, 6]. Для каждого конкретного типа почв определяются оптимальные запасы продуктивной влаги, которые приняты равными 85% наименьшей полевой влагоемкости (НПВ).

Большая часть территории возделывания зерновых относится к засушливой зоне, а зона оптимального увлажнения начинается с высоты 700-800 м. В пределах засушливой зоны выделяются очень засушливые районы, где коэффициент увлажнения равен 0,5 и менее. Это районы расположения метеостанций Кокарал, Каттакурганское водохранилище.

Действительно возможный урожай (ДВУ), то есть максимально возможный урожай культуры или сорта в реальных метеорологических и почвенных условиях, позволяет определить недобор урожая, связанный со степенью благоприятности погодных условий и их отличием от оптимальных. Разница между потенциально возможным и действительно возможным урожаем (ПУ-ДВУ) составляет потери урожая [1]. В условиях богарного земледелия величина максимально возможного урожая определяется, исходя из реальных метеорологических условий, по величине влагообеспеченности посевов зерновых (табл. 4.9).

Таблица 4.9

Потенциально возможные урожаи (ц/га) богарных зерновых по приходу фотосинтетически активной радиации [1]

Вилюят	Потенциально возможный урожай		Фактический процент от потенциального КПД=1%
	КПД=1%	КПД=2%	
Ташкентский	26,0	55,1	34
Самаркандский	24,4	54,9	24
Сырдарьинский	29,7	69,3	24
Кашкадарьинский	38,0	72,2	18
Сурхандарьинский	52,5	101,5	21

В оперативной практике агрометеослуживания для оценки сложившихся условий погоды и их влияния на состояние посевов зерновых широко используется коэффициент влагообеспеченности посевов зерновых – гидротермический коэффициент (ГТК).

В засушливые годы значения ГТК очень низки (около 30) [1]. В эти же годы соответственно низки и значения  $K_{ХОЗ}$  (0,09-0,16). В годы с оптимальным увлажнением значения ГТК составляют 140-150, они соответствуют значению  $K_{ХОЗ}$ , равному 0,22-0,33. Влагообеспеченность зерновых ( $K_{ГТК}$ ) определяется как отношение фактических значений ГТК каждого конкретного года к ГТК, равному 150 и характеризующему оптимальные условия увлажнения.

Ресурсы влаги в Узбекистане позволяют получать гарантированные урожаи зерновых колосовых на орошаемой территории и в узкой полосе среднего пояса гор (1200-1500 м) без орошения. На остальной территории урожаи низки и неустойчивы по годам, что обусловлено резкой континентальностью климатических условий районов зерносеяния.

Отношение фактического урожая к действительно возможному – коэффициент эффективности использования погодных или климатических ресурсов ( $K_Э$ ) позволяет оценить долю урожая в производстве от действительно возможного урожая (ДВУ).

Наилучшим образом используются климатические ресурсы посевами зерновых в Ташкентском и Самаркандском вилоятах, где  $K_Э$  составляет 0,60-0,61, и менее всего используются в Джизакском вилояте ( $K_Э = 0,32$ ) [1].

В Кашкадарьинском вилояте, где  $K_Э$  равен 0,46, повысить эффективность использования климатических ресурсов возможно путем повышения плодородия почв, в Джизакском – за счет улучшения культуры земледелия

**Для пастбищной растительности** оценка агроклиматических условий жизнедеятельности проводится по ресурсам влаги, так как этот показатель является лимитирующим.

Наиболее полно влагообеспеченность территории пустынных и полупустынных пастбищ Узбекистана можно оценить, используя показатель влагообеспеченности А. П. Федосеева [3]. Показатель влагообеспеченности (ПВ) позволяет оценить степень благоприятности исследуемого района в многолетнем режиме и конкретного года, в частности, для роста, развития и продуктивности пастбищных растений. Он характеризует сложившиеся условия увлажнения к началу вегетации, в период активной вегетации, который приходится на весну, и потребности растений во влаге:

$$ПВ = \frac{B_b + O_c}{0,5 \sum d}, \quad (4.2)$$

где  $B_b$  – запасы продуктивной влаги в слое почвы 0-50 см на дату устойчивого перехода температуры воздуха через  $+5^\circ\text{C}$  весной, мм;  $O_c$  – сумма осадков за весенний период, ограниченный периодом устойчивого перехода температуры воздуха через  $+5^\circ$  и  $+20^\circ\text{C}$  в сторону повышения, мм;  $0,5 \sum d$  – потребности пастбищных растений во влаге.

Разработанная шкала оценок степени благоприятности условий влагообеспеченности характеризует условия при  $ПВ < 0,40$  как неудовлетворительные условия для роста и продуктивности пастбищной растительности. Значения 0,40-0,59 обеспечивают удовлетворительные, 0,60-0,79 – удовлетворительные, 0,8-1,0 – хорошие и  $ПВ > 1,0$  – очень хорошие условия жизнедеятельности пастбищных растений [5].

В северной части пустыни Кызылкум, где сосредоточены в основном пустынные и полупустынные пастбища Узбекистана, повторяемость неблагоприятных условий наиболее высока: 8 лет из 10 [5]. Со смещением на юг увеличивается степень благоприятности условий влагообеспеченности для произрастания и репродукции пастбищной растительности.

Оптимальные условия для вегетации пустынной пастбищной растительности складываются только тогда, когда в весенний период достигается соразмерность в ресурсах тепла и влаги. Суммы эффективных температур воздуха выше  $5^\circ\text{C}$  в пределах  $400-500^\circ\text{C}$  создают благоприятные условия для произрастания пастбищных растений. При суммах эффективных температур выше и ниже этих пределов термический режим периода весенней вегетации менее благоприятен [3].

Рассматривать и анализировать агроклиматические ресурсы применительно к естественным пастбищам необходимо, используя оба фактора. Оценка степени благоприятности территории в целом проводится с использованием критериев влагообеспеченности и тепловых ресурсов данной местности.

Характеристика степени благоприятности года начинается с того ресурсного показателя, который в текущем году находится в минимуме. Во влажные годы таким показателем являются ресурсы тепла, а в засушливые и средние многолетние годы – влагоресурсы.

Разработанные к настоящему времени методики позволяют достаточно полно оценить имеющиеся агроклиматические ресурсы Республики Узбекистан для конкретной возделываемой сельскохозяйственной культуры или естественной пастбищной растительности.

### 4.3. Исследования изменчивости урожайности сельскохозяйственных культур под влиянием климата

На фоне глобального потепления в Узбекистане происходят изменения агроклиматических ресурсов и метеорологических условий среды обитания растений [10]. Исследования влияния изменчивости климата на сельскохозяйственное производство, оценка изменений агроклиматических ресурсов и их рациональное использование в сельскохозяйственном производстве, изучение влияния социальных и других факторов относятся к основным проблемам обеспечения устойчивого и безопасного развития страны.



Вследствие обретения Узбекистаном государственной независимости и избрания рыночного пути развития произошли коренные преобразования форм собственности в сельскохозяйственном производстве, существенно изменилась структура посевов.

В результате проведения курса на зерновую независимость на орошаемых землях произошло снижение удельного веса посевов хлопчатника (с 43% до 41%), возросли площади посевов зерновых культур (с 26% до 42%) и в то же время более чем в 3 раза сократились посевы люцерны (с 14% до 5%), уменьшились площади посевов кормовых культур (с 23% до 9%) [1]. На фоне положительных перемен проявляются и негативные последствия. Так, в связи с ликвидацией севооборотов истощающие почву культуры стали занимать в структуре посевов более 83%, а люцерна и зернобобовые, способствующие восстановлению плодородия почвы, только 5%.

В целом, начиная с 80-х годов XX столетия, происходит снижение урожайности основных культур – хлопчатника, риса, кукурузы. Спад урожайности хлопчатника в той или иной степени наблюдается по всем вилоятам, но наибольших размеров, он достиг, начиная с 1990 года, в Республике Каракалпакстан, Сырдарьинском, Наманганском, Ташкентском, Ферганском и Хорезмском вилоятах.

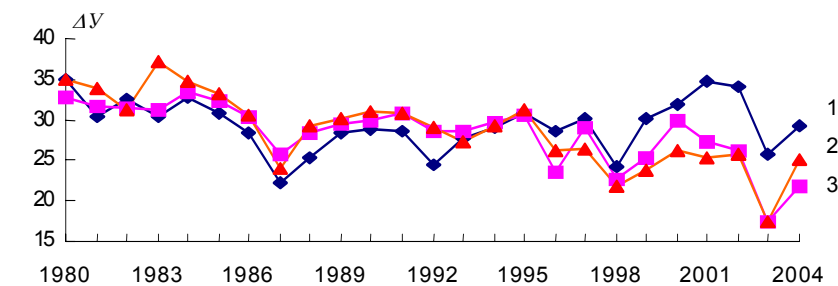


Рис. 4.15. Изменение урожайности хлопка по вилоятам Ферганской долины. 1 – Андijanский, 2 – Наманганский 3 – Ферганский.

В Андijanском вилояте, в основном в связи с изменением технологии возделывания (внедрением подпленочного посева), наблюдается рост урожайности хлопчатника, в Кашкадарьинском и Навоийском вилоятах урожайность относительно стабильна, но в остальных происходит ее снижение. В качестве примера приводится динамика изменения урожайности хлопка (ц/га) по Ферганской долине (рис. 4.15).

В то же время производство зерна в республике возросло в 1,5 раза, урожайность пшеницы в целом по республике увеличилась в 2 раза. Наиболее значительный рост урожайности произошел в Хорезмском вилояте – в 2,6 раза, в Андijanском – в 2, в Самаркандском – в 2,1, в Бухарском – в 2,5, в Ташкентском – в 2,3 [1].

Основной причиной роста урожайности зерновых культур является оптимальная водообеспеченность посевов в осенне-зимний период, связанная с работой водохранилищ в верховьях рек в энергетическом режиме, зимние попуски, а также заинтересованность производителей в самообеспечении продуктами питания, совершенствование технологии возделывания данной культуры.

На богарных землях изменчивость урожайности пшеницы по годам значительна и определяется соотношением выпавших осадков и температурой вегетационного периода, что сохранится и на перспективу.

Таким образом, по республике в целом наблюдаются две противоположные тенденции: с одной стороны – рост урожайности зерновых колосовых культур, а с другой – снижение урожайности хлопчатника.

Если рост урожайности зерновых колосовых, объясняется, помимо указанных выше причин, также совершенствованием агротехники, семеноводства, технического оснащения и т.д., то одной из основных причин падения урожайности хлопчатника является деградация земель, вызываемая, в том числе, экологически необоснованной структурой посевов.

В результате переполивов при орошении в республике происходит подтопление земель: в целом подтоплено около 35%, в том числе в Навоийском, Сырдарьинском и Кашкадарьинском вилоятах подтоплено более 50% орошаемых земель, в Бухарском и Хорезмском – более 40%, в Андijanском, Ферганском и Наманганском – 25-35% [1].

Начиная с 1990 года по настоящий период, общая площадь засоленных земель по республике возросла на 25%, в том числе слабозасоленных на 18,2%, средnezасоленных на 16,2% и сильнозасоленных более чем в 2 раза. Особенно резкий рост засоленных земель произошел в Ферганском вилояте – в 3,7 раза, Самаркандском – в 1,7, Джизакском – в 1,4 и Ташкентском – в 1,1 [1, 7].

В Республике Каракалпакстан, Бухарском, Сырдарьинском вилоятах удельный вес засоленных земель остается высоким и практически стабильным. Зависимость скорости снижения урожайности от площади засоления (%) орошаемых земель по вилоятам республики приводится на рис. 4.16.

Определяющее влияние на продуктивность посевов оказывает плодородие почв, которое зависит от механического состава, водно-физических характеристик, содержания

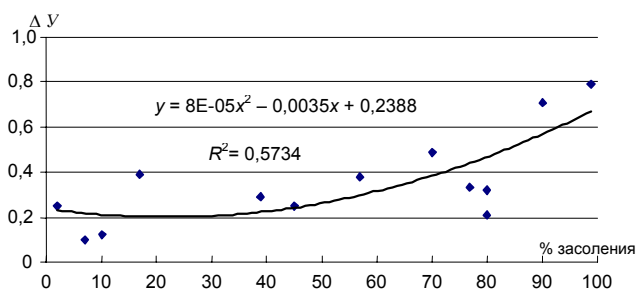


Рис. 4.16. Зависимость скорости снижения тренда (ΔУ, ц/га/год) урожайности хлопчатника от площади засоления орошаемых земель (% засоления).

гумуса, качества обработки и мелиоративного состояния, норм внесения органических и минеральных удобрений, наличия патогенной флоры и фауны и др.

За период с 1990 по 2004 год качество орошаемых земель снизилось, балл бонитета почв (характеристика плодородия почв, изменяется в пределах от 0 – совершенно не плодородная, до 100 – высоко плодородная) с 58 уменьшился до 55.

Особенно заметно снижение бонитета в следующих вилояхтах: на 10 баллов снизилось качество почв в Ферганском и Самаркандском, на 7 баллов в Ташкентском, Навоийском и Наманганском, на 5 баллов в Бухарском [1, 7], что в целом повлияло на снижение урожайности основных сельскохозяйственных культур. На рис. 4.17 представлены связи урожая хлопчатника с бонитетом почвы.

Большое значение при производстве сельскохозяйственной продукции имеют нормы и сроки внесения удобрений. На рис. 4.18 представлены связи средней областной урожайности хлопчатника с нормами (кг/га) внесения органических и минеральных удобрений. В связи с дефицитом удобрений, особенно органических, зависимость урожайности от норм удобрений в настоящее время носит линейный характер, хотя при избытке удобрений выше оптимальной нормы урожайность посевов снижается.

Как отмечалось выше, основным фактором, определяющим продуктивность орошаемых земель, является водообеспеченность посевов в течение вегетационного периода (рис. 4.19), а также качество и объем затраченных водных ресурсов на промывки засоленных земель. С уменьшением водообеспеченности (оросительных норм) ниже оптимальных происходит снижение урожайности практически всех культур.

По данным Минсельводхоза [1, 7] фактическое использование водных ресурсов на орошение в среднем за 2000-2004 годы составило 51363 млн. м<sup>3</sup>, изменяясь в зависимости от водности года: от 44012 до 57976 млн. м<sup>3</sup>.

Разница между фактическим использованием водных ресурсов в многоводные и маловодные годы в среднем по республике составляет 24%, по Каракалпакстану – 68%, по Хорезмскому вилояту – 52%, Сурхандарьинскому – 28%, что свидетельствует, в том числе, о несовершенстве системы управления водными ресурсами и влияет на изменчивость урожайности посевов. Наиболее рационально водные ресурсы используются в Андижанском, Ферганском и Ташкентском вилояхтах, где разница между максимальным и минимальным водопотреблением составляет 5-15%, что связано с достаточной водообеспеченностью из-за близости к зонам формирования стока.

Таким образом, ситуация с мелиоративным состоянием (засоление почв, подтопление, снижения содержания гумуса, колебания водообеспеченности, снижения бонитета и т.д.) остается сложной и продуктивность посевов на орошаемых землях в целом падает. Необходимы кардинальные решения проблемы повышения плодородия возделываемых земель, также как реконструкция мелиоративных систем, коллекторно-дренажной сети, внедрение севооборота и проведение других мероприятий с учетом возможных изменений климатических параметров.

Для орошаемого земледелия республики в условиях оптимальной водообеспеченности и соблюдении агротехники возделывания воздействие погодных условий проявляется в колебаниях урожайности посевов в среднем в пределах 7-15%, и в северных районах республики – до 20%. В целом, эта тенденция сохранится и на перспективу. При дефиците поливной воды и соответственно при неоптимальном режиме орошения и неудовлетворительном мелиоративном состоянии земель (засоление, заболачивание, дефиците гумуса и т.д.)

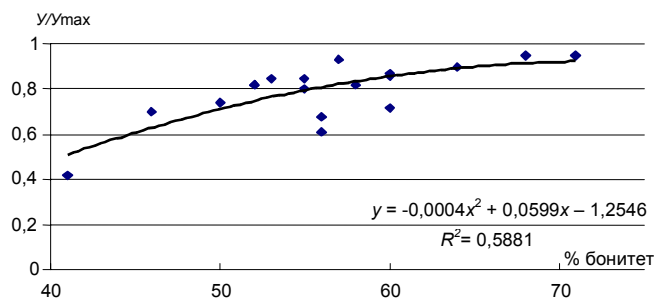


Рис. 4.17. Зависимость урожайности хлопчатника ( $U$ ), нормированной по максимальной урожайности ( $U_{max}$ ), от бонитета орошаемых земель.

в целом повлияло на снижение урожайности основных сельскохозяйственных культур.

Большое значение при производстве сельскохозяйственной продукции имеют нормы и сроки внесения удобрений. На рис. 4.18 представлены связи средней областной урожайности хлопчатника с нормами (кг/га) внесения органических и минеральных удобрений. В связи с дефицитом удобрений, особенно органических, зависимость урожайности от норм удобрений в настоящее время носит линейный характер, хотя при избытке удобрений выше оптимальной нормы урожайность посевов снижается.

Как отмечалось выше, основным фактором, определяющим продуктивность орошаемых земель, является водообеспеченность посевов в течение вегетационного периода (рис. 4.19), а также качество и объем затра-

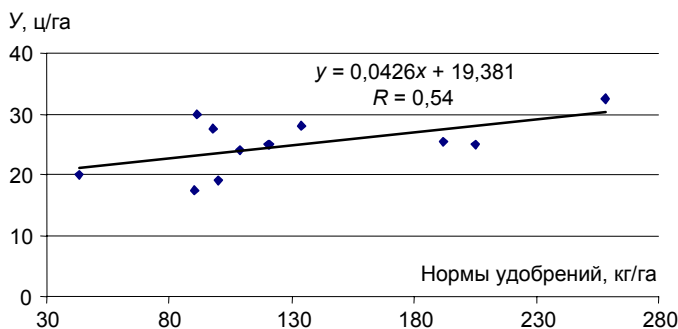


Рис. 4.18. Связь урожайности хлопчатника ( $U$ , ц/га) с нормами органических и минеральных удобрений (кг/га) для Узбекистана.

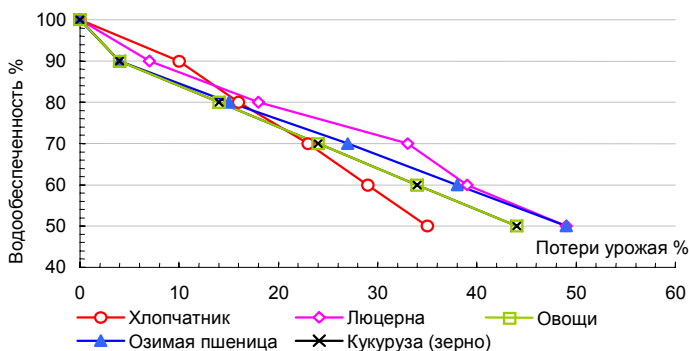


Рис. 4.19. Потери урожая сельскохозяйственных культур в зависимости от водообеспеченности за период вегетации [9].

воздействие неблагоприятных погодных условий (стрессовых высоких и низких температур воздуха, засухи и др.) проявляется в большей степени и, в зависимости от периода вегетации, может привести, по нашим данным, к существенному снижению продуктивности посевов до 20-30%.

Для богарного земледелия, особенно для условий необеспеченной богары, влияние климатических факторов (режима выпадения и соотношения сумм осадков, низкой и высокой температуры) на формирование урожая является определяющим и может привести в неблагоприятные по погодным условиям годы к снижению урожая до 30-35% и более.

Зависимость урожая от стрессов, когда растения в течение всего периода онтогенеза испытывают постоянное угнетающее воздействие, характерно для богарного земледелия в зоне, необеспеченной осадками. Так, при изменении климата для посевов озимой пшеницы на богаре рост количества дней с температурой выше 5°C (жарких дней) в марте-апреле в условиях низкой водообеспеченности приведет к снижению урожая, что отмечается и для других регионов [12] (рис. 4.20).

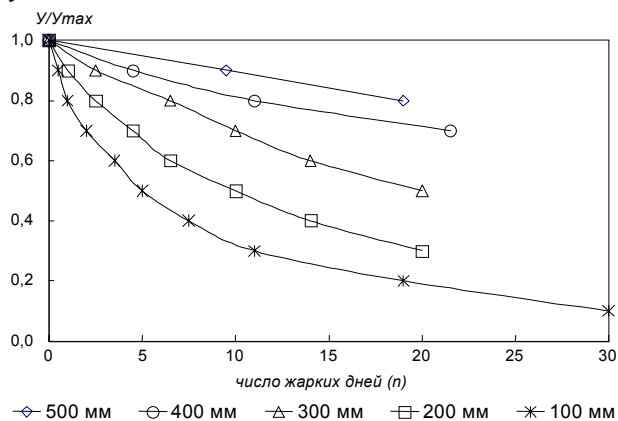


Рис. 4.20. Зависимость изменения урожайности ( $U/U_{max}$ ) озимой пшеницы от количества жарких дней ( $n$ ) и осадков / оросительных норм.

Урожайность любой культуры является функцией многих факторов, не только природных, но и производственных. Многофакторность связей осложняет их исследования и для выявления вклада какого-либо фактора в формировании урожая возникает априори необходимость исключения влияния других факторов, что практически не всегда возможно.

Вклад климатического фактора в формировании продуктивности посевов значителен и в отдельные годы бывает преобладающим над остальными. Это связано с воздействием на посевы различных неблагоприятных погодных условий (поздние весенние и ранние осенние заморозки, высокие и низкие температуры, ливневые осадки, град, засухи, пыльные бури и т.д.), а также дефицитом водных ресурсов.

Анализ изменения урожайности основных культур показал, что выделить основные климатические факторы воздействия на продуктивность посевов сложно, и лучше поддаются интерпретации показатели межгодовой изменчивости урожайности культур, отражающие отклонения от тренда, но не сами тренды. Нами для отдельных вилоятов выявлены связи между изменением урожайности хлопчатника и метеорологическими факторами, для остальных вилоятов основной вклад в изменение урожайности вносит изменение водообеспеченности посевов и мелиоративное состояние земель.

В результате проведенных исследований получена обратная зависимость между урожайностью хлопчатника и количеством осадков в весенний период для Ташкентского вилоята и Ферганской долины (рис. 4.21-4.22).

Увеличение количества осадков в период «посев-всходы» в Ферганской долине приводит к снижению урожайности хлопчатника, так же как и для Ташкентского вилоята в предпосевной период. Это связано с пониженным фоном температур, задержкой сроков проведения полевых работ, формированием почвенной корки, а также с необходимостью проведения подсевов или пересевов. Из всех хлопкосеющих вилоятов Ташкентский отличается повышенным количеством весенних осадков, чем объясняются высокие зависимости полученных связей (коэффициент корреляции  $r = 0,8$ ).

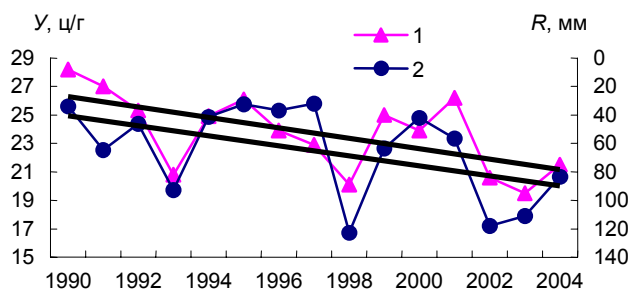


Рис. 4.21. Межгодовые колебания урожайности хлопчатника (1) и количества осадков в марте (2) по Ташкентскому вилояту.

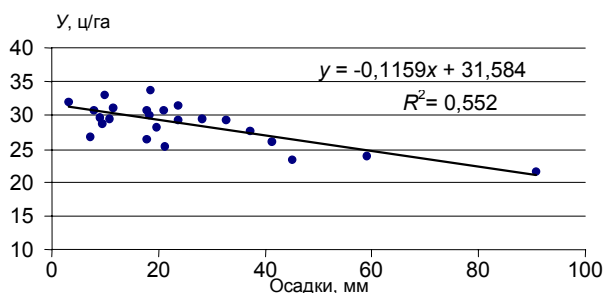


Рис. 4.22. Связь урожайности хлопка в Ферганской долине с количеством осадков в апреле.

Для Ферганской долины установлена положительная зависимость урожайности хлопчатника от высокой температуры воздуха в период «посев-всходы» (рис. 4.23), когда на фоне хорошей водообеспеченности создаются наиболее благоприятные условия для вегетации растений.

Для Бухарского вилоята получены положительные связи между суммами эффективных температур выше 15°C во второй декаде апреля и урожайностью риса (рис. 4.24).

При достаточной влагообеспеченности посевов высокие температуры воздуха сокращают начальный период вегетации и способствуют быстрому накоплению растительной массы. Рост температуры весной в связи с изменением климата будет являться благоприятным фактором для формирования продуктивности посевов хлопчатника, а увеличение количества осадков в этом сезоне в соответствии с климатическими сценариями [8] могут отрицательно повлиять на урожайность.

Известно, что хлопчатник наиболее чувствителен к воздействию засушливых явлений в период формирования и накопления плодоземелентов (июнь-август). Для хлопчатника критической является температура 39°C и выше. Самым прохладным является Ферганский вилоят со средним числом дней с критической температурой не более 2 и максимальным значением – 7 дней. По республике наибольшее число дней с температурой выше 39°C наблюдается в Кашкадарьинском и Сурхандарьинском вилоятах, соответственно 27 и 32 дня [2]. На перспективу в связи с изменением термических условий возможно увеличение количества дней с критической температурой воздуха во всех вилоятах, что может привести к потерям урожайности. Наиболее характерно эта зависимость выражена для Сырдарьинского вилоята (рис. 4.25).

В целом отмечалось [2], что увеличение количества дней с температурой выше 39° в 2-3 раза по сравнению со средними многолетними значениями приводит к снижению урожая хлопчатника в Бухарском, Кашкадарьинском, Сурхандарьинском и Ташкентском вилоятах на 15-22%, для остальных вилоятов на 4-8%.

Получены зависимости снижения урожайности овощных, бахчевых культур, риса в зависимости от числа дней с температурой выше определенных пределов. Так, для капусты значительное влияние на снижение продуктивности оказывают температуры воздуха выше 25°, томатов – 35-40°, арбузов и дынь – выше 40° [2, 4].

Высокие температуры воздуха в период июнь-август оказывают отрицательное воздействие на формирование продуктивности риса и приводят к снижению урожая (табл. 4.10).

Таблица 4.10

Снижение урожайности риса ( $\Delta y$ ) % в зависимости от количества дней с высокой температурой воздуха за период июнь-август (в среднем для Каракалпакстана, Хорезмского и Ташкентского вилоятов) [2]

Снижение урожайности, %	Количество дней с температурой воздуха в пределах	
	35-40°	выше 40°
10	12	6
20	25	8
30	38	11
40	50	15
50	62	-

В связи с изменением климата количество жарких дней будет увеличиваться, что приведет к снижению урожая различных культур.

Любой экстремальный фактор оказывает отрицательное воздействие на рост и развитие растений, причем степень этого влияния находится в прямой зависимости от напряженности и продолжительности действия стресса. Степень влияния стресса на растения зависит от того, в какой период вегетации он действует. Знание степени устойчивости сортов и видов растений к стрессам имеет практическое значение для разработки рекомендаций по оптимальному их размещению по территории в связи с изменением климата. Обычные

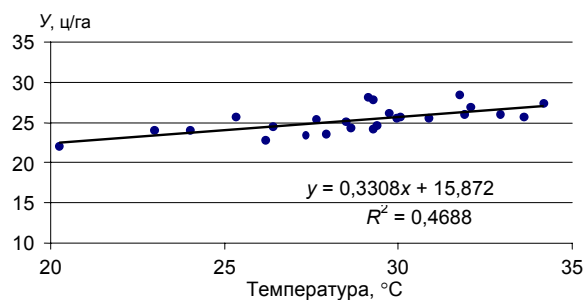


Рис. 4.23. Связь урожайности хлопчатника со средней максимальной температурой воздуха в апреле и мае в Ферганской долине.

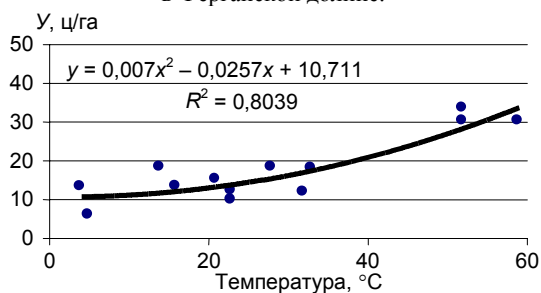


Рис. 4.24. Связь суммы эффективных температур выше 15°C во второй декаде апреля и урожайности риса в Бухарском вилояте.

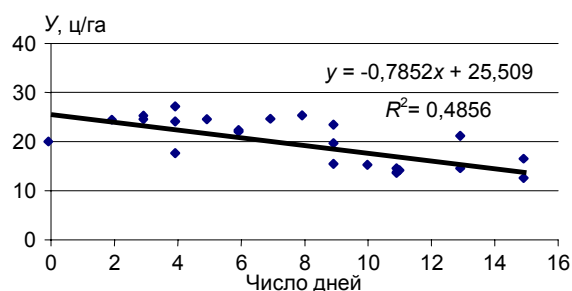


Рис. 4.25. Связь числа дней в году с максимальной суточной температурой выше 39°C с урожайностью хлопка в Сырдарьинском вилояте.



приемы для устранения экстремальных факторов связаны с мелиорацией засоленных земель, соблюдением режимов орошения или сменой экотипа растений.

Однако природные (водные, почвенные и т.д.) и технико-экономические ресурсы ограничивают масштабы таких мероприятий, что не обеспечивает устранения экстремальных гидротермических условий, а только снижает их губительный для растений уровень. Орошение дает возможность обеспечить оптимальную для растений влажность почвы, но не полностью устраняет другой фактор, сопутствующий засухам – высокую температуру воздуха. Для ряда культур в условиях достаточной водообеспеченности высокие температуры оказываются более губительными для растений, чем жара при некотором дефиците влаги. Поэтому основной задачей на перспективу является повышение жароустойчивости растений и контроля за тем, чтобы орошение не было избыточным для посевов [3].

Установлено, что при уменьшении интенсивности солнечной радиации снижаются темпы накопления плодовых элементов и оценены связи между количеством плодовых элементов хлопчатника и радиационным балансом, поглощенной суммарной радиацией [5, 6].

В результате проведенных исследований получена связь межгодовой изменчивости урожайности хлопчатника ( $D$ ) и средней продолжительностью солнечного сияния ( $S$ ) за период март-октябрь (рис. 4.26). Необходимо отметить, что для отдельных вилоятов эти связи менее выражены или совсем не выражены.

Из графика видно, что практически во все годы с низкой урожайностью хлопчатника на территории Узбекистана продолжительность солнечного сияния отмечалась ниже климатической нормы. В 2000 году дефицит водных ресурсов оказался определяющим в формировании урожая, что еще раз подтверждает комплексное влияние различных факторов на продуктивность посевов.

На перспективу, в соответствии с климатическими сценариями [8], ожидается увеличение осадков по территории Узбекистана на 10-15%, и, как следствие, увеличение облачности и сокращение продолжительности солнечного сияния, что негативно скажется на производстве сельскохозяйственных культур, в том числе, хлопчатника в регионе.

Влияние климатических факторов более выражено в районах, имеющих достаточную влагообеспеченность, например, в Ташкентском вилояте и в Ферганской долине, когда на продуктивность посевов сельскохозяйственных культур оказывают большее влияние негативные метеорологические условия в этих районах.

Значимым фактором при формировании урожайности посевов является содержание углекислого газа в атмосфере.

На основе лабораторных исследований в контролируемых условиях [13] установлено, что существующие тенденции увеличения концентрации углекислого газа при оптимальной влагообеспеченности приведут к увеличению растительной массы и урожая посевов пшеницы, сои, ячменя, сорго, хлопчатника и других культур, в то же время дефицит влаги может полностью устранить этот эффект. По данным [13] построены зависимости, осредненные для различных культур и приведенные на рис. 4.27.

По сценарию МГЭИК к 2030 году ожидается увеличение концентрации  $CO_2$  в 1,2-1,3 раза относительно современного уровня, к 2050 году – в 1,4-1,55, к 2080 году по сценарию В2 – в 1,6 раза, по сценарию А2 – в 1,9 раза, что приведет к росту урожайности культур.

Однако снижение влагозапасов почвы оптимальных приведет к снижению урожайности культур, даже в условиях повышения концентрации  $CO_2$ . На рис. 4.28 показано снижение урожайности хлопчатника и

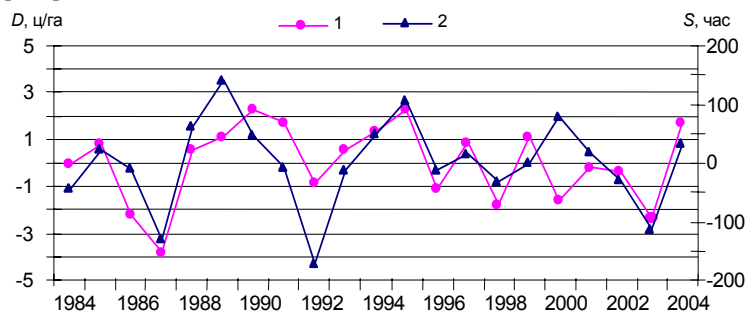


Рис. 4.26. Межгодовая изменчивость урожайности хлопка по Узбекистану (1) и продолжительности солнечного сияния (2) с марта по октябрь без учета тренда.

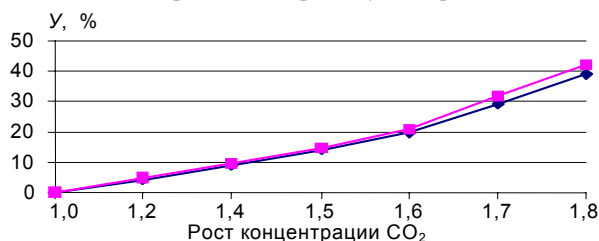


Рис. 4.27. Тенденция изменения урожайности основных культур с ростом концентрации  $CO_2$ .

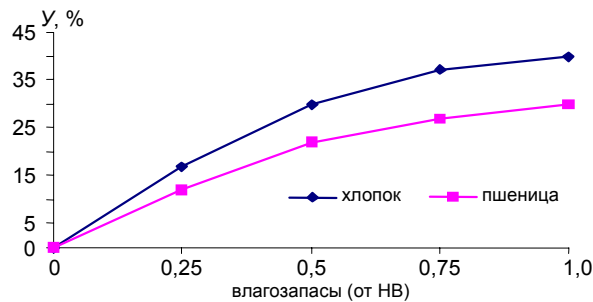


Рис. 4.28. Снижение урожайности хлопчатника и пшеницы в зависимости от влагозапасов почвы (в долях от наименьшей влагоемкости – НВ) при удвоении концентрации  $CO_2$ .

пшеницы в зависимости от влагозапасов почвы (в долях от наименьшей влагоемкости – НВ) при удвоении концентрации CO<sub>2</sub>.

Следовательно, одним из основных факторов, влияющих на продуктивность посевов в условиях роста концентрации CO<sub>2</sub>, остается влагообеспеченность посевов.

Таким образом, на продуктивность сельскохозяйственных культур в Узбекистане оказывают влияние многочисленные климатические и антропогенные факторы, которые в зависимости от сложившихся условий (природно-климатических, социально-экономических и др.) проявляются в различной степени. Поскольку климат и погодные условия являются одним из дестабилизирующих факторов в сельском хозяйстве, то учет на перспективу изменений климатических особенностей территории является непременным условием для оптимизации структуры посевных площадей.

Выявлено, что проявление влияния климатических факторов на урожайность сельскохозяйственных культур для орошаемых земель наиболее выражено в районах с достаточной водообеспеченностью. Для основной территории Узбекистана определяющим фактором формирования урожайности посевов является мелиоративное состояние земель и водообеспеченность. В условиях изменения климата из всех рассмотренных выше факторов реально возможным представляется, в основном, оценить влияние фактора водообеспеченности на урожайность сельскохозяйственных культур.

В настоящее время и на перспективу орошаемые площади Узбекистана будут заняты под посевы хлопчатника, который возделывается во всех вилоятах, вторые по величине площади – под зерновые колосовые, затем – под рисом и картофелем.

**Хлопчатник.** Возможные изменения агроклиматических ресурсов в основных районах хлопководства приведут к увеличению продолжительности вегетационного периода, росту летних и осенних температур. При внедрении новых более засухоустойчивых сортов в целом улучшатся условия для формирования, созревания и раскрытия сформировавшихся коробочек хлопчатника, что приведет к росту урожайности хлопка-сырца и улучшению его качества.

Для северных районов в связи с потеплением увеличится продолжительность вегетационного периода. Однако увеличение числа дней с экстремально высокими температурами воздуха, особенно по сценарию В2, приведет к снижению урожайности в ряде районов Бухарского, Кашкадарьинского, Ташкентского и других вилоятов. В условиях низкой влагообеспеченности посевов потери урожая за счет «балластных» температур могут в среднем составить 9-15% [11].

При оптимальных условиях влагообеспеченности рост урожайности хлопчатника ожидается в среднем на 10-15% практически по большинству вилоятов Узбекистана.

В целом по Узбекистану урожайность хлопчатника будет возрастать относительно существующего уровня, но, видимо, не превысит максимальную урожайность 80-х годов XX века.

**Зерновые колосовые.** Из общей площади посевов зерновых колосовых большую часть будут составлять посевы на орошении. Возделывание зерновых колосовых на поливе позволяет значительно снизить межгодовую изменчивость урожайности, а увеличение концентрации углекислого газа будет способствовать росту продуктивности посевов. В настоящее время продуктивность озимой пшеницы значительно выше при орошении по сравнению с богарой и такое соотношение урожайности сохранится и на перспективу, поскольку ожидаемое изменение количества осадков по основным районам возделывания озимой пшеницы незначительно.

В настоящее время средняя температура за периоды от посева до всходов и кушения озимых ниже оптимальной, а в периоды после кушения – выше. Повышение температуры в осенне-зимне-весенний период, рост концентрации углекислого газа при росте или сохранении норм осадков в целом будут благоприятны для формирования продуктивности, хотя повышение летних температур имеет отрицательные последствия. Колебания урожайности озимой пшеницы на богарных землях будет, как и в настоящее время, определяться агроклиматическими условиями периода вегетации (соотношение температур, осадков, их распределением во времени и по территории).

На обеспеченной осадками богаре и на поливных землях следует ожидать повышения урожайности только за счет климатических факторов на 7-15%.

Для низкогорных зерновых богарных районов наиболее вероятным эффектом быстрого повышения средних температур воздуха будет снижение продуктивности. Отрицательное воздействие повышения температуры на урожайность зерновых заключается в увеличении суммарного испарения, ускоренном развитии растений и сокращении периода формирования урожая. Увеличение количества осадков сгладит воздействие потепления на урожайность зерновых, тогда как уменьшение количества осадков усилит неблагоприятное воздействие потепления.

Наиболее уязвимыми к ожидаемым климатическим изменениям климата окажутся посевы озимых в Самаркандском, Джизакском и Кашкадарьинском вилоятах. Урожайность будет определяться соотношением сроков выпадения осадков и фазами вегетации. Ожидаемое по региональному климатическому сценарию увеличение осадков в целом будет компенсироваться затратами на испарение [11].

**Другие культуры.** Посевы *риса*, *посадки картофеля* размещаются по всей территории Узбекистана. Производство риса будет определяться наличием оросительной воды в основных рисоводческих районах: Республика Каракалпакстан, Хорезмский, Ташкентский, Сырдарьинский вилояты. Для этих культур смещение сроков посева на более ранние в районах с наибольшим весенним потеплением и увеличением продолжительности вегетационного периода будут способствовать росту продуктивности посевов.



Хотя площади под *люцерной* в настоящее время значительно сокращены, она является важнейшей культурой хлопкового севооборота и адаптирована как к холодному зимнему периоду, так и к летней жаре. При оптимальной водообеспеченности увеличение продолжительности вегетационного периода, рост концентрации CO<sub>2</sub> будут способствовать увеличению продуктивности ее посевов.

*Овоще-бахчевые и картофель* возделываются повсеместно. Начало вегетационного периода картофеля и капусты – 6°C, помидоров – 12°C, дынь и арбузов – 15°C. Смещение дат наступления весенних заморозков благоприятно для ранних сортов овощей, картофеля и бахчевых.

*Сады и виноградники* занимают значительную площадь, преимущественно в предгорной зоне. Семечковые, косточковые и орехи относительно хорошо переносят прохладные зимы, а для виноградников зима холодна во многих предгорных районах и на севере Узбекистана. Смягчение термических условий зимы позволит расширить площади под виноградником за счет освоения новых предгорных районов, а также сократить площадь виноградников, укрываемых на зиму, а рост летних температур благоприятен для увеличения сахаристости [11].

Проведенная оценка возможного изменения продуктивности посевов имеет значительную неопределенность в связи с отсутствием достоверной информации о направленности селекционной работы и изменением перспективного состава культур. На основе анализов имеющихся трендов урожайности получено, что в Каракалпакстане и Хорезмском вилояте по сравнению с настоящим периодом прогноз на 2030, 2050 годы характеризует стабилизацию или снижение урожайности хлопчатника, рост урожайности кукурузы, риса. По Бухарскому вилояту выявлена тенденция роста урожайности хлопчатника и кукурузы и снижение урожая риса. По Джизакскому, Самаркандскому и Сырдарьинскому вилоятам возрастет урожайность хлопчатника, кукурузы и в меньшей степени возрастет урожайность риса. Для Кашкадарьинского и Сурхандарьинского вилоятов в целом прогноз по этим культурам благоприятен. В Ташкентском вилояте может возрасти урожайность ряда культур, особенно риса и кукурузы. Для Ферганской долины стабилизируется или возрастет урожайность хлопчатника, существенно возрастет урожайность кукурузы, а урожайность риса стабилизируется или несколько снизится.

Как было показано выше, оценка воздействий возможных изменений климата на агроклиматические ресурсы и в итоге на урожайность сельскохозяйственных культур невозможна без учета не менее важного аспекта, связанного с ухудшением состояния окружающей среды. Ограниченное водообеспечение, деградация земель безусловно приведут к снижению продуктивности сельскохозяйственного производства, а изменения климата могут как усугубить ситуацию, так и стать благоприятным фактором для подъема урожайности посевов сельскохозяйственных культур, наиболее отзывчивых на рост концентрации углекислого газа.

Неудовлетворительное состояние окружающей среды в бассейне Аральского моря снижает природные ресурсы Узбекистана, в первую очередь, Приаралья и прилегающих к Аральскому морю районов Каракалпакстана. Интенсивный вынос солей воздушными потоками является одним из наиболее негативных проявлений последствий усыхания Аральского моря, который прослеживается на значительной части Узбекистана. Усиливаются процессы засоления почв в орошаемых массивах, снижается площадь средне- и слабо засоленных земель, увеличивается доля сильнозасоленных. В результате плодородие почв снижается или поддерживается в относительно благоприятном состоянии.

В результате усиливающегося солепылепереноса происходит помутнение атмосферы, меняется интенсивность поступающей солнечной радиации, что приводит к снижению продуктивности посевов.

**Пастбищная растительность и каракулеводство.** Прогнозируемое изменение климата в сторону потепления может сказаться не только на возделывании сельскохозяйственных культур, но и на агроклиматических условиях произрастания пастбищной растительности, формировании запасов кормов на пастбищах, условиях выпаса сельскохозяйственных животных. Благоприятность условий выпаса сельскохозяйственных животных определяется, с одной стороны, достаточным количеством кормов на пастбищах, с другой стороны, экстремальными погодными условиями, ограничивающими использование этих кормов. Основное место в животноводстве Узбекистана занимает каракулеводство. Каракульские овцы наиболее приспособлены к существованию в жестких кормовых и погодных условиях среднеазиатских пустынь.

Повышение температуры воздуха на перспективу в соответствии с разработанными сценариями наиболее существенно должно проявиться в зимний период. Смещение дат устойчивого перехода температуры воздуха на более поздние сроки осенью и на более ранние сроки весной приведет к сокращению продолжительности зимнего периода на юге и востоке пустынной зоны и в полупустынной зоне на 2-3 декады, в центральной части пустынной зоны – на 2 декады, на севере – на 1 декаду.

Рост температуры воздуха в Центральном Кызылкуме зимой приведет к тому, что практически не будет «настоящей» зимы. Таким образом, зимний период станет короче и теплее, то есть благоприятнее для зимовки овец. Повышение температуры к 2050 году приведет к замене зимнего режима на режим «вегетационных» зим. Вегетация эфемеров, начавшаяся осенью, будет продолжаться в течение зимы. Однако зимняя вегетация не способствует росту трав в весенний период, урожайность эфемеровых пастбищ при этом может уменьшиться [11].

Переход температуры воздуха через +5°C весной на пастбищах будет происходить раньше, чем в настоящее время, то есть время возобновления вегетации сдвигается на более ранние сроки.

Повышение температуры воздуха в летний период, увеличение его продолжительности отрицательно скажется на формировании осенних запасов кормов и затруднит ведение животноводства.

Увеличение антропогенной нагрузки на пустынные и горные пастбища, перевыпас скота может привести к усилению деградации природных экосистем. Повышению продуктивности кормовых угодий будут способствовать ведение сеяных пастбищ с высокопродуктивными кормовыми растениями и сенокосов, использование местного поверхностного стока с такыров, лиманного орошения в предгорных зонах.

## Список литературы

### К разделу 4.1

1. Агроклиматические ресурсы Джизакской и Самаркандской областей Узбекистана. - Л.: Гидрометеиздат, 1977. - 218 с.
2. Агроклиматические ресурсы Кашкадарьинской и Сурхандарьинской областей Узбекистана. - Л.: Гидрометеиздат, 1979. - 264 с.
3. Гулинова Н. В. Методы агроклиматической обработки наблюдений. - Л.: Гидрометеиздат, 1974. - 151 с.
4. Муминов Ф. А., Абдуллаев Х. М. Агроклиматические ресурсы Узбекистана. - Ташкент: САНИГМИ, 1997. - 178 с.
5. Спекторман Т. Ю. Оценка изменений основных климатических характеристик по территории Узбекистана // Труды НИГМИ. - 2006. - Вып. 6(251). - С. 13-30.
6. Спекторман Т. Ю. Оценка изменений аномальности и континентальности климата по территории Узбекистана // Труды НИГМИ. - 2006. - Вып. 6(251). - С. 31-40.
7. Спекторман Т. Ю., Петрова Е. В., Плосцен М. А. Методические подходы к оценке агроклиматических показателей для условий изменения климата // Труды НИГМИ. - 2006. - Вып. 6(251). - С. 99-111.
8. Спекторман Т. Ю., Петрова Е. В. Климатические сценарии для территории Узбекистана // Климатические сценарии, оценка воздействий изменения климата. - Бюллетень № 6. - Ташкент: НИГМИ, 2007. - С. 14-21.
9. Спекторман Т. Ю., Петрова Е. В. Оценка изменений агроклиматических показателей по данным климатических сценариев для территории Узбекистана // Климатические сценарии, оценка воздействий изменения климата. - Бюллетень № 6. - Ташкент: НИГМИ, 2007. - С. 28-37.
10. WMO-TD № 1205 "Report of the CCI/CLIVAR Expert Team on Guidelines on Climate Change Detection, Monitoring and Indices (ETCCDMI)". - Geneva, Switzerland, 2004.

### К разделу 4.2

1. Коновалова Н. С. Агроклиматическая оценка потенциальной продуктивности богарных зерновых в Узбекистане // Труды САНИГМИ. - 1988. - Вып. 130(211). - С. 111-116.
2. Муминов Ф. А., Абдуллаев Х. М. Агроклиматические ресурсы Республики Узбекистан. - Ташкент: САНИГМИ, 1997. - 178 с.
3. Нурбердыев М., Рейзвих О. Н. Продуктивность пастбищ пустынь Средней Азии, оценка и управление. - Ашхабад: Ёлым, 1992. - 180 с.
4. Рахманова Ф. Ф. Агроклиматическая оценка термических ресурсов вегетационного периода с учетом условий созревания коробочек хлопчатника в Узбекистане // Труды САНИГМИ. - 1988. - Вып. 130(211). - С. 90-96.
5. Рейзвих О. Н. Агроклиматические основы фитомелиорации освоения пустынь // Проблемы освоения пустынь. - 1989. - № 5. - С. 33-38.
6. Чуб В. Е. Изменение климата и его влияние на природно-ресурсный потенциал Республики Узбекистан. - Ташкент: САНИГМИ, - 2000. - 252 с.

### К разделу 4.3

1. Доклад о состоянии окружающей среды и использовании природных ресурсов в Республике Узбекистан за 2002-2004 годы / Под ред. Б. Б. Алиханова. - Ташкент: Госкомприрода, 2005. - 108 с.
2. Муминов Ф. А., Абдуллаев Х. М. Агроклиматические ресурсы республики Узбекистан. - Ташкент: САНИГМИ, 1997. - 179 с.
3. Максимов С. А. Погода и сельское хозяйство. - Л.: Гидрометеиздат, 1963. - 203 с.
4. Муминов Ф. А. Погода, климат и хлопчатник. - Л.: Гидрометеиздат, 1991. - 191 с.
5. Муминов Ф. А. Тепловой баланс и формирование урожая хлопчатника. - Л.: Гидрометеиздат // Труды САНИГМИ. - Вып. 50(65). - 1970. - 248 с.
6. Муминов Ф. А. Погода, климат и хлопчатник. - Л.: Гидрометеиздат, 1991. - 191 с.
7. Национальный доклад о состоянии окружающей природной среды и использование природных ресурсов в Республике Узбекистан (2002-2004 год) / Под ред. Б. Б. Алиханова. - Ташкент: Госкомприрода, 2002. - 132 с.
8. Спекторман Т. Ю., Петрова Е. В. Оценка изменений агроклиматических показателей по данным климатических сценариев для территории Узбекистана // Климатические сценарии, оценка воздействий изменения климата. - Бюллетень № 6. - Ташкент: НИГМИ, 2007. - С. 28-37.
9. Усманов В. О., Дудко О. П., Чолпанкулов Э. Д. Факторы изменения продуктивности посевов сельскохозяйственных культур в условиях изменения климата // Оценка климата по территории республики Узбекистан, развитие методических положений оценки уязвимости природной среды. - Бюллетень № 5. - Ташкент: САНИГМИ, 2002. - С. 36-45.
10. Усманов В. О., Петрова Е. В., Скрипникова Л. Е. Оценка изменений показателей агроклиматических ресурсов Узбекистана в связи с потеплением климата // Труды НИГМИ. - 2006. - Вып. 6(251). - С. 89-98.
11. Чуб В. Е. Изменение климата и его влияние на природно-ресурсный потенциал Республики Узбекистан. - Ташкент: САНИГМИ, 2000. - 252 с.
12. Lomas J., Shashoua Y. The dependence of wheat yields and grains weight in semi-arid region on rainfall and the number of hot, dry days // Israel J. of Agric. Research. - 1974. - № 23. - P. 113-121.
13. Kimball B. A., Kobayashi K., Vindt M. Responses of agricultural crops to free-air CO<sub>2</sub> enrichment // Advances in Agronomy. - 2002. - 77:293-368.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изменение климата является одним из самых крупных факторов риска, воздействующих на народное хозяйство Республики Узбекистан и, в первую очередь, на его важнейшую отрасль – сельское хозяйство. Сценарии долгосрочных изменений климата и климатические прогнозы должны служить основой для текущего и перспективного планирования хозяйства с тем, чтобы оптимальным образом использовать водные и климатические ресурсы, уменьшить негативные последствия изменений климата и максимально использовать позитивные. В большинстве случаев практически единственным путем повышения производительности сельского хозяйства является рационализация использования этих ресурсов. Отсюда с очевидностью следует, что исследование современной климатической ситуации, состояния водных и агроклиматических ресурсов, опасных гидрометеорологических явлений имеет огромную научную и практическую ценность для республики.

Информационной основой для оценки современного климата и его изменений в будущем послужили многолетние данные 50 метеорологических станций Узбекистана. Именно эти данные позволили адаптировать сценарии глобальных изменений климата, построенных на различных допущениях об интенсивности эмиссии парниковых газов, для условий Узбекистана.

Современные изменения макромасштабной атмосферной циркуляции приводят к изменению региональных синоптических процессов. Так, на территории Средней Азии наблюдается увеличение повторяемости малоградиентных полей повышенного и пониженного давления, уменьшение числа холодных вторжений. Этим обуславливается, в частности, увеличение сумм прямой и суммарной солнечной радиации и уменьшение сумм рассеянной.

Заметны изменения в температурном режиме. Наблюдавшийся на большинстве станций Узбекистана быстрый рост температуры воздуха в последние годы замедлился, а на некоторых станциях зарегистрировано даже снижение некоторых ее показателей.

Повсеместно на территории республики наблюдается увеличение годовых сумм атмосферных осадков. Безусловно, это является отрадным фактором.

Для оценки сверхдолгосрочных изменений климата обычно используются сценарии, показывающие реакцию основных климатических характеристик на антропогенные изменения подстилающей поверхности и концентрации парниковых газов и аэрозолей в атмосфере. Ожидаемые региональные изменения климата до 2050 года оказались близкими для сценариев эмиссии парниковых газов А2 (неблагоприятный) и В2 (умеренный).

В последние десятилетия в ряде регионов мира отмечается увеличение повторяемости, интенсивности и продолжительности экстремальных погодных явлений, связанных с глобальным потеплением. На территории Узбекистана это проявляется, прежде всего, в увеличении повторяемости случаев высоких температур воздуха и атмосферных засух. Оценки показывают, что этот фактор может принести серьезный ущерб земледелию и некоторым другим отраслям человеческой деятельности.

Важнейшим фактором экономического развития страны являются водные ресурсы. Современные собственные водные ресурсы Узбекистана составляют 9,701 км<sup>3</sup>/год, с сопредельных территорий поступает 95,642 км<sup>3</sup>/год. За пределы республики уходит 47,562 км<sup>3</sup>/год. Практически вся остающаяся вода расходуется на орошение и другие хозяйственные нужды. Таким образом, хозяйство страны весьма чувствительно к изменению водных ресурсов. Сегодня Узбекистан, как и другие государства Средней Азии, сталкивается с необходимостью поиска путей предотвращения возникающих водных проблем и, прежде всего, смягчения водного дефицита.

Изменения водных ресурсов и гидрологических характеристик рек определяются двумя основными факторами – изменениями климата и хозяйственной деятельностью человека. Данные гидрологических наблюдений показывают, что происходящее потепление климата проявляется в виде изменения компонентов водного баланса территории: увеличивается испарение с подстилающей поверхности, уменьшается снегонакопление, сокращаются ледники. Долгосрочный прогноз этих изменений – актуальная задача.

Основой для такого прогноза также являются сценарии изменения климата. Однако результаты расчетов на основе разных сценариев противоречивы. В худшем случае, если используются самые неблагоприятные «жесткие» сценарии, получается, что в будущем сток Сырдарьи может уменьшиться на 30%, а Амударьи – на 40%. Однако более реальные сценарии показывают, что в будущем сток не будет существенно меняться, но весьма значительно изменится его внутригодовое распределение.

Значительную долю в экономике Узбекистана занимает сельское хозяйство. На сельскохозяйственное производство оказывают воздействие многие факторы и, прежде всего, – водные ресурсы, режим орошения, мелиоративное состояние земель, агротехника. Очень велика роль и метеорологических и климатических условий. Доступное количество тепла, связанные с климатом экстремальные явления, в частности, засухи, ока-

зывают прямое влияние на количество и качество сельскохозяйственной продукции. Рациональное использование агроклиматических ресурсов, планирование развития сельского хозяйства невозможны без оценки их современного изменения и прогноза на перспективу. Такие оценки сделаны в работе на основе всей доступной информации. Прогнозы на будущее даны на основе климатических сценариев.

Итак, предлагаемая книга содержит новейшие сведения о современных климатических, водных и агроклиматических ресурсах, которыми располагает республика, сведения об экстремальных и опасных явлениях. В ней показаны современные и возможные будущие изменения этих характеристик. Безусловно, приведенные данные должны послужить основой для планирования устойчивого развития хозяйства республики, как на ближайшие годы, так и на далекую перспективу, позволят разработать систему мер адаптации для смягчения возможных негативных последствий, обусловленных как природными, так и антропогенными факторами.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b> .....	3
<b>ГЛАВА 1. Климат и его изменения в Республике Узбекистан</b> .....	4
1.1. Общая характеристика климата.....	4
1.2. Современное состояние климата.....	10
1.3. Сценарии изменения климата.....	12
1.4. Тенденции изменений термического режима, влажности воздуха, осадков.....	18
1.4.1. Оценка изменений основных климатических характеристик.....	19
1.4.2. Обобщенный анализ изменений сезонных и годовых климатических характеристик.....	25
<b>ГЛАВА 2. Опасные гидрометеорологические явления</b> .....	29
2.1. Опасные метеорологические явления (сильные осадки, град, туман, пыльные бури).....	29
2.2. Заморозки.....	33
2.3. Снежные лавины.....	40
2.4. Селевая деятельность при различных сценариях изменения климата.....	49
2.5. Засушливые явления.....	54
2.5.1. Метеорологическая засуха.....	55
2.5.2. Гидрологическая засуха.....	58
2.5.3. Почвенная засуха.....	65
2.5.4. Выбор и определение критериев засухи.....	67
2.5.5. Развитие мониторинга засухи.....	71
<b>ГЛАВА 3. Водные ресурсы</b> .....	74
3.1. Располагаемые водные ресурсы Республики Узбекистан.....	74
3.1.1. Водные ресурсы бассейна Сурхандарьи.....	74
3.1.2. Водные ресурсы бассейна Кашкадарьи.....	76
3.1.3. Водные ресурсы бассейна р. Зеравшан.....	79
3.1.4. Водные ресурсы рек северных склонов Туркестанского хребта и хребта Нуратау.....	81
3.1.5. Водные ресурсы рек Ферганской долины.....	83
3.1.6. Водные ресурсы бассейна р. Ахангаран.....	88
3.1.7. Водные ресурсы бассейна р. Чирчик.....	91
3.1.8. Общие располагаемые водные ресурсы Узбекистана.....	96
3.2. Оценка влияния климатических изменений на водные ресурсы Республики Узбекистан.....	97
3.2.1. Будущие климатические изменения и их влияние на сток рек.....	97
3.2.2. Климатические изменения и ожидаемые последствия и риски для водных ресурсов.....	103
<b>ГЛАВА 4. Агроклиматические ресурсы</b> .....	107
4.1. Оценка текущих изменений агроклиматических показателей.....	108
4.2. Воздействие изменения климата на продуктивность основных сельскохозяйственных культур.....	118
4.3. Исследования изменчивости урожайности сельскохозяйственных культур под влиянием климата.....	121
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	130

**Чуб Виктор Евгеньевич, доктор географических наук**

**ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА И ЕГО ВЛИЯНИЕ  
НА ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ,  
АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ И ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ  
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

Редактор С. И. Иногамова, кандидат географических наук  
Технические редакторы Е. В. Петрова, А. В. Пак  
Перевод на узбекский язык М. Б. Рузиева  
Перевод на английский язык Н. В. Шульгина  
Дизайн обложки Л. М. Боровикова

Набрано на компьютере НИГМИ  
Печать на ризографе GR-3750  
Л. М. Боровикова, Л. Д. Рейнвальд  
Подписано к печати 27.07.2007. Формат 1/8.  
Бумага офсетная. Уч. изд. л. 16,5. Усл. печ. л. 17,0.  
Тираж 1000. Заказ 437.

Издательский отдел НИГМИ, типография Узгидромета  
Ташкент, 700052, Кодира Махсумова, 72.

Центр гидрометеорологической службы  
при Кабинете Министров Республики Узбекистан

Ташкент, 100050, Кодира Махсумова, 72.  
Тел.: 133 61 80, 136 07 58, 135 82 32  
Телеграф: Ташкент ГИМЕТ  
Факс: 99871 133 20 25  
E-mail: uzhymet@meteo.uz





ISBN 978-9943-304-23-9



9 789943 304239